

Voorbeelden in staalbouw

WONINGBOUW

Keuzegids voor constructeurs, architecten en aannemers



Research Fund
for Coal & Steel

Samenstelling: Euro-build in Steel

Vertaling: AaBee/Bouwen met Staal
Vormgeving: The Steel Construction Institute

Bouwen met Staal

Postbus 190
2700 AD Zoetermeer
tel. +31 (0)79 353 12 77
fax +31 (0)79 353 12 78
e-mail info@bouwenmetstaal.nl
internet www.bouwenmetstaal.nl
ISBN 978-1-85942-001-0 (Engelstalige versie)
© Bouwen met Staal, 2008

Copyright

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt – in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch door fotokopieën, opnamen of enige andere manier – zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Disclaimer

Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)fouten niet uit te sluiten. De uitgever sluit,

mede namens al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met de toepassing van deze publicatie.

Inhoud

De brochure 'Woningbouw' biedt actuele informatie voor het ontwerp van woningbouw met een stalen draagconstructie. Deze informatie richt zich op constructeurs en andere leden van het ontwerpteam zoals architecten en adviseurs en is met name nuttig in een vroeg stadium van het ontwerpproces. De brochure verschijnt in het kader van Euro-Build in Steel, een kennisoverdrachtsproject dat wordt gesponsord door het 'Research Fund for Coal & Steel' (RFCS). Het projectnummer is RFS2-CT-2007-00029.

Doel van het Euro-Build in Steel project is om ontwerpers te voorzien van actuele informatie en 'best practice' praktijkvoorbeelden. Op deze manier wordt een blik vooruit geworpen naar de volgende generatie utiliteitsgebouwen met staalconstructies. De andere twee brochures in de reeks behandelen de hallenbouw en de woningbouw.

De brochure 'Woningbouw' is gebaseerd op de Engelstalige publicatie 'Residential buildings. Best practice in steel construction' die eveneens is verschenen als onderdeel van het project Euro-Build in Steel.

Partners in Euro-Build in Steel zijn:

- ArcelorMittal
- Bouwen met Staal
- Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)
- Labein
- SBI
- The Steel Construction Institute (SCI)
- Technische Universität Dortmund

Deze brochure kwam tot stand met financiële steun van het 'Fonds voor Onderzoek inzake Kolen en Staal' van de Europese Commissie.

1 Woningbouw



2 Kiezen voor een staalskelet



3 Vloersystemen



4 Wandsystemen



5 Staalskeletten



6 Modulaire systemen



7 Gevel- en daksystemen



8 Nationale verschillen



9 Voorbeeldprojecten



1 Woningbouw

Veel factoren spelen mee bij het ontwerp van woningen en woongebouwen. Recent is er een grotere rol weggelegd voor eisen aan duurzaamheid en thermische en akoestische eigenschappen. Op stedenbouwkundig niveau is er de wens om het ruimtebeslag te beperken en om de sociale structuur van de gebouwde omgeving te versterken. De keuze van het constructiesysteem is op al deze zaken van invloed. De druk op de bouw om efficiëntere en duurzamere oplossingen te leveren, heeft geleid tot een grotere vraag naar prefabricage en kwaliteit.

In alle Europese landen speelt staalbouw in de woningbouw een ondergeschikte rol. Door de veranderende eisen en wensen kan daarin verandering komen. Traditioneel heeft staalbouw wel een hoog marktaandeel in andere segmenten zoals hallenbouw en verdiepingbouw. Dezelfde technieken als daar worden toegepast zijn te gebruiken voor woningen en woongebouwen. Daarbij zijn de belangrijkste voordelen van staal: bouwsnelheid, hogere kwaliteitsniveaus, duurzaamheid en aanpasbaarheid. Deze publicatie presenteert constructiesystemen uit de staalbouw die in Europa zijn toegepast in alle types woongebouwen, inclusief multifunctionele gebouwen.

De gepresenteerde systemen zijn afzonderlijk of in combinatie met elkaar te gebruiken. Deze 'hybride' vormen leiden tot een grote variatie aan mogelijkheden. Per systeem is ingegaan op de ontwerpaspecten en bouwfysische aandachtspunten. Deze brochure staat ook stil bij de nationale verschillen. Aan het eind wordt het palet aan staalbouwoplossingen geïllustreerd met een serie praktijkvoorbeelden van recente woningen en woongebouwprojecten in verschillende Europese landen.

*Afb. 1.1 Rijtjeswoning gerealiseerd met staalframebouw in Basingstoke, Verenigd Koninkrijk.
Bron: HTA Architects.*



2 Kiezen voor een staalskelet

Er zijn veel afwegingen te maken bij het ontwerp van woningen en woongebouwen. De belangrijkste ontwerpaspecten en de voordelen die staal daarbij biedt, zijn hier opgesomd.

Woningbouwmarkt

Minder dan 1% van de totale huizenvoorraad vindt per jaar plaats aan nieuwbouw. Toch is woningbouw door het enorme volume een interessant marktsegment. Recent is er grote aandacht voor duurzaamheid in sociaal, economisch en milieuoopzicht. Woongebouwen zijn namelijk verantwoordelijk voor 27% van alle CO₂-uitstoot in de EU. Daarom concentreert de aandacht zich op verbeteringen in het energieverbruik. Naast nieuwbouw vertegenwoordigt renovatie, inclusief uitbreiden en verbouwen van bestaande gebouwen, een aanzienlijk segment.

Er zijn belangrijke trends in de bouw van woningen en woongebouwen, die in heel Europa hetzelfde zijn:

- Verbeterde thermische isolatie en gebruikmaking van duurzame energie om het gebruik van primaire energie in deze sector te beperken.
- Dichter op elkaar bouwen, vooral in stedelijke gebieden, of op voormalige industrieterreinen, om land te sparen.
- Sneller, met minder verstoring en hogere kwaliteit bouwen door gebruikmaking van prefab constructietechnieken.
- Bouwkosten en uitvoeringskosten op de lange termijn reduceren.
- Een groter aandeel eenpersoons- en ouderenwoningen, om gelijke tred te houden met het veranderde sociale patroon.
- Levering van gebouwen die kunnen worden aangepast aan verschillend gebruik, en verandering van gebruik op de lange termijn.

Staalbouw is zeer geschikt om aan deze ontwikkelingen tegemoet te komen. Vooral met prefab technieken in de middelhoog- tot hoogbouw van woningen, waar bouwsnelheid belangrijk is. Sinds enkele jaren is er een trend naar de menging van functies. Om een 'woon/werk/ontspanning'-omgeving te creëren worden kantoor-, winkel- en woonfuncties in één en hetzelfde gebouw gemengd. Uit het SBR-onderzoek 'Constructies voor multifunctionele gebouwen' zullen waardevolle tips volgen. Voor veel gebouwen is het belangrijk dat ze op de lange termijn flexibel zijn in het gebruik en in de toekomst aanpasbaar.

Bij eengezinswoningen wordt steeds meer de voorkeur gegeven aan drie lagen in plaats van twee om het grondoppervlak en het gebruik van land te beperken. Van de zolderruimte onder het dak is een extra verdieping te maken. Dit gaat makkelijker met open daksystemen van staal. Om de bouwsnelheid te verhogen zijn keukens en badkamers als prefab modules te produceren. Dit gebeurt al op betrekkelijk grote schaal in het Verenigd Koninkrijk.

Duurzaamheid

Milieu en duurzaamheid zijn steeds belangrijker bij het ontwerp van nieuwbouw woningen en woongebouwen. Elk land heeft eisen voor het thermisch gedrag en de duurzaamheid. Deze eisen zijn vastgelegd in de nationale wetgeving. Daarnaast zijn er eisen voor:

- Het verminderen van het gebruik van primaire energie, en daarmee ook de CO₂- uitstoot.
- Materiaalgebruik en afvalproductie minimaliseren en hergebruik van bouwafval maximaliseren.

Woningbouwmarkt

Duurzaamheid

Bouwsnelheid

Gebruik op de lange termijn

Geluidsisolatie

Brandveiligheid

Thermisch gedrag

Belastingen

*Afb. 2.1 Appartementenbouw in Helsinki met balkons die onderdeel zijn van het staalskelet.
Architect: Kahri Architecten.*



- Water efficiënt gebruiken en 'grijs' water hergebruiken.
- Vervuiling stoppen en het lokale milieu beschermen.
- Ontwerp van aantrekkelijke gemeenschappelijke ruimtes en gezondere, comfortabele gebouwen.

Staalbouw scoort goed op deze punten. Staal is bijvoorbeeld 100% herbruikbaar en de kleine hoeveelheid afval die ontstaat tijdens de fabricage en de constructie wordt hergebruikt. Alle stalen constructiesystemen zijn te hergebruiken aan het einde van hun levensduur. Prefabricage van stalen componenten verhoogt de productiviteit op de bouwlocatie met soms wel 70% en geeft minder overlast op de omgeving tijdens de bouw. Met staalconstructies zijn gebouwen te maken die makkelijk zijn aan te passen. Dit leidt tot duurzame gebouwen die verschillende functies kunnen herbergen en in de toekomst aanpasbaar zijn.

Bouwsnelheid

Een kenmerk van alle staalbouw is de hoge bouwsnelheid op de bouwplaats en de verhoogde productiviteit door gebruik van geprefabriceerde systemen.

Studies hebben aangetoond dat met tweedimensionale prefabsystemen 30 tot 40% sneller is te bouwen dan met metselde constructies. Driedimensionale modulaire systemen zijn zelfs 60 tot 70% sneller dan de traditionele methoden.

De financiële voordelen van bouwsnelheid zijn:

- Minder materieel op de bouwplaats en minder managementkosten.
- Snel rendement op investeringen door de opdrachtgever.
- Lagere rentekosten tijdens de bouwperiode.
- Deze voordelen leiden tot een lagere cashflow en een hoger rendement op kapitaal.

Bouwsnelheid is vooral belangrijk voor grotere woongebouwen en gebouwen zoals studentenwoningen, die voor het begin van het academische jaar opgeleverd moeten worden.

Gebruik op de lange termijn

Bij woningen en woongebouwen is de vereiste levensduur van de draagconstructie en de gebouwmhulling doorgaans 50 of 60 jaar. Gebouwen moeten

echter flexibel zijn in het gebruik en aan te passen aan toekomstige eisen. Met behulp van staalbouw is aanpasbaarheid makkelijk te realiseren door gebruik van verplaatsbare scheidingswanden, grote vloeroverspanningen en 'open' daksystemen.

Uit metingen aan gebouwen in verschillende klimaatomstandigheden blijkt dat verzinkte stalen elementen duurzaam zijn. Voor stalen bouwdeelen in een binnenklimaat is de voorspelde levensduur meer dan 100 jaar.

Geluidsisolatie

De geluidwering van woningscheidende wanden en vloeren is erg belangrijk voor de gezondheid en het welzijn van de bewoners van een woongebouw. Bij luchtgeluid is de geluidsisolatie uitgedrukt in een geluidsreductie-index ($D_{nT,w}$ in dB) tussen kamers. Er wordt gebruik gemaakt van een standaardtest volgens EN ISO 717-1 waarbij het frequentiebereik van 100 tot 3150 Hz is opgedeeld in 16 tertsbanden. Bij vloeren wordt ook rekening gehouden met contactgeluid. De geluidsoverdracht $L_{t,w}$ via de vloer, aangestoten met een hamermachine, dient niet een bepaalde maximumwaarde niet te overschrijden.



Afb. 2.2 *Studentencomplex van 16 lagen met een staalskelet en lichte stalen prefab wanden in Southampton, Verenigd Koninkrijk.*



Afb. 2.3 *Appartementengebouw met staalskelet in Evreux, Frankrijk, met staalframe wanden en vloeren en lichtgewicht gevelbeplating. Architect: Dubosc & Landowski.*

Belasting	Karakteristieke waarde (kN/m ²)
Opgelegde belastingen:	
Woonruimtes	1,5 tot 2,0
Gangen en gemeenschappelijke ruimte	3
Commerciële ruimtes	2,5 tot 4
Binnenwanden (lichtgewicht)	0,5 tot 1,0
Eigen gewichten:	
Staalframe wanden	0,5 tot 1,0
Staalframe vloeren	0,7
Lichtgewicht daken	0,5
Pannendaken	0,9
Staalskelet	0,3 tot 0,5
Staalplaat-betonvloeren	2,5 tot 3,5
Prefab betonvloeren	2,5 tot 4

Tabel 2.1 Karakteristieke belastingen voor woningen en woongebouwen.

Voor luchtgeluid is bij woningscheidende wanden en vloeren acceptabel dat de geluidsreductie minimaal 45 dB is. Dit wordt bij opgeleverde gebouwen gemeten met praktijktests. Daarbij wordt rekening gehouden met flankerende geluidsoverdracht via verbindingen tussen vloeren en wanden.

Brandveiligheid

Bij de brandveiligheid van woongebouwen moet met een groot aantal zaken rekening worden gehouden zoals vluchtroutes, voorkomen dat de brand zich verspreidt, weerstand tegen bezwijken van de constructie en brandbestrijding. Eisen aan de weerstand tegen bezwijken van de constructie en de compartimentering worden meestal aangeduid als de 'brandwerendheid' van de constructie.

De brandwerendheid is gebaseerd op de resultaten van standaard brandtesten en wordt uitgedrukt in eenheden van 30 minuten. Voor de meeste woningen en woongebouwen is een minimale brandwerendheid van 30 minuten vereist, oplopend tot 60 minuten voor scheidingswanden. Hoogbouw moet soms 90 minuten brandwerend zijn, vooral met het

oog op het bezwijken van de constructie en de effectieve brandbestrijding. In veel gevallen leiden de maatregelen die zijn genomen voor bevredigende geluidsisolatie ook tot minstens 60 minuten brandwerendheid. De brandwerendheidseisen kunnen per land verschillen. Op de website www.bouwenmetstaal.nl is de brochure 'Brandveilige verdiepingbouw met staal' en het BrandInformatieSysteem te raadplegen.

Thermisch gedrag

One of the most effective ways of Een van de meest effectieve manieren om het verbruik van primaire energie te verminderen is om het thermisch gedrag van de gebouwmhulling te verbeteren. Dit kan bijvoorbeeld door de overdracht van warmte via gevels en daken te verminderen en de luchtdichtheid te verbeteren. De thermische isolatie van de gebouwmhulling wordt uitgedrukt met de U-waarde, het warmteverlies door een oppervlakte-eenheid gevel of dak per graad temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

Voor gevels wordt meestal een maximum U-waarde aangehouden van 0,3 W/m²K.

Voor daken geldt (afhankelijk van het land) een maximum U-waarde van 0,2 W/m²K. Bij daken en gevels wordt de isolatie aan de buitenzijde aangebracht om het risico op condensatie en koudebruggen te reduceren. Een innovatie is het gebruik van thermoprofielen, dat zijn koudgevormde staalprofielen met perforaties of sleuven om koudebruggen te verminderen. Isolatie is efficiënt tussen de koudgevormde profielen aan te brengen, wat tot dunne wanden leidt.

Belastingen

Bij woningen en woongebouwen zijn de volgende belastingen van belang:

- Eigen gewicht (inclusief afwerking).
- Opgelegde belastingen (inclusief hogere belastingen in gemeenschappelijke ruimtes).
- Windbelasting.
- Sneeuwbelasting (op daken).

Tabel 2.1 toont de belangrijkste belastingen. Gebouwen met een staalskelet zijn veel lichter dan gebouwen met een betonnen of gemetselde constructie, waardoor bespaard kan worden op funderingskosten.

3 Vloersystemen

Dit hoofdstuk bespreekt de vloersystemen die het meest worden gebruikt bij woningen en woongebouwen. Van elk vloersysteem zijn de eigenschappen opgesomd en is beschreven waar bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden.

Vloeren zijn op te leggen op dragende staalframe wanden of op stalen liggers in een staalskelet.

In dit hoofdstuk zijn drie vloertypes onderscheiden:

- Staalframe vloeren
- Lage staalplaat-betonvloeren
- Hoge staalplaat-betonvloeren

Staalframe vloeren bestaan uit koudgeformde C- en U-profielen. Voor grote overspanningen worden wel eens vakwerkliggers toegepast die zijn samengesteld uit koudgeformde profielen. De lichtgewicht vloerelementen komen geprefabriceerd aan op de bouwplaats.

Lage staalplaat-betonvloeren bestaan uit geprofileerde staalplaten waarop een betonnen deklaag wordt gestort. Staalplaat-betonvloeren worden steeds meer gebruikt in woongebouwen vanwege de constructieve samenhang en de uitstekende geluidsisolerende en brandwerende eigenschappen. In de meeste

gevallen zijn de vloeren zo ontworpen dat de stalen liggers constructief samenwerken met de vloeren. In sporadische gevallen worden staalplaat-betonvloeren gecombineerd met dragende staalframe wanden.

Hoge staalplaat-betonvloeren zijn vergelijkbaar, maar hebben een profielhoogte van 190 tot 225 mm. Ze zijn toe te passen in combinatie met een geïntegreerde ligger waarmee de totale vloerhoogte is te beperken tot 300 mm. Omdat de liggers niet onder de vloer uitsteken zijn wandaansluitingen makkelijker (zie Hoofdstuk 4).

Staalframe vloeren

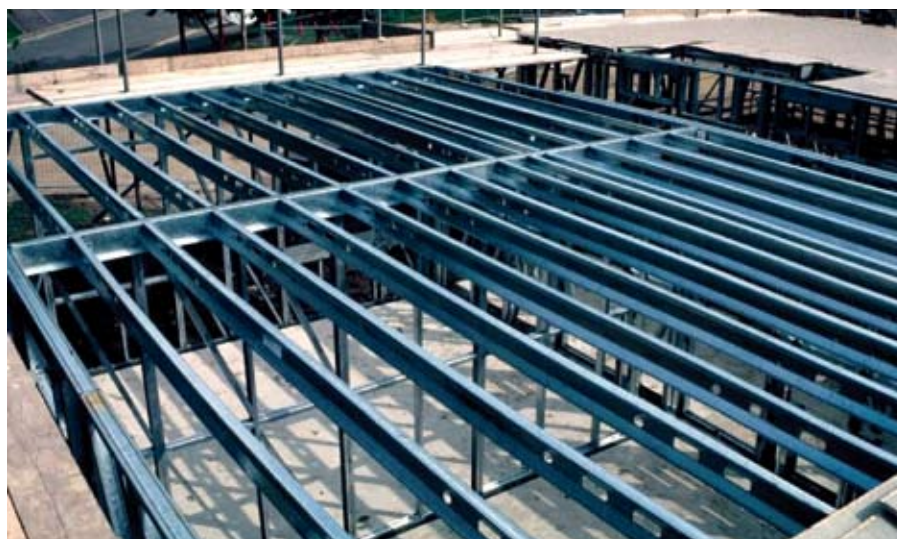
Lage staalplaat-betonvloeren

Hoge staalplaat-betonvloeren



Afb. 3.1 *Staalframe vloeren opgelegd op staalframe wanden.*
Bron: Fusion Building Systems.

Staalframe vloeren



Afb. 3.2 Staalframe vloeren opgelegd op Z-profielen aan de bovenzijde van de staalframe wanden.

Omschrijving

Staalframe vloeren zijn meestal 150 tot 300 mm hoog. De vloerliggers worden gemaakt van koudgeformde C-profielen met een dikte van 1,6 tot 2,4 mm. De profielen zijn van dompelverzinkt staal S280 tot S390 volgens EN 10326 met een zinklaagdikte van 40 micron (G275). Vakwerkliggers zijn meestal 300 tot 500 mm hoog en er kunnen leidingen tot maximaal 100 mm diameter tussen de liggers doorgevoerd worden. Vloerliggers worden meestal met een tussenafstand van 400 mm tot 600 mm geplaatst, afhankelijk van de afmetingen van de plafond- en vloerpanelen.

De vloerliggers kunnen direct op de dragende wanden worden opgelegd. In Nederland worden de staalframe vloeren meestal ondersteund door Z-profielen die op de wanden zijn geplaatst. Zo is de positie van de vloerliggers vrijer te kiezen (afb. 3.2). Wanneer de vloeren prefab zijn samengesteld zijn er speciale bevestigingspunten nodig om de vloeren aan de wanden te verbinden.

Om de stijfheid van de vloer te vergroten en om de geluidsisolatie te verbeteren zijn dekvloeren aan te brengen. Dit kan op een vloerbeschoot of op een stalen zwaluwstaartplaat waarbij er constructieve samenwerking is tussen de vloer en liggers (afb. 3.3).

Voor grotere overspanningen zijn warmgewalste of samengestelde profielen te gebruiken. Er is hoogte te winnen door de staalframe vloeren op te leggen op de onderflens van een geïntegreerde ligger (afb. 3.4).

Belangrijke punten bij het ontwerp

Staalframe vloeren bestaan uit C-profielen. Aan de bovenzijde zit een vloerbeschoot of stalen zwaluwstaartplaat met dekvloer. Aan de onderzijde zijn gipsplaten bevestigd die voldoende dik zijn om zowel brandwerendheid als een goede geluidsisolatie te bereiken. Deze eisen leiden vaak tot het gebruik van 2 of 3 lagen gipsplaat in het plafond en het aanbrengen van minerale wol of glaswol tussen de vloerliggers. In badkamers en keukens kan er een aparte onderhoudsruimte benodigd zijn onder de vloer. Hiervoor kan een verlaagd plafond noodzakelijk zijn.

Bij deze lichtgewicht vloeren is de gevoeligheid voor vloertrillingen belangrijk; het ontwerp moet resonantie-effecten als gevolg van lopen en andere activiteiten uitsluiten. In het algemeen wordt bij lichtgewicht vloeren uitgegaan van een minimale eigenfrequentie van 8 Hz.

Afb. 3.3 Bij grote overspanningen zijn in staalframe vloeren ook vakwerkliggers toe te passen die uit koudgevormde profielen zijn samengesteld.
Bron: Metek Building Systems.



Afb. 3.4 Staalframe vloeren opgelegd op warmgewalste stalen liggers.
Bron: Ruukki.



Voordelen

- Gemakkelijk op de bouwlocatie te monteren.
- De gipsplaten bieden geluidsisolatie en zijn brandwerend.
- Ruim aanbod aan vloerliggers van verschillende afmetingen.
- De vloerliggers zijn samen te stellen tot grote elementen die gemakkelijk te monteren zijn.

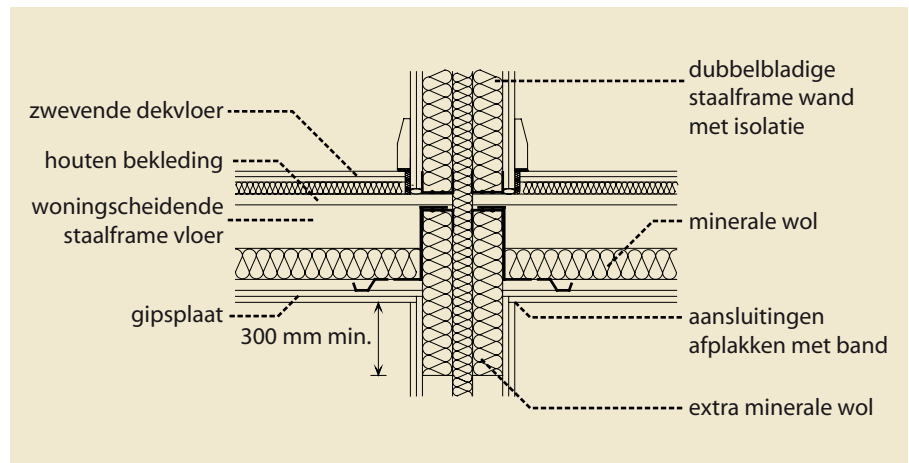
Brandwerendheid

Brandwerendheid wordt bereikt met twee of drie lagen brandwerende gipsplaat (Type F volgens EN 520). In de meeste gevallen wordt een brandwerendheid verlangd van 60 minuten. Een brandwerendheid van 60 minuten wordt bereikt met 2 lagen van 12 mm brandwerende gipsplaat onder de vloerliggers.

Geluidsisolatie

Een hoog niveau van geluidsisolatie wordt bereikt door middel van de in afb. 3.5 getoonde constructiemethode. Hiermee wordt flankerende geluidsoverdracht bij de verbindingen tussen vloeren en wanden voorkomen. Verschillende types veerkrachtige vloerbedekking en minerale wol tussen de liggers zorgen voor een vermindering van de geluidsoverdracht.

Afb. 3.5 Detaillering van de aansluiting van vloeren met woningscheidende wanden bij staalframebouw.



Belastingen en doorbuiging

Koudgeformde stalen liggers met overspanningen van 3 tot 6 m kunnen opgelegde belastingen tot 3 kN/m^2 dragen (tabel 3.1). Om de vloertrillingen tot een minimum te beperken en de bewegingen niet zichtbaar te laten zijn moet de doorbuiging beperkt worden tot de volgende maximumwaarden:

- $1/350$ van de overspanning of maximaal 15 mm onder het eigen gewicht plus de opgelegde belasting.
- $1/450$ van de overspanning onder uitsluitend de opgelegde belasting.
- Lokale doorbuiging van minder dan 1,5 mm onder een puntlast van 1 kN.

De maximale doorbuiging van 15 mm zorgt ervoor dat de vloer de maximale eigen frequentie van 8 Hz bereikt. Dit leidt tot de maximale overspanningen die gegeven zijn in Tabel 3.1.

Totale vloerhoogte

De totale vloerhoogte van een staalframevloer inclusief geluidsisolatie en een gipsplafond is:

- 300 mm voor overspanningen tot 3,8 m.
- 400 mm voor overspanningen tot 4,8 m.
- 500 mm voor overspanningen tot 6 m.

Vloerliggers	Afstand tussen liggers (mm)	Max. overspanning in woning (m)	Max. overspanning in appartementen (m)
150 x 1.6 C	400	3.8	3.6
200 x 1.6 C	400	4.8	4.5
200 x 2.0 C	400	5.2	4.8
250 mm vakwerkliggers	400	5.0	4.8
300 mm vakwerkliggers	400	5.5	5.2
300 mm vakwerkliggers met 40 mm dekvloer op gipsbasis	600	6.0	5.7
<i>Woning: Opgelegde belasting = 1.5 kN/m^2 Eigen gewicht = 0.5 kN/m^2</i> <i>Appartementen: Opgelegde belasting = 2.5 kN/m^2 Eigen gewicht = 0.7 kN/m^2 (1.7 kN/m^2 inc. gypsum screed)</i>			

Tabel 3.1 Staalframevloeren voor de woningen en appartementen: liggers, hart-op-hart maten en maximale overspanningen.

Lage staalplaat-betonvloeren



Afb. 3.6 Lage staalplaat-betonvloer en staalbeton randligger. Bron: Kingspan.

Omschrijving

Lage staalplaat-betonvloeren bestaan uit geprofileerde staalplaten waarop een betonnen deklaag wordt gestort (afb. 3.6). Met een profielplaat met een hoogte van 50 tot 80 mm en een dikte van 0,8 tot 1,2 mm zijn overspanningen te maken van 2,5 tot 4,5 m. Door de dikte van de betonnen deklaag op de vereiste overspanning af te stemmen is geen onderstempeling nodig tijdens de bouw.

Een lage staalplaat-betonvloer is meestal 120 tot 160 mm dik en is met een wapeningsnet versterkt. Dit is aan te geven als A142 tot A193, waarbij het getal het versterkte oppervlak (in mm^2/m) weergeeft. Soms worden er in de ribbe van de geprofileerde plaat extra wapeningsstaven aangebracht om de buigweerstand en brandwerendheid te verbeteren. Een brandwerendheid van 90 minuten is te behalen met een nominale netwapening van 0,2% van de doorsnede van de betonlaag.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Lage staalplaat-betonvloeren zijn relatief dun in vergelijking met hun overspanning. Een verhouding overspanning/vloerdikte tot 32 is mogelijk. Bepalend voor het ontwerp is de overspanning van de geprofileerde plaat zonder tussenondersteuning. In de meeste gevallen is ondersteuning door secundaire liggers of dragende wanden nodig op afstanden van ongeveer:

- 3 m voor liggers van 50 mm hoogte.
- 3,6 m voor liggers van 60 mm hoogte.
- 4,2 m voor liggers van 80 mm hoogte.

Tabel 3.2 geeft ontwerptabellen voor lage staalplaat-betonvloeren. Met ondersteuning tijdens de montage door stempels zijn grotere overspanningen mogelijk, mits de vloer bestand is tegen de belasting van de ondersteuning. Het vloerontwerp is te optimaliseren door de vloer over meerdere steunpunten te laten doorlopen.

Voordelen

- Stijf en constructieve samenhang.
- Groot assortiment aan profielen en staaldiktes om het ontwerp te optimaliseren.
- Voor de meeste toepassingen is geen onderstempeling nodig.
- Goede geluidsisolatie en brandwerendheid.

Brandwerendheid

De dikte van de vloer bepaalt de isolatie tijdens een brand. Dikkere vloeren hebben een grotere brandwerendheid. Met de brandwerendheid neemt ook de wapening toe, omdat de effectiviteit daarvan afneemt bij temperatuurstijging. De overspanning en maximale belasting voor verschillende diktes en de brandwerendheid in minuten voor staalplaat-betonvloeren van 120 tot 150 mm dikte worden weergegeven in Tabel 3.2. Tabel 3.2 toont voor staalplaat-betonvloeren van 120 tot 150 mm dikte met een bepaalde brandwerendheid en opgelegde belasting de maximale overspanning.

Geluidsisolatie	Staalplaat-betonvloeren met plafonds van gipsplaat kunnen voor een uitstekende geluidwering zorgen van meer dan 60 dB.
Belastingen en doorbuiging	Tabel 3.2 geeft richtlijnen voor de belastingen. In woongebouwen zijn met geprofileerde platen met een hoogte van 80 mm en een totale vloerhoogte van 150 mm zonder onderstempeling tijdens de montage overspanningen te bereiken van 4,5 m. Een grote overspanning biedt veel vrijheid bij het inrichten van de plattegrond. Doorbuiging onder opgelegde belasting is beperkt tot 1/360 van de overspanning, maar na het storten van het beton kan de doorbuiging van de onderzijde van de geprofileerde plaat een waarde bereiken van 1/180 van de overspanning.
Totale vloerhoogte	De totale hoogte van een lage staalplaat-betonvloer hoeft maar 250 mm te zijn, waardoor er ruimte overblijft voor geluidsisolatie en plafonds van gipsplaat. De vloer wordt hoger als de vloerliggers niet in één lijn liggen met de wanden. Daar is in de ontwerpfase een totale vloerdikte van 600 mm te gebruiken.

Overspanning	Brand-werenheid (minuten)	Betondek (mm)	Wapening (mm ² /m)	Maximum overspanning (m) voor opgelegde belasting			
				t = 0.9 mm		t = 1.2 mm	
				3.5 kN/m ²	5.0 kN/m ²	3.5 kN/m ²	5.0 kN/m ²
Enkelvelds-overspanning; geen onderstempeling	60	120	A142	2.8	2.8	3.2	3.2
	90	130	A193	2.7	2.7	3.1	3.0
Tweevelds-overspanning; geen onderstempeling	60	120	A142	3.2	3.2	3.9	3.7
	90	130	A193	3.1	3.1	3.8	3.5
	120	150	A252	2.9	2.9	3.5	3.4
Eén rij tijdelijke ondersteuning	60	120	A353*	3.8	3.4	4.0	3.6
	90	130	A353*	3.4	3.1	3.6	3.3
	120	150	A353*	3.1	2.9	3.3	3.0

t = plaatdikte vloerligger *nodig tegen scheuren betondek bij onderstempelde constructie A193 = 193 mm²/m wapening in beide richtingen

(a) 60 mm hoge geprofileerde staalplaat

Overspanning	Brand-werenheid (minuten)	Betondek (mm)	Wapening (mm ² /m)	Maximum overspanning (m) voor opgelegde belasting			
				t = 0.9 mm		t = 1.2 mm	
				3.5 kN/m ²	5.0 kN/m ²	3.5 kN/m ²	5.0 kN/m ²
Enkelvelds-overspanning; geen onderstempeling	60	150	A193	3,7	3,2	4,1	3,5
	90	160	A252	3,8	3,2	3,9	3,3
Tweevelds-overspanning; geen onderstempeling	60	150	A193	4,2	3,8	4,6	4,1
	90	160	A252	4,1	3,9	4,5	4,0
	120	170	A393	4,0	3,9	4,3	3,9

(b) 80 mm hoge geprofileerde staalplaat

Tabel 3.2 Ontwerptabellen voor staalplaat-betonvloeren.

Hoge staalplaat-betonvloeren



Afb. 3.7 *Staalskelet met hoge staalplaat-betonvloer, geïntegreerde ASB-liggers en prefab wanden.*

Omschrijving

Bij hoge staalplaat-betonvloeren werkt een hoge geprofileerde staalplaat constructief samen met een betondek. Met dit systeem is de totale vloerdikte te beperken tot ongeveer 300 mm. Zonder tijdelijke onderstempeling zijn overspanningen te realiseren van 6 m. Afhankelijk van de leverancier is de geprofileerde staalplaat 190 tot 225 mm hoog. Afhankelijk van de brandwerendheidseisen is de betonnen deklaag 70 tot 90 mm dik.

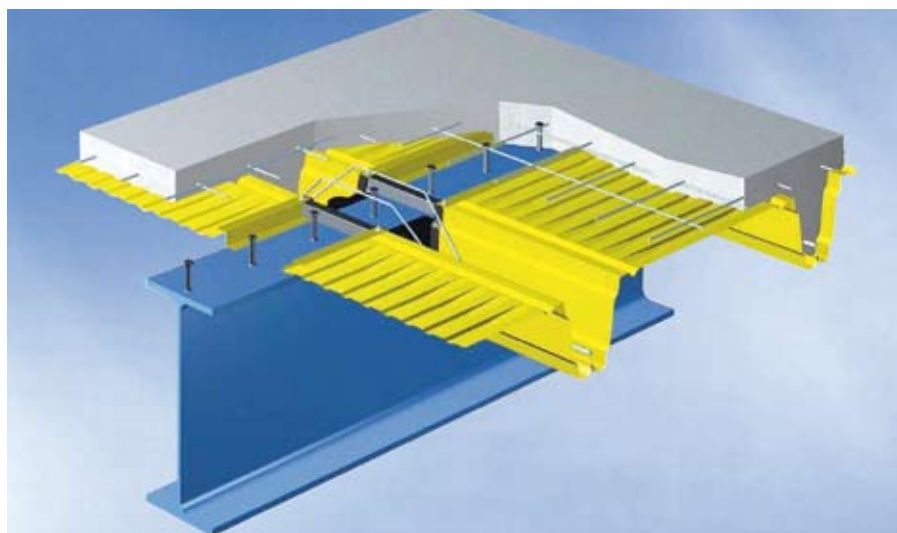
Het Corus Slimdek systeem maakt gebruik van een asymmetrische ASB-ligger of een HE-profiel met aangelaste onderplaat als geïntegreerde ligger. De SD255-profielplaat is opgelegd op de onderflens (afb. 3.7). Dit systeem wordt in het Verenigd Koninkrijk veel gebruikt in de woningbouw (hoofdstuk 8). Randliggers zijn uit te voeren als rechtehoekige kokerprofielen met een aan de onderzijde aangelaste plaat. Deze oplossing biedt een dunne vloerrand, eenvoudige detaillering en een goede torsieweerstand. Hoesch Additif is een ander systeem van hoge staalplaat-betonvloeren. Het maakt gebruik van staven die in dwarsrichting op de bovenflens van een IPE- of HE-profiel gelast zijn waarop de bovenkant van de geprofileerde plaat ligt (afb. 3.8). Dit systeem wordt vaak gebruikt voor parkeergarages met overspanningen tot 5,5 m. Het Franse Cofradal systeem gebruikt een stalen cassette met minerale wol van hoge dichtheid, waarop in het werk beton wordt gestort. Deze vloer is 200 mm dik en kan in woningbouw een overspanning bereiken van 6 m (Hoofdstuk 8).

Belangrijke punten bij het ontwerp

Hoge staalplaat-betonvloeren kunnen grote overspanningen maken. De belangrijkste ontwerpvoorwaarde is het vermogen van de geprofileerde plaat om de belastingen tijdens de bouw te dragen zonder dat er tijdelijke ondersteuning nodig is. Zonder te onderstempelen zijn de mogelijke overspanningen:

- 225 mm hoge geprofileerde plaat – 6 m overspanning bij een vloerdikte van 300 mm.
- 190 mm hoge geprofileerde plaat – 5,4 m overspanning bij een vloerdikte van 270 mm.

Vanwege de brandwerendheid is extra wapening nodig. Met tijdelijke ondersteuning zijn overspanningen tot 9 m te behalen. Met voldoende wapening is een verhouding overspanning/vloerdikte van 25 mogelijk. Hiermee kan aan doorbuigingseisen worden voldaan.



Afb. 3.8 Hoesch Additiv vloersysteem opgelegd op stalen liggers.

Voordelen

- Stijf en constructieve samenhang.
- Grote overspanningen (tot 6 m bij niet-onderstempelde constructies).
- Goede geluidsisolatie en brandwerendheid.
- Geringe totale vloerhoogte bij toepassing van geïntegreerde liggers.
- Vrije plattegrond.

Brandwerendheid

Met wapening in de ribben is met hoge staalplaat-betonvloeren op de volgende manieren aan brandwerendheidseisen te voldoen:

Brandwerendheid	Minimum betondek (mm)	Minimum wapening per ribbe	Minimum wapening (mm ² /m)
30	60 mm	Ø 12 mm	A142
60	70 mm	Ø 16 mm	A193
90	90 mm	Ø 20 mm	A252

A193 = 193 mm²/m wapening in beide richtingen

Tabel 3.3 Opbouw hoge staalplaat-betonvloeren voor verschillende brandwerendheidseisen.

Geluidsisolatie

Hoge staalplaat-betonvloeren hebben een uitstekende geluidwering van meer dan 60 dB. Bij de aansluitingen van de vloeren en de wanden moet op de detaillering worden gelet.

Totale vloerhoogte

De totale vloerhoogte is inclusief geluidsisolatie en verlaagd plafond meestal 400 tot 500 mm. Door gebruik te maken van geïntegreerde liggers zijn binnenwanden overal te plaatsen, omdat dan geen rekening hoeft te worden gehouden met liggers die onder de vloer uitsteken.

4 Wandsystemen

Dit hoofdstuk bespreekt de wandsystemen die het meest worden gebruikt bij woningen en woongebouwen met een stalen draagconstructie. Uitgangspunt zijn staalframe wanden die als dragende wand, binnenspouwblad, scheidingswand en binnenwand zijn uit te voeren. Van elk type zijn de eigenschappen opgesomd en is beschreven waar bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden. Het thermisch gedrag van gevelsystemen wordt behandeld in Hoofdstuk 7.

Wanden kunnen onderdeel uitmaken van de draagconstructie, zoals bij staalframebouw of zijn als niet-dragende elementen te gebruiken in een skelet. Er zijn drie types wanden:

- Dragende wanden.
- Binnenspouwbladen.
- Scheidingswanden en binnenwanden.

Bij staalframebouw zijn de staalframe wanden en gevels dragend uitgevoerd. De wandelementen bestaan uit koudgeformde staalprofielen met beplating. De vloeren – meestal staalframe vloeren, maar staalplaat-betonvloeren zijn ook te gebruiken – zijn opgelegd op de wanden. Met dragende staalframe wanden zijn gebouwen te maken tot en met 8 bouwlagen.

Dezelfde techniek is te gebruiken voor binnenspouwbladen, scheidingswanden en binnenwanden. Binnenspouwbladen dragen de gevelbeplating en kunnen windkrachten opnemen, maar spelen geen rol bij de belastingafdracht van bovenliggende vloeren en wanden. Scheidingswanden zijn binnenwanden die nodig zijn voor geluidsisolatie tussen verschillende woningen of tussen ruimtes. Binnenwanden zijn niet-dragende wanden zonder geluidwerende of brandscheidende functie.

Dragende wanden

Binnenspouwbladen

Scheidingswanden en binnenwanden



*Afb. 4.1 Staalframe binnenspouwblad wordt ingehesen in staalskelet.
Bron: Kingspan Architectural.*

Dragende wanden



Afb. 4.2 Staalframe wanden met schoren gebouwd met de 'platform'-methode. Bron: Fusion Building Systems.

Omschrijving

Bij staalframebouw zijn wanden dragend uitgevoerd. Staalframe wanden zijn gemaakt van C-profielen met een profielhoogte van 70 tot 150 mm en staaldiktes van 1,6 tot 2,4 mm. De tweedimensionale wandelementen komen geprefabriceerd aan op de bouwplaats en dragen de bovenliggende constructie. Ze zijn te gebruiken als wand- en gevelelement. De bekendste montagemethode staat bekend als de 'platform'-methode. Bij deze methode worden eerst de wanden geplaatst, daarop wordt de vloer gelegd. Op die vloer worden de volgende wanden geplaatst, enzovoort. Ook is het mogelijk om bovenop de wanden Z-profielen te plaatsen waarop de vloeren worden opgelegd.

Wandstijlen van verticale C-profielen worden geplaatst op tussenafstanden van 300, 400 of 600 mm. Zo zijn gipsplaten met standaardbreedtes van 1,2 of 2,4 m zonder snijverlies te monteren. Door schijfwerking kunnen de gipsplaten meewerken aan de stabiliteit van het wandelement. Ook zijn schoren toe te passen (afb. 4.2).

In het algemeen wordt binnen één wand voor elk C-profiel dezelfde profielhoogte aangehouden. Bij grote openingen of anderszins zwaar belaste plaatsen zijn meerdere C-profielen te plaatsen. Dubbele scheidingswanden verdienen de voorkeur, maar in sommige gevallen kunnen enkele scheidingswanden worden gebruikt, mits de leidingen niet door de wand heen gaan.

Bij dragende staalframe wanden gaat het meestal om één van de drie types (afb. 4.3):

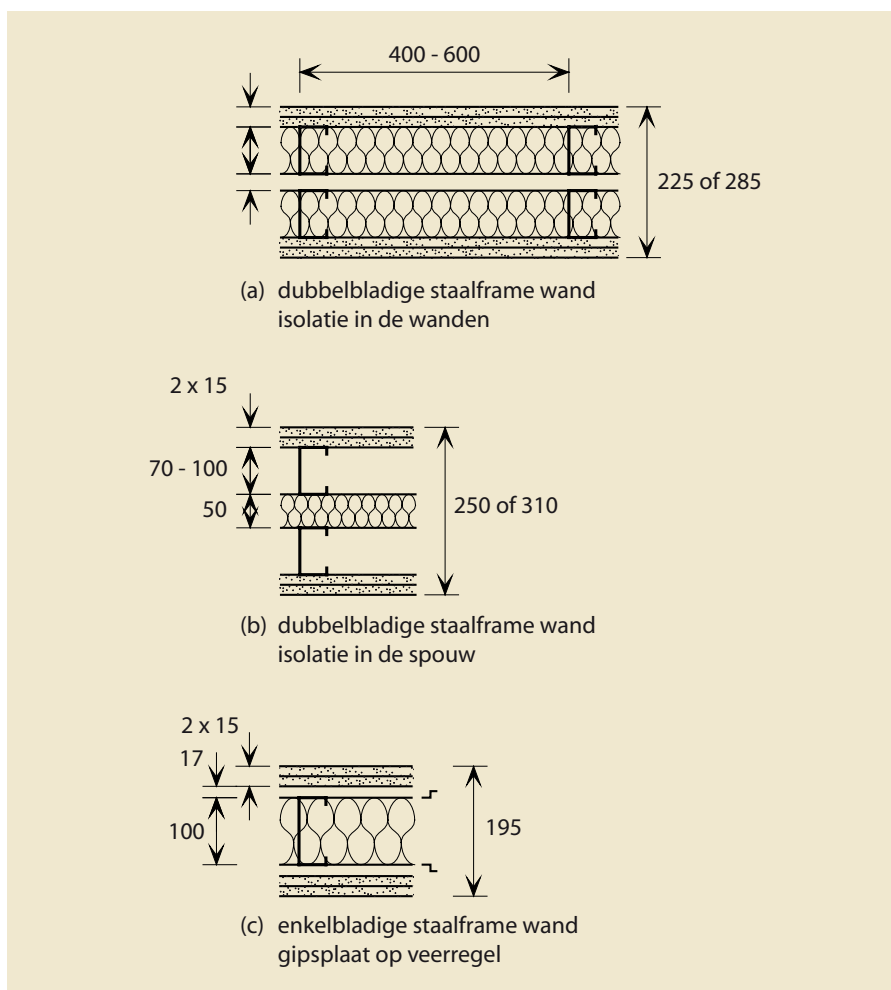
- Dubbele wanden met isolatie van minerale wol of glaswol, die aangebracht is tussen de C-profielen, en twee lagen gipsplaat op de buitenzijde van de wand.
- Dubbele wanden zoals hierboven, maar met harde isolatiebeplating in de spouw.
- Enkele wanden met C-profielen van minimaal 100 mm hoog met minerale wol ertussen en veerrails bevestigd aan de C-profielen waarop twee lagen gipsplaat is bevestigd.

Voor woningscheidende wanden worden voornamelijk dubbele wanden gebruikt. Hiervoor is in het ontwerp een totale dikte van 300 mm aan te houden. In andere gevallen zijn enkele wanden toe te passen met een dikte van slechts 150 mm.

C-profiel voor wanden (hoogte x breedte x dikte)	Wandhoogte (m)	Weerstand van de doorsnede-oppervlakte			Gereduceerde knikweerstand rekening houdend met excentriciteit (kN)
		Buig- weerstand (kNm)	Drukweerstand - geen knik (kN)	Knik- weerstand (kN)	
70 x 45 x 1.2	2.5	1.4	58	32	18
70 x 45 x 1.2	3.0				
100 x 45 x 1.6	2.5	3.1	89	53	29
100 x 45 x 1.6	3.0				

Opmerking: Bij de gereduceerde knikweerstand in deze tabel wordt rekening gehouden met het effect van excentriciteit van de normaalkracht die werkt op het C-profiel.

Tabel 4.1 Ontwerptabel met de drukweerstand van dragende wandstijlen uit C-profielen.



Afb. 4.3 Drie types dragende staalframe wanden.

Belangrijke punten bij het ontwerp	<p>Dragende staalframe wanden zijn ontworpen op druk en buiging als gevolg van excentrische belasting door de vloeren. Bij verdiepingbouw voldoen meestal C-profielen van 100 mm hoog en 1,6 mm dik hart-op-hart 300 tot 600 mm geplaatst. Maar bij woningen met twee lagen zijn kleinere C-profielen van 70 mm hoog en 1,2 mm dik toe te passen.</p> <p>De drukweerstand van wanden uit C-profielen hangt af van de knikweerstand van de C-profielen, gecorrigeerd met de excentriciteit van de normaalkracht en de schijfwerking van de beplating. Bij de meeste C-profielen wordt de drukweerstand bepaald door knik om de hoofdas. Knik om de secundaire as wordt belet door de schoren of door bevestiging aan de wandbeplating. Tabel 4.1 biedt gegevens over de drukweerstand van wandstijlen uit C-profielen. Wanneer verticale krachten excentrisch werken op de wand (bijv. bij vloeren die opgelegd zijn op een Z-profiel dat over de wandpanelen geplaatst is), wordt een reductiefactor toegepast in Tabel 4.1. Hierbij is rekening gehouden met gecombineerde buiging en druk.</p> <p>Om horizontale krachten op te nemen kunnen wanden op verschillende manieren worden geschoord:</p> <ul style="list-style-type: none"> • In de wand opgenomen K- of W-vormige schoren van C-profielen op spanning of druk. • Externe X-vormige schoren van platte stalen strips op spanning. • Schijfwerking van wandplaten, zoals multiplex of cementgebonden beplating. <p>Over het algemeen zijn X-vormige schoren het meest geschikt voor hoogbouw. Door een X-geschoord wandelement van 2,4 m² zijn schuifkrachten tot 20 kN op te nemen.</p> <p>Om de staalframe wanden thermisch te isoleren zijn verschillende soorten van isolerende beplating aan te brengen (hoofdstuk 7). Met aanpassingen op deze staalframetechniek zijn open daksystemen te maken.</p>
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Staalframe wanden zijn te maken voor iedere wandafmeting en belasting. • Ze zijn te leveren met grote openingen voor ramen. • Kleinere wandpanelen (meestal 2,4 m²) zijn met de hand te tillen. • Grote panelen zijn mechanisch te hijsen; dit verkort de bouwtijd. • Schoren zijn tijdens de prefabricage van de wanden aan te brengen. • Lichtgewicht constructie zonder verspilling van materialen.
Brandwerendheid	<p>De brandwerendheid van staalframe wanden hangt af van de bescherming door de gipsplaat. Bij bepaling van de brandveiligheidsstrategie is voor de dragende wandstijlen een kritische temperatuur aan te houden van 400°C. Uit ervaring blijkt dat de constructiedetails die nodig zijn voor een goede geluidsisolatie minstens 60 minuten brandwerendheid garanderen.</p>
Geluidsisolatie	<p>Goede luchtgeluidsisolatie van staalframe wanden is te behalen met de constructiedetails die gegeven zijn in afb. 4.3.</p>

Binnenspouwbladen



Afb. 4.4 Staalframe binnenspouwbladen in een staal-beton constructie.

Omschrijving

Binnenspouwbladen dragen de gevelbeplating en kunnen windkrachten opnemen, maar spelen geen rol bij de belastingafdracht van bovenliggende vloeren en wanden. Binnenspouwbladen van staal zijn er in de volgende twee types:

- Afzonderlijke wandstijlen van C-profielen die op de bouwplaats worden aangebracht tussen de bovenkanten van de vloeren en de onderkanten van de vloerliggers.
- Verdiepingshoge geprefabriceerde wandpanelen die aan de buitenzijde van de constructie zijn te verbinden aan de kolommen en de vloeren (afb. 4.1).

Afb. 4.4 toont de combinatie van prefab stalen binnenspouwbladen met een warm-gewalst staalskelet. Voor de wandstijlen zijn ook thermoprofielen te gebruiken, dat zijn koudgevormde staalprofielen met perforaties of sleuven om koudebruggen te verminderen (hoofdstuk 7).

Aan de bovenzijde van het prefab gevelelement is ruimte nodig om maatafwijkingen op te vangen en om de wand ten opzichte van het skelet te laten bewegen. Bij een betonskelet is hiervoor meer ruimte nodig dan bij een staalskelet. Metselwerk steunt meestal op de vloer of op roestvast stalen hoekprofielen die aan het skelet zijn bevestigd. Lichtgewicht gevels zijn meestal bevestigd aan het binnenspouwblad en worden erdoor ondersteund.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Binnenspouwbladen zijn primair ontworpen op windbelasting, met wat extra verticale belasting als gevolg van het eigen gewicht van de wand en de beplating. Het is mogelijk om prefab binnenspouwbladen horizontaal te laten overspannen tussen de kolommen of verticaal tussen de vloeren (afb. 4.4).

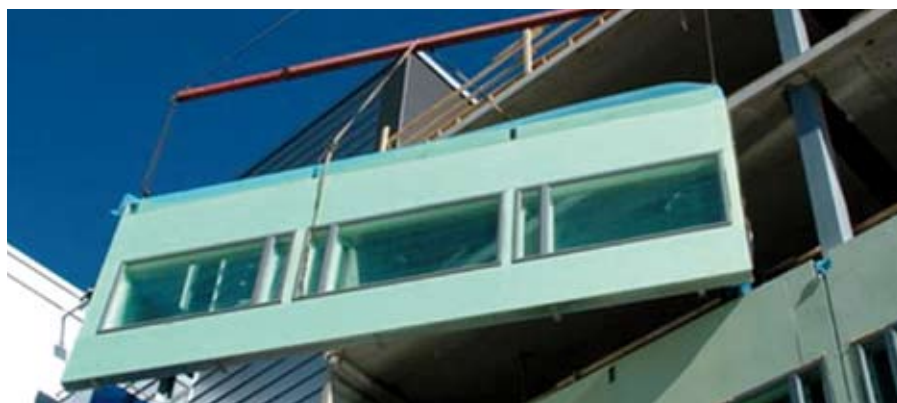
Winddrukken worden bepaald volgens EN 1991-1-4, afhankelijk van de bouwlocatie, hoogte en oriëntatie. De winddruk is het grootst op de zuid- en westgevels van het gebouw.

De benodigde ruimte om de wand ten opzichte van de constructie te laten bewegen hangt af van het type ondersteuning. De volgende minimale maten zijn redelijk voor liggers met een overspanning tot 5 m:

- 10 mm – voor gebouwen met een staalskelet of bestaande betonnen gebouwen.
- 20 mm – voor nieuwe betonnen gebouwen.

De bovenkant van het binnenspouwblad is meestal aan de binnenzijde ingeklemd in beugels op maximaal 600 mm hart-op-hart afstand. Iedere beugel is ontworpen om windzuiging (negatief) op te kunnen nemen en verticale beweging mogelijk te maken.

Afb. 4.5 Prefab binnenspouwblad compleet met gevelbeplating en ramen wordt ingehesen. Bron: Ruukki.



Voordelen

- Snelle bouwmethode te gebruiken bij staalskeletten en betonskeletten.
- Lichtgewicht constructie met een minimum aan materiaalverbruik en weinig bouwafval.
- Er zijn grote gevelopeningen te maken.
- Binnenspouwbladen zijn te prefabriceren of op de bouwplaats te assembleren.
- Beplating is vooraf op prefab binnenspouwbladen aan te brengen.

Brandwerendheid

De brandwerendheid van buitenwanden moet voldoende zijn om doorslag en overslag van rook en vlammen via de vloer te voorkomen. Normaliter is 30 of 60 minuten brandwerendheid vereist. Deze is te behalen met één of twee lagen gipsplaat van 12 mm dik. Speciale detaillering is vereist bij de randliggers om verticale beweging van het binnenspouwblad ten opzichte van de constructie mogelijk te maken. In bepaalde gevallen bieden de wanden brandwerendheid aan de randliggers.

Geluidsisolatie

De geluidsisolatie van gevels hangen vooral af van het type beplating. In het algemeen wordt door gevels met lichtgewicht beplating een geluidsdemping bereikt van minstens 30 dB.

Totale wanddikte

De totale dikte van gevels hangt af van de mate van thermische isolatie en het type beplating. Richtlijnen hiervoor worden gegeven in hoofdstuk 7.

Metselwerk steunt meestal op de vloer of op het staalskelet.

Scheidingswanden en binnenwanden



Afb. 4.6 Bevestiging gipsplaten op een scheidingswand ter plaatse van een X-schoor.

Omschrijving

Scheidingswanden zijn binnenwanden die nodig zijn voor geluidsisolatie tussen verschillende woningen of tussen ruimtes. Met scheidingswanden zijn ook brandcompartimenten te creëren. Scheidingswanden kunnen een dragende functie hebben, maar zijn ook te gebruiken als niet-dragende wanden in een steel- of betonskelet.

Binnenwanden zijn niet-dragende wanden zonder geluidwerende of brandscheidende functie. Binnenwanden zijn te verwijderen zonder de functie van het gebouw aan te tasten.

Koudgeformde stalen C-profielen die gebruikt worden voor scheidingswanden en binnenwanden zijn 55 tot 100 mm hoog en hebben een staaldikte van 0,55 tot 1,5 mm, afhankelijk van de profielhoogte en belasting.

Over het algemeen worden scheidingswanden uitgevoerd in twee types (afb. 4.3):

- Dubbele wanden met twee lagen gipsplaat direct op de buitenzijde aangebracht.
- Enkele wanden met twee lagen gipsplaat bevestigd aan veerrails die tegen de C-profielen zijn bevestigd.

Aan de bovenzijde van het prefab gevelement is ruimte nodig om maatafwijkingen op te vangen en om de wand ten opzichte van het skelet te laten bewegen.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Enkele en dubbele scheidings- en binnenwanden zijn voldoende geluidwerend te maken door meerdere lagen beplating aan te brengen. Deze beplating is aan de stijlen of aan de schoren te bevestigen (afb. 4.6). Een dubbele wand is minder gevoelig voor geluidsoverdracht via leidingdoorvoeren dan een enkele wand.

Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Lichtgewicht scheidingswanden zijn snel te bouwen. • Uitstekende geluidwering van luchtgeluid. • Alle niet-dragende staalframe of metal-stud wanden zijn verplaatsbaar. • Minimaal materiaalgebruik en weinig bouwafval. • Eigen gewicht is minder dan 0,5 kN/m² vloeroppervlak.
Brandwerendheid	Niet-dragende wanden die voldoen aan de eisen voor geluidwering halen meestal ook een brandwerendheid van minstens 60 minuten.
Geluidsisolatie Insulation	Scheidingswanden zijn ontworpen op een reductie van het luchtgeluid van 52 dB, zonder correctiefactor voor lage frequenties C_{tr} , of 45 dB met een correctiefactor voor lage frequenties. Bruikbare constructiedetails van wanden worden getoond in afb. 4.3.
Totale wanddikte	<p>In de ontwerpfase zijn voor de diktes van scheidingswanden en binnenwanden de volgende maten aan te houden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dubbele scheidingswand 300 mm • Enkele scheidingswand 200 mm • Binnenwand 100 mm

5 Staalskeletten

Dit hoofdstuk behandelt de verschillende constructiesystemen die zijn te gebruiken bij meerlaagse woningbouw. Er wordt uitgegaan van een staalskelet bestaande uit warmgewalste profielen in combinatie met de vloer- en wand-systemen die in de eerdere hoofdstukken aan de orde kwamen.

Voor woongebouwen met veel verdiepingen een open plattegrond, heeft een staalskelet de voorkeur. Er zijn combinaties mogelijk met verschillende vloer-systemen:

- Staal-beton liggers met prefab betonvloeren.
- Staal-beton liggers met staalplaat-beton vloeren.
- Geïntegreerde ligger met kanaalplaten.
- Holle staal-beton vloeren (Slimline).

Bij een staalskelet waar de liggers onder de vloer uitsteken, is het lastig om een scheidingswand loodrecht op de ligger aan te sluiten. Bij geïntegreerde liggers

zijn scheidingswanden overal te plaatsen (afb. 5.1). Geïntegreerde liggers zijn in combinatie met verschillende vloer-systemen toe te passen: hoge staalplaat-betonvloeren, prefab betonvloeren en staalframe vloeren. Voor kolommen worden HE-profielen of vierkante koker-profielen (SHS) gebruikt. Deze zijn meestal zo gekozen, dat ze binnen de dikte van een scheidingswand passen.

Staal-beton liggers met prefab betonvloeren

Staal-beton liggers met staalplaat-betonvloeren

Geïntegreerde liggers met kanaalplaten

Holle staal-beton vloeren (Slimline)



Afb. 5.1 *Staalskelet met ASB-liggers tijdens de montage van hoge staalplaat-betonvloeren.*

Staal-beton liggers met prefab betonvloeren



Afb. 5.2 Kanaalplaten opgelegd op stalen liggers.

Omschrijving

Prefab betonvloeren liggen op de bovenflens van stalen liggers. Ze kunnen constructief samenwerken met de stalen liggers door deuvels die op de bovenflens gelast zijn (afb. 5.2). Om voldoende oplegvlak te hebben dient de breedte van de bovenflens minstens 190 mm te zijn. Hierdoor kan het nodig zijn om een groter profiel te kiezen.

Er zijn twee types prefab betonvloeren die in combinatie met een stalen ligger worden gebruikt:

- Kanaalplaten (150–250 mm dik), die constructief kunnen samenwerken met de ligger door een betonnen deklaag toe te passen. Overspanningen variëren van 5 tot 9 m. Dit systeem wordt ook in Nederland toegepast.
- Dunne massieve platen (50–100 mm dik) met er bovenop een deklaag van in het werk gestort beton. In het algemeen gedetailleerd om constructief samen te werken met de stalen liggers. Overspanningen variëren van 2,5 tot 4 m. Dit systeem wordt in Nederland zelden toegepast.

Veruit het meest toegepaste systeem is dat van kanaalplaten in combinatie met geïntegreerde liggers. Deze bouwmethode wordt verderop in dit hoofdstuk beschreven.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Op de staal-beton liggers zijn de prefab betonvloeren opgelegd. In verband met de toleranties is het belangrijkste ontwerpcriterium de minimaal benodigde balkbreedte. Ook moet er voldoende ruimte rond de deuvels zijn voor constructieve samenwerking tussen het staal en het beton. Daarom worden prefab betonvloeren meestal gebruikt in combinatie met hoge en brede stalen liggers met grote overspanningen.

Een deklaag van beton (minimaal 60 mm) is in woongebouwen meestal nodig voor geluidsisolatie. Door het wapeningsnet in de deklaag verleent constructieve samenhang en het is makkelijker om aan de eisen voor brandwerendheid te voldoen.

Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Liggers en vloeren met grote overspanningen. • Grotendeels een geprefabriceerde bouwmethode. • Goede geluidsisolatie. • Onder de vloer uitstekende liggers lopen evenwijdig met scheidingswanden.
Brandwerendheid	<p>Prefab betonvloeren kunnen tot 90 minuten brandwerendheid bieden zonder betondek. Met betondek en wapeningsstaven in de betongevulde kanalen is 120 minuten mogelijk.</p> <p>Brandbescherming van de stalen liggers kan worden bereikt door:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beplating. • Spuitwerk. • Brandwerende verf.
Geluidsisolatie	Prefab betonvloeren met een betondek of dekvloer bieden een uitstekende reductie van het luchtgeluid.
Belastingen en doorbuiging	<p>Staal-beton liggers die prefab betonvloeren ondersteunen zijn relatief hoog en kunnen worden ontworpen voor een verhouding overspanning/vloerdikte van ongeveer 18. De doorbuiging onder de opgelegde belasting blijft beneden de maximumeis van 1/360 van de overspanning.</p> <p>Bij het ontwerp van staal-beton liggers met kanaalplaten zijn de totale vloerdiktes te hanteren uit Tabel 5.1.</p>

Overspanning ligger (m)	Overspanning vloer (m)	Totale vloerdikte (mm)
6	6	600
8	6	700
8	8	800
10	6	800

Tabel 5.1 Totale vloerhoogte voor staal-beton liggers met prefab betonvloeren met verschillende overspanningen.

Staal-beton liggers met staalplaat-betonvloeren



Afb. 5.3 Staalplaat-betonvloeren opgelegd op staal-beton patrijspoortliggers.

Omschrijving

Staalplaat-betonvloeren steunen op de bovenflens van stalen liggers en zijn ontworpen om constructief samen te werken met de ligger door middel van deuvels. Deze zijn meestal in het werk aangebracht door ze dwars door de stalen vloerplaat heen te stiften. Staal-beton liggers worden veel gebruikt in alle segmenten van de bouw. In woongebouwen zijn de overspanningen relatief klein, namelijk 5 tot 9 m. Door de constructieve samenwerking met de vloer worden de buigingsweerstand en de stijfheid van de liggers enorm verbeterd.

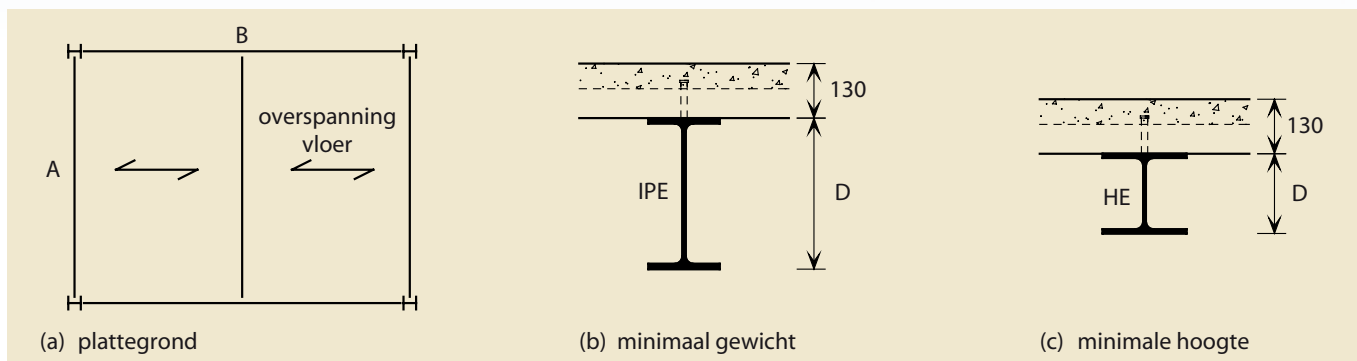
De mogelijke overspanning van staalplaat-betonvloeren hangt af van de hoogte van de geprofileerde plaat en of de plaat wel of niet ondersteund wordt tijdens de bouw. Overspanningen variëren van 3 m voor 50 - 60 mm hoge geprofileerde platen, tot 4 - 4.5 m voor 80 - 100 mm hoge profielplaten (Hoofdstuk 3).

Belangrijke punten bij het ontwerp

Bij staal-beton constructies is de belangrijkste opgave het minimaliseren van de vloerdikte zonder in te boeten aan stijfheid. Daarom worden in woongebouwen vaak slanke HE-profielen gebruikt om overspanningen van 5 tot 9 m te bereiken. Liggers zijn in een verlaagd plafond geïntegreerd of ze zijn uitgelijnd met scheidingswanden. Meestal zijn vloerplaten en liggers ontworpen om zonder tijdelijke ondersteuning te monteren. Dit betekent dat het profiel voor de liggers zorgvuldig moet worden gekozen (Tabel 3.2). In stalen liggers zijn gaten te maken om leidingen door te voeren, zoals bij patrijspoortliggers (afb. 5.3). Bij liggers met grote overspanningen is de ruimte vrij in te delen. Ook kan het vrije vloerveld als 'podium' dienen dat naar believen is in te vullen met lichte scheidingswanden.

Voordelen

- Stijve, relatief slanke vloer.
- Om de totale vloerhoogte zo gering mogelijk te houden zijn HE-profielen als liggers te gebruiken.
- Goede geluidsisolatie.
- Wanden zijn uit te lijnen met de liggers om de totale vloerhoogte te minimaliseren.
- Staal-beton liggers met grote overspanningen maken vrij indeelbare ruimtes.



Overspanning primaire ligger (B)	Overspanning secundaire ligger (A)			
	6 m	8 m	10 m	12 m
5 m	IPE 240	IPE 300	IPE 360	IPE 450
6 m	IPE 240	IPE 330	IPE 400	IPE 450
7 m	IPE 270	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 m*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

*vereist 80 mm dikke geprofileerde plaat en 150 mm dikke betonnen deklaag

(a) Afmetingen van secundaire liggers.

Overspanning primaire ligger (B)	Overspanning secundaire ligger (A)			
	6 m	8 m	10 m	12 m
5 m	IPE 270	IPE 300	IPE 330	IPE 400
6 m	IPE 270	IPE 300	IPE 360	IPE 450
7 m	IPE 300	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 m*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

(b) Afmetingen van primaire liggers.

Tabel 5.2 Ontwerptabellen voor staal-beton liggers.

Brandwerendheid

Staalplaat-betonvloeren kunnen een brandwerendheid van 120 minuten halen met alleen een wapeningsnet, mits de vloerplaten doorlopen over een of meer steunpunten. Op zwaarbelaste plaatsen, bijv. bij installatieruimtes, zijn extra wapeningsstaven aan te brengen in de ribben van de profielplaat. De liggers zijn tegen brand te beschermen met dezelfde maatregelen als voor prefab betonvloeren.

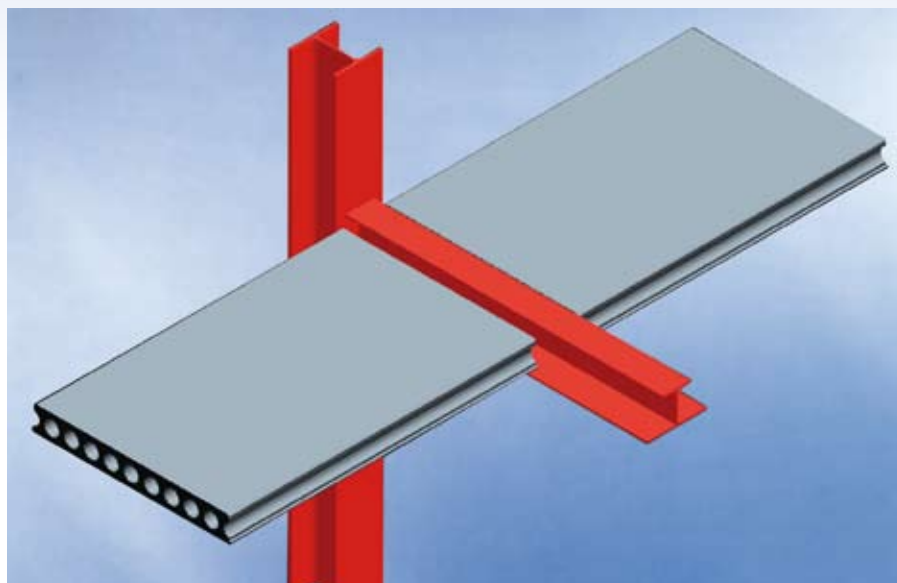
Geluidsisolatie

Staalplaat-betonvloeren hebben een uitstekende geluidsisolatie, mits er een geschikte zwevende dekvloer wordt gebruikt. Het belangrijkste aandachtspunt is de aansluiting tussen de scheidingswanden en de stalen liggers. De ruimte tussen de ribben van de profielplaat moet daar worden opgevuld met minerale wol om geluidsoverdracht door de wand te vermijden.

Tabellen belasting/overspanning

Staal-beton liggers die staalplaat-betonvloeren ondersteunen zijn relatief laag en kunnen worden ontworpen voor een verhouding overspanning/vloerdikte van ongeveer 24. Staal-beton liggers zijn relatief stijf wat gunstig is voor de vloertrillingen. Het belangrijkste aandachtspunt bij het ontwerp is de totale doorbuiging. Deze mag maximaal 1/200 van de overspanning zijn. De doorbuiging van de stalen liggers wordt tijdens de bouw veroorzaakt door het gewicht van het natte beton. Tabel 5.2 is te gebruiken voor staal-beton liggers in combinatie met een staalplaat-betonvloer bestaande uit een 130 mm hoge geprofileerde plaat en een betonnen deklaag van 60 mm (behalve bij *).

Geïntegreerde liggers met kanaalplaten



Afb. 5.4 Geïntegreerde liggers met kanaalplaten.

Omschrijving

Geïntegreerde liggers bevinden zich niet onder maar tussen de vloeren, zodat de ligger en de vloer met de onderkant gelijk liggen. Hiermee wordt de totale vloerhoogte beperkt. De vloer, bijvoorbeeld een kanaalplaat of een hoge staalplaat-betonvloer is opgelegd op de onderflens van de ligger. Voor geïntegreerde liggers zijn verschillende profielen te gebruiken:

- HE-profielen met een aangelaste onderplaat.
- IPE-profielen die op halve lengte zijn afgekort en aan de onderflens zijn vastgelast.
- Gewalste ASB-liggers met een asymmetrische doorsnede.
- Kokerprofiel met een opgelaste onderplaat, vaak gebruikt voor randliggers.

Wanneer geïntegreerde liggers kanaalplaten ondersteunen, overspannen de vloeren een grotere afstand dan de liggers, zodat de hoogte van de vloer en de ligger gelijk zijn (afb. 5.4). Meestal wordt een betonnen deklaag aangebracht.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Geïntegreerde liggers die kanaalplaten ondersteunen worden zo ontworpen dat de vloer 9 m overspant en de ligger 6 tot 7,5 m. Er zijn twee aandachtspunten. Torsie op de ligger tijdens de montage. En krachten op de ligger als gevolg van vloeren met ongelijke overspanningen aan weerszijden van de ligger. Geïntegreerde liggers in hoge staalplaat-betonvloeren kunnen een overspanning bereiken van 9 m met een hart-op-hart maat van 6 m.

Voordelen

- Hoge bouwsnelheid.
- Geen beperking aan de hoogte van het gebouw, afhankelijk van ontwerp en plaatsing stabiliteitsverbanden.
- Liggers met grote overspanningen bieden een vrije indeelbaarheid van de plattegrond.
- Geïntegreerde liggers beperken de totale vloerhoogte.

Brandwerendheid

Geïntegreerde liggers zijn gedeeltelijk omsloten door de vloeren. Daardoor is de brandwerendheid al 60 minuten. Op verschillende manieren is extra brandbescherming aan te brengen door de onderflens te bekleden, zoals met:

- Beplating, bijvoorbeeld gipsplaat.
- Brandwerende verf die in het werk of in de fabriek worden aangebracht.

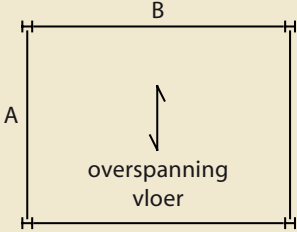
Brandwerende beplating is een praktische en goedkope oplossing. Als de kolom of de ligger in het zicht blijft is brandwerende verf geschikter. De verflaag is dun (1 tot 2 mm dik) en laat het staalprofiel zichtbaar. Brandwerende verf is ook in de constructiewerkplaats aan te brengen.

Geluidsisolatie


Geïntegreerde liggers met kanaalplaten en met hoge staalplaat-betonvloeren bieden uitstekende geluidsisolatie. Er kan speciale detaillering vereist zijn voor hoge eisen aan geluidsisolatie en brandwerendheid.

Belastingen en doorbuiging

Tabel 5.3 toont de afmetingen van geïntegreerde liggers met een 12 mm dikke onderflens om kanaalplaten te ondersteunen. Tabel 5.4 toont de afmetingen van ASB-liggers in combinatie met hoge staalplaat-betonvloeren. De totale vloerdikte inclusief maatregelen voor geluidsisolatie is 350 tot 450 mm.



(a) plattegrond



(b) dwarsdoorsnede geïntegreerde ligger met kanaalplaat vloer

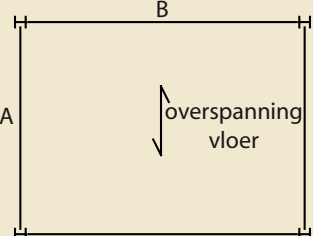
A (m)	D _s
≤6	150
≤7	200
≤8	250
≤10	320

(c) minimale hoogte kanaalplaten

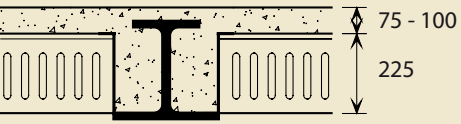
Overspanning vloer (A)	Overspanning geïntegreerde ligger (B)		
	6 m	8 m	10 m
6 m	HE 220A	HE 280A	HE 300B
7 m	HE 240A	HE 280B	HE 320B
8 m	HE 240B	HE 300B	HE 340B

Opmerking: Vloerdikte zodanig gekozen dat tijdens de bouw geen onderstempeling nodig is.

Tabel 5.3 Ontwerptabellen voor geïntegreerde liggers met kanaalplaten.



(a) plattegrond



(b) dwarsdoorsnede geïntegreerde ligger met hoge staalplaat-beton vloer

Overspanning vloer (A)	Overspanning ASB-ligger (B)		
	6 m	8 m	10 m
6 m	280 ASB 100	280 ASB 136	300 ASB 196
7 m	280 ASB 100	300 ASB 153	300 ASB 249
8 m	280 ASB 136	300 ASB 153	300 ASB 249

Tabel 5.4 Ontwerptabellen voor ASB-liggers met hoge staal-betonvloeren.

Holle staal-beton vloeren (Slimline)



Afb. 5.5 Holle staal-beton vloer (Slimline).

Omschrijving	<p>Het Slimline vloersysteem bestaat uit IPE-profielen die zijn ingestort in een betonplaat. Deze dient tevens als plafond voor de onderliggende ruimte (afb. 5.5). De IPE-profielen liggen hart-op-hart 600 mm en hebben sparingen om leidingen door te voeren. De ruimte tussen de liggers wordt gebruikt om installaties en leidingen te plaatsen. Op de stalen liggers komt een zogeheten topvloer bestaande uit vloerplaten of een dunne staalplaat-betonvloer.</p>
Belangrijke punten bij het ontwerp	<p>Het Slimline systeem bestaat uit geprefabriceerde vloerelementen van maximaal 2,4 m breed. De liggers in de vloer worden opgelegd op de draagconstructie. Dit kunnen stalen liggers in een staalskelet zijn of betonnen wanden. De vloerliggers zijn op de bovenflens van de primaire liggers te plaatsen, maar dan wordt de totale vloerhoogte erg hoog. Daarom zijn meestal de vloerliggers met kopplaten tussen de staalconstructie bevestigd. Voor de geluidwering is het beste om de scheidingswanden precies op de vloerliggers te plaatsen. Scheidingswanden zijn ook naast of zelfs dwars op de vloerliggers te plaatsen, maar dan moet er tussen de liggers geluidsisolatie worden aangebracht.</p> <p>Afhankelijk van de profielhoogten van de vloerliggers is een overspanning te bereiken tot 12 m. In de betonplaat van tussen 70 en 100 mm dik zijn leidingen voor bouwdeelactivering en verlichting aan te brengen.</p>
Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Geprefabriceerd vloersysteem met grote overspanningen. • Grotendeels een droge bouwmethode. • Betonplaat vormt het plafond. • Installaties zijn tussen de liggers te plaatsen en leidingen zijn door lijfopeningen in de liggers door te voeren.
Brandwerendheid	<p>Het Slimline systeem biedt door de betonplaat een uitstekende brandwerendheid. Een 100 mm dikke betonplaat levert doorgaans 90 minuten brandwerendheid op. De liggers zijn brandwerend te beschermen, maar omdat ze tijdens een brand niet aan het vuur worden blootgesteld zullen ze meestal onbeschermd mogen worden toegepast. De liggers van de hoofdconstructie moeten op de conventionele manier worden beschermd.</p>
Geluidsisolatie	<p>Met dit systeem wordt een uitstekende geluidsisolatie bereikt, mits de aansluitingen tussen de vloerplaten zijn afgedicht. Bij scheidingswanden moet de ruimte tussen de liggers zijn opgevuld met isolerend materiaal.</p>
Belastingen en doorbuiging	<p>De maximale verhouding overspanning/vloerdikte van de vloerliggers is ongeveer 18. De optimale overspanning van de vloer is 8 tot 10 m voor een totale vloerdikte van 500 tot 600 mm. Hierbij zijn de primaire liggers niet inbegrepen.</p>

6 Modulaire systemen

Dit hoofdstuk bespreekt de verschillende vormen van modulaire systemen, dat zijn geprefabriceerde ruimtelijke constructies. Deze modules zijn als losse onderdelen te stapelen of kunnen onderdeel zijn van een zogeheten 'hybride' systeem, wat betekent dat ze gecombineerd worden met ander systemen zoals bijvoorbeeld een staalskelet.ons.

Bij volledig modulaire bouw worden driedimensionale bouwelementen gebruikt die zelfdragende constructies vormen tot 8 bouwlagen hoog. De modules worden in de fabriek geproduceerd onder gecontroleerde omstandigheden. Ze worden in serie gemaakt met lengtes en breedtes die geschikt zijn voor transport en montage.

Modulaire bouw is heel effectief toegepast in hotels, studentenappartementen en sociale woningbouw (afb. 6.1). Met deze manier van bouwen zijn in de productie schaalvoordelen te behalen.

Er zijn drie vormen van modulaire bouw:

- Volledig modulaire bouw, met zelfdragende modules.
- Modules die steunen op een staalskelet of stabiliteitssysteem.
- Niet-dragende 'natte cellen' voor badkamers e.d.

De eerste twee worden besproken. 'Natte cellen' niet, omdat ze kleiner zijn en niet-dragend.

Zelfdragende modules

Staalskelet met modules

Afb. 6.1 *Woongebouw in Londen met zelfdragende modules waarin balkons zijn geïntegreerd.*
Bron: AHMA Architects & Yorkon.



Zelfdragende modules



Afb. 6.2 Module met dragende wanden.
Bron: Terrapin.

Omschrijving

Er zijn drie vormen van modulaire bouw:

- Modules waarbij de verticale krachten door de wanden worden overgedragen op de module eronder (afb. 6.2).
- Modules met geheel of gedeeltelijk open zijden waarin de verticale krachten worden overgedragen door randliggers en hoekstijlen (afb. 6.3).
- Niet-dragende modules ondersteund door vloeren of een afzonderlijke constructie.

Er zijn veel 'hybride' vormen waarbij modules zijn te combineren met andere bouw-elementen, zoals:

- Modules die worden ondersteund door een stalen of betonnen podium, waardoor de vrije ruimte eronder gebruikt kan worden als winkelruimte of parkeergarage.
- Modules gecombineerd met tweedimensionale vloer- en wandelementen.

Modules zijn opgebouwd uit staalframe wanden en vloeren met kokerprofielen of hoekprofielen als hoekkolommen. De staalframe wanden en vloeren zijn al beschreven in Hoofdstuk 3.

Belangrijke punten bij het ontwerp

De belangrijkste ontwerpoverwegingen bij modulaire bouw zijn:

- De mogelijkheid om identieke modules te gebruiken.
- Eisen aan transport en montage.
- De mogelijkheid om een vrije plattegrond te maken waar nodig.
- Bouwhoogte en vereiste vrije hoogte, vooral op de begane grond.

Modules worden geproduceerd met een breedte van 2,7 tot 4,2 m, wat de maximale breedte is die over de weg is te transporteren. Voor woningen zijn ruimtes met een inwendige maat van 3,6 m praktisch (3,8 m uitwendige maat). De lengte van modules kan gaan tot 12 m, hoewel 7,5 tot 9 m praktisch is.

Afb. 6.3 toont de plattegrond van een karakteristiek modulair gebouw waarin aangrenzende modules zijn gecombineerd om grotere kamers te creëren.



Afb. 6.3 Module met open zijden.
Bron: Kingspan.

Voordelen

- Bouwsnelheid (tot 60% sneller dan bouw op locatie).
- Betere kwaliteit door prefabricage.
- Uitstekende geluidsisolatie door gebruik van dubbele wanden en vloeren.
- Schaalvoordeel door de seriematige productie van modules.
- Modules met gedeeltelijk open zijden zijn meer geschikt voor appartementen.

Brandwerendheid

Een brandwerendheid van 60 minuten wordt bereikt met twee lagen brandwerende beplating tegen de wanden en het plafond. Het is ook nodig om 'brandbarrières' tussen de modules te maken om door- en overslag van rook en vuur te voorkomen.

Geluidsisolatie

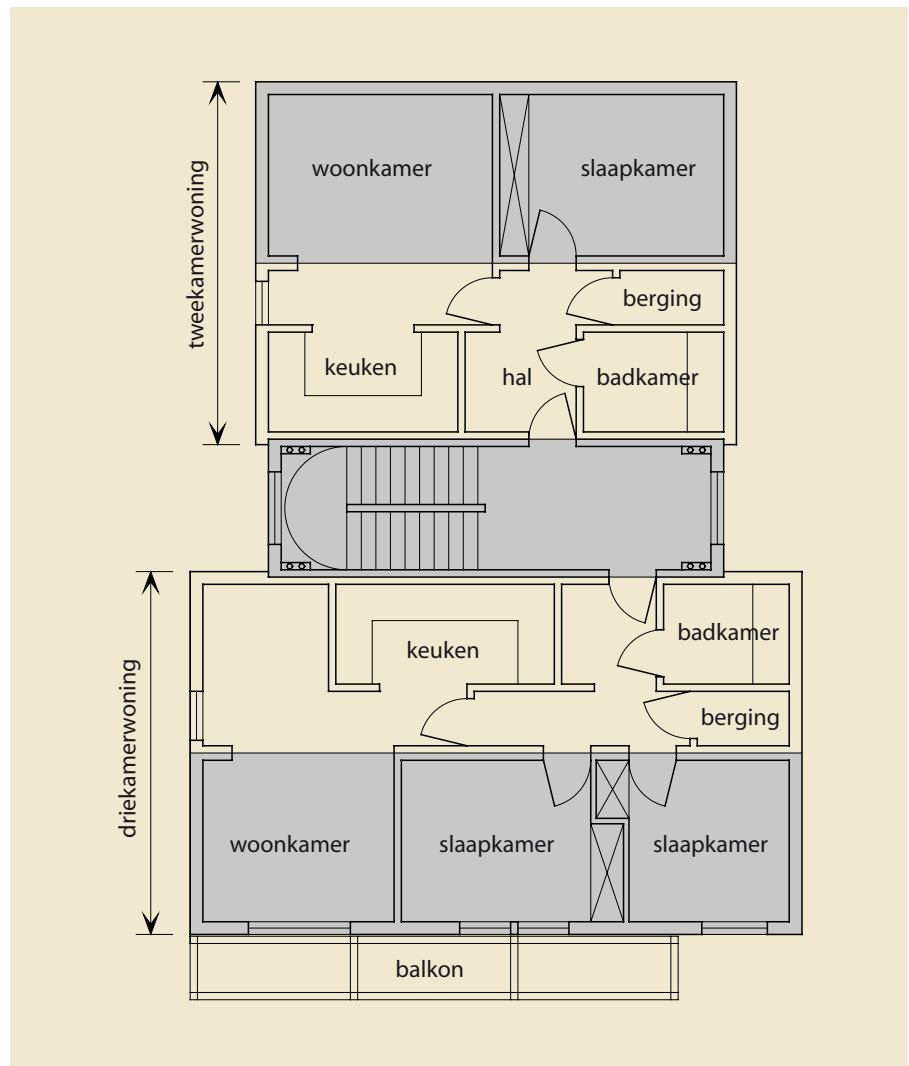
Een hoge mate van geluidsisolatie (meer dan 60 dB geluidsreductie) wordt bereikt dankzij de dubbele uitvoering van de wanden en de vloeren.

Belastingen en doorbuiging

Bij zelfdragende modules moet rekening worden gehouden met:

- Draagkracht van de wandstijlen.
- Stabiliteit onder invloed van de wind.
- Constructieve samenhang voor onverwachte belastingen.

Bij modules met wanden aan vier zijden is de stabiliteit te verkrijgen door stabiliteitsverbanden in de wanden of door schijfwerking van de wandbeplating. Bij modules met open zijden en hoekstijlen moet rekening worden gehouden met de draagkracht van de hoekstijlen en de overspanning van de randliggers (afb. 6.2). Om de zijden open te houden, moeten deze modules worden gestabiliseerd door een aparte constructie. Aan de hoeken worden de modules met elkaar verbonden zodat ze constructief samenwerken.



Afb. 6.4 Woongebouw opgebouwd uit zelfdragende modules. De grijs gekleurde ruimtes en de tussenliggende ongekleurde tonen de modules.

Totale vloer- en wanddikte

De totale vloerhoogte is de gezamenlijke hoogte van de vloer en het plafond. Bij het ontwerp zijn de volgende waarden aan te houden:

- 400 mm voor kleine modules (< 3,6 m breed).
- 500 mm voor grote modules (< 4,2 m breed).
- 600 mm voor modules met open zijden en hoekstijlen.

De totale wanddikte is de gezamenlijke dikte van de beide wanden. Bij het ontwerp zijn de volgende waarden aan te houden:

- 250 mm voor modules in laagbouw.
- 300 mm voor modules met hoekstijlen in gestapelde bouw.

Door de ruimte tussen de modules is er montage-tolerantie. In modules zijn balkons te integreren (afb. 6.1). Ook zijn aan de hoekstijlen van modules uitkragende balkons te bevestigen. In het modulaire concept zijn ook modules met trappen te plaatsen. Bij gestapelde bouw is het aan te raden om bij het ontwerp een totale vloerhoogte van 500 mm aan te houden.

Staalskelet met modules

Afb. 6.5 *Modulair gebouw dat steunt op een podiumlaag en zijn stabiliteit ontleent aan een geschoord staalskelet. Hierin worden de trappen geplaatst..*



Omschrijving

De meeste gebouwfuncties vereisen grotere ruimtes dan zelfdragende modules kunnen bieden. In dat geval zijn modules te combineren met een staalskelet. Er zijn drie vormen van gecombineerd gebruik van staalskeletten en modules:

- Modules die ondersteund worden door een stalen onderconstructie (een 'podium'), waarbij de hoekstijlen of wanden van de modules boven de kolommen van de onderconstructie zijn geplaatst.
- Modules met geheel of gedeeltelijk open zijden die op elke bouwlaag zijn ondersteund door het staalskelet.
- Modules die hun stabiliteit ontleen aan een betonnen kern of stalen stabiliteitsverbanden.

Wanneer de modules hun stabiliteit ontleen aan een kern of op een onderconstructie staan, zijn zij voor de ontwerper als zelfdragende modules te beschouwen (afb. 6.6 en 6.7). Zie de voorgaande pagina's. Wanneer de modules op elke bouwlaag zijn ondersteund door een apart staalskelet, zijn ze niet zelfdragend.

Belangrijke punten bij het ontwerp

Modules die op elke bouwlaag op een staalskelet steunen, kunnen dezelfde afmetingen hebben als de zelfdragende modules. De dragende wanden van de modules zijn opgelegd op de liggers van het staalskelet.

De combinatie modules op een stalen onderconstructie wordt vaak gebruikt voor woningen boven een parkeergarage. Daarbij zijn twee modules van 3,6 m breed op een ligger van 7,2 m te plaatsen. Tussen de kolommen zijn drie parkeerplaatsen te creëren. Met patrijspoortliggers of samengestelde liggers zijn nog grotere overspanningen te realiseren. Daarmee zijn op de begane grond grote open ruimtes te creëren met een vrije plattegrond.

Modules lenen zich uitstekend voor prefabricage van ruimtes met veel installatiewerk, zoals badkamers en keukens. Deze zijn in een staalskelet te combineren met 'gewone' vloeren en wanden. In het Verenigd Koninkrijk zijn op deze wijze meerdere woongebouwen gerealiseerd (afb. 6.8).

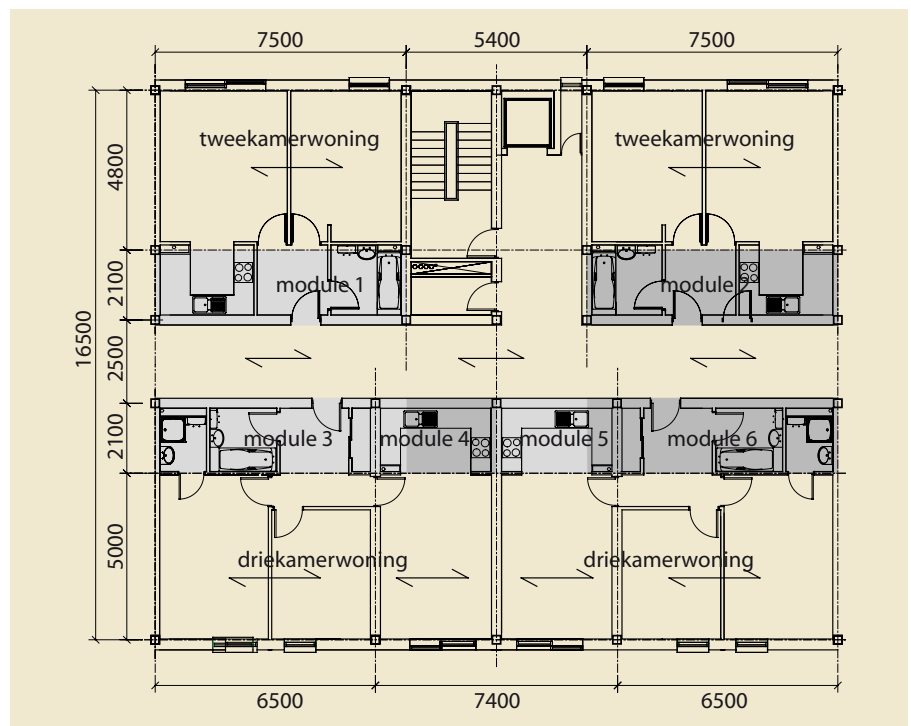
Voordelen

- Geen beperking aan de bouwhoogte.
- Podiumlaag creëert een vrije plattegrond of parkeerruimte eronder.
- Geschikt voor menging van winkel-, kantoor- en woonfuncties.

Afb. 6.6 Modulair gebouw uit afb. 6.6 zoals opgeleverd.



Afb. 6.7 Modules met keukens en badkamers gecombineerd met 'gewone' vloeren en wanden in een staalskelet.



Brandwerendheid

Het staalskelet moet op de normale wijze tegen brand worden beschermd. Meestal gaat bij de keuze van een beschermingssysteem de voorkeur uit naar brandwerende verf, om de doorsnede van de kolommen en liggers niet te vergroten. Toepassing van vierkante kokerprofielen is voordelig.

Geluidsisolatie

Bij modulaire bouw is de geluidsisolatie niet afhankelijk van het staalskelet.

Belastingen en doorbuiging

Wanneer de modules aan weerszijden van een ligger verschillende afmetingen hebben, wordt deze asymmetrisch belast. De liggers moeten dan zijn ontworpen op de belastingcombinatie buiging en torsie. Asymmetrische staalprofielen kunnen voordelen bieden

7 Gevel- en daksystemen

Dit hoofdstuk bespreekt de gevel- en daksystemen die het meest worden gebruikt bij woningen en woongebouwen met een stalen draagconstructie. Van elk gevelsysteem worden de eigenschappen besproken en dan met name het thermisch gedrag. Ook komen daksystemen met stalen onderdelen aan de orde.

Uitgangspunten zijn staalframe binnenspouwbladen waarop verschillende gevelsystemen zijn te bevestigen.

Uitgangspunt zijn staalframe wanden die als dragende wand, binnenspouwblad, scheidingswand en binnenwand zijn uit te voeren. Van elk type zijn de eigenschappen opgesomd en is beschreven waar bij het ontwerp rekening mee moet worden gehouden. Het thermisch gedrag van gevelsystemen wordt behandeld in hoofdstuk 7.

In dit hoofdstuk worden de verschillende vormen van beplating behandeld die gebruikt kunnen worden in combinatie met lichte stalen wanden. De eigenschappen van beplatingssystemen worden behandeld, vooral in samenhang met het thermisch gedrag. Daksystemen op basis van stalen componenten komen eveneens aan de orde.

Uitgangspunten zijn staalframe binnenspouwbladen waarop verschillende gevelsystemen zijn te bevestigen. De binnenspouwbladen kunnen dragend zijn, zoals bij staalframebouw, of niet-dragend als invulling van een staal- of betonskelet. Voor beide gevallen zijn de principes en de detaillering hetzelfde. Er zijn veel verschillende gevelsystemen,

maar grofweg zijn deze in te delen in de volgende categorieën:

- Metselwerk, dat doorgaans op de fundering steunt en verankerd is aan het binnenspouwblad.
- Buitenbeplating van metaal of volkern panelen.
- Pleisterlaag op harde isolatie.

De belangrijkste eisen aan de gevel hebben betrekking op vochtdichtheid, thermische isolatie en luchtdichtheid. Van de verschillende gevelsystemen worden de details getoond.

Daken zijn ook uit te voeren in staal met dakliggers, gordingen, sandwichpanelen en geïsoleerde dakplaten. Met stalen kappanten zijn grote vrije ruimtes te creëren.

Gevelsystemen

Daksystemen



*Afb. 7.1 Woongebouw van staalframebouw met metalen gevelbekleding in Glasgow.
Bron: Peck and Reid Architects & Metsec.*

Gevelsystemen



Afb. 7.2 Pleisterlaag op harde isolatie gecombineerd met keramische tegels bevestigd aan staalframe binnenspouwbladen.

Omschrijving

Er zijn veel verschillende gevelsystemen, maar grofweg zijn deze in te delen in de volgende twee categorieën:

- Metselwerk, dat doorgaans op de fundering steunt en verankerd is aan het binnenspouwblad.
- Lichtgewicht gevelbekleding die aan het binnenspouwblad is bevestigd.

Bij verdiepingbouw zijn roestvast stalen metselwerkondersteuning nodig die zijn bevestigd aan de randliggers.

Er zijn verschillende soorten lichtgewicht gevelbekleding:

- Pleisterlaag op harde isolatie.
- Keramische tegels of steenstrips op horizontale veerregels.
- Metalen beplating en sandwichpanelen.
- Beplating van verschillende materialen.

Glas is te plaatsen in kozijnen die in het gevelement zijn opgenomen. Vliesgevels zijn direct aan het staalskelet te bevestigen.

Binnenspouwbladen zijn te produceren met in de fabriek aangebrachte gevelbekleding. Bij prefabricage moet veel aandacht worden besteed aan de aansluitingen van de elementen. Vanwege het lichte gewicht en de maatvastheid is staalframebouw bijzonder geschikt voor prefab binnenspouwbladen (afb. 4.1 en 4.5).

Belangrijke punten bij het ontwerp

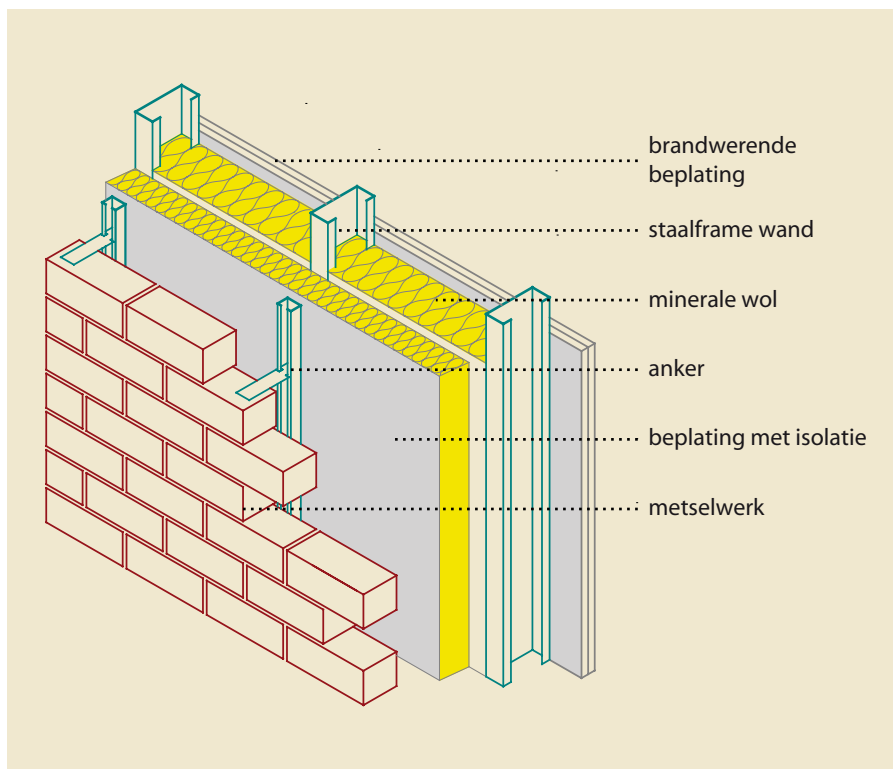
De belangrijkste ontwerpoverwegingen bij de keuze van het gevelsysteem zijn:

- Verticale ondersteuning en verankering van de bekleding.
- Eisen aan thermische isolatie met een minimum aan 'koudebruggen'.
- Openingen zoals ramen en deuren.
- Prefabricage gevelelementen, evt. met van tevoren aangebrachte gevelbekleding.

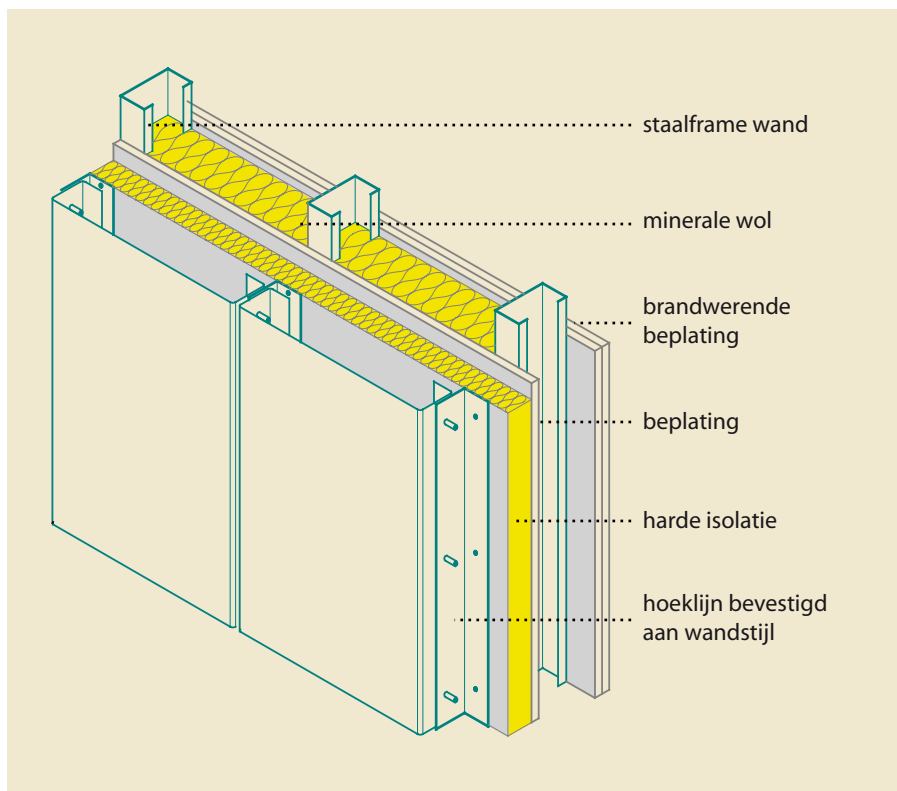
Wanneer staalframe binnenspouwbladen worden gebruikt, wordt de isolatie doorgaans aan de buitenkant bevestigd en er wordt bovendien minerale wol aangebracht tussen de wandstijlen.

Metselwerk is aan het binnenspouwblad bevestigd via muurankers in verticale veerregels. Deze veerregels zijn door de isolatie heen vastgeschroefd aan de wandstijlen met een hart-op-hart afstand van 600 mm (afb. 7.3). De muurankers zijn bevestigd op iedere vijfde laag stenen (of op 375 mm verticaal). Hierdoor zijn er 2,5 ankers per m². Rond openingen zijn extra ankers nodig. Metselwerk is zelfdragend tot 12 m hoog (4 verdiepingen). Bij hogere gebouwen zijn extra ondersteuning nodig op iedere vloer of iedere tweede vloer. Dit is alleen praktisch bij een staalskelet en niet bij staalframebouw.

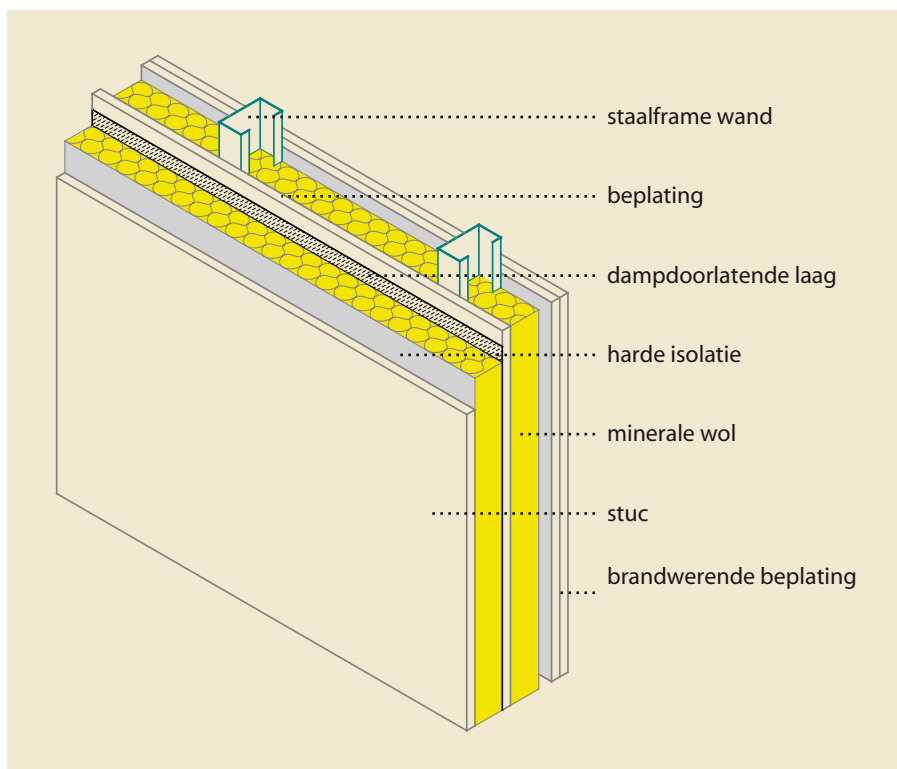
Bij metalen beplating en een pleisterlaag op harde isolatie is het aan te raden om het staalframe van een gipsvezel- of multiplexplaat te voorzien (afb. 7.4 en 7.5).



Afb. 7.3 Metselwerk buitenspouwblad met ankers bevestigd aan staalframe binnenspouwblad.

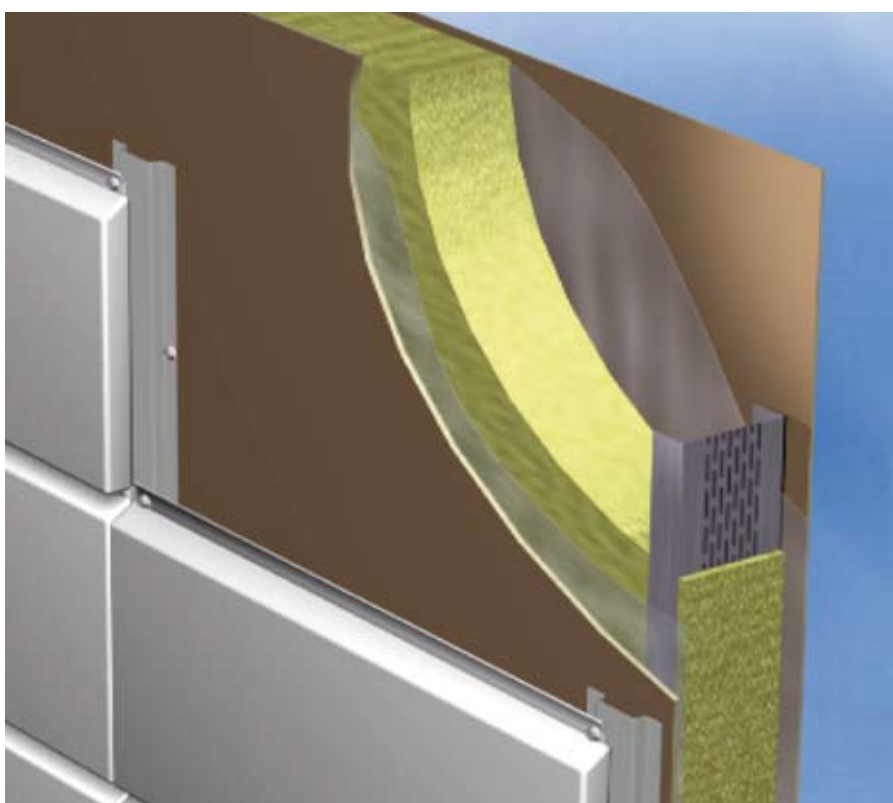


Afb. 7.4 *Metalen buitenbeplating bevestigd aan staalframe binnenspouwblad.*



Afb. 7.5 *Pleisterlaag met harde isolatie bevestigd op staalframe binnenspouwblad.*

Voordelen	<ul style="list-style-type: none"> • Er kan een grote verscheidenheid aan bekledingsmaterialen worden gebruikt. • Lichtgewicht gevelbekleding kan ondersteund worden door het staalframe binnenspouwblad. • Grote elementen zijn compleet met gevelbekleding te prefabriceren. • Er kan een hoog niveau van thermische isolatie worden bereikt (lage U-waarden). • Wanden zijn dunner dan metselwerk of betonconstructie.
Thermisch gedrag	<p>Gevels met metselwerk kunnen U-waarden halen lager dan $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Gevels met een pleisterlaag op harde isolatie zelfs lager dan $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Thermoprofielen hebben een hogere warmteweerstand dan normale koudgevormde profielen (afb. 7.6). Door de geringere koudebruggen is het mogelijk om meer isolatie te plaatsen tussen de stijlen zonder condensatie te veroorzaken. Een gevel met thermoprofielen van 150 mm breed, met 150 mm minerale wol tussen de stijlen en 30 mm extra isolatie aan de buitenzijde, kan aan hoge isolatie-eisen voldoen.</p>
Geluidsisolatie	<p>Zelden worden in het bestek eisen gesteld aan de geluidsisolatie van gevelbekleding. De meeste lichtgewicht systemen met een U-waarde lager dan $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ bereiken een geluidsreductie van meer dan 30 dB. Metselwerk behaalt een hogere luchtgeluidreductie van meer dan 35 dB.</p>
Totale wanddikte	<p>De totale wanddikte hangt af van het type gevelbekleding. Voor een U-waarde van $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ is in de ontwerpfase de volgende afmeting aan te nemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metselwerk 350 mm • Pleisterlaag op harde isolatie 250 mm • Buitenbeplating met metaal of volkern panelen 250 mm



Afb. 7.6 *Metalen cassettes op veerregels bevestigd op staalframe binnenspouwblad met thermoprofielen en minerale wol.*
Bron: Ruukki.

Daksystemen

Omschrijving

Er zijn verschillende daksystemen die gebruik maken van stalen elementen:

- Stalen gordingen opgelegd op dakspanten of tussenmuren.
- Stalen kapspanten met grote openingen om bewoonbare dakruimte te creëren.
- Geprefabriceerde stalen dakcassettes.
- Sandwichpanelen (voor overspanningen tot 6 m).

Stalen daken kunnen alle mogelijke vormen hebben inclusief gebogen en geknikte. Metalen dakbeplating is zeer geschikt voor slanke dakconstructies en gebogen vormen.

Belangrijke punten bij het ontwerp

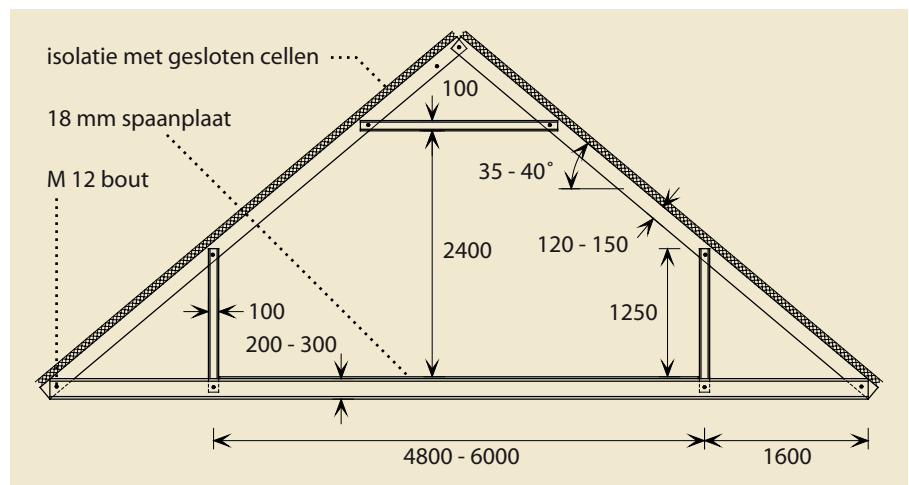
De belangrijkste ontwerpoverwegingen bij de keuze van het dakstelsel zijn de overspanningsrichting en de eis aan thermische isolatie. Daken kunnen op twee manieren overspannen:

- Van gevel tot gevel, met overspanningen van 8 tot 12 m.
- Van tussenmuur naar tussenmuur met overspanningen van 5 tot 8 m.

In het eerste geval wordt de voorkeur gegeven aan een traditioneel dakspant. In het tweede geval kan door middel van gordingen of andere systemen de dakruimte worden benut (afb. 7.7).

Voor daken geldt doorgaans een hoge eis aan thermische isolatie (U-waarden $< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$). Dus kan de totale dikte van de thermische isolatie wel oplopen tot 150 mm. De meeste isolatie is aan de buitenzijde van de dakliggers of gordingen aangebracht. Zonder gevaar voor condensatie is tot 30% van de isolatie tussen de stalen elementen te plaatsen.

Er is stalen dakbeplating met het uiterlijk van dakpannen, de zogeheten dakpanplaat (afb. 7.8). Zonnepanelen of warmtecollectoren zijn eenvoudig op de stalen dakbeplating en de onderliggende draagconstructie te bevestigen.



Afb. 7.7 Kapsant met koudgevormde C-profielen voor bewoonbare dakruimte.



Afb. 7.8 Montage van dakpanplaten.
Bron: Kingspan.

8 Nationale verschillen

In de voorgaande hoofdstukken zijn constructie-, dak- en gevelsystemen beschreven die in Europa worden toegepast in de woningbouw. Niet alle systemen worden in elk land toegepast en ook zijn er systemen die karakteristiek zijn voor een bepaald land. Dit hoofdstuk beschrijft de nationale verschillen.

Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk worden jaarlijks ongeveer 180.000 woningen gebouwd. Staalbouw heeft daarin een flink aandeel, met name bij middelhoge woongebouwen en eenpersoonswoningen. Het totale marktaandeel van staal in woningen en woongebouwen is ongeveer 7%. De in deze brochure beschreven systemen worden allemaal gebruikt, maar er zijn duidelijke trends richting:

- Staalframebouw voor woongebouwen van 4 tot 6 bouwlagen.
- Vloeren met geïntegreerde liggers en lichte binnenwanden voor woongebouwen van 6 tot 15 bouwlagen met flexibeler ruimtegebruik.
- Modulaire bouw voor eenpersoonswoningen zoals studentenwoningen, voor gebouwen tot 10 bouwlagen.
- Modulaire bouw met een betonkern voor stabiliteit in hoogbouw of modules geplaatst op een onderconstructie voor gebouwen van 6 tot 8 bouwlagen.

De uitdagingen in dit segment zitten in het bouwen in hogere dichtheden, snel bouwen op binnenstedelijke locaties en voldoen aan de 'Code for Sustainable Homes'. Dit voorschrift voor duurzame woningbouw is recent in de bouwreggeving in het Verenigd Koninkrijk opgenomen. Er is vraag naar snelle prefab bouwsystemen die efficiënt aan de hoge eisen aan thermische isolatie kunnen voldoen. Staalbouw kan daarin voorzien.

Verenigd Koninkrijk

Nederland

Frankrijk

Zweden



Afb. 8.1 Woningbouw met staalframebouw in Basingstoke, Engeland.
Bron: HTA Architects.



Afb. 8.2 Woningbouw met modules in in Basingstoke, Verenigd Koninkrijk. Bron: PRP Architects & Vision.

Staalframebouw

Staalframebouw is eerder uitgebreid beschreven. In het Verenigd Koninkrijk zijn trends waarneembaar naar het gebruik van:

- Enkele dragende wanden.
- Combinatie van staalframe vloeren en patrijspoortliggers voor grote overspanningen.
- Combinatie van staalplaat-beton vloeren en staalframe wanden.
- Combinatie van staalframe vloeren en geïntegreerde liggers.

Ook de markt voor metal-stud binnenwanden in gebouwen met een staal- of betonskelet is aanzienlijk gegroeid.

Slimdek

Slimdek heeft een groot marktaandeel veroverd in de woningbouw. Sterke punten zijn de flexibele ruimteindeling en de geringe vloerdikte. Door de integratie van de liggers in het vloerpakket zijn binnenwanden makkelijk te (ver)plaatsen.

Slimdek is toegepast in gebouwen tot 16 bouwlagen (afb. 2.2).

Modulaire bouw met betonkern

Met modules is efficiënt te ontwerpen als het gebouw zijn stabiliteit ontleend aan stalen verbanden of een betonkern. Een voorbeeld is het 17 lagen tellende woongebouw Paragon (zie Voorbeeldprojecten).

Bij andere projecten is gebruik gemaakt van modules met betonvloeren om te voldoen aan hoge eisen voor brandwerendheid en geluidwering (afb. 8.2).

Modulaire bouw met een staalskelet

Zoals beschreven in Hoofdstuk 6 is modulaire bouw op een onderconstructie te plaatsen die dienst doet als podium. De grote open ruimte onder dit podium is in te richten als winkelruimte of parkeergarage.

Ook zijn modules in een staalskelet te plaatsen zoals in het MOHO-project

in Manchester (afb. 8.3 en 8.4). Door modulaire bouw te combineren met een staalskelet zijn de mogelijkheden met prefab driedimensionale modules aanzienlijk vergroot en zijn bijvoorbeeld ook makkelijk zelfdragende, uitkragende balkons te realiseren.

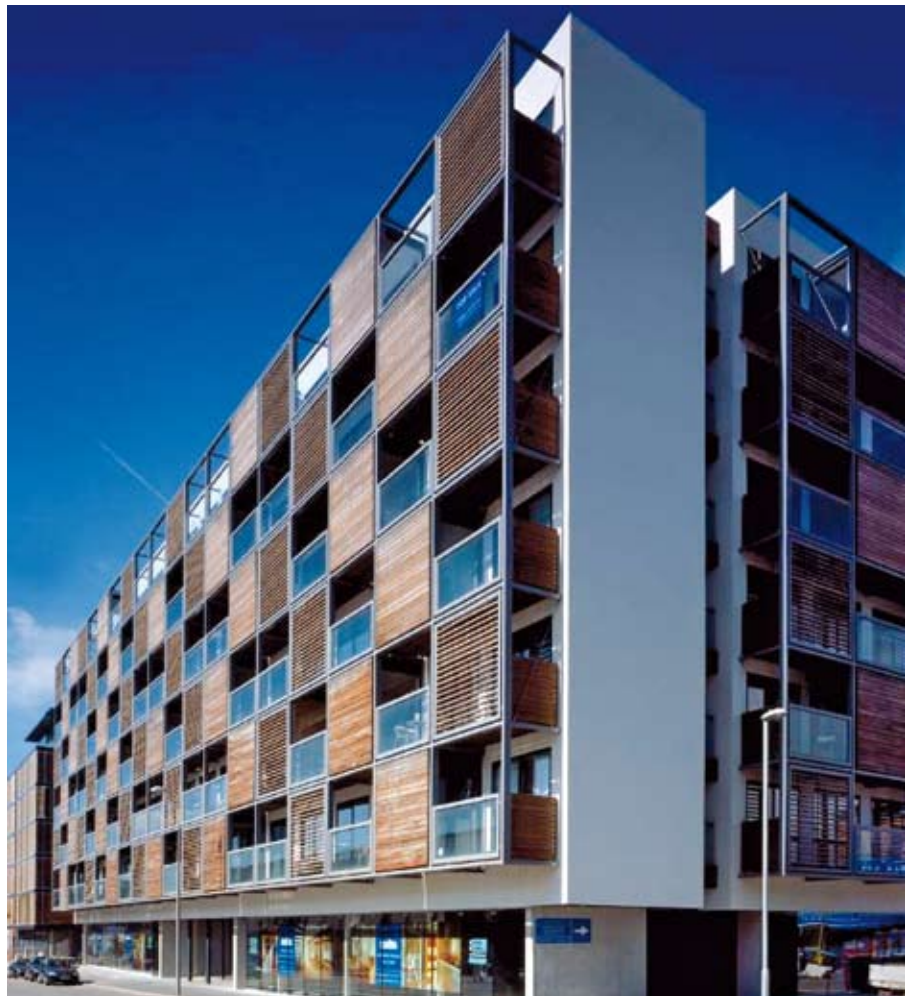
Nederland

In Nederland worden jaarlijks meer dan 70.000 nieuwbouw woningen gebouwd. Het staalverbruik in dit marktsegment is jaarlijks ongeveer 100.000 ton. Bovendien zijn nog tienduizenden tonnen staal gebruikt in de renovatie, waar staal een erg gewild bouw materiaal is. De toepassing van staal in de woningbouw is erg divers. Woningen met een 'moderne uitstraling' gebruiken gecolorcoate staalplaat voor de gevel- en dakbekleding. In de meeste Nederlandse woningen wordt staal gebruikt voor kleine elementen, zoals lateien boven raamopeningen en liggers boven garagedeuren. Complete staalskeletten zijn gebruikt in woongebouwen.

Afb. 8.3 Staalskelet met modules met een groot raamoppervlak: MOHO in Manchester.
Bron: Yorkon and Shed KM Architects.



Afb. 8.4 Woongebouw MOHO opgeleverd.
Bron: Yorkon and Shed KM Architects.



Zoals in andere Europese landen bieden lichtgewicht prefab stalen constructiesystemen voordelen bij binnenstedelijke projecten. Veel van de in deze brochure beschreven systemen worden gebruikt, maar er zijn duidelijke trends richting:

- Staalframebouw voor optoppen met appartementen en maisonnettes van bestaande woongebouwen met een plat dak.
- Staalframebouw om gebouwen zonder woonbestemming (kantoren, bedrijfsgebouwen) te verbouwen tot appartementen.
- Staalskeletten van warmgewalste profielen in combinatie met verschillende vloersystemen (kanaalplaat, staalplaat-beton, Slimline en staalframe) in woongebouwen.
- Verschillende stalen producten in vrijstaande, twee-onder-een-kappers en rijtjeswoningen.

Optoppen

In Nederland is optoppen een nichemarkt voor staal. Veel bestaande gebouwen met een betonconstructie en een plat

dak zijn uit te breiden door bovenop één, twee of nog meer verdiepingen toe te voegen. Staalframebouw is voor dit doel zeer geschikt. Er zijn veel interessante projecten zoals Leeuw van Vlaanderen in Amsterdam (winnaar van de Nationalw Renovatie Prijs 2007) en recent Het Lage Land in Rotterdam (afb. 8.5) en De Bakens in Zwijndrecht.

Staalframe wanden zijn zelfdragend, zodat de constructie licht van gewicht is. Op eenvoudige wijze is met gipsplaten te voldoen aan de eisen voor brandwerendheid. Warmteverlies door de gevel wordt beperkt door isolatiemateriaal zoals minerale wol toe te passen. Vloertrillingen zijn te reduceren door een dekvloer aan te brengen.

Veel leegstaande gebouwen staan op gewilde locaties, zoals havens en stadscentra, en zijn om te bouwen tot luxe appartementen en bedrijfsruimte. De renovatie en optop van de pakhuizen Nautilus en IJsvis in Den Haag is een goed voorbeeld (afb. 8.6). De toegevoegde

penthouses in 'staal-en-glas'-architectuur bieden een spectaculair uitzicht op de haven. De constructie is een combinatie van warmgewalst staalskelet en staalframebouw.

Woongebouwen

Tegelijk met de toename van staalconstructies in meerlaagse utiliteitsbouw zijn onlangs verschillende hoge woongebouwen met staalskeletten gebouwd. In combinatie met een staalskelet wordt een grote verscheidenheid van vloersystemen gebruikt: kanaalplaten (Het Baken in Deventer), breedplaten (Montevideo in Rotterdam), staalplaat-betonvloeren (Schutterstoren in Amsterdam), holle staal-beton vloeren (La Fenêtre in Den Haag - zie Voorbeeldprojecten) en staalframevloeren (Linea Nova in Rotterdam).

Stadswoningen

De Nederlandse overheid subsidieert al meer dan een halve eeuw het particulier woningbezit. In bepaalde gevallen leidde de behoefte aan expressieve architectuur



Afb. 8.5 Optop met maisonnettes: Het Lage Land in Rotterdam.

Afb. 8.6 Penthouses op een verbouwd pakhuis met een spectaculair uitzicht: Nautilus & IJsvis in Den Haag (winnaar Nationale Staalprijs 2006, categorie Woningbouw).



met grote raamopeningen tot het gebruik van staalconstructies in vrijstaande woningen en rijtjeshuizen. Woonhuis De Kom in Oranjewoud is een fraai voorbeeld van transparante architectuur met een staalskelet (afb. 8.8).

Het Smart House concept is ontwikkeld door de architect Robert Winkel en maakt gebruik van vierkante en rechthoekige kokerprofielen, staalframevloeren en metal-studwanden. Het is gebaseerd op een kolomraster van 5,4 m. Hoewel er niet veel woningen volgens dit concept gebouwd zijn, is het een praktisch systeem voor kleine woon- en kantoorgebouwen (afb. 8.9).

Frankrijk

De woningbouw in Frankrijk heeft een omvang van ongeveer 300.000 woningen per jaar, waarvan ongeveer 50% bestaat uit appartementen. De sociale woningbouw is in Frankrijk altijd actief geweest en veel woningbouwverenigingen ontwerpen en realiseren hun eigen gebouwen.

Staalbouw heeft een marktaandeel verworven van 7%, vooral dankzij het systeem Maison Phénix voor woningbouw.

Meer recent hebben staalplaat-betonvloeren een doorbraak gemaakt in de meerlaagse woningbouw. Moderne bouwprojecten in Frankrijk richten zich op de eisen aan duurzaamheid volgens het HQE-systeem (Haute Qualité Environnementale).

PRISM

PRISM (Produits Industriels et Structures Manufacturées) is een woningbouwconcept gebaseerd op een staalconstructie. Bij het concept zijn verschillende vloersystemen te gebruiken, zoals massieve betonvloeren, kanaalplaten en staalplaat-betonvloeren.

Voor de gevels worden meestal staalframe binnenspouwbladen gebruikt die op de vloer steunen. Thermische isolatie is aan de buitenzijde aangebracht en de gevelbekleding is bevestigd op het binnenspouwblad. De gevelelementen zijn verdiepingshoog en voor thermische en akoestische isolatie wordt minerale wol en gipsplaat aangebracht (afb. 8.10).

Er zijn twee gevelsystemen beschikbaar – het ene is voor zware gevelbekledingen



Afb. 8.7 Woongebouw met een staalskelet en staalplaat-betenvloeren: Schutterstoren in Amsterdam.



Afb. 8.8 *Vrijstaande woningen: Woonhuis De Kom in Oranjewoud.*



Afb. 8.9 *(Boven en rechts) Staalskelet met kokerprofielen, metal-stud wanden en staalframevloeren: Smart House in Rotterdam.*

zoals keramische tegels, en het andere is voor lichte gevelbekledingen zoals een geïsoleerde pleisterlaag. Beide systemen maken gebruik van een staalframe, dat ruimte laat voor het ontwerp.

Zonder de gevelbekleding is de opbouw van de gevel als volgt:

- Twee 13 mm dikke brandwerende gipsplaten die 60 minuten brandwerendheid bieden.
- Een ruimte van 60 tot 100 mm om isolatie aan te brengen tussen de vloerrand en de stalen gevelstijlen.
- 70 tot 100 mm dikke isolatie van minerale wol.
- Staalframe binnenspouwblad bestaande uit horizontale regels en verticale stijlen.

De totale dikte van het binnenspouwblad is ongeveer 160 mm. De vloerrand en kolommen zijn aan de buitenkant thermisch geïsoleerd om koudebruggen te voorkomen. De totale geveldikte kan variëren tussen 290 en 360 mm. Scheidingswanden en binnenwanden zijn van metal-stud, lichte staalprofielen

waarop aan weerszijden gipsplaat is bevestigd, met minerale wol ertussen voor geluidsisolatie. Deze techniek wordt veel gebruikt. Hiermee is de plattegrond op den duur makkelijk aan te passen.

Cofradal-vloer

Cofradal is een lichtgewicht vloer die bestaat uit een cassette uit dun staalplaat waarin minerale wol is geperst met daarop een dun betondek. De vloer heeft een totale dikte van 200 mm (afb. 8.13) en is te gebruiken voor utiliteitsbouw en woningbouw. De stalen cassette en het beton werken constructief samen.

PCIS-vloer

PCIS is een droog vloersysteem voor woongebouwen. De liggers zijn geïntegreerd in de vloer, ze zijn aan de kolommen bevestigd en kunnen tot 6 m overspannen. De totale vloerdikte is 320 mm.

De opbouw is als volgt (van onder naar boven):

- Verzinkte staalplaat (1,5 mm) die op de liggers is geschroefd.
- Glasvezel 3 mm (230 g/m²) op een

12 mm multiplex plaat die aan de staalplaat op de staalplaat is vastgeschroefd.

- 12 mm gipsplaat met een harde afwerklaag voor een slijtvast oppervlak.

Geschikte materialen voor het plafond zijn:

- Thermische en akoestische isolatie: 45 mm minerale wol (30 minuten brandwerend) of 70 mm steenwol (60 minuten brandwerend).
- Twee 12 mm dikke gipsplaten (30 minuten brandwerend) of twee 12 mm dikke brandwerende platen (60 minuten brandwerend).



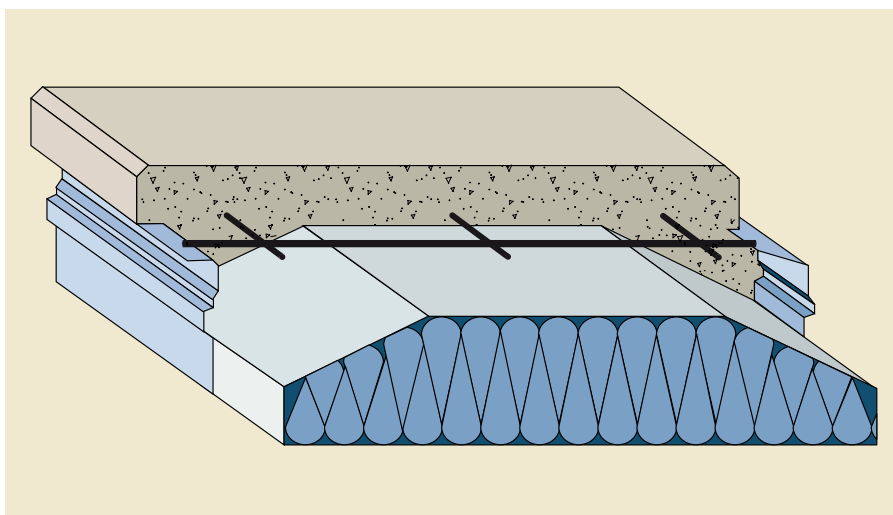
Afb. 8.10 PRISM-systeem tijdens de bouw. Staalskelet, dakplaat en staalframe binnenspouwbladen zijn zichtbaar. Daarop is de dak- en gevelbekleding nog te monteren.



Afb. 8.11 PRISM-systeem gereed: met metselwerk buitengevel. Architect: P. Sartoux.



Afb. 8.12 PRISM-systeem: gebouw met verschillende gevelbekledingen.



Afb. 8.13 Cofradal vloeren – doorsnede en vloeren tijdens de montage.

Maison PHÉNIX

Op de Franse markt voor woningbouw een staalconstructie is Maison Phénix marktleider met ongeveer 6.000 opgeleverde woningen per jaar en 50 jaar ervaring. Het staalskelet bestaat uit IPE-profielen en hoekprofielen. Het systeem is te combineren met verschillende gevelsystemen. Dit systeem wordt vooral gebruikt voor woningen met één bouwlaag en een kap (afb. 8.14).

Zweden Inleiding

In Zweden wordt staal in kantoren en woningen toegepast in staalskeletten en staalframebouw, vaak met thermo-profielen. Met geïntegreerde liggers met kanaalplaten zijn zeer dunne vloeren te maken, wat belangrijk is in Zweden. Arbeidskosten vormen een groot deel van de bouwkosten en een korte bouwtijd is dan ook erg belangrijk.

Geïntegreerde liggers

Geïntegreerde liggers begonnen hun zegetocht in Zweden. Het systeem, waarbij de vloeren op de verbrede onderflens van een stalen ligger worden gelegd, beperkt de totale vloerhoogte en maakt een flexibele indeling van de ruimte mogelijk. Omdat de ruimte tussen de ligger en de vloeren wordt opgevuld met beton, is de ligger beschermd tegen brand. In woongebouwen wordt vaak een



Afb. 8.14 *Maison Phénix in aanbouw, met dakdetails voor een woning met één laag.*



Afb. 8.15 Woongebouw in Zweden met 7 lagen met kanaalplaten en geïntegreerde liggers.

verhoogde vloer bovenop de kanaalplaat gelegd. In de ruimte ertussen is horizontaal leidingwerk te plaatsen.

Staalframebouw

Een staalframevloer bestaat uit dragende koudgevormde staalprofielen en beplating (zie Hoofdstuk 3). De vloer is op de bouwplaats te assembleren of is te prefabriceren in de werkplaats. De basis bestaat uit C-profielen op een hart-op-hart afstand van meestal 600 mm. De profielhoogte van de vloerliggers ligt tussen 150 en 300 mm, afhankelijk van de overspanning. Op de bovenflenzen is een trapeziumvormige staalplaat aangebracht waarop een betonnen deklaag is gestort. Met 300 mm hoge C-profielen is de maximale vloeroverspanning ongeveer 8 m. Ervaring wijst uit, dat

staalframevloeren met een overspanning van 4 tot 4,5 m bij woningbouw het meest economisch zijn. Een goede detaillering en uitvoering bepaalt de geluidsisolatie. Het totale gewicht van de vloer is minder dan 150 kg/m².

Staalframebouw wordt in Zweden gebruikt als draagsysteem voor woongebouwen tot en met drie bouwlagen. Voor hogere gebouwen en andere toepassingen is staalframebouw te combineren met andere stabiliteitssystemen zoals warmgewalste staalconstructie.

Modulaire bouw

OpenHouse is een modulair systeem dat is gebaseerd op een kolomraster van 3,9 m. In de Voorbeeldprojecten wordt het project in Annestad bij Malmö toegelicht.

9 Voorbeeldprojecten

Om de ontwerp- en constructieprincipes uit de voorgaande hoofdstukken te illustreren, toont dit hoofdstuk een aantal voorbeeldprojecten. De voorbeeldprojecten bieden een scala aan gebouwvormen en een breed spectrum aan locaties in geheel Europa.

Dit zijn de voorbeeldprojecten met een korte kenschets van hun constructiesysteem:

- Paragon, Londen, Verenigd Koninkrijk
Woongebouwen met 4 tot 17 lagen van modules met betonkern.
- Sociale woningbouw, Evreux, Frankrijk
Woongebouw met 4 lagen met een droog bouwsysteem.
- La Fenêtre, Den Haag, Nederland
Woontoren op schuine stalen kolommen
- Bioklimatische Torens, Vitoria-Gazteiz, Spanje
Vier duurzame torens met 16 lagen.
- OpenHouse, Malmö, Zweden
Modulair woningbouwsysteem voor woongebouw met 4 lagen.

*Paragon, Londen,
Verenigd Koninkrijk*

*Sociale woningbouw,
Evreux, Frankrijk*

*La Fenêtre,
Den Haag, Nederland*

*Bioklimatische torens,
Vitoria-Gazteiz, Spanje*

*OpenHouse,
Malmö, Zweden*

Paragon, Londen, Verenigd Koninkrijk

Projectontwikkelaar Berkeley First bouwt het grootste modulaire gebouw van het Verenigd Koninkrijk. Paragon biedt betaalbare woonruimte in West-Londen met modules die in 17 lagen zijn gestapeld rond een betonnen kern.

Voordelen:

- Modulaire bouw met 17 lagen
- Hoge bouwsnelheid
- Makkelijke logistiek op de bouwplaats
- Uitstekende geluidsisolatie
- Modules met open zijden maken flexibele indeling van de ruimte mogelijk
- Podium met parkeergarage draagt de modules



Paragon biedt betaalbare arbeiders- en starterswoningen in Brentford, West-Londen. Projectontwikkelaar Berkeley First koos een modulaire bouwmethode, omdat daarmee de logistiek op de bouwplaats eenvoudig was en de krappe bouwplanning van 22 maanden was te halen. De locatie ligt tussen de snelweg M4, een woonwijk en een plaatselijke school, en er waren daarom grote problemen met de toegankelijkheid, levering en opslag van materialen en de faciliteiten op de bouwplaats. Met modulaire bouw bleken deze problemen te omzeilen. Er werden gemiddeld 8 modules per dag geleverd in een cyclus van 40 minuten, zonder dat de weg afgesloten hoefde te worden.

Modulaire bouw blijft doorgaans beperkt tot 8 of 10 bouwlagen. De uitbreiding tot 17 bouwlagen was te realiseren door stabiliteit te ontlenen aan een betonnen kern. De modules nemen verticale belasting op

en dragen windbelastingen over op de kern. Oorspronkelijk zou het project niet modulair worden uitgevoerd. Daarom zijn de voordelen van seriematige prefabricage van de modules niet volledig benut. Het project is omgeturnd naar modulaire bouw, omdat Caledonian Building Systems een grote verscheidenheid aan modules kan leveren. Met name de variant met volledig open zijden biedt ontwerpvoordelen. Door twee van deze modules tegen elkaar te plaatsen zijn grote vertrekken te realiseren.

Het gehele project bestaat uit zes gebouwen van 4, 5, 7, 12 en 17 bouwlagen. Het totale aantal modules in het project is 827. Het gebouw van 17 lagen bestaat uit 413 modules. De meeste modules zijn 12 m x 2.8 m, maar enkele modules zijn breder tot 4.2 m, het maximum voor wegtransport. Het project heeft £26 miljoen gekost en werd opgeleverd in september 2006.



Projectteam

Projectontwikkelaar:

Berkeley First

Architect:

Carey Jones

Constructeur:

Capita Symonds, Alan Wood and Partners

Aannemer modulaire bouw:

Caledonian Building Systems**Constructiedetails**

Paragon bevat 840 studentenkamers, 114 studio's, 44 tweekamerappartementen en 63 driekamerappartementen.

Omdat de modules open zijden hebben, was het mogelijk om grote vertrekken te realiseren. De twee- en driekamerappartementen zijn samengesteld uit 2 of 3 modules, elk met 35 m² vloeroppervlak.

De modules hebben een skelet van kokerprofielen en staalframe wanden en vloeren. De stijlen zijn van kokers 80 x 80 of 160 x 80. De wanddiktes zijn verschillend afhankelijk van de bouwhoogte. Hoe lager, hoe hoger de belasting, hoe dikker de wanddikte. Deze stijlen passen binnen de staalframe wanden. De randliggers zijn voor de vloer van UNP 200 x 90 en

UNP 140 x 70 voor het plafond. Hiermee zijn modules met gedeeltelijk open zijden te maken met een overspanning van 6 m. De totale dikte van de vloer en het plafond samen is 400 mm. De totale dikte van de wanden is 290 mm. De wand en vloer behalen een uitstekende luchtgeluidreductie van meer dan 60 dB en hebben een brandwerendheid tot 120 minuten.

Modules worden aan elkaar en aan de betonkern bevestigd met stalen hoekprofielen. In de betonkern zijn U-profielen ingestort waaraan de hoekprofielen zijn bevestigd. De krachten in deze verbindingen zijn bepaald op basis van de windbelasting en de constructieve samenhang. De met glijbekisting uitgevoerde betonkernen waren voltooid, voordat de modules werden geplaatst. Een deel van het gebouw heeft op de begane grond een parkeergarage. Daar zijn de modules op een warmgewalst staalskelet geplaatst dat als podium dient.



Afb. 9.1 Modules bevestigd aan de betonkern.



Afb. 9.2 Plaatsing van modules op podium.

Sociale woningbouw, Evreux, Frankrijk

Voor sociale woningbouw met vier bouwlagen werd gekozen voor een droog bouwsysteem. Deze keuze werd gemaakt vanwege de hoge bouwsnelheid, aanpasbaarheid op termijn en duurzaamheid over de gehele levenscyclus van het gebouw.

Voordelen:

- Hoge bouwsnelheid
- Droog bouwsysteem met veel stalen componenten
- Lichtgewicht constructie en daardoor lichte fundering
- Makkelijke aanpasbaarheid op termijn
- Flexibel ruimtegebruik



Opdrachtgever is de woningbouwvereniging OPAC de l'Eure met steun van het Franse ministerie van volkshuisvesting en ruimtelijke ordening. De architecten, Dubosc & Landowski, zijn al vele jaren betrokken bij de promotie van staal in de bouw. Zij kwamen met het idee om een niet-traditionele, droge bouwwijze te kiezen voor dit project met 51 huurwoningen en een wijkbibliotheek.

Het ontwerp werd volledig herzien ten gunste van een droog bouwsysteem met intensief gebruik van staal. Uitsluitend voor de kelder en de begane-grondvloer is beton gebruikt.

Het project bestaat uit vijf woongebouwen met 4 lagen. Er zijn in totaal 51 twee- tot vijfkamerappartementen variërend van 56 m² tot 106 m² en een wijkbibliotheek van 328 m² over twee lagen.

Bovenop bevinden zich tweelaagse maisonnettes met dakterrassen en grote ramen. Het gebouw bevat ook nog 22 overdekte parkeerplaatsen.

De constructie bestaat uit een staalskelet, hoge staalplaat-betonvloeren, een gebogen metalen dak en bij de buitentrappen stabiliteitsverbanden in het zicht. Het hele gebouw is een lichtgewicht constructie die in de toekomst is uit te breiden of te demonteren.

Het project maakt deel uit van een reeks initiatieven voor stadsvernieuwing in Evreux in de streek Normandië. De totale bouwkosten zijn 775 € per m² vloeroppervlak. Daarvan komt 20% voor rekening van het skelet de vloeren en de daken. Het gebouw werd voltooid in slechts 9 maanden door de hoge mate van prefabricage en de droge bouwmethode.

Projectteam

Projectontwikkelaar:

OPAC de l'Eure

Architect:

Dubosc & Landowski

Constructeur:

Bohic

Hoofdaannemer:

Quille**Constructiedetails**

Het staalskelet bestaat uit warmgewalste staalprofielen. Stabiliteit wordt verkregen door een systeem van kruisverbanden die geïntegreerd zijn in de wanden en de vloeren. Dit staalskelet komt op vele plaatsen in het gebouw in het zicht, zowel buiten als binnen, en toont de radicale ontwerpbenadering.

In de gevel zijn houten en stalen beplating gecombineerd met een opvallend contrast in kleur en textuur. Het dak bestaat uit gebogen staalplaat op gordingen.

De vloer is een droog systeem van ArcelorMittal met de naam PCIS: "Plancher Composite Interactif Sec". Het bestaat uit een hoge geprofileerde staalplaat, minerale wol voor thermische en akoestische isolatie, multiplex en een zwevende dekvloer. Met de geïntegreerde liggers is de totale vloerhoogte maxi-

maal 320 mm. De vloeren overspannen tot 6 m bij een opgelegde belasting van 1.5 kN/m² plus een gelijkmatige belasting van 1 kN/m² voor de binnenwanden.

Alle materialen zijn beschikbaar bij meerdere leveranciers en waren te monteren door vaklieden. Grote elementen werden in een fabriek geproduceerd. Dit resulteerde in een hoge kwaliteit en een snel bouwproces.

Als plafonds werden gipsplaten aangebracht met een brandwerendheid van 30 minuten. De thermische en akoestische isolatie is beter dan vereist. Daarvoor werd het Franse kwaliteitslabel "EDF-Innov'elec" toegekend.

Op bepaalde plaatsen is lichtgewicht beton toegepast, voornamelijk in de kelder en op de begane grond. Met dit lichtgewicht beton was het gewicht en daardoor de fundering te beperken.



Afb. 9.3 (Boven) Combinatie van materialen.



Afb. 9.4 (Rechts) Vrije plattegrond met flexibele indeling met lichte binnenwanden.

La Fenêtre, Den Haag, Nederland

Voor het woongebouw La Fenêtre was niet meer dan een snipper grond beschikbaar. De keuze voor een staalconstructie leverde stedenbouwkundig en in het uitvoeringsproces meerwaarde op. De slanke, ronde kolommen creëert een aantrekkelijke openbare ruimte en het transparante staalskelet biedt flexibiliteit in gebruik.

Voordelen:

- Stabiliteit door schuin geplaatste ronde kolommen
- Transparante gevel met slanke vloeren
- Plafond van schoon beton met ingestorte waterleidingen
- Brandwerendheid van 120 minuten
- Leidingdistributie in de vloer
- Uitstekende geluidsisolatie



Een opvallend woongebouw, La Fenêtre, vormt een oriëntatiepunt op een druk kruispunt in het centrum van Den Haag. De bovenbouw van 16 lagen met appartementen wordt ondersteund door slanke schuin geplaatste ronde kolommen.

Er is gebruik gemaakt van een nieuw vloersysteem, Slimline. Dat bestaat uit I-profielen op 0,6 tot 0,9 m hart-op-hart afstand waarvan de onderflenzen zijn ingestort in een betonplaat. De breedte van de prefab vloerelementen is 2,4 m, zodat deze makkelijk te transporteren en monteren zijn.

De dikte van de betonplaat is 70 mm. Op de bovenflenzen van de I-profielen wordt een topvloer aangebracht. Bij La Fenêtre

is gekozen voor stalen zwaluwstaartplaten met een dekvloer.

De gevel bestaat uit houten binnenspouwbladen met grote glasvlakken. Samen met de 20 m hoge slanke ronde kolommen lijkt het gebouw daardoor bijna doorzichtig. De constructie is inwendig geschoord met stabiliteitsverbanden. Door TNO Bouw en Industrie zijn proeven uitgevoerd die 120 minuten brandwerendheid aantonen van de verder onbeschermde stalen vloerliggers. De betonplaat aan de onderzijde levert hiervoor voldoende bescherming. Ook is een uitstekende geluidsisolatie bereikt. De bouw startte begin 2004 en was eind 2005 voltooid

Projectteam

Opdrachtgever:

Latei projectontwikkeling

Architect:

Architectenbureau Uytenhaak

Staalconstructie:

Oostingh Staalbouw

Constructeur:

Adams

Leverancier vloeren:

PreFab Limburg BV

Leverancier installaties:

Heijmans**Constructiedetails**

Afhankelijk van de overspanning en de belasting zijn bij Slimline verschillende stalen liggers te kiezen. Hoewel de bovenflens niet is ingeklemd, wordt torsiestijfheid geboden door de betonplaat die rond de onderflens is gestort. De karakteristieke verhouding overspanning/vloerhoogte is 20, dus een 450 mm hoog I-profiel kan tot 9 m overspannen.

Een belangrijk kenmerk van Slimline is de integratie van leidingen en installaties in de vloer. Tussen de betonplaat en de topvloer is een holle ruimte. Hierin zijn luchtpijpen, riolafvoeren en ander leidingwerk te leggen. Door langwerpige openingen in de lijven van de vloerliggers zijn leidingen te voeren. De 70 mm dikke betonplaat kan zijn eigen gewicht en de belastingen van leidingen dragen. Maar ook biedt deze maat de mogelijkheid om

vloerverwarming en –koeling te integreren. De topvloer bestaat bij La Fenêtre uit een zwaluwstaartplaat met dekvloer, maar er zijn veel andere mogelijkheden. Door bijvoorbeeld multiplex beplating te kiezen zijn de leidingen bij functieverandering makkelijk te bereiken. De vloer is ontworpen om een opgelegde vloerbelasting van maximaal 3 kN/m² te kunnen opnemen.

Het vloersysteem is ook geschikt voor andere functies waar behoefte is aan vrije distributie van leidingen in de vloer, zoals kantoren en ziekenhuizen.

De ronde kolommen van de onderbouw komen op het maaiveld samen op slechts 8 posities. Ze gaan schuin omhoog naar het onderste vloerveld met een raster van 6 m x 9 m. Door voor de ronde kolommen grote wanddiktes te nemen, zijn de kosten voor brandbescherming beperkt.



Afb. 9.5 (Boven) La Fenêtre in aanbouw.



Afb. 9.6 (Rechts) Leidingdistributie in de Slimline-vloer.

Bioklimatische Torens, Vitoria-Gasteiz, Spanje

De Bioklimatische Torens in Vitoria-Gasteiz in Spaans Baskenland zijn 4 identieke torens met appartementen, winkels en kantoren. In de torens is 1400 ton constructiestaal verwerkt. De zonnestraling wordt benut door een bioklimatisch ontwerp.

Voordelen:

- Duurzaam en energiezuinig met een bioklimatische ontwerpbenadering
- Prefabricage van de constructie
- Flexibiliteit in het ruimtegebruik
- Herbruikbaarheid van het gebouw
- Intensief gebruik van stalen componenten



Afb. 9.8 *Bioklimatische torens na oplevering.*

Afb. 9.9 *(Links) De voltooide staalconstructie.*

Salburua is een moerasgebied aan de rand van de stad en maakt deel uit van de Groene Ring van Vitoria-Gasteiz. Er zijn vier identieke torens met sociale huurappartementen, winkels en kantoren verzezen. De belangrijkste ontwerpcriteria voor deze torens waren duurzaamheid, efficiënte constructie, functionaliteit, bruikbaarheid op de lange termijn en onderhoud.

Alle appartementen in de torens zijn op twee richtingen georiënteerd. De torens zijn erg duurzaam dankzij de optimale oriëntatie, de energiebesparende gevel en de integratie van systemen voor duurzame energie.

Het ontwerp is tentoongesteld in het Museum of Modern Art (MOMA) in New York. Het project werd ontworpen door de architecten Iñaki Abalos en Juan Herreros. Iedere toren heeft een vloeroppervlakte van 281,5 m² per verdieping en is 48 m hoog.

De Bioklimatische Torens hebben een staalskelet met dragende gevels, slechts vier interne kolommen en betonvloeren. In de vier torens samen zit 1400 ton constructiestaal. Het totale budget voor het project was ongeveer 2,35 miljoen euro per toren. De gebouwen zijn voltooid in 2006.



Afb. 9.7 *Bioklimatische torens in aanbouw.*

Projectteam

Opdrachtgever:

Ensanche XXI

Architect:

Ábalos & Herreros

Eigenaar:

Jaureguizar S.L.

Staalconstructie:

Goros Construcciones Metálicas

Hoofdaannemer:

Goros S. Coop (Vitoria-Gasteiz)


Afb. 9.10 Prefabricage van de gevelpanelen.



Afb. 9.11 Vloer met inwendige kolommen tijdens de bouw.

Constructiedetails

De dragende gevel bestaat uit grote prefab gevelelementen. Deze zijn net zo breed als een zijde van het gebouw en twee verdiepingen (ongeveer 6 m) hoog. De primaire staalconstructie is volledig in de fabriek gemaakt, waardoor de bouw op locatie veel sneller en efficiënter verloopt.

De betonvloer (betonkwaliteit C25) is een massieve plaat van 250 mm dik met een maximale overspanning van 7 m, die in het werk is gestort.

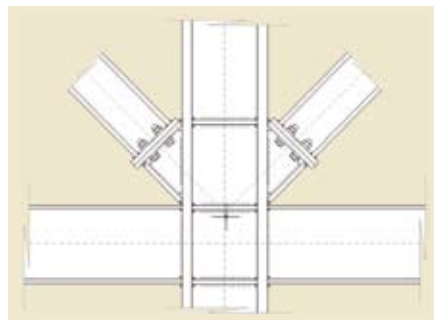
Er zijn verschillende staal-beton kolommen toegepast afhankelijk van de specifieke toren en de hoogte van het gebouw. Er zijn staalprofielen gebruikt variërend van HE200M tot HE600M en HE180B tot HE500B met staalsoort S355. Aan de meeste kolommen zijn dwarsstukken uit HE120M bevestigd. Deze hebben een omhulling van wapeningsstaal (B500S,

8 mm diameter, 200 mm hart-op-hart) en zijn ingestort in de betonvloer.

De gevelelementen zijn samengesteld uit plaatliggers met een hoogte van meer dan 1 m met variabele overspanningen van 2,3 tot 2,9 m tussen de gevelkolommen. De lasverbindingen zijn in de staalconstructiewerkplaats gemaakt. Op de bouwplaats zijn uitsluitend boutverbindingen gebruikt. Dit levert een hoge bouwsnelheid en een onafhankelijkheid van de weersomstandigheden.

De gevelelementen wegen zijn 30 m lang en 6 m breed en wegen meer dan 20 ton. Daarom waren speciale transporten nodig om de elementen naar de bouwplaats te vervoeren.

De constructie werd in een recordtijd gebouwd, met een gemiddelde van anderhalve dag per laag. De bouwtijd van de constructie was ongeveer 4 maanden per toren, waarvan 2 maanden voor de productie in de fabriek en 2 maanden voor de montage op de bouwplaats.



Afb. 9.12 Boutverbinding tussen kolommen op de eerste verdieping en stabiliteitsverbanden.

OpenHouse, Malmö, Zweden

Het doel van het OpenHouse-systeem is om een kostenefficiënte en modulaire bouwmethode te bieden voor de bouw van appartementen. Dit project bij Malmö voorziet in 1200 appartementen met verschillende indelingen.

Voordelen:

- Aanpasbaarheid op termijn en herbruikbaarheid van modules
- Duurzaamheid door beperkt materiaalgebruik en weinig afval
- Vermindering risico en hogere kwaliteit door geïndustrialiseerde processen en een droge bouwmethode
- Verschillende opties voor gevel- en dakbekleding en balkon
- Hoog niveau thermische isolatie en geluidwering



Afb. 9.13 OpenHouse-module tijdens montage. De module heeft open zijden en tijdelijke ondersteuning.



Annestad in Malmö is naar Zweedse maatstaven een groot bouwproject. In vier jaar tijd zijn in totaal 1200 appartementen gebouwd. Het project was ingedeeld in blokken van 2 tot 5 verdiepingen en werd opgeleverd in 2006. Het project bestond uit een combinatie van huur- en huurkoopappartementen. De huur van een appartement is ongeveer € 110 per m² per jaar.

Bij dit project is gebruik gemaakt van het OpenHouse-systeem. Daarbij worden de modules gedragen door een staalskelet met een raster van 3,9 m. De modules hebben die breedte en lengtes met een veelvoud van 3,9 m.

De grootte van de appartementen varieert van één kamer met keuken tot vier kamers met keuken. De materialen die gebruikt zijn voor de gevels in dit project zijn baksteen, beplating, geïsoleerde pleisterlaag en hout. De modules verspringen ten opzichte van elkaar. Dit is uitgedrukt in de gevels. De modules zijn compleet met wanden, binnenspouwbladen, folies en kozijnen op de bouwplaats aangevoerd. Daar zijn de metalen dak- en gevelbekleding en de balkons toegevoegd.

Projectteam

Opdrachtgever:

Hyreshem Malmö / OpenHouse Production

Architect:

Landskronagruppen / OpenHouse Production

Hoofdaannemer:

OpenHouse Production

Leverancier van modules:

OpenHouse Production

Afb. 9.14 (Boven) Montage van module op de bouwplaats aangevoerd met binnenspouwblad, folies en kozijnen.

Constructiedetails

De modules worden ondersteund door een staalskelet bestaande uit vierkante kokerprofielen. Deze staan hart-op-hart 3,9 m, zodat elke module wordt gedragen door zes kolommen. De inwendige maat van de modules is 3,6 m breed bij 11 m lang. Vanaf de buitenste kolommen van het skelet maakt een module dus een overstek van 1,7 m.

De modules dragen de horizontale belastingen over op stabiliteitselementen zoals trappen van staal of beton. Tot vijf bouwlagen zijn de modules zelfdragend toe te passen. Maar ondersteund door een skelet, zoals in dit geval, zijn gebouwen van acht lagen mogelijk.

De modules maken gebruik van staal-framebouw in combinatie met minerale

wol en gipsplaten. De binnenspouwbladen zijn opgebouwd uit thermoprofielen, minerale wol en gipsplaat wat een goede warmte-isolatie biedt.

Het dak en de vloer bestaan uit staalframe vloeren met minerale wol, gipsplaat en trapeziumvormige staalplaat.

Thermoprofielen met minerale wol ertussen leveren een hoge thermische isolatiewaarde (U-waarde) op van bijna 0,1 W/m²K. Met modules met geheel of gedeeltelijk open zijden zijn grotere ruimtes te creëren. Tijdens de montage zijn hier tijdelijke ondersteuning. Nadat de modules op hun plaats zijn gehesen werden ze bevestigd aan de kokerprofielen. Daarna zijn de leidingen doorverbonden en is de vloer tussen modules met open zijden afgemaakt.



Afb. 9.15 (Rechts) Het Annestad-project bij Öresund in het zuiden van Zweden.

**ArcelorMittal**

Long Carbon, Research and Development,
66, rue de Luxembourg, L - 4009 Esch/Alzette, Luxembourg
www.arcelormittal.com

**Bouwen met Staal**

Boerhaavelaan 40, NL - 2713 HX Zoetermeer,
Postbus 190, NL - 2700 AD Zoetermeer, The Netherlands
www.bouwenmetstaal.nl

**Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)**

Espace Technologique, L'orme des merisiers - Immeuble Apollo,
F - 91193 Saint-Aubin, France
www.cticm.com

**Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)**

Sohnstraße 65, D - 40237 Düsseldorf,
Germany
www.stahlforschung.de

**Labein - Tecnalia**

C/Geldo - Parque Tecnológico de Bizkaia - Edificio 700,
48160 Derio, Bizkaia, Spain
www.labein.es

**SBI**

Vasagatan 52, SE - 111 20 Stockholm,
Sweden
www.sbi.se

**The Steel Construction Institute (SCI)**

Silwood Park, Ascot, Berkshire,
SL5 7QN, United Kingdom
www.steel-sci.org

**Technische Universität Dortmund**

Fakultät Bauwesen - Lehrstuhl für Stahlbau
August-Schmidt-Strasse 6, D - 44227 Dortmund, Germany
www.uni-dortmund.de