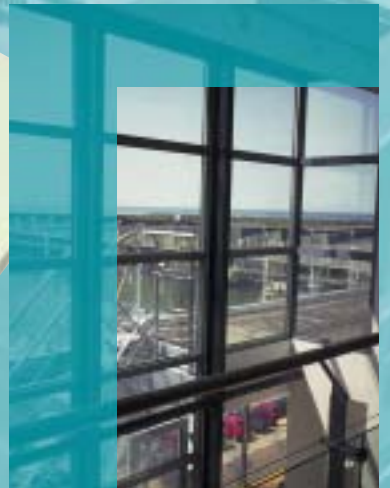




Bouwen op Locaties

Top



Bouwen op
Top
Locaties

Bouwen op

Locaties



Colofon

Bouwen op Toplocaties. Optoppen met Staalframebouw

auteur W.H. Verburg

redactie en tekenwerk M.A. Barendsz

vormgeving Fig. 84, Amerongen

uitgave Bouwen met Staal, Rotterdam

ISBN 90-72830-32-6

NUGI 833

Trefw.: staalframebouw

Eerste druk april 2000

Bouwen met Staal

Postbus 29075

3001 GB Rotterdam

telefoon (010) 411 50 70

e-mail info@bouwenmetstaal.nl

De uitgever en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een uiterste zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze publicatie. Desondanks kunnen fouten niet geheel worden uitgesloten. Bouwen met Staal sluit mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met toepassing van de inhoud van deze publicatie.

© Bouwen met Staal, april 2000

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

Voorwoord

De overheid besteed in haar nota "Stedelijke vernieuwing" aandacht aan ingrepen in de na-oorlogse woningvoorraad in binnenstedelijke gebieden. Met de ingrepen wordt beoogd de samenstelling van de woningvoorraad te verbeteren. Dit kan door nieuwe woningen op maaiveld te bouwen, door woningen samen te voegen, maar ook door het toevoegen van woningen op woongebouwen. De laatste maatregel duiden we ook wel aan met optoppen. Met dit palet van maatregelen is het mogelijk het aanbod te differentiëren naar grootte, kosten en kwaliteit.

Als overwogen wordt woningen middels optoppen toe te voegen, is het noodzakelijk over een bouwmethode te beschikken die licht is. De funderingen van de bestaande gebouwen kunnen immers slechts in geringe mate een extra belasting dragen. Met dit besef heeft de staalbranche het initiatief genomen een project uit te voeren om het toepassen van staalframebouw bij optopprojecten te bevorderen. Staalframebouw is immers de lichtste bouwmethode. Het project is opgestart binnen het onderzoeksprogramma "The application of steel in Urban Habitat" van de Europese Gemeenschap van Kolen en Staal (contractnummer 7215-CA/604).

Het project is mede tot stand gekomen dankzij de ondersteuning van de organisaties die betrokken zijn bij het project "The application of steel in Urban Habitat": de Stichting Bouwresearch, TNO-Bouw en Corus.

De publicatie "Bouwen op Toplocaties" was niet mogelijk geweest zonder de werkzaamheden van de onderzoekers van TNO-Bouw en Wendy van Kerkhoven, Arend Dolsma, Jacomien Boonstra en Mic Barendsz. Het Urban-Habitatproject is uitgevoerd en begeleid door een stuurgroep, waarin zitting hadden:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Ing. M. Pauw | Hoogovens Star-Frame BV |
| Ir. G.J.M. Mars (voorzitter) | Stichting Bouwresearch |
| Ir. A.W. Tomà | TNO Bouw |
| Ir. W.H. Verburg MBM (rapporteur) | Bouwen met Staal |

Rotterdam, april 2000

Afbeeldingen

afb. 1.5, 1.6, 5.38, 7.1, 7.2, 7.3, 8.1, 8.2 en 8.3 Hoogovens Star-frame, IJmuiden; afb. 1.7, 5.3, 5.4, 5.24, 5.25, 5.30 en 6.12 Groep 5 Architecten en Stedebouwers, Den Haag; afb. 1.8 en 1.9 fotografie D-Vorm, Leidschendam, architectuur A3 Architecten, Rotterdam; afb. omslag en 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 en 2.8 Archipelontwerpers, Den Haag; afb. 4.6 fotografie Jan Derwig, Amsterdam, architectuur Meyer en Van Schooten Architecten, Amsterdam; afb. 5.9, 5.10 en 5.11 KS Profiel, Zwijndrecht; afb. 5.13 Syst-O-Matic, Haarlem; afb. 5.17 Gyproc Benelux, Wijnegem, België; afb. 5.34 TNO Bouw, Rijswijk; afb. 6.5 en 6.14 Adviesbureau Peutz & Associates, Mook; afb. 6.21 W. Van Vliet & Zn. Groenvoorziening en Cultuurtechniek, Utrecht; afb. 8.4, 8.5, 8.6 en 8.7 Kovos Architecten- en Ingenieursbureau, Eindhoven en Hoogovens Star-Frame, IJmuiden; afb. C.1 Light Gauge Steel Engineers Association, Nashville Tennessee, Verenigde Staten; overige afbeeldingen Bouwen met Staal, Rotterdam.

Bouwen op toplocaties

Optoppen met staalframebouw

Hoofdstukken

| | | |
|---|--------------------------|----|
| | Voorwoord | |
| 1 | Inleiding | 9 |
| 2 | Optoppen | 15 |
| 3 | Onderbouw | 21 |
| 4 | Optopwoningen | 27 |
| 5 | Staalframebouw | 35 |
| 6 | Vloeren, wanden en daken | 53 |
| 7 | Uitvoering | 71 |
| 8 | Voorbeeldprojecten | 75 |
| 9 | Literatuur | 83 |

Bijlagen

| | | |
|---|--|----|
| A | Beoordeling bruikbaarheid van lichte vloeren | 87 |
| B | Bouwfysische beoordeling thermoprofielen | 88 |
| C | Staalframebouw schijfpanelen | 89 |
| D | Adressen | 94 |

Inleiding

Nadat in de afgelopen decennia veel vooroorlogse woningbouw is verbeterd en vervangen, vragen nu de vroeg-naoorlogse woonwijken om aandacht. Woningen uit de jaren vijftig en zestig voldoen vaak niet meer aan de eisen van deze tijd. Veel woongebouwen uit deze periode zijn eenvormig, slecht toegankelijk en hebben – naar de huidige maatstaven – geringe bouwkundige kwaliteit. Hierdoor neemt de populariteit van dit woningaanbod onder woonconsumenten af en is het voorzieningenniveau in deze wijken niet langer gegarandeerd. Een pluspunt van deze woningen is, dat ze goedkoop zijn. Daarom zijn ze van groot belang voor de Nederlandse woningvoorraad en is instandhouding gewenst (afb. 1.1 & 1.2).

*afb. 1.1 & 1.2
Vroeg-naoorlogse woningbouw in de wijk
Kleinpolder-Oost in Rotterdam.*





*afb. 1.3 & 1.4
Optoppen met
staalskeletbouw:
studentenhuysvesting
in de wijk Blijdorp
in Rotterdam.*



Bij instandhouding is het niet voldoende om alleen de bouwkundige kwaliteit (bijvoorbeeld aanbrengen van dubbele beglazing of vervangen van lavet door douche) van de woningen te verbeteren. Immers, dan worden de tekortkomingen aan de verschijningsvorm en de toegankelijkheid niet aangepakt en wordt niet tegemoet gekomen aan de vraag naar bijvoorbeeld kleine, comfortabele woningen voor senioren. Met nieuwbouw – eventueel gecombineerd met sloop van enkele bestaande woongebouwen – kan wél worden ingespeeld op de vraag van specifieke groepen bewoners. Aanvullende nieuwbouw is te realiseren aan of tussen bestaande woongebouwen of door woningen te bouwen op bestaande gebouwen. De laatstgenoemde oplossing – optoppen – is interessant, omdat hiervoor geen, veelal schaarse, bouwgrond nodig is. Bovendien wordt het, door spreiding van de exploitatiekosten over een groter

aantal huishoudens, mogelijk om bestaande woongebouwen van vier bouwlagen te voorzien van één of meer liften.

De bouwwijze die hiervoor in aanmerking komt, moet aan diverse randvoorwaarden voldoen. Zo moet bij voorkeur worden gebouwd met industrieel vervaardigde bouwdelen met een gering gewicht. Ook moeten de toegepaste materialen volledig kunnen worden gerecycled of hergebruikt. Staalskeletbouw voldoet aan deze voorwaarden. Bij deze bouwmethode wordt met warmgewalste profielen een skelet gemaakt, dat met een afbouwsysteem naar keuze wordt gecompleteerd. Staalskeletbouw is bij een aantal optopprojecten toegepast (afb. 1.3 & 1.4). De methode is vooral interessant als de opdrachtgever over grote, vrij indeelbare ruimten wil beschikken. Dit is echter niet altijd het geval.

In situaties waar we slechts vrij in-deelbare woningen willen toevoegen, kan ook gebruik worden gemaakt van staalframebouw (afb. 1.5 & 1.6). Bij deze bouwmethode zijn drager en afbouw gecombineerd. Door bij het ontwerp van de woningen uit te gaan van assemblage volgens de platformbouwmethode kunnen alle bouwdeelen worden geprefabriceerd. Dit maakt de bouwmethode zeer geschikt voor casco's op bestaande woningen. In Nederland is staalframebouw in de jaren vijftig bij diverse woningbouwprojecten toegepast.

*afb. 1.5 & 1.6
Optoppen met staalframebouw:
modelwoning Hoogovens
Star-Frame op het
Hoogovensterrein
in IJmuiden.*

Na een aantal jaren in de vergetelheid te zijn geraakt, maakt de bouwmethode in de jaren negentig zijn "comeback". Een bekend voorbeeld is het zestal woningen, dat in 1992 in het kader van het Woningbouwfestival aan de Dedemsvaartweg in Den Haag werd gebouwd (afb. 1.7). Bij toepassing van de platformmethode in combinatie met staalframebouw kan worden voldaan aan de bouwtechnische en logistieke voorwaarden, zowel bij eensgezinswoningen als bij appartementen.



*afb. 1.7
Staalframebouw aan de
Dedemsvaartweg
in Den Haag.*

“Bouwen op Toplocaties! Optoppen met staalframebouw” geeft informatie over optoppen met staalframebouw.

De brochure is een vervolg op de publicatie “Gereedschappen voor herontwikkeling: Optoppen” (2) van de Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV) en de Stichting Bouwresearch (SBR). In die uitgave staat op welke wijze de wenselijkheid en haalbaarheid van een optopproject onderzocht kunnen worden, zonder dit tot op besteksniveau uit te werken. De hoofdpunten worden herhaald in hoofdstuk 2 van deze brochure.

Verder wordt aandacht besteed aan alle aspecten van optoppen met staalframebouw. De informatie is bedoeld voor opdrachtgevers, architecten en constructeurs. Vanwege de sterke samenhang tussen constructie en afbouw ligt het accent op de bouwkundige aspecten.

Hoofdstuk 3 behandelt de vraag in hoeverre bouwen op bestaande gebouwen anders is dan bouwen op een gewone fundering.

Aangezien het draagvermogen van bestaande funderingen beperkt is, moet er bij optoppen bij voorkeur gebruik worden gemaakt van een fysiek licht bouwsysteem. In hoofdstuk 4 wordt aandacht besteed aan de bijzondere aspecten van licht bouwen bij optoppen (afb. 1.8).

De hoofdstukken 5 en 6 gaan in op staalframebouw. Naast de beschrijving van de wijze van bouwen, komen de afzonderlijke bouwdelen aan de orde.

Om het geheel toepasbaar te maken, wordt in hoofdstuk 7 aandacht besteed aan de uitvoering. Hoofdstuk 8 bevat een aantal casestudies.



*afb. 1.8
Optoppen van flatgebouw
in de Componistenbuurt
in Maassluis.*



Hoofdstuk 9 biedt een literatuuroverzicht. De meeste titels hebben betrekking op onderzoek, dat in het kader van het urban-habitatproject, door TNO Bouw is uitgevoerd. Deze rapporten zijn verkrijgbaar bij TNO Bouw.

“Bouwen op Toplocaties! Optoppen met staalframebouw” besteedt geen aandacht aan de constructieve toetsing van koudgewalste profielen. Hoewel deze kennis eigenlijk tot het domein van de hedendaagse constructeur behoort, menen de samenstellers van deze brochure, dat deze specialistische activiteit overgelaten kan worden aan de toe-

leveranciers. Zij kunnen de constructieve toetsing van koudgewalste profielen en verbindingen uitvoeren aan de hand van NEN 6773: 1997 Ontw. “Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen, basisrekenregels en beproevingen voor overwegend statisch belaste dunwandige koudgevormde stalen profielen en geprofileerde platen.” (3) of NVN-ENV 1993-1-3:1996 “Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen” (4).



Optoppen

“Optoppen – Het toevoegen van dakwoningen aan naoorlogse flatgebouwen” (2) besteedt aandacht aan de manier waarop haalbaarheidsstudies bij optopprojecten zijn uit te voeren. Uit deze brochure zijn hoofdstuk 2 “Optoppen als instrument” en bijlage 1 “Stappenplan optoppen” na enkele kleine wijzigingen overgenomen. Deze teksten bevatten informatie voor alle betrokkenen bij optopprojecten, die zijn gebaseerd op staalframebouw.

Optoppen als instrument

Voordelen van optoppen

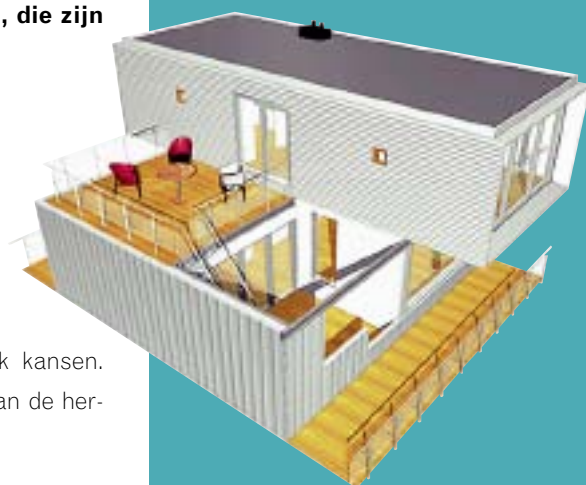
Optoppen biedt bij de aanpak van de naoorlogse wijken duidelijk kansen. De voordelen ervan passen immers goed binnen de doelstellingen van de herstructurering.

Vergroting van de woningdifferentiatie

Hoewel afhankelijk van bijvoorbeeld locatie, constructie en ontsluiting, is het goed mogelijk om op het dak van bestaande woningen door middel van optoppen andere woningtypen tot stand te brengen. Gedacht wordt aan woningen voor senioren of aan penthouses, met het uitzicht en het dakterras als specifieke kwaliteiten. Dit kan nog worden versterkt door ook een lift bij het gebouw te plaatsen.

Verdichting

Herstructurering van wijken richt zich niet alleen op de differentiatie van het woningbestand, maar ook op het aantrekken en vasthouden van functies op het gebied van werk en recreatie. Door verdichting van de bestaande wijk wordt het draagvlak voor dit soort voorzieningen vergroot. Dit heeft tevens voordelen voor het gebruik van de bestaande ontsluiting en er is sprake van duurzaam ruimtegebruik. Optoppen past dan ook goed in de compacte-stadgedachte.



Stedenbouwkundige accenten

Door het bouwen van dakwoningen komt er variatie in de bebouwingshoogte. Dit maakt het mogelijk om stedenbouwkundige accenten aan te brengen.

Verbijzondering van het gebouw

Het bouwen van dakwoningen biedt de mogelijkheid om aan het complex een bijzondere laag toe te voegen. Daardoor kan de uitstraling en het beeld van het gebouw verbeteren.

Extra financiële armslag

Optoppen kan extra financiële armslag geven bij het uitvoeren van ingrepen zoals groot onderhoud of het plaatsen van liften. De totale kosten van deze ingrepen kunnen dan over meerdere woningen worden verdeeld. Bovendien zijn er bij optoppen zelden grond- en funderingskosten.

Hergebruik

Door het toevoegen van nieuwbouw krijgt het complex een langere levensduur. Er is dus sprake van verlenging van gebruik. Hiermee past optoppen ook in het duurzaam-bouwenbeleid.



Randvoorwaarden bij optoppen

De mate waarin het optoppen kan worden ingezet bij de herdifferentiatie van naoorlogse wijken, hangt niet alleen af van de technische mogelijkheden.

Studies naar dit soort kleinschalige, op maat gesneden ingrepen laten zien dat factoren, die de schaal van het project overstijgen, van even groot belang zijn.

Bij optoppen zijn de volgende randvoorwaarden van belang.

Samenhang met andere (herdifferentiatie)ingrepen

De dakwoningen zijn vergelijkbaar met nieuwbouw. Dit stelt eisen aan de resterende levensduur van het complex. Om deze te verlengen zijn vaak verbeteringen nodig. Het toevoegen van een extra laag impliceert vaak dat er een lift moet worden bijgeplaatst. Wanneer die lift voor het gehele complex kan worden gebruikt, drukken de extra woningen de huurverhoging, die het plaatsen van de lift teweegbrengt.

*Fotomontage naoorlogs
flatgebouw vóór en ná
optoppen.*



Gehanteerde programma van eisen en bewoners

Optoppen is een instrument voor de herdifferentiatie van een eenzijdige woningvoorraad. Alvorens op te toppen, moet een gefundeerde uitspraak worden gedaan over de doelgroep en het benodigde woningtype. Hiervoor is een visie op de totale wijk noodzakelijk.

Stedenbouwkundige randvoorwaarden

Het is van belang dat optoppen een plaats vindt binnen de gehele aanpak van de wijk. De herstructurering en (her)differentiatie vinden in eerste instantie plaats op het schaalniveau van de wijk en daar moet optoppen in passen. De wijkvisie vormt het kader waarin de woningdifferentiatie, de stedenbouwkundige uitwerking en de financieringsmogelijkheden samenkomen.

Verder zijn de specifieke stedenbouwkundige situatie van het complex en de gevolgen van de verdichting op stedenbouwkundige schaal (parkeren, bezonning) bepalend voor het al of niet slagen van de ingreep.

Financiële randvoorwaarden

Optoppen kan kostbaar zijn. Voor het beoordelen van de (on)mogelijkheden is het dan ook van belang inzicht te hebben in de kosten per woning, de eventuele subsidies, de dekkingsmogelijkheden en de financiële armslag die het oplevert. Hierbij speelt het al dan niet in rekening brengen van grondkosten, en het eventuele verschil in exploitatietermijn tussen de verschillende delen van het complex een belangrijke rol.

Technische randvoorwaarden

Het bouwsysteem is de bepalende factor in het proces. De bouwwijze bepaalt de logistiek, de wijze van uitvoeren, de aansluiting op de onderbouw en het uiteindelijke beeld. De keuze voor het bouwsysteem en de bouwwijze wordt mede bepaald door het bestaande casco.

Draagvlak bij de gemeente

De gemeente kan een cruciale rol spelen bij het optoppen. De wijze waarop de gemeente met de grondkosten en de erfpacht omgaat, kan bepalend zijn voor de financiering van het project. Van belang is ook hoe de gemeente omgaat met de regelgeving en de bouwvoorschriften. Dit speelt met name bij het formuleren van de brandveiligheidseisen.



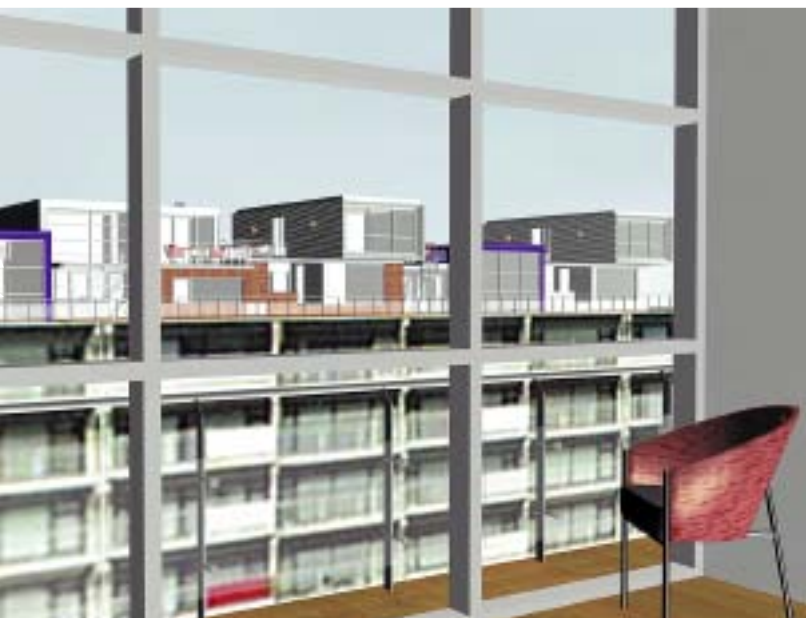
Penthouses met uitzicht en dakterras als specifieke kwaliteiten.

Draagvlak bij bewoners

Om het plan te laten slagen, is het wenselijk dat de bewoners van het bestaande complex met de ingreep accoord gaan. Dit lijkt slechts mogelijk wanneer tegenover de overlast die het bouwen van de extra laag met zich meebrengt, ook voordelen staan. Voorbeelden zijn: het uitvoeren van groot onderhoud, het bijplaatsen van liften of het verstrekken van een onkostenvergoeding.

Architectonische randvoorwaarden

Het architectonisch beeld is mede bepalend voor het verkrijgen van draagvlak bij gemeente en bewoners. Het beeld moet ook passen binnen het plan voor de gehele wijk.



Stappenplan optoppen

Fase 1 Initiatief

Overkoepelende wijkvisie

Bij de herstructurering van een naoorlogse wijk is het van belang te werken vanuit een overkoepelende visie op de toestand in de wijk en de gewenste ontwikkelingen in de toekomst. Bepalend voor deze visie zijn de gemeentelijke eisen aan de woningvoorraad. De visie moet duidelijk maken in welk deel van de woningvoorraad de wijk kan of moet voorzien. De gemeente kan als initiator en regisseur verschillende partijen aansturen.

Stedenbouwkundig plan

Op basis van de wijkvisie kan in een stedenbouwkundig plan worden aangegeven, welke ingrepen op welke plekken in de wijk nodig of gewenst zijn. In het plan worden de ingrepen op elkaar afgestemd.

Draagvlak gemeente

De gemeente zou het stedenbouwkundig plan moeten ondersteunen. Dit bevordert dat de gemeente – zodra het plan gereed is – begint met de wijziging van het bestemmingsplan. Voor het verdere verloop van de herstructurering is het belangrijk dat het stedenbouwkundig plan een bindende status krijgt voor alle betrokken partijen.

Keuze van aan te pakken complexen

Om te beoordelen welke ingrepen op complexniveau nodig, mogelijk en wenselijk zijn, moet elk complex worden beoordeeld op sterke en zwakke punten. Deze worden bepaald door de kwaliteit en de staat van onderhoud van het complex en de plaats in het stedenbouwkundig plan. Ook moet worden gekeken naar de mogelijkheden om de herdifferentiatie-ingrepen te combineren met groot onderhoud. Op basis daarvan kan ook een meerjarenplanning worden gemaakt, en een fasering van de ingrepen in het stedenbouwkundig plan.

Keuze van de complexen die worden opgetopt

Naast de technische aspecten spelen locatie, uitzicht en bezonning een belangrijke rol bij de keuze van de op te toppen complexen.

Fase 2 Haalbaarheidsstudie

Wanneer is besloten welke complexen in aanmerking komen voor het optoppen, dienen deze nader te worden onderzocht. Doel hiervan is te bezien of het optoppen haalbaar is en zo ja, hoe dit dan zou moeten gebeuren. Daartoe zal, na inventarisatie, een eerste, globale financiële toetsing moeten worden gemaakt. Op basis hiervan valt de beslissing om al of niet door te gaan met de volgende stappen in het planproces.

De inventarisatie kan worden gemaakt door een ontwerpstudie uit te voeren. De inventarisatie bestaat uit vier onderdelen.



Ontwerpen van optopwoningen in staalframebouw door Archipelontwerpers, Den Haag.



Technische inventarisatie

Draagvermogen

Wat is het draagvermogen van de fundering van het bestaande complex? Kunnen er extra woningen worden toegevoegd en hoeveel dan? Welke bouwwijze moet hierbij worden toegepast (licht, traditioneel of iets er tussen in).

Stabiliteit

Vormt de stabiliteit van de onderbouw een probleem bij optoppen? Kan bij de opzet van de plattegrond van de dakwoningen worden aangesloten op de maten en het stramien van het bestaande complex?

Installaties

Hoe is het leidingverloop in het bestaande complex? Hebben de leidingen (sanitair, electra, ventilatie en gas) voldoende capaciteit voor de aansluiting van de dakwoningen?

Wat vinden de nutsbedrijven van het plan?

Kan bij de opzet van de plattegrond van de dakwoningen direct worden aangesloten op de bestaande leidingkokers?

Functionele inventarisatie

Ontsluiting

Op welke wijze wordt het complex ontsloten en welke ingrepen zijn nodig om de extra laag te ontsluiten?

Bergingen

Hoe zijn de bergingen gegroepeerd? Is het mogelijk de bergingen anders in te delen, zodat er ruimte ontstaat voor extra bergingen?

Parkeren

Is er voldoende parkeerruimte voor de bewoners van de dakwoningen?

Bestaande woningen

Hoe beoordelen de bewoners de bestaande woningen in het complex? Zijn hier verbeteringen mogelijk en nodig? Kan hierdoor de levensduur van de woningen worden verlengd?

Financiële inventarisatie

Boekwaarde

Wat is de restant-boekwaarde van het complex? Welke ingrepen zijn nodig om een verlenging van de levensduur te bereiken?

Reserveringen

Op welke termijn is het onderhoud aan de complexen gepland en voor welke onderdelen geldt dit? Kan dit worden gecombineerd met het optoppen?

Investeringsruimte

Welke investeringsruimte heeft de corporatie? Wat zouden de dakwoningen moeten of kunnen opbrengen? Om dit te bepalen, is het nodig ideeën te ontwikkelen over het woningtype en de doelgroepen.

Subsidies

Welke subsidies kan de corporatie tegemoet zien?

Grondkosten

Is de grond in eigendom van de corporatie? Zo niet, hoe gaat de gemeente in het kader van het toevoegen van dakwoningen om met grondkosten?

Inventarisatie mogelijke woningtypen

Woningtype

Welke doelgroep(en) heeft men op het oog voor de dakwoningen. Welk woningtype is mogelijk, gelet op de opzet van het complex (stramien, diepte en ontsluiting), de gewenste vorm van de extra laag en de locatie (ligging en uitzicht).

Vorm optoppen

Welke vorm krijgen de dakwoningen? Beslaat de extra laag het volledige gebouw of slechts een deel ervan?

Fase 3 Projectdefinitie

Programma van eisen

Alvorens aan het ontwerp van de dakwoningen te beginnen, worden in het programma van eisen het type dakwoning, de vorm van de daklaag, en het aantal woningen vastgelegd.

Ook wordt een programma van eisen opgesteld voor het hele complex, zodat het optoppen en de verbeteringen aan de bestaande woningen in één bouwstroom kunnen worden uitgevoerd.

Budgettaire randvoorwaarden

Vastgelegd wordt hoeveel het gehele project mag kosten, en hoeveel de dakwoningen. De aldus gedefinieerde investeringsruimte is een belangrijk criterium bij de beoordeling van het latere schetsontwerp.

Uitvoering

De nagestreefde wijze van uitvoering kan grote gevolgen hebben voor het ontwerp. Alvorens hiermee te beginnen, moet dan ook worden vastgesteld of het complex in bewoonde staat moet worden opgetopt.

Fase 4 Eerste planvorming

Schetsontwerp

Er wordt een schetsontwerp gemaakt. Daarbij moet aandacht worden besteed aan de specifieke kenmerken van de dakwoningen, in het bijzonder het binnenklimaat onder zomercondities en de eisen volgens het Bouwbesluit.

Het schetsontwerp wordt getoetst aan het programma van eisen.

Kostenraming

Op basis van het schetsontwerp kan een globale kostenraming worden opgesteld. Deze kostenraming wordt getoetst aan het budget.

Uitvoering

Bij de beoordeling van het plan moet ook aandacht worden besteed aan de uitvoering. Dit is van belang voor de presentatie van het plan aan de bewoners, die doorgaans zeer praktische vragen hebben.

Fase 5 Draagvlak verwerven onder de bewoners

Presentatie van het plan

Het schetsontwerp wordt gepresenteerd aan de bewoners van het complex. Daarbij wordt ook uitgelegd welke plaats de ingrepen in het complex innemen binnen de totale wijkvisie.

Verder wordt verteld hoe het optoppen wordt uitgevoerd, welke verbeteringen aan de flat en aan de woningen worden doorgevoerd, en welke huurverhogingen daar tegenover staan.

Evaluatie van de reactie van bewoners

De corporatie dient vast te stellen hoeveel bewoners met het plan moeten instemmen, wil het doorgang vinden. Daartoe houdt de corporatie een enquête. Bij veel tegenstemmers kan de corporatie besluiten, het ontwerp in overleg met de bewoners aan te passen.

Fase 6 Definitief besluit

Op grond van het voorgaande neemt de corporatie een besluit over het optoppen van het complex en de voorwaarden daarvoor.

Daarna geeft de corporatie opdracht om een voorlopig ontwerp te maken.

Fase 7 Uitwerking plan

De volgende stappen zijn: voorlopig ontwerp, definitief ontwerp, bestek en aanbesteding.

Onderbouw

Om voor optoppen in aanmerking te komen moet een woongebouw aan een aantal voorwaarden voldoen. Het is belangrijk dat het gebouw in goede bouwkundige staat verkeert, gunstig gelegen is en dat de bestaande woningen voldoen. Voor een sluitende begroting moet het opgetopte gebouw immers nog veertig jaar worden geëxploiteerd. Wij gaan er vanuit, dat deze afwegingen reeds zijn gemaakt, zodat dit hoofdstuk beperkt kan blijven tot de bouwtechnische voorwaarden aan de onderbouw.

Bij de technische inventarisatie van het woongebouw staat toetsing van het draagvermogen voorop. Er moet worden gekeken of de onderbouw sterk en stabiel genoeg is. Immers, door optoppen neemt zowel de verticale als de horizontale belasting op het bestaande gebouw toe. Om de onderbouw op sterkte en stabiliteit te beoordelen heeft de constructeur echter voldoende hulpmiddelen. Dit onderwerp blijft daarom achterwege.

De veiligheidseisen bij brand zijn minder eenvoudig te beoordelen, omdat het Bouwbesluit niet voorziet in de bouwopgave "optoppen". Met name de eisen aan brandwerendheid kunnen dus niet eenvoudig op basis van het Bouwbesluit worden geformuleerd. Daarom heeft het Centrum voor Brandveiligheid van TNO onderzocht, welke eisen aan optopping en onderbouw worden gesteld. Hoofdstuk 4 gaat dieper in op de brandwerendheidseisen aan de optopconstructie. Dit hoofdstuk neemt de eisen aan de onderbouw onder de loep.

Brandveiligheidseisen

Het Centrum voor Brandveiligheid van TNO heeft onderzocht welke brandveiligheidseisen worden gesteld aan optopprojecten (7). In overeenstemming met het Bouwbesluit maken de auteurs onderscheid in:

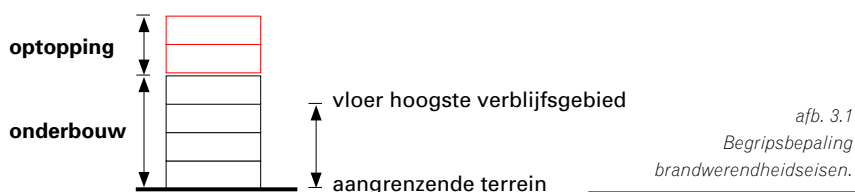
- constructieve brandveiligheid
- beperking van uitbreiding van brand
- overige brandveiligheidseisen

Bij het laatste punt moeten we denken aan het beperken van de brandgevaarlijke situatie, het beperken van de ontwikkeling van brand, het vluchten uit een woning en de vluchtmogelijkheden. Omdat die eisen niet specifiek zijn voor optopwoningen, worden ze niet behandeld in deze publicatie.

Verderop wordt ingegaan op de eisen aan brandwerendheid. Die zijn wel van belang, want op dat punt verschillen optopprojecten van andere bouwopgaven. Eerst moet echter de vraag worden beantwoord in welke gevallen de onderbouw als "bestaande bouw" of als "nieuwbouw" wordt beschouwd. Dit aspect bepaalt zeer sterk de slaagkans van optopprojecten, omdat voor "bestaande bouw" veel lagere eisen gelden dan voor "nieuwbouw". Aan een ongewijzigde onderbouw mogen de brandwerendheidseisen voor "bestaande bouw" worden gesteld. Alleen als de onderbouw wordt veranderd, bijvoorbeeld versterkt om de optopping te kunnen dragen, moet deze aan de zwaardere eisen voor "nieuwbouw" voldoen.

Bezwijken door brand

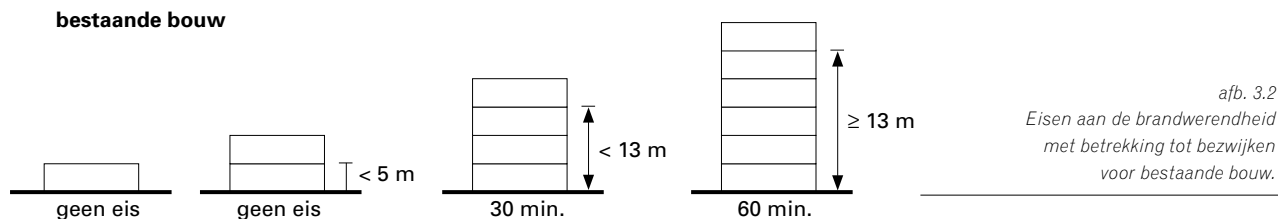
Voor constructieve brandveiligheid wordt in het Bouwbesluit de uitdrukking "brandwerendheid met betrekking tot bezwijken" gehanteerd. De brandwerendheid met betrekking tot bezwijken is afhankelijk van de hoogte waarop de vloer van het hoogste verblijfsgebied ligt ten opzichte van het aangrenzende terrein (afb. 3.1). Ligt bij bestaande bouw de vloer van de bovenste woonlaag boven de 13 meter, dan is de eis 60 minuten. Ligt deze vloer lager dan 13 meter, dan is de eis 30 minuten. Deze eisen zijn ook van toepassing op onderdelen van de hoofd-draagconstructie (afb. 3.2).



| bestaande bouw (incl. woningen en woongebouwen) ¹⁾ | |
|--|---|
| bouwconstructie | brandwerendheid m.b.t. bezwijken in minuten |
| bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een vluchtmogelijkheid | 20 |
| bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een vluchtweg | 20 |
| hoofddraagconstructie van een gebouw, waarin de vloer van het hoogste verblijfsgebied ligt tussen 5 en 13 m boven het aangrenzende terrein | 30 |
| hoofddraagconstructie van een gebouw waarin de vloer van het hoogste verblijfsgebied hoger ligt dan 13 m boven het aangrenzende terrein | 60 ²⁾ |

¹⁾ = deze tabel is afkomstig uit geldende ministeriële regeling "Bouwbesluit bestaande bouw", 1997.

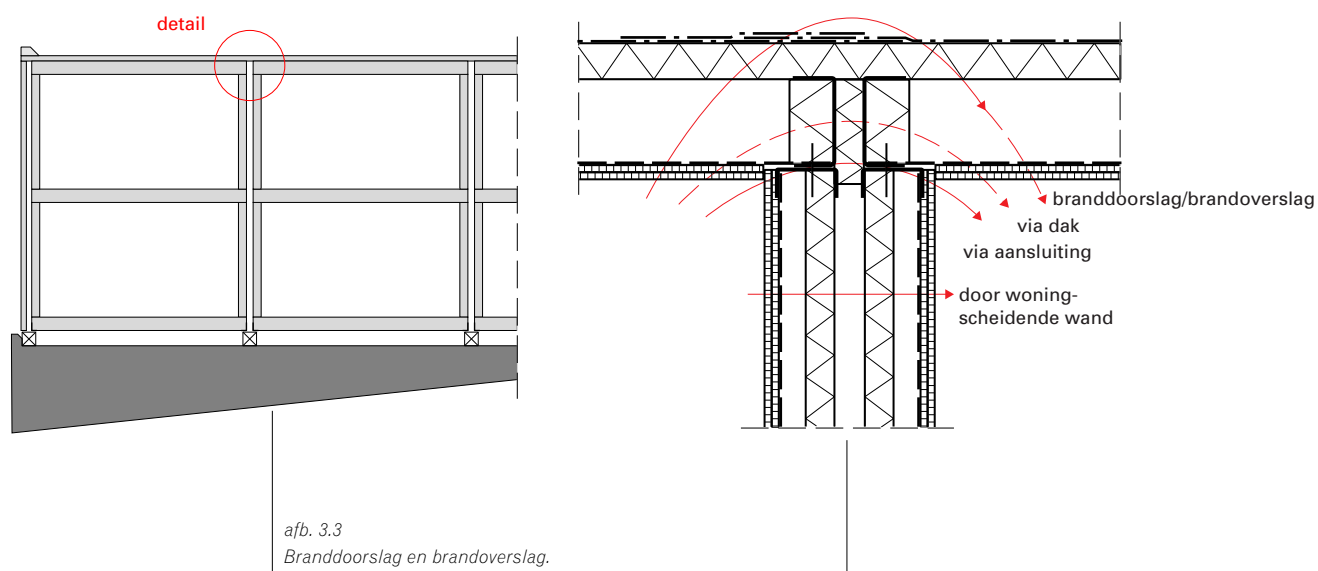
²⁾ = voor bestaande bouw is géén reductie mogelijk voor beperkte vuurbelasting.



In het TNO-onderzoek werd uitgegaan van het meest voorkomende type in vroeg-naoorlogse wijken, namelijk het vier-hoog portiek-etage woongebouw. De bovenste vloer is de hoogste woonlaag van de onderbouw – niet van de optopconstructie – en deze ligt lager dan 13 meter. Voor een onderbouw met drie of vier lagen geldt dus een eis voor brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van 30 minuten.

Uitbreiding van brand

Om in geval van brand de uitbreiding beperkt te houden, worden er eisen gesteld aan de weerstand van een constructie tegen branddoorslag en brandoverslag, afgekort WBDBO. Brandoverslag gaat via de buitenlucht (bijvoorbeeld via een gevel naar een hogere verdieping) en branddoorslag gaat door scheidingsconstructies binnen een gebouw (bijvoorbeeld door een vloer of wand) (afb. 3.3).



Ook voor de WBDBO-eis geldt de onderbouw als bestaande bouw. De eisen kunnen met behulp van de tabellen in de afbeeldingen 3.4 en 3.5 worden bepaald. De beide tabellen zijn licht gewijzigd overgenomen uit (7).

| van | naar | WBDBO-eis (min.) | |
|--|---|------------------|------------------|
| | | nieuw | bestaand |
| besloten ruimte, waardoor geen vluchtweg voert | verkeersruimte waardoor wél een vluchtweg voert | 30 | – |
| besloten ruimte, waardoor geen vluchtweg voert | veiligheidstrappenhuis | 60 | – |
| brandcompartiment | brandcompartiment | 60 | 20 |
| brandcompartiment | besloten ruimte | – | 20 ¹⁾ |
| woning met een permanente vuurbelasting ³⁾ ≤ 500 MJ/m ² | woning met een permanente vuurbelasting ³⁾ ≤ 500 MJ/m ² | 30 | |
| schacht/koker/kanaal èn inwendige doorsnede > 0,015 m ² | brandcompartiment | 60 ²⁾ | 20 ²⁾ |
| onafhankelijke vluchtweg | onafhankelijke vluchtweg | 30 | – |
| onafhankelijke vluchtmogelijkheid | onafhankelijke vluchtmogelijkheid | – | 20 |
| sub-brandcompartiment | sub-brandcompartiment | 30 | 20 |
| woning of woongebouw | ander gebouw | 60 | 20 |
| woning of woongebouw èn permanente vuurbelasting ³⁾ ≤ 500 MJ/m ² | ander gebouw | 30 | 20 |

afb. 3.4

Eisen aan branduitbreiding tussen ruimten in woongebouwen voor nieuwbouw en bestaande bouw.

– = géén eis

¹⁾ = de eis is niet van toepassing op een in hetzelfde gebouw gelegen toilet- of badruimte of een bergruimte met een gebruiksoppervlakte van ten hoogste 50 m².

²⁾ = de eis is niet van toepassing indien een schacht, koker of kanaal:
 – bestemd is voor aanvoer van verse lucht en de afvoer van binnenlucht, èn
 – grenst aan maximaal één brandcompartiment, of is gelegen in en uitsluitend bestemd is voor één of meer boven elkaar gelegen bad- of toilet ruimten.

³⁾ = op het moment dat het TNO-rapport werd geschreven was de eis aan de vuurbelasting 100 MJ/m². Deze eis is inmiddels verhoogd naar 500 MJ/m².

| van | naar | WBDBO-eis (min.) | |
|--|--|------------------|----------|
| | | nieuw | bestaand |
| verblijfsruimte, badruimte of bergruimte | besloten verkeersruimte gelegen tussen uitgang woning en een verblijfsruimte, die hoger is gelegen dan 7 m èn niet is voorzien van een andere vluchtmogelijkheid dan via de woning | 20 | |
| verblijfsruimte, badruimte of bergruimte | verkeersruimten die leiden naar een verblijfsruimte, lager gelegen dan 7 m èn niet zijn voorzien van een beweegbaar constructieonderdeel (b × h = 0,5 × 0,8 m) | 20 | |

afb. 3.5

Eisen aan de branduitbreiding tussen ruimten binnen een woning.

Advies BRIAC

Het Staalbouw Instituut wilde zekerheid in welke gevallen de onderbouw als "bestaand" of als "nieuw" kon worden bestempeld. Daarom werd deze kwestie voorgelegd aan het Bouw Regeling Informatie Advies Centrum (BRIAC) in Rotterdam. Het BRIAC heeft op 10 juli 1996 met een telefaxbericht geantwoord (5):

"Bij het optoppen van een bestaand gebouw dient het bestaande gebouw te worden beschouwd als de bouwconstructie van de optopping. Hieruit volgt dat de optopping alleen kan plaatsvinden indien de bestaande bouwconstructie en daarmee de hoofddraagconstructie ervan zodanig is dat die de optopping kan dragen. Anders gezegd, optopping kan alleen plaatsvinden indien het bestaande gebouw een brandwerendheid met betrekking tot bezwijken heeft van ten minste 60 minuten, bepaald volgens NEN 6702.

Voldoet de bestaande bouwconstructie niet aan deze eis van ten minste 60 minuten en wordt bouwvergunning aangevraagd voor de optopping, dan moeten Burgemeester en Wethouders, gelet op het imperatieve karakter van artikel 44 van de Woningwet, de bouwvergunning weigeren wegens strijd met het Bouwbesluit. Voldoet de bestaande bouwconstructie aan de eis van ten minste 60 minuten en wordt een bouwvergunning aangevraagd voor een optopping, dan mogen Burgemeester en Wethouders in het kader van de Woningwet, geen eisen opleggen ten aanzien van die bestaande bouwconstructie, aannemende dat het bouwplan ook niet voorziet in een aanpassing van die bouwconstructie. Op grond van artikel 4 van de Woningwet mogen alleen de nieuwbouw-eisen worden verlangd ten aanzien van dat gedeelte van het gebouw, dat men verbouwt."

De reactie van BRIAC besluit met de opmerking dat het gegeven antwoord de status heeft van een advies, maar dat het door deskundigen op het terrein van de bouwregelgeving is beoordeeld.



Optopwoningen

Een optopproject legt meer beperkingen op aan de ontwerper dan een op maaiveld gefundeerd woningbouwproject. Zo komt de gewenste breedte van de optopwoningen veelal niet overeen met de breedte van bestaande woningen. In dat geval wordt meestal besloten om de ventilatiekanalen in de onderbouw te verslepen. Er zijn echter slimmere oplossingen te bedenken. Zo is het beter om een tussenlaag te maken, die tevens als kruipruimte dient. Op deze wijze wordt een aanvankelijk nadeel in een voordeel omgezet.

Omdat het gewicht van de optopping beperkt moet blijven, verdient een licht bouwsysteem de voorkeur. Staalframebouw is één van de belangrijkste opties, mits er al in de ontwerpfase aandacht wordt geschonken aan brandveiligheid, het bouwfysisch gedrag in de zomer, geluidsisolatie en het trillingsgedrag van lichte vloeren.



Veiligheidseisen bij brand

Het Bouwbesluit houdt geen rekening met de bouwopgave “optoppen”. Als naar de letter van het Bouwbesluit wordt gehandeld, worden er onredelijke eisen gesteld aan de brandwerendheid. Voor nieuwbouw, dus ook voor optopwoningen, gelden namelijk zwaardere eisen dan voor bestaande bouw. Nieuwbouw moet, afhankelijk van de permanente vuurbelasting 90 of 120 minuten weerstand bieden aan bezwijken, terwijl deze eis voor de onderbouw niet hoger is dan 60 minuten (afb. 4.1). Dit is niet logisch, want als de onderbouw instort, bezwijkt ook de opbouw. Het is realistischer om te eisen, dat de optopconstructie op zijn hoogst net zo lang weerstand biedt aan brand dan de onderbouw.

nieuwbouwwoningen en –woongebouwen²⁾

| | |
|-----------------|--|
| bouwconstructie | brandwerendheid m.b.t. bezwijken in minuten |
|-----------------|--|

| | |
|---|----|
| bouwconstructie waarvan bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een vluchtmogelijkheid | 30 |
|---|----|

| | |
|---|------------------------|
| hoofddraagconstructie van een niet in een woongebouw gelegen woning | 60 of 30 ¹⁾ |
|---|------------------------|

| | |
|---|------------------------|
| hoofddraagconstructie van een woongebouw waarin geen vloer van een verblijfsgebied hoger ligt dan 13 m boven het meetniveau | 90 of 60 ¹⁾ |
|---|------------------------|

| | |
|--|-------------------------|
| hoofddraagconstructie van een woongebouw waarin een vloer van een verblijfsgebied hoger ligt dan 13 m boven het meetniveau | 120 of 90 ¹⁾ |
|--|-------------------------|

¹⁾ = reductie van 30 minuten als er weinig brandbaar materiaal aanwezig is (de vuurbelasting $\leq 500 \text{ MJ/m}^2$).

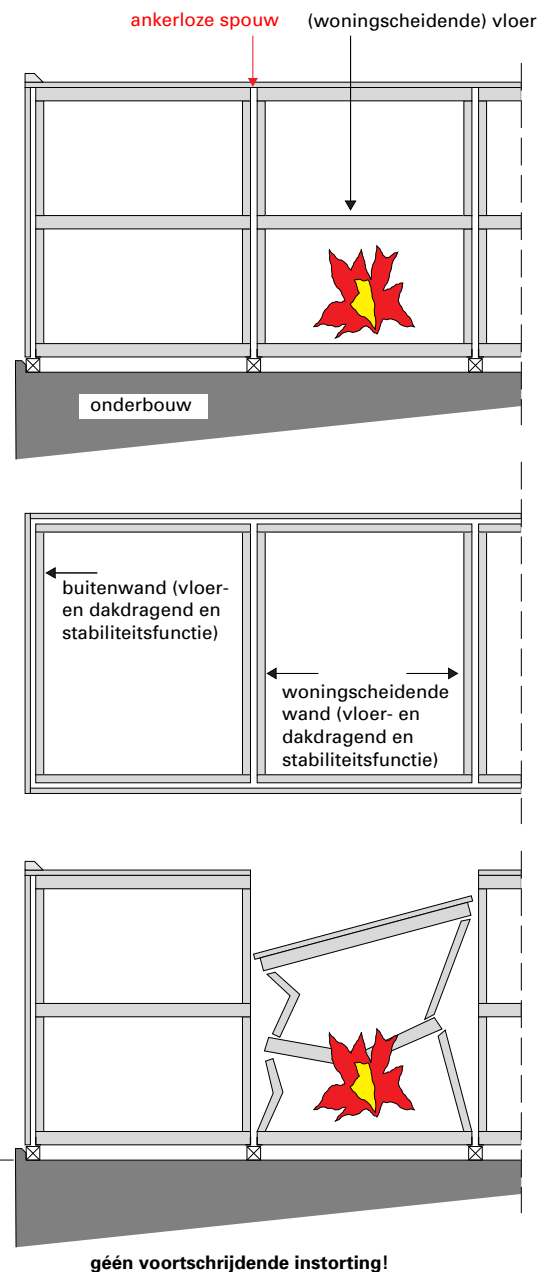
²⁾ = tabel afkomstig uit huidig geldende Bouwbesluit, 1997.

afb. 4.1

Eisen aan de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken voor te bouwen woningen en woongebouwen.

Bezwijken door brand

Als een bezweken constructie geen voortschrijdende instorting veroorzaakt, wordt deze niet als hoofddraagconstructie gezien en volstaat een brandwerendheid van 30 minuten. Er is sprake van voortschrijdende instorting als bezwijken van een constructiedeel leidt tot bezwijken van méér delen van het gebouw dan in dezelfde woning of in woningen direct daarboven. Er mag dus één travee bezwijken (afb. 4.2).



afb. 4.2 Bezwijken van een optopwoning zonder voortschrijdende instorting.

Voor de uitbreiding van brand tussen ruimten in woningen gelden eveneens hogere eisen voor nieuwbouw dan voor bestaande bouw (afb. 3.4).

Er is onderzocht welke mogelijkheden het Bouwbesluit biedt om de brandwerendheidseis ook voor de optopwoningen op 60 minuten te brengen. Deze lagere eis is in overeenstemming met de uitgangspunten van de brandveiligheidsvoorschriften en moedigt bovendien optoppen aan. Immers, hoe minder brandwerende voorzieningen moeten worden aangebracht, hoe lager de bouwkosten zijn. Ook op dit punt is advies ingewonnen bij het BRIAC.

Uitbreiding van brand

Om voortschrijdende instorting te voorkomen, moeten de volgende voorzieningen worden getroffen (hoofdstuk 5 gaat in op de uitvoering):

- de spouwbladen van de woningscheidende wanden en de buitenwanden van de kopwoningen dragen ook het dak en de vloeren
- de woningscheidende wanden verzorgen tevens de stabiliteit in dwarsrichting
- de stabiliteit in langsrichting wordt verzorgd door wanden loodrecht daarop
- als het gaat om de stabiliteit is elke woning een zelfstandig staande constructie (ankerloze spouwbladen in woningscheidende wanden)

Daarnaast is het belangrijk, dat de optopwoningen constructief onafhankelijk zijn van de onderbouw. Mocht de bovenbouw bij brand bezwijken, dan blijft de onderbouw staan.

Als al deze maatregelen worden genomen is de optopconstructie geen hoofddragconstructie. Er geldt dan een maximale eis van 30 minuten, namelijk dáár waar bezwijken van het constructiedeel leidt tot het onbruikbaar worden van een vluchtmogelijkheid.

De constructieve brandveiligheid van de bovenbouw is afhankelijk van die van de onderbouw. Als de onderbouw bezwijkt, stort ook de bovenbouw in. De veiligheid voor branduitbreiding (WBDBO) voor de optopconstructie staat echter los van diezelfde eis aan de onderbouw. De WBDBO-eisen voor de bovenbouw mogen dan ook niet worden verlaagd tot het niveau van de bestaande bouw. Bij staalframebouw-elementen zijn de WBDBO-eisen direct te vertalen in eisen aan de brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie. De eisen en de consequenties komen per constructiedeel aan bod.

Daken

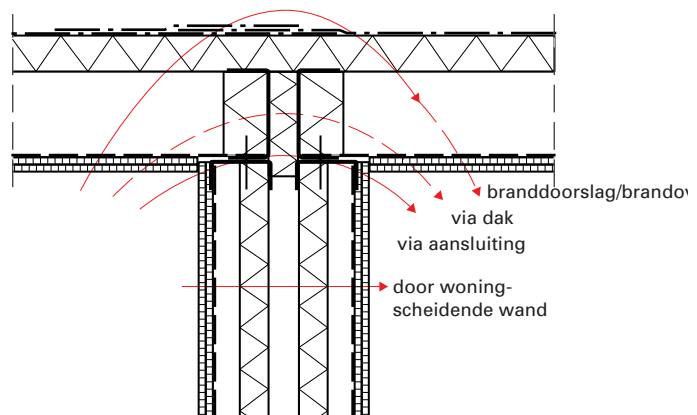
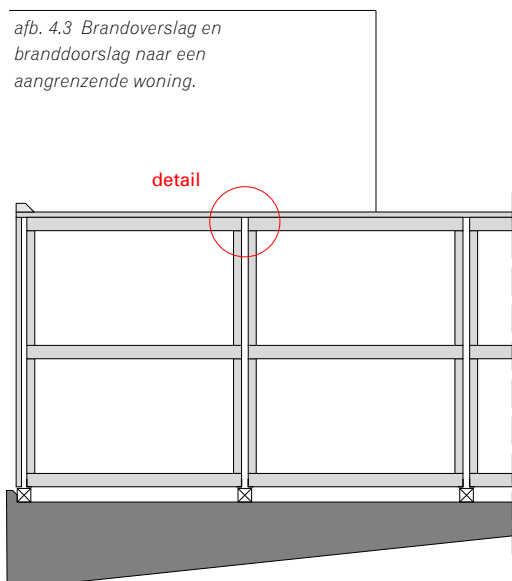
Als de optopwoningen geen aansluitende, hoger opgaande gevels hebben, gelden er geen WBDBO-eisen voor het dak. Wel moet worden voorkomen dat branddoorslag optreedt via de aansluiting tussen dak en woningscheidende wand. Ook dient de woningscheidende wand 60 minuten brandwerend te blijven als het dak bezwijkt (afb. 4.3). Dit betekent dat een bezwijkend dak de spouwbladen niet mag omtrekken.

Gevels

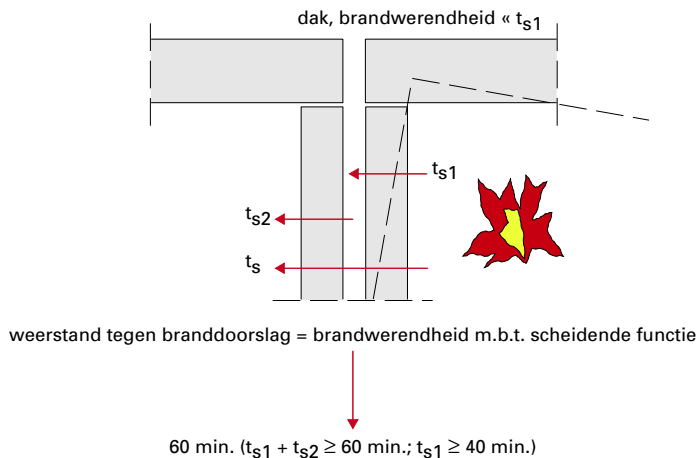
Bij een WBDBO-eis van 60 minuten geldt, dat:

- de gevels tenminste 30 minuten brandwerend moeten zijn (dit geldt niet voor gevelopeningen in de richting waarin de brandoverslag wordt bepaald)
- constructiedelen met een brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie van minder dan 30 minuten moeten worden beschouwd als opening en als dicht element

afb. 4.3 Brandoverslag en branddoorslag naar een aangrenzende woning.



afb. 4.4 Eisen aan brandwerendheid van de woningscheidende wand.



Deze eisen gelden als de afstand van de gevel van de opbouw tot de perceelgrens, hart openbare weg, groen-voorziening of water tenminste 7,5 m bedraagt. Dan is er geen gevaar voor brandoverslag naar gebouwen aan de overzijde.

Woningscheidende wanden en vloeren

Een WDBDO-eis van 60 minuten resulteert dikwijls in een brandwerendheidseis van 60 minuten, zowel m.b.t. de scheidende functie als m.b.t. bezwijken. Voor woningscheidende vloeren geldt de eis van 60 minuten op bezwijken ook voor de spouwbladen, omdat deze de vloer ondersteunen (afb. 4.4). Als een vloer bezwijkt, mogen de woningscheidende wanden niet omgetrokken worden. Het onbeklede staalframe van de naastliggende woning mag namelijk niet aan het vuur worden blootgesteld.

Bij de beoordeling van de brandveiligheid van de optopwoningen is uitgegaan van het TNO-rapport "Staalframe-woningbouw op bestaand woongebouw – Eisenniveau m.b.t. brandveiligheid" (7).

afb. 4.5 Overzicht eisen aan brandwerendheid optopwoningen.

Advies BRIAC

Om brandveiligheidseisen aan optopwoningen correct te formuleren, bracht het Bouw regelgeving Informatie Advies Centrum (BRIAC) in juli 1996 advies uit. Dit advies (5) komt overeen met de aanbeveling van het Centrum voor Brandveiligheid TNO (7) en luidt:

"De optopping zelf moet in beginsel voldoen aan de nieuwbouw-eisen van het Bouwbesluit. Voor woningen en woongebouwen is dat dus artikel 2 van dat besluit in verbinding met artikel 12, eerste lid, van de Regeling Bouwbesluit constructieve veiligheid en gebruiksveiligheid. Op grond van artikel 406, eerste lid, van het Bouwbesluit kunnen Burgemeester en Wethouders (B&W), omdat er sprake is van het gedeeltelijk vernieuwen, veranderen of het vergroten van een gebouw, vrijstelling verlenen voor de nieuwbouw-eisen tot het niveau dat geldt voor de bestaande bouw. Denkbaar is dus dat B&W bij optopping van een gebouw, wat de eisen voor de brandwerendheid met betrekking tot het bezwijken van de bouwconstructie, voor de optopping vrijstelling verlenen tot de eis die voor een bestaand gebouw geldt (60 minuten). Immers, het zou niet redelijk zijn te verlangen dat de optopping langer in stand blijft dan de onderbouw."

Aan de hand van afb. 4.5 kunnen de brandwerendheidseisen worden vastgesteld.

| onderdeel | | brandwerendheid m.b.t. | |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|
| | | scheidende functie | bezwijken |
| daken | | – | – ¹⁾ |
| vloeren | woningscheidend | 60 | 60 |
| | niet-woningscheidend | 20 | 20 ¹⁾ |
| woning-scheidende wanden | beide spouwbladen samen | 60 | 60 |
| | elk spouwblad afzonderlijk: | | |
| | – woningscheidende vloer | | 60 |
| | – stabiliteitsfunctie | | 60 |
| buiten-wanden | woningscheidende vloer | | 60 |
| | niet-woningscheidende vloer | | 20 ²⁾ |
| kopgevels | i.v.m. brandoverslag | 30 | 30 |
| buiten-wanden langsevels | i.v.m. brandoverslag | 30 | – |
| | i.v.m. stabiliteitsfunctie | – | – |

¹⁾ voortijdig omtrekken van de spouwbladen van de woningscheidende wanden moet worden voorkomen door:
– dak en vloer voldoende brandwerend te maken of
– juiste detaillering van de aansluitingen.

²⁾ tenminste gelijk aan de brandwerendheid m.b.t. bezwijken van de vloer en het dak (zie ¹⁾)

Bouwfysisch gedrag in de zomer

Vaak wordt door ontwerpers onvoldoende aandacht besteed aan de leefbaarheid binnen de woning tijdens de zomer. Dan moeten de bewoners zelf maatregelen nemen als het in de woning te warm wordt. Een zonwering dient dan als ad hoc oplossing en mensen met geduld planten bomen in de tuin. Als we optoppen moeten zonwerende voorzieningen al in het ontwerp worden meegenomen, omdat anders de woningen onaantrekkelijk zijn voor potentiële kopers of huurders.

Tijdens stadsvernieuwingsprojecten in de jaren tachtig zijn veel zolders tot woonruimte omgebouwd. In de zomer blijkt het in deze "dakwoningen" zeer warm te worden, want bomen of gebouwen bieden nauwelijks beschutting. Bijkomend probleem is, dat de "dakwoningen" vaak bewoond worden door alleenstaande jongeren, die overdag niet thuis zijn. Zij kunnen geen uitvalscherp neerlaten, omdat deze niet bestand zijn tegen een stevige bries. Het achteraf aanbrengen van bouwkundige voorzieningen, zoals een luifel of luiken met louvres, is vaak niet meer mogelijk.

Daarom is bij het project "The application of steel in Urban Habitat" het binnenklimaat van optopwoningen onder zomerse omstandigheden onderzocht (8).

Van een denkbeeldige optopwoning is het binnenklimaat gesimuleerd met de variabelen oriëntatie, isolatiegraad en zontoetreding. De aanbevelingen van het onderzoek luiden:

- geef de voorkeur aan een noord-zuidoriëntatie van de woning
- kies voor een "actieve" zonwering die ook werkt als de bewoners van huis zijn (afb. 4.6)
- zorg voor extra isolatie van het dak
- door goede luchtdoorstroming koelt de (geringe) massa van de woning sneller af; de luchtdoorstroming is natuurlijk of mechanisch te regelen

Op grond van het onderzoek is het niet mogelijk om concrete prestatie-eisen te formuleren. Wel blijkt, dat het binnenklimaat van lichte woningen even comfortabel kan zijn als dat van zware woningen. Bij goede luchtdoorstroming kan een lichte woning zelfs beter presteren.

Er zou al in de ontwerpfase een keuze moeten worden gemaakt voor zonwerende en warmte-isulerende maatregelen, om de bewoner meer mogelijkheden te geven voor klimaatregeling.

Op het moment dat het onderzoek (8) werd uitgevoerd, stonden isolatieplaten uit cellulose nog niet in de belangstelling. Toepassing van dit isolatiemateriaal biedt goede vooruitzichten op verbetering van het binnenklimaat in de zomer.



afb. 4.6
Spectaculaire
zonwering
kantoorgebouw
KEMA.

Geluidsisolatie

De genormeerde eisen aan geluidsisolatie zijn nauwelijks veranderd sinds de eerste druk van NEN 1070 "Geluidwering in woongebouwen" uit 1962. De omstandigheden zijn echter drastisch gewijzigd. Zo luisterde begin jaren zestig een voltallig gezin nog naar één transistorradio. Nu zijn er in elke woning minstens één stereo-installatie en één televisie aanwezig. Deze produceren bovendien aanmerkelijk meer geluid dan de radio van toen. Met de invoering van het Bouwbesluit in 1991 zijn hogere eisen gaan gelden aan geluidsisolatie tussen woningen. Maar aanscherping van de normen is gewenst.

De eisen voor geluidsisolatie tussen woningen hangen niet af van het toegepaste materiaal. Toch is er aandacht aan geluidsisolatie besteed in het kader van het Urban-Habitatproject (9). Om nog beter op de woningmarkt te kunnen concurreren, moeten de optopwoningen namelijk meer comfort bieden dan bestaande woningen.

Naar aanleiding van een internationale studie naar de akoestische hinder van burens is een hindermaat geformuleerd. Deze maat geeft de relatie aan tussen de geluidsisolatie en het percentage gehinderden (afb. 4.7).

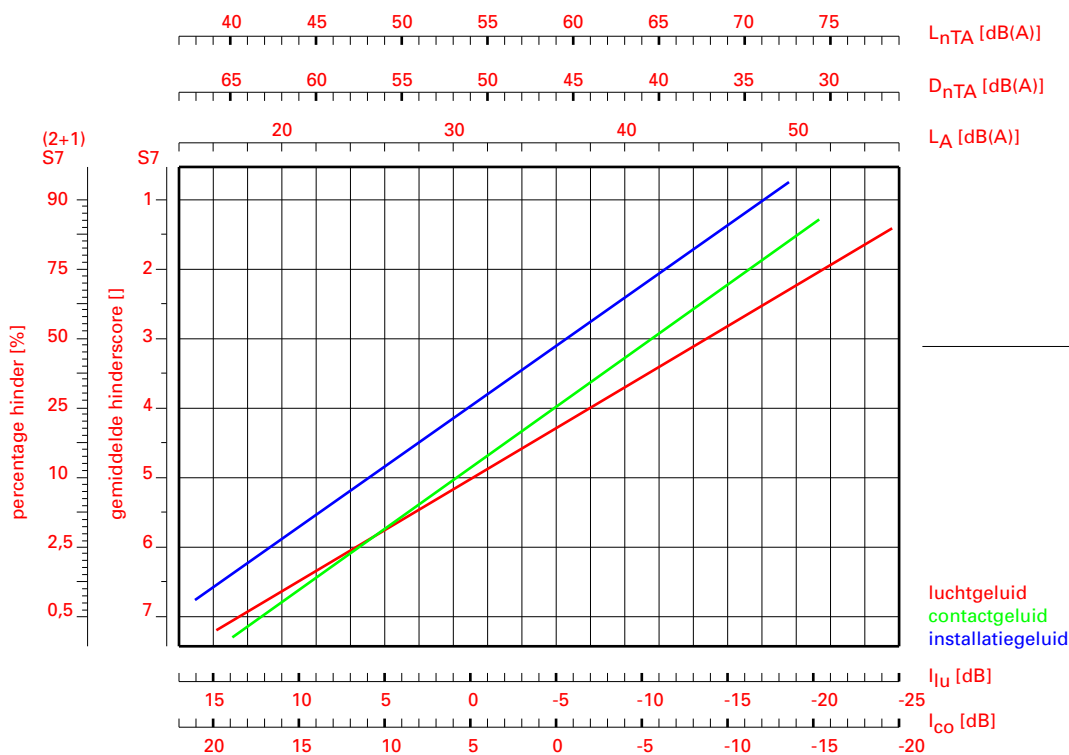
Om de informatie uit afbeelding 4.7 te vertalen naar een norm is onderscheid gemaakt naar woonomgeving en is een kwaliteitsschaal gedefinieerd. Er zijn drie categorieën woonomgeving:

- landelijk of voorstedelijk gebied (categorie A)
- stedelijk gebied (categorie B)
- stedelijk gebied met drukke straten (categorie C)

Het geluidsniveau in omgeving C is het hoogst. Het A-gewogen achtergrondniveau (Lag) is hierbij > 55 dB(A). Bij de kwaliteitsschaal is uitgegaan van 5 niveaus: uitstekend, goed, voldoende, onvoldoende en slecht.

De kwaliteit "voldoende" komt overeen met de eisen volgens het Bouwbesluit. Het percentage, dat hinder ondervindt, varieert dan tussen de 10 en 25%. Bij de kwaliteit "goed" is dit percentage tussen de 2,5 en 10%.

Het TNO-rapport (9) adviseert om bij optopprojecten uit te gaan van omgevingscategorie B en de kwaliteitsklasse "goed". De prestatie-eisen die hieruit volgen voor de verschillende soorten geluid staan in afb. 4.8.



afb. 4.7 Samenvatting hinder door luchtgeluid, contactgeluid en installatiegeluid in Nederland.

| <i>soort geluid</i> | woningscheidend (dB) | kamerscheidend (dB) | <i>afb. 4.8 Prestatie-eisen in verblijfsruimten voor woningscheidende en kamerscheidende constructies voor de kwaliteitsklasse "goed" in omgevingscategorie B.</i> |
|----------------------------|--|---------------------------------------|--|
| luchtgeluid | $D_{nTA} \geq 57$ $I_{lu} \geq +6$ ¹⁾ | $D_{nTA} \geq 57$ $I_{lu} \geq -9$ | |
| contactgeluid | $L_{nTA} \leq 48$ $I_{co} \leq +11$ ¹⁾ | $L_{nTA} \leq 63$ $I_{co} \leq -4$ | |
| geluidwering gevel | $D_{gAtr} \geq 28$ $G_A \geq 25$ ¹⁾ | | |
| <i>installatiegeluid</i> | uit buurwoningen (dB(A)) | uit eigen woning (dB(A)) | |
| - sanitair | $L_{iA} \leq 25$ | $L_{iA} \leq 35$ | |
| - verwarming en ventilatie | $L_{iA} \leq 25$ | $L_{iA} \leq 25$ | |
| - overige installaties | $L_{iA} \leq 30$ | $L_{iA} \leq 40$ | |

¹⁾ Nederlandse prestatiegrootheden. De gegeven prestatie-eisen zijn strenger dan de minimumeisen van het Bouwbesluit.

Als de bouwopgave zich in een andere woonomgeving bevindt of een andere kwaliteitsklasse volstaat, kan genoemd TNO-rapport (9) worden geraadpleegd.

Lichte vloersystemen

Bij een lichte bouwmethode voor optoppen ligt de keuze van een licht vloersysteem voor de hand. Maar lichte vloersystemen kunnen gevoelig zijn voor trillingen, zo leren ons de houten balklagen die vroeger veelvuldig werden toegepast. In oude woningen worden trillende houten vloeren als "gewoon" of zelfs als een charmante bijkomstigheid ervaren. De bewoners van nieuwe woningen zijn vaak minder gecharmeerd van een trillende vloer. Zorgvuldige beoordeling van lichte vloersystemen is dus gewenst.

Het Bouwbesluit, de minimumeisen die publiekrechtelijk aan gebouwen worden gesteld, verplicht de beoordeling van vloeren. Het stelt echter alleen eisen aan sterkte, niet aan de bruikbaarheidsgrenstoestanden voor bijvoorbeeld doorbuiging en trilling. Daarom is het raadzaam om in het Programma van Eisen te verwijzen naar hoofdstuk 10 van de NEN 6702 (6), waarin de eisen voor bruikbaarheidsgrenstoestanden staan.

Uit trillingsmetingen in woningen (10) blijkt dat vloeren met een eigengewicht vanaf 100 kg/m² nog op trillingen zijn te beoordelen zoals zware vloeren. Dat geldt bijvoorbeeld voor een staalframevloer met een anhydrietlaag van 40 mm. De beoordeling van bruikbaarheidsgrenstoestanden van lichte vloeren (tot 100 kg/m²) kan worden gemaakt op drie manieren: met NEN 6702, op grond van

ervaringen met lichte vloeren in het buitenland, en met een combinatie van Nederlandse voorschriften en buitenlandse ervaringen.

In bijlage A "Beoordeling bruikbaarheid van lichte vloeren" wordt dieper ingegaan op de beoordeling van staalframevloeren.

Beoordeling bruikbaarheid volgens NEN 6702

De eisen in de NEN 6702 zijn niet streng, want ze zijn opgesteld om "het optreden van resonantie door bewegende personen op vloeren tegen te gaan". Dat is een geschikt uitgangspunt voor het beoordelen van de bruikbaarheid van zware vloeren; voor lichte, woningscheidende vloeren is dit niet voldoende. Lichte vloeren die alleen voldoen aan de eisen volgens de NEN 6702 hebben doorgaans te weinig kwaliteit. Ze kunnen bijvoorbeeld worden toegepast voor vloeren van een vliering.

Beoordeling bruikbaarheid op basis van buitenlandse ervaringen

In Zweden, Australië en Canada zijn bruikbaarheidscriteria voor lichte vloersystemen ontwikkeld, die eisen stellen aan doorbuiging en eigenfrequentie. Doorbuiging en eigenfrequentie zijn bepalende factoren voor het trillingsgedrag van een vloer.

De eigenfrequentie van een vloer mag niet lager dan of gelijk zijn aan 8 Hz, omdat anders resonantie zal optreden door het lopen. Naarmate de vloer meer doorbuigt, is het bewegen van de vloer meer voelbaar. Daarom zijn er eisen geformuleerd, die zijn gebaseerd op Amerikaans onderzoek (35). Vloeren die voldoen krijgen het predikaat "goed" en zijn toe te passen als woningscheidende vloeren.



afb. 4.9
Staalframebouw
in Florida.

voor $\ell \leq 3658 \text{ mm}$

$$\Delta_{\max} = \frac{1041,4}{(\ell/25,4)^{1,3}}$$

voor $3658 \text{ mm} < \ell \leq 5791 \text{ mm}$

$$\Delta_{\max} = \frac{1041,4}{(\ell/25,4)^{1,3}} \times (1,8033 \cdot 10^{-4} + 0,338)$$

ℓ overspanning vloer (in mm)

D_{\max} maximale doorbuiging (in mm)

De doorbuiging moet zijn bepaald bij een belasting van 1 kN.

Beoordeling van de bruikbaarheid op basis van buitenlandse ervaringen en NEN 6702.

Voor vloeren gelegen binnen de woning is als tussenoptie de eis aan de eigenfrequentie ($f_e \geq 8 \text{ Hz}$) te combineren met de vormveranderingseis uit de NEN 6702.

Om deze criteria te hanteren, dienen de laagste eigenfrequentie en de stijfheid van de vloer bekend te zijn. Metingen hebben weliswaar uitgewezen dat er enige samenwerking optreedt tussen de koudgevormde, stalen liggers en de andere delen van het vloerpakket, maar nadere informatie daarover ontbreekt. Daarom dient er – veiligheidshalve – van uit te worden gegaan dat er geen samenwerking plaatsvindt. In dat geval is de laagste eigenfrequentie van een staalframevloer te bepalen met:

$$f_e = \frac{\pi}{2 \cdot \ell^2} \times \sqrt{\frac{EI_x}{\mu}}$$

EI_x de plaatstijfheid van de vloer in de richting van de liggers (in Nm^2/m), te bepalen door de stijfheid van de ligger te delen door de hart-op-hart afstand

ℓ de grootste overspanning van de liggers

μ het gelijkmatig verdeelde gewicht per m^2 vloeroppervlak



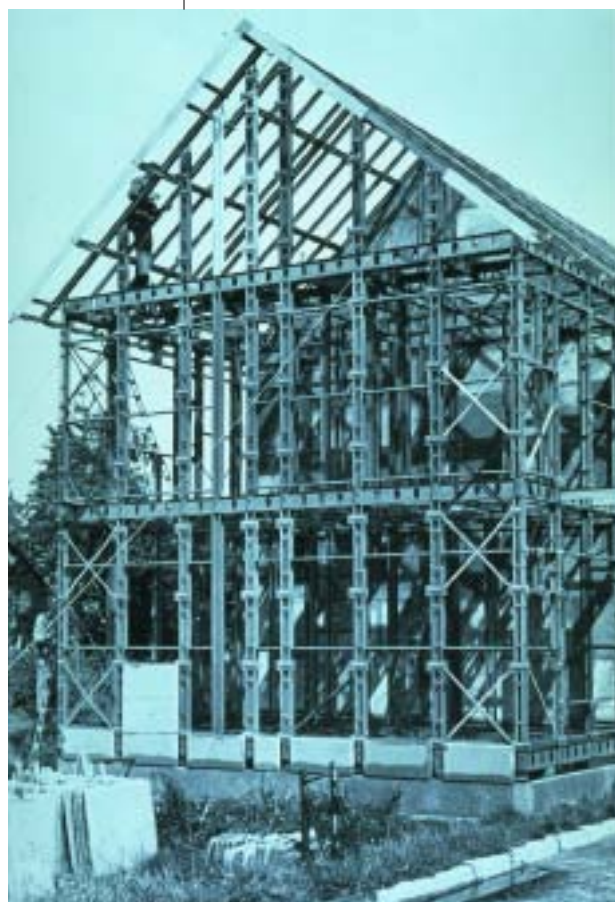
afb. 4.10 Staalframevloer:
het kantoor in
Huissen is het
eerste optoproject in
staalframebouw
in Nederland.

Staalframebouw

In 1949 liet Philips staalframewoningen bouwen. De woningen werden ontworpen door Alexandre Horowitz, de uitvinder van de Philishave, en geproduceerd door de firma Polynorm (afb. 5.1 en 5.2). Het zijn de eerste staalframewoningen in Nederland. De Polynormwoningen hebben een stijl- en regelwerk van koudgeformde staalprofielen, maar een gevelbekleding van betonplaten. De toepassing van staal is dus niet aan het uiterlijk van de woningen af te zien. De Polynormwoningen zijn inmiddels gerenoveerd.

afb. 5.1 en 5.2

*De eerste staalframewoningen in Nederland:
de Polynormwoningen in Eindhoven.*





*afb. 5.3 en 5.4
Demonstratieproject
staalframebouw aan de
Dedemsvaartweg in Den Haag.*

Anders dan in landen zoals Australië en Groot-Brittannië is staalframebouw in Nederland niet populair geworden. Dat heeft vooral te maken met onze bouwtraditie, niet met de kwaliteiten van dit systeem.

Om de voordelen van staalframebouw opnieuw onder de aandacht te brengen, werden in 1993 in Den Haag zes woningen gebouwd. Dit demonstratieproject was onderdeel van het Woningbouwfestival en werd beschreven in *Bouwen met Staal* (11). In tegenstelling tot de Polynormwoningen tonen de woningen aan de Dedemsvaartweg zonder blikken of blozen, dat er staal is toegepast (afb. 5.3 en 5.4).

Kenmerken

Bij staalframebouw bestaat de draagconstructie uit vloer-, dak- en wandelementen die zijn opgebouwd uit koudgeformde, verzinkte staalprofielen. Als deze elementen worden geprefabriceerd, kan de bouwtijd worden bekort.

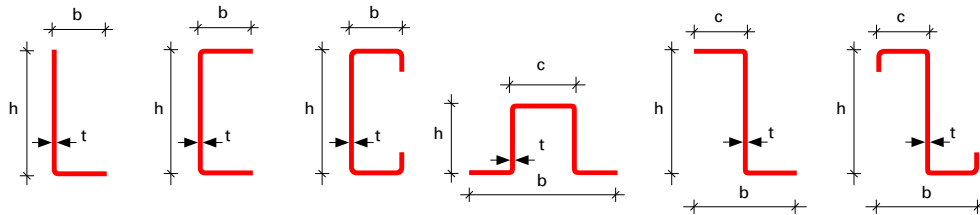
De bouwfysische prestaties van staalframe-draagconstructies zijn tijdens het ontwerpproces aanzienlijk te beïnvloeden.

Een belangrijk kenmerk van een staalframe-draagconstructie is het geringe gewicht. Door deze eigenschap, de korte bouwtijd en de mogelijkheid van grote, vrije overspanningen is staalframebouw uitstekend geschikt voor optopprojecten.

Wijze van bouwen

Profielen

Het kenmerk van staalframebouw is, dat het draagconstructie bestaat uit elementen van koudgeformde, stalen profielen. De elementen kunnen worden geprefabriceerd of op de bouwplaats worden samengesteld. In deze publicatie ligt de nadruk op het bouwen met geprefabriceerde vloer-, wand- en dakelementen. In tegenstelling tot warmgewalste profielen zijn de afmetingen van koudgewalste



afb. 5.5
Gangbare hoogte, breedte en dikte van koudgewalste profielen.

| | hoekprofiel | U-profiel | C-profiel | omega-profiel | Z-profiel | Z-profiel met lippen |
|-----------|-------------|------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|
| hoogte h | 15 – 225 | 20 – 400 | 20 – 400 | 20 – 100 | 30 – 80 | 120 – 300 |
| breedte b | 15 – 225 | 15 – 160 | 15 – 160 | 20 – 100 | 20 – 30 | 50 – 100 |
| dikte t | 1,5 – 10,0 | 1,5 – 10,0 | 1,5 – 6,0 | 1,5 – 5,0 | 2,0 – 6,0 | 1,5 – 4,0 |

profielen niet gestandaardiseerd. Afbeelding 5.5 geeft een overzicht van de gangbare koudgewalste profielen.

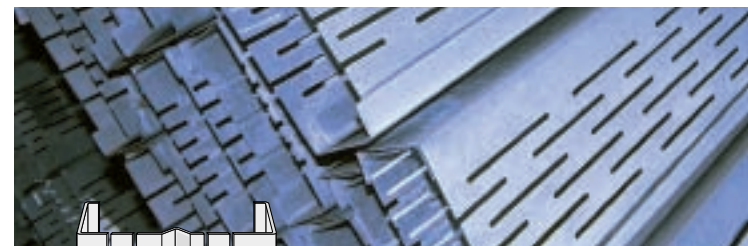
Bij staalframebouw worden vrijwel uitsluitend U- en C-profielen toegepast. Veel leveranciers hebben zelf profielvormen ontwikkeld.

Voor een overzicht van alle beschikbare koudgewalste profielen kunt u bij hen documentatie opvragen. Voor de beoordeling van de toleranties van koudgevormde profielen worden twee normen gebruikt.

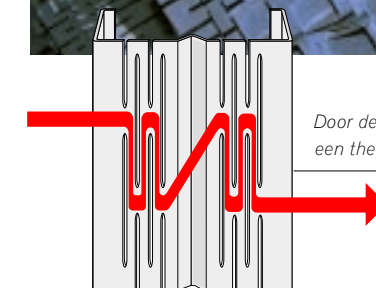
afb. 5.6
Z-profielen met lippen worden vooral gebruikt als dakgordingen.



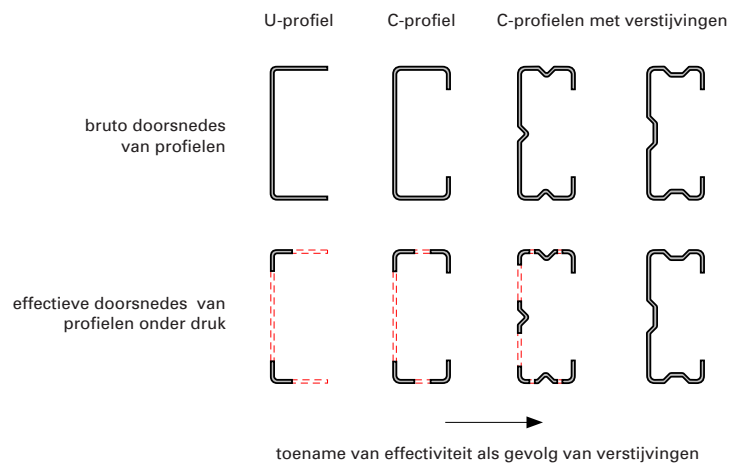
De effectiviteit van deze lippen is met arceringen zichtbaar gemaakt in afbeelding 5.8. Bij belasting op druk heeft een U-profiel een kleinere effectieve doorsnede dan een van lippen voorzien C-profiel. Bij staalframebouw gebruiken we daarom voor profielen, die voornamelijk op druk worden belast, bij voorkeur C-profielen. Door verstijvingen aan te brengen kan de effectieve doorsnede nog meer worden vergroot.



afb. 5.7
Door de sleuven isoleert een thermoprofiel beter.



NEN-EN 10162 Ontw. geeft de toelaatbare toleranties voor "koudgewalste" profielen (13). De toelaatbare toleranties van "gezette" profielen zijn te vinden in artikel 11.2.1 van NVN-ENV 1090-2 (14). Tegenwoordig zijn er ook "thermoprofielen" beschikbaar. Deze zijn voorzien van sleuven. Door de sleuven wordt de warmteweerstand van de profielen aanzienlijk vergroot. Thermoprofielen worden toegepast op punten waar een profiel de verbinding vormt tussen binnen en buiten (afb. 5.7). Een opvallend kenmerk van koudgewalste profielen is de geringe dikte, waardoor de gevoeligheid voor plooi toeneemt. Door de verhouding tussen materiaalbreedte en -dikte te verkleinen, kan de invloed van plooi worden gereduceerd. Dit kan bijvoorbeeld door de flenzen van de profielen van lippen te voorzien.



afb. 5.8 De invloed van verstijvingen op de effectieve doorsnedes van koudgevormde profielen.



afb. 5.9 en 5.10
Het slitten van staalplaat.

De profielen worden gefabriceerd door het koudwalsen, ook wel rolvormen genoemd, van geslit bandstaal (afb. 5.9, 5.10 en 5.11). Met de rolvormtechniek kan materiaal met een dikte tot 3 mm worden verwerkt.

Voor de technische leveringsvoorwaarden van koudgewalste profielen kan gebruik worden gemaakt van NEN-EN 10162 Ontw. (13) of NVN-ENV 1090-2 (14).

Voor koudgewalste profielen is een aantal staalsoorten te gebruiken. Deze onderscheiden zich van elkaar qua materiaaleigenschappen en afwerking. Er is keuze uit onder andere niet-beklede plaat volgens NEN-EN 10025 (15) en NEN-EN 10113 (16), continu-dompelverzinkte band volgens NEN-EN 10147 (17) en bandgelakte plaat volgens NEN-EN 10149 (18). De constructieve toetsing van de profielen, vervaardigd van deze materialen, is mogelijk volgens NEN 6773 (3). In deze norm staan ook de vloeisterkte en treksterkte van deze staalsoorten.

De keuze voor de afwerking van het materiaal is afhankelijk van het gewenste uiterlijk en de gewenste levensduur.

Op dit laatste aspect wordt ingegaan in de paragraaf "Levensduurverwachting" verderop in dit hoofdstuk. Voor staalframebouw wordt in de meeste gevallen verzinkt bandstaal volgens NEN-EN 10147 (17) toegepast.

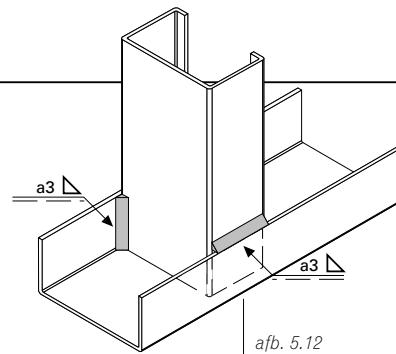


afb. 5.11
Het rolvormen van geslit bandstaal.

Verbindingen

Om de koudgewalste profielen te verbinden, staan ons verschillende methoden ter beschikking: lassen, drukvoegen ("clinchen") of schroeven. Voor de constructieve toetsing van verbindingen dienen hoofdstuk 13 van NEN 6773 (3) of hoofdstuk 8 van Eurocode 3 – Deel 1.3 (4).

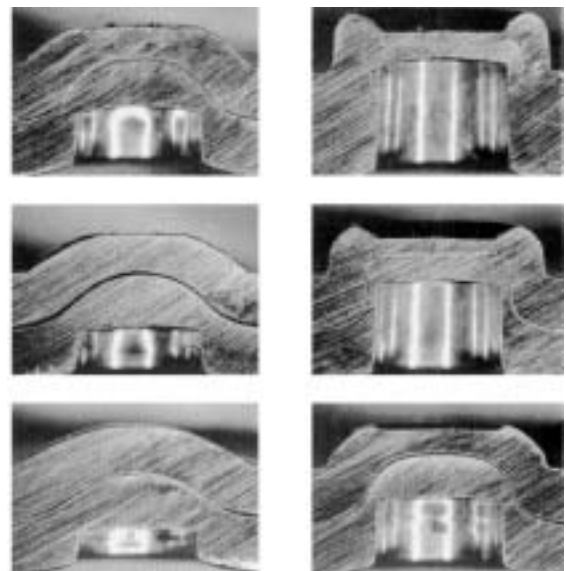
Lassen is alleen geschikt voor profielen van blank staal (afb. 5.12). Als verzinkt materiaal wordt gelast, komen er namelijk lasdampen vrij, die schadelijk zijn voor de lasser (19). Dit argument geldt niet, als er lasrobots worden gebruikt, zoals in de automobielenindustrie. Een ander nadeel van lassen is, dat de zinklaag wordt beschadigd. Informatie over de lasprocessen voor het verbinden van relatief dun materiaal staat onder andere in het Teleacursushandboek "Lassen, lijmen en plaatbewerken" (20).



afb. 5.12
Lasverbindingen zijn alleen geschikt voor niet-verzinkte profielen.

Clinchen is het zodanig vervormen van staalplaat, dat een soort deuvel ontstaat. Deze verbinding kan alleen een schuifkracht (kracht evenwijdig aan het vlak van de plaat) overbrengen (afb. 5.13, 5.14 en 5.15).

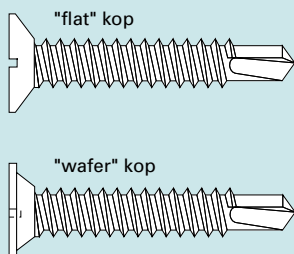
Ook zelfborende schroeven worden toegepast. Er is een ruim assortiment schroeven, waarmee alle denkbare materialen aan koudgeformd staal zijn vast te zetten (afb. 5.16). Voor het verbinden van gips of hout aan staal dienen schroeven of spijkers met een "flat" of "wafer" kop. Hiermee is de beplating op het staal te drukken en verdwijnt de schroefkop in het zachte plaatmateriaal. Een "pancake" kop is gebruikelijk bij harder materiaal. Voor de montage van koudgeformd op koudgeformd staal zijn er schroeven met een "hex" of "pan" kop. Als over een staal-op-staalverbinding plaatmateriaal moet worden bevestigd, is een schroef met "pancake" kop weer een goede keuze. Die steekt namelijk niet uit.



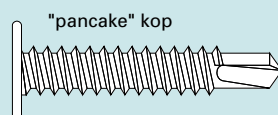
afb. 5.13 Door middel van een hoge perskracht, en een speciaal gevormd stempel en matrix wordt het plaatmateriaal ter plaatse van de verbinding tot vloeien gebracht. Het materiaal vloeit zijwaarts weg, waardoor een uitstulping ontstaat in het stempelzijdige materiaal. Hierdoor komt de (gasdichte) verbinding tot stand.

afb. 5.16
Verschillende schroefkoppen voor verschillende materialen.

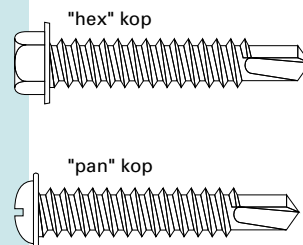
voor bevestigen van gips of hout op staal



voor speciale gevallen



voor bevestigen van staal op staal



afb. 5.14
Het uiterlijk van een clinchverbinding.

afb. 5.15
Clinch-apparatuur wordt steeds lichter.



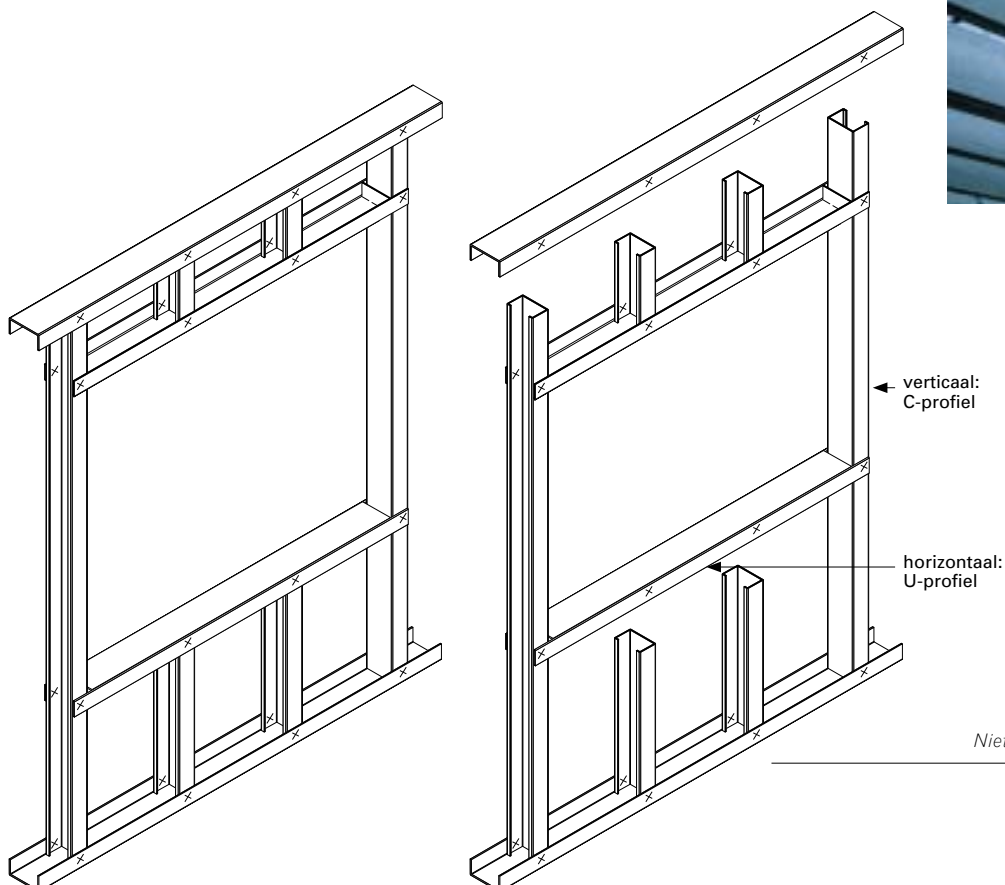
afb. 5.17
Met koudgewalste profielen zijn ook gekromde wanden te maken, zoals met het binnenwandsysteem Vertebra van Gyproc.

Elementen

Met de koudgewalste profielen zijn vlakke en eenzijdig gekromde elementen te maken (afb. 5.17). Voor de profielen die zich in het vlak van het element bevinden dienen C-profielen, voor de randen U-profielen (afb. 5.18).

Het frame van de dak- en wandelementen vervult uitsluitend een constructieve taak, de afbouwmaterialen zorgen voor warmte- en geluidsisolatie.

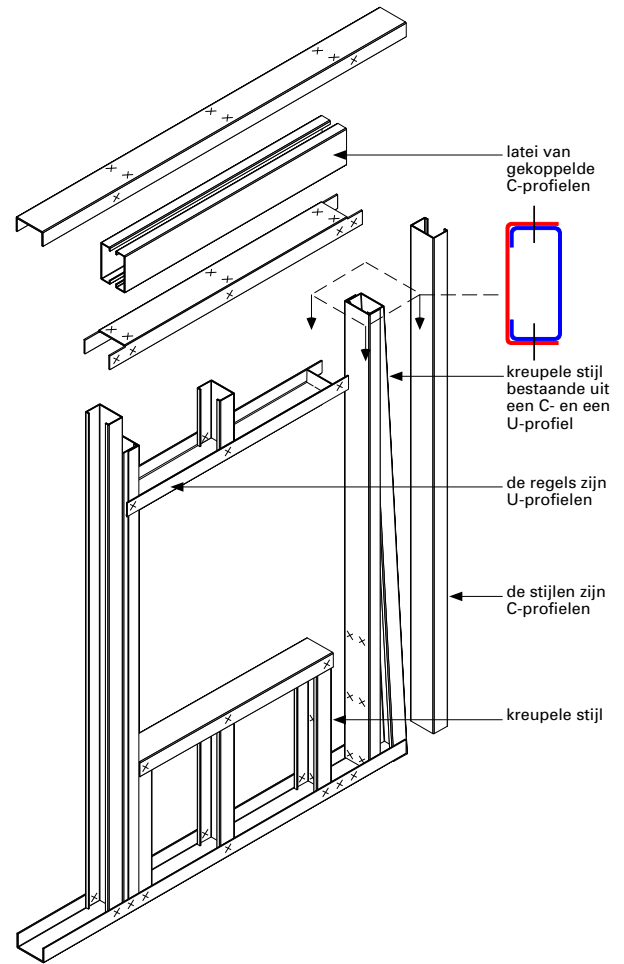
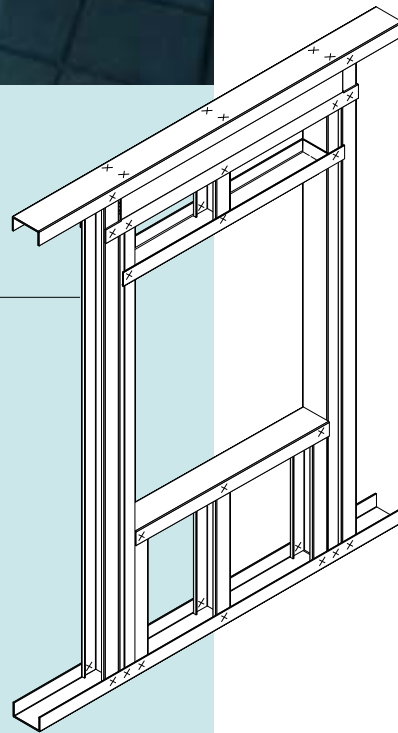
Om de mogelijkheden van het bouwen met geprefabriceerde elementen optimaal te benutten, is het nodig dat er bij het ontwerp rekening wordt gehouden met de grenzen van het concept. Deze worden mede bepaald door het constructieve principe, de transportmogelijkheden en de benodigde ruimte voor de profielen.



afb. 5.18
Niet-dragende wand met raamopening.



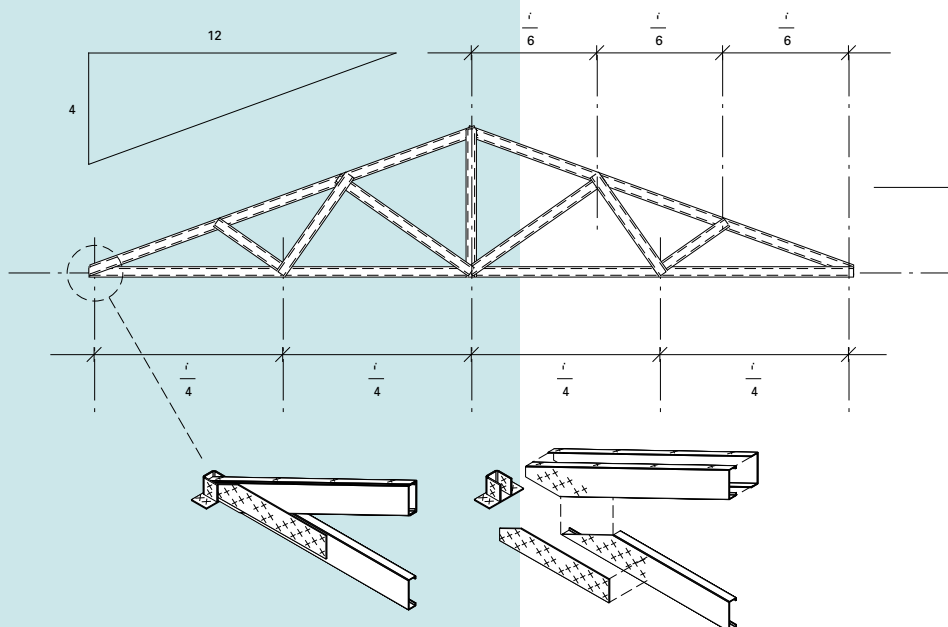
afb. 5.19
Dragende wand
met raamopening.



Het constructieve principe van staalframebouw is, dat de belasting niet geconcentreerd via puntvormige elementen, zoals kolommen, maar gespreid via lijnvormige elementen, zoals wanden, op de fundering wordt overgebracht. Daarom staan de stijlen in de wandelementen relatief dicht bij elkaar (afb. 5.19). In de staalframebouw zijn elementen, die veel belasting naar zich toe trekken, principieel ongewenst.

Zodra op één punt in de constructie een warmgewalst profiel wordt toegepast, verstoort dit het constructieve principe.

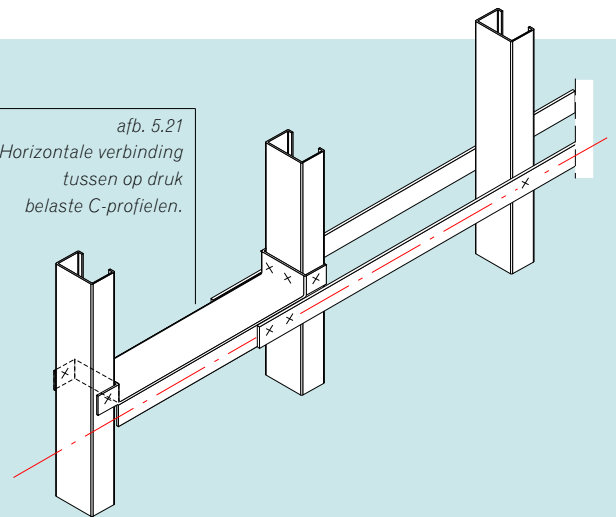
Als wandstijlen worden C-profielen gebruikt. Deze zijn gevoelig voor knik en torsieknik. Dit euvel is te verhelpen door de stijlen met elkaar te verbinden met beplating of met strippen. Met beplating is de stabiliteit in het vlak van het element gewaarborgd.



afb. 5.20
Dakspant met oplegdetail.



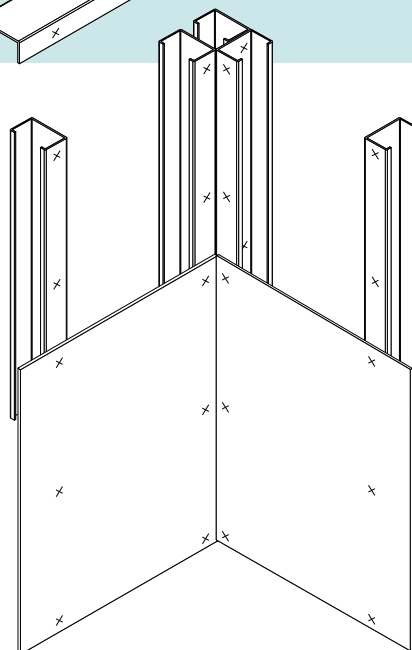
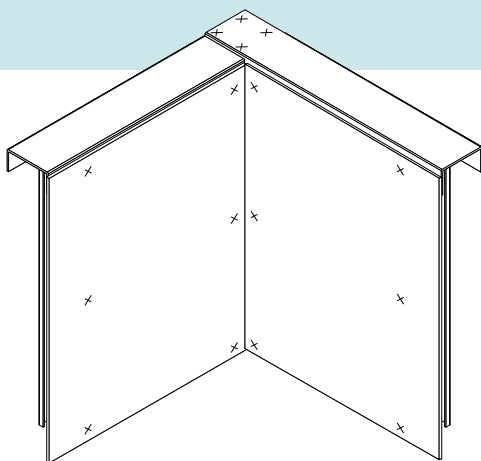
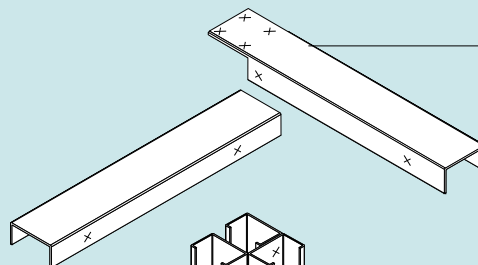
afb. 5.21
Horizontale verbinding
tussen op druk
belaste C-profielen.

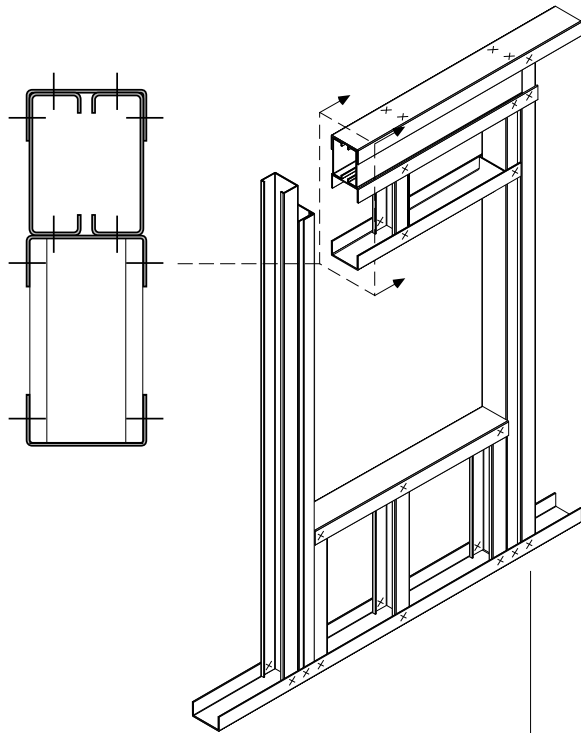


Strippen moeten aan beide zijden worden aangebracht. Eén strip dient aan een startpunt, bijvoorbeeld een knoop van een stabiliteitsverband, te zijn bevestigd. Om torderen van het profiel te voorkomen, worden twee C-profielen tussen de strippen aangebracht (afb. 5.21).

Bij het bouwen met elementen van koudgewalste profielen zijn extra profielen nodig bij hoeken en openingen. Wandelementen hebben randprofielen, dus bij elke hoek ontmoeten minstens 2 stijlen elkaar (afb. 5.22).

afb. 5.22
Ontmoeting
dragende-wandelementen.





afb. 5.23
Raamopening in een dragende wand.

Ook bij openingen in dragende wanden, groter dan de hart-op-hart afstand van de stijlen, treedt een verdubbeling van stijlen op door middel van een dubbele C of een C in een U. Bij het ontwerp van ramen moet hier rekening mee worden gehouden (afb. 5.23).

Bij staalframebouw is een transparante hoekoplossing alleen mogelijk door met het constructieve principe te breken en een koker- of buisprofiel toe te passen. Dit is ook gebeurd in de woningen aan de Dedemsvaartweg in Den Haag (afb. 5.24 en 5.25).



afb. 5.24
Transparante hoekoplossing in staalframebouw aan de Dedemsvaartweg in Den Haag.



afb. 5.25
Transparante hoekoplossing in staalframebouw aan de Dedemsvaartweg in Den Haag.

Afvoeren horizontale belasting

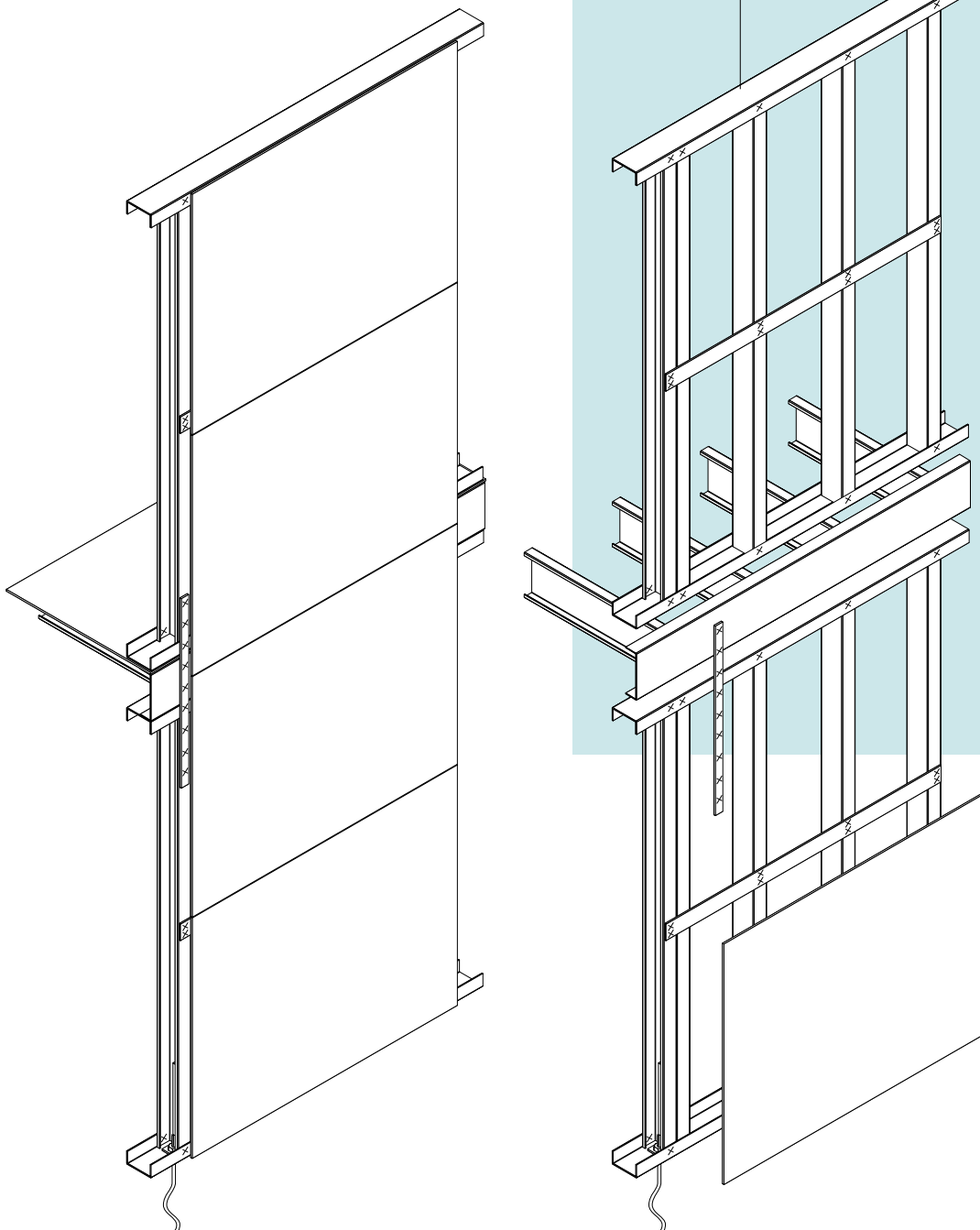
De staalframe-elementen zijn ongeschikt om horizontale (wind)belasting af te voeren. Hiervoor zijn extra voorzieningen nodig: schijven òf kruisvormige stabiliteitsverbanden.

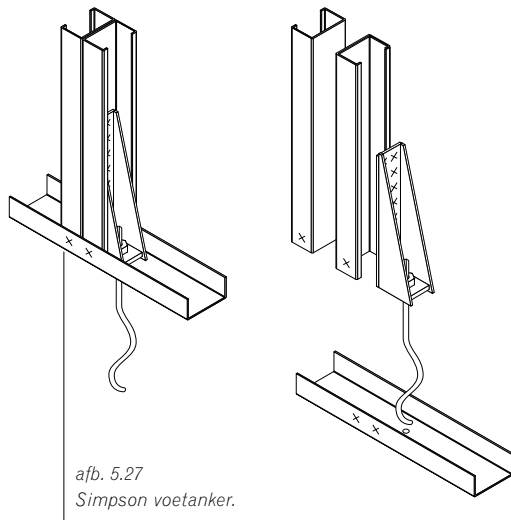
Door een element van beplating te voorzien ontstaat een schijf. Er kan bijvoorbeeld gipsplaat aan de binnenzijde en triplex aan de spouwzijde van het element worden aangebracht. Voor optimale schijfwerking moet aandacht worden besteed aan de detaillering.

Zo moet de beplating aan de stijlen worden bevestigd om de schijfwerking over de verticale naden heen te waarborgen, en zijn voor horizontale naden de regels en extra aan te brengen stalen strippen te benutten (afb. 5.26).

afb. 5.26

Schijf over twee verdiepingen.

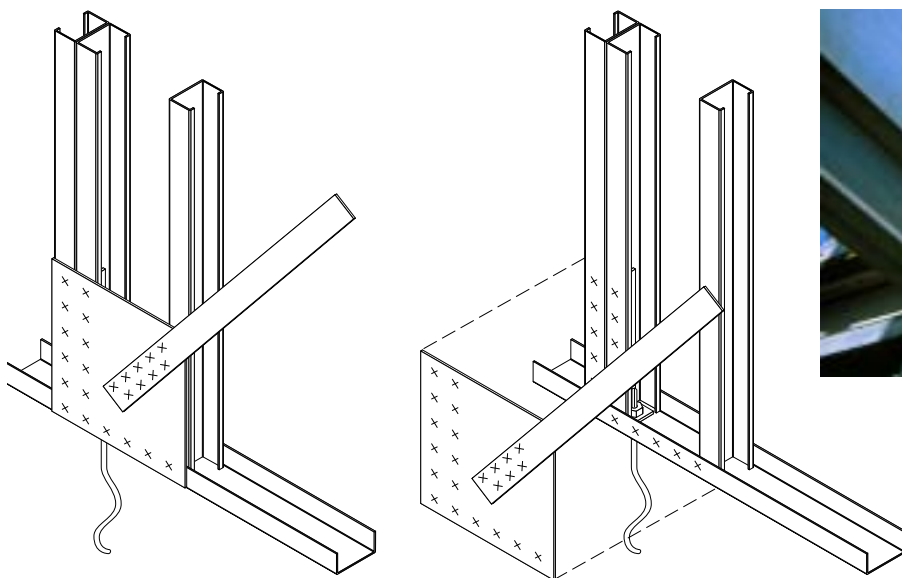




afb. 5.27
Simpson voetanker.

Het is gebruikelijker om kruisvormige stabiliteitsverbanden aan te brengen. Hiervoor worden gewoonlijk stalen strippen gebruikt. De verbanden komen aan de spouwzijde, zodat ze bij het vastschroeven van de gipsbeplating niet in de weg zitten. Ook nu moet de verticale component van de kracht met een voetanker op de onderconstructie worden overgebracht. Het anker moet zo dicht mogelijk bij het punt waar de hartlijnen van stijl en strip de regel snijden, worden aangebracht (afb. 5.28).

Bij de aansluiting in afbeelding 5.28 is een schetsplaat toegepast. De kracht in de strip gaat via de schetsplaat naar de stijlen en regels. Bij een schetsplaat, is de strip op basis van de toegestane vervorming te dimensioneren. Als een bredere strip wordt toegepast, mag de schetsplaat worden weggelaten. Dit heeft als voordeel dat er één verbinding minder is, maar er wordt wel meer materiaal gebruikt (afb. 5.29).



afb. 5.28
Uitvoering stabiliteitsverband en aansluiting strip.

In Nederland zijn nog geen rekenregels voor toetsing van staalframeschijven beschikbaar. Vooralsnog zijn de rekenregels uit de Verenigde Staten te gebruiken. In bijlage C "Staalframebouw schijfpanelen" is daarom een uitgave van de "Light Gauge Steel Engineers Association" opgenomen.

Woningscheidende wanden zijn zeer geschikt om als schijf te laten dienen. Dit zijn immers lange wanden zonder openingen. Om de krachten van de schijf op de onderconstructie over te dragen, wordt gebruik gemaakt van voetankers. Deze ankers brengen de trekkracht uit de randstijl op de "fundering" over (afb. 5.27).



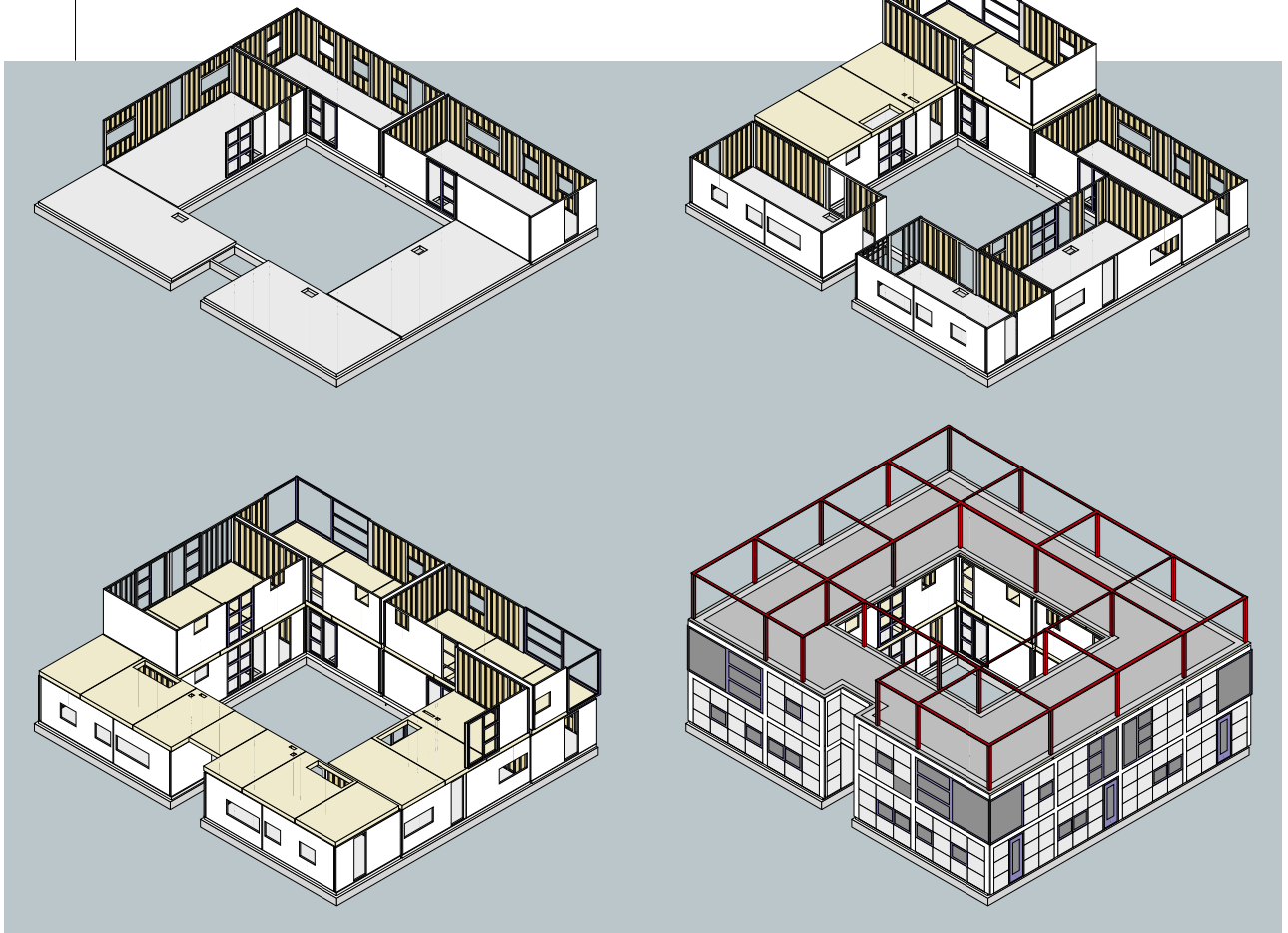
afb. 5.29
Stabiliteitsverband van brede strip.

Staalframe-draagconstructie

Introductie

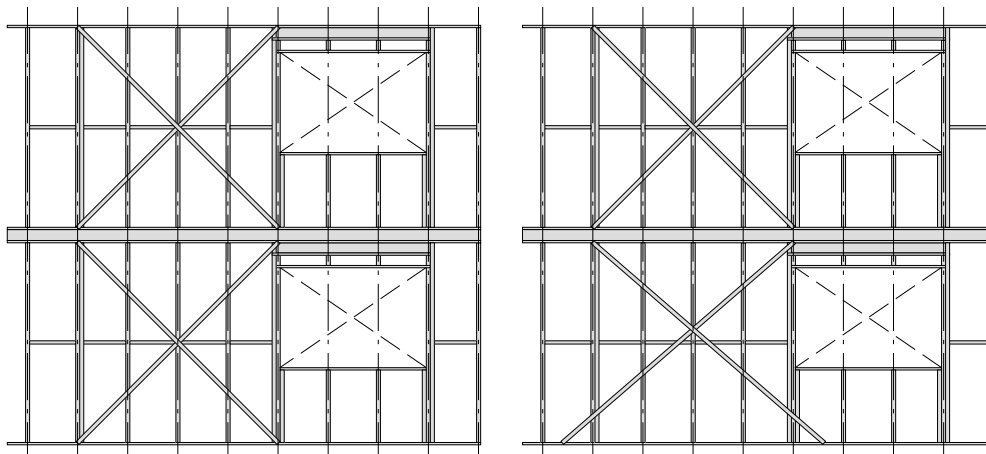
Een staalframe-draagconstructie bestaat uit geprefabriceerde bouwdelen voor vloeren, wanden en daken. Er wordt uitgegaan van de platformmethode. Hierbij zijn de wandelementen verdiepinghoog; de vloer en dakelementen worden op de wanden gelegd (afb. 5.30).

afb. 5.30 Platformmethode.



Stabiliteit van het draagconstructie

Bij staalframebouw zijn wandelementen onder te verdelen in dragende, niet-dragende en stabiliteitswanden. Om de potentiële bouwsnelheid van staalframebouw te realiseren, moet elk element door kruisverbanden stabiel worden gemaakt. Dan kunnen de elementen eenvoudig aan elkaar worden bevestigd (afb. 5.31).



goed

fout

afb. 5.31
Juist en onjuist
geplaatste
stabiliteitsverbanden.

Als afzonderlijke elementen worden gedimensioneerd, moet rekening worden gehouden met de stabiliteit van het gehele draagconstructie.

Door gebruik te maken van schijfwerking in vloeren en dak, ontstaat een stabiele constructie. Vloeren en dak zorgen ervoor, dat de windbelasting via verbanden of schijven naar de onderconstructie afgedragen wordt.

De horizontale (wind)belasting loodrecht op een kopgevel wordt via de vloeren overgedragen op de stabiliteitsvoorziening. Deze staat evenwijdig aan de richting van de belasting. Vloeren spelen dezelfde rol bij de overdracht van windbelasting, die evenwijdig aan de kopgevel optreedt. Een voorbeeld van deze werkwijze is te vinden in TNO-rapport "The application of steel in urban habitat – Structural design of optopped housing." (21).

Brandveiligheid

De brandwerendheid van staalframebouw is afhankelijk van de afbouw. Bij een volledig ontwikkelde brand bezwijkt een constructie van koudgevormde profielen na vijf tot tien minuten.

De afbouw met isolerende plaatmaterialen voorkomt de directe blootstelling van de profielen aan brand. De brandwerendheid van individuele bouwdeelen komt aan bod in hoofdstuk 6. Hieronder is de brandwerendheid van een draagconstructie beschreven.

In hoofdstuk 4 staat dat bij optoppen de brandveiligheidseisen voor bestaande bouw geldig zijn. De brandwerendheidseis aan de hoofdconstructie van een woongebouw met een vloer hoger dan 13 m boven het aangrenzende terrein is maximaal 60 minuten. Voor de bouwconstructie binnen de woning is de eis 20 of 30 minuten. In hoofdstuk 4 staat ook, dat voor de eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) het Bouwbesluit geldt.

Afbeelding 5.32, afkomstig uit TNO-rapport "Megaproject (Staalframewoningbouw op bestaand woongebouw) – Eisenniveau m.b.t. brandveiligheid" (7), geeft een overzicht van de brandwerendheidseisen. Hierbij is er van uitgegaan dat de vloer van het hoogste verblijfsgebied hoger is gelegen dan 13 m.

| onderdeel | brandwerendheid m.b.t. | |
|--|------------------------|------------------|
| | scheidende functie | bezwijken |
| <i>daken</i> | – ¹⁾ | – ²⁾ |
| <i>vloeren</i> | | |
| – woningscheidend | 60 | 60 |
| – niet-woningscheidend | 20 | 20 ²⁾ |
| <i>woningscheidende wanden</i> | | |
| – beide spouwbladen tezamen | 60 | 60 |
| – elk spouwblad | | |
| – in geval van woningscheidende vloer | | 60 |
| – stabiliteitsfunctie | | 60 |
| <i>buitenwanden kopgevels</i> | | |
| – in geval van woningscheidende vloer | | 60 |
| – in geval van niet-woningscheidende vloer | | 20 ³⁾ |
| – i.v.m. brandoverslag | 30 | 30 |
| <i>buitenwanden langsgevels</i> | | |
| – i.v.m. brandoverslag | 30 | – |
| – i.v.m. stabiliteitsfunctie | – | – |

¹⁾ Geen eis.

²⁾ Voortijdig omtrekken van de spouwbladen van de woningscheidende wanden moet worden voorkomen door:
– dak en vloer voldoende brandwerend te maken of
– juiste detaillering van de aansluitingen.

³⁾ Tenminste gelijk aan de brandwerendheid m.b.t. bezwijken van de vloer en het dak. Zie ²⁾

afb. 5.32
Overzicht eisen brandwerendheid.

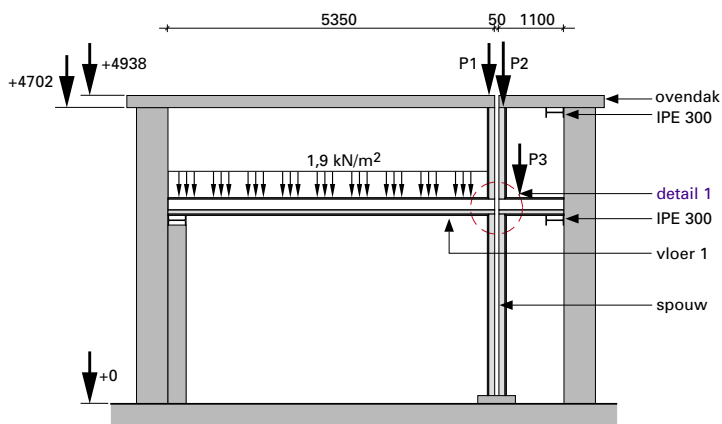
De eisen, weergegeven in afb. 5.32, zijn opgesteld met als uitgangspunt, dat bezwijken van één bouwdeel in een woning geen invloed mag hebben op de stabiliteit van de naastgelegen woning. Hieraan is te voldoen door elke woning te ontwerpen als een vrijstaande woning met een eigen stabiliteitsconstructie.

Bij de in afb. 5.32 gegeven eis aan vloeren staat dat het bezwijken van een vloer niet mag leiden tot het omtrekken van de wanden. Als dit wèl gebeurt, wordt de wand van de naastgelegen woning aan de spouwzijde blootgesteld aan de brand. Dit is niet gewenst. Als de vloer intact blijft, kunnen de twee spouwbladen, die gezamenlijk een woningscheidende wand vormen, als één wand worden beschouwd. Zo'n wand moet 60 minuten brandwerend zijn. Voor de draagconstructie geldt dus, dat:

- de constructie niet is verbonden met die van de naastliggende woning
- bezwijken van de vloer niet mag leiden tot het omtrekken van wanden

In het kader van het Urban-Habitatproject is een constructie ontworpen die aan beide eisen voldoet. Deze constructie is getest bij het Centrum voor Brandveiligheid (22) (afb. 5.33 en 5.34).

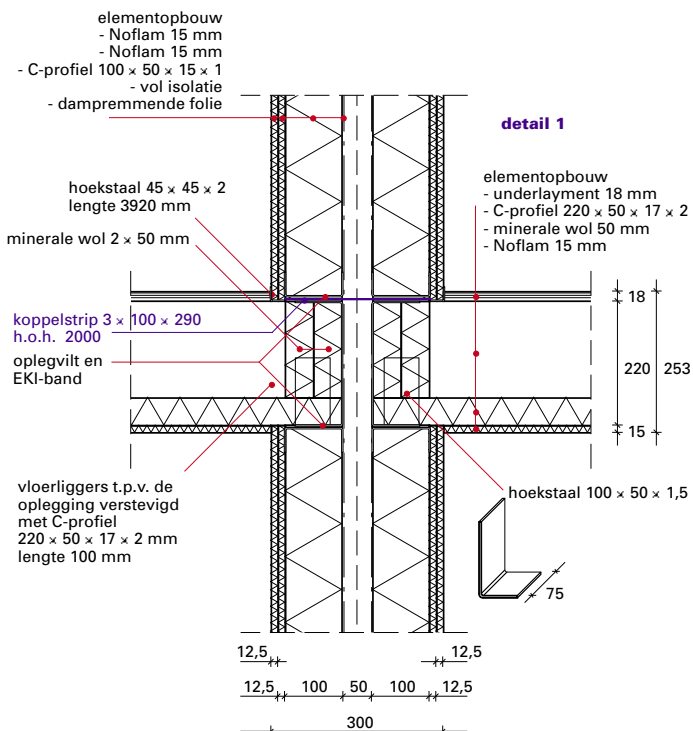
afb. 5.34
Overzicht constructie.
De belasting op vloer 1 is aangebracht met tegels.



Bij de proef bleek de constructie ruim te voldoen aan de eisen. De gipsplaten van vloer 1 vielen na 32 minuten. De tegels van vloer 1 vielen na 48 minuten door de vloer. De proef is na 66 minuten beëindigd. De constructie was op dat moment nog niet bezweken en de woningscheidende wanden voldeden nog aan de criteria, gesteld in NEN 6069: 1991 "Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdeelen" (23). Uit de proef blijkt, dat tussen de woningen een brandwerendheid kan worden bereikt van meer dan 60 minuten. Hierbij volstaat een vloer met een brandwerendheid van 30 minuten als tussen de vloer-elementen een koppeling is aangebracht. De proef laat zien dat met staalframebouw is te voldoen aan de brandveiligheidseisen, die voor optoppen gelden (zie afb. 5.32).

Bouwfysische eigenschappen

Ook de bouwfysische prestaties van een staalframedraagconstructie zijn afhankelijk van de afbouw. Met thermoprofielen kan de warmteweerstand van gesloten delen van het draagconstructie worden opgevoerd tot 5,0 m² K/W. Door de draagconstructies van woningen niet onderling te koppelen, kan de geluidsisolatie tussen de woningen ver boven de eisen van het Bouwbesluit worden opgevoerd.



afb. 5.33
Testopstelling vloer-wandcombinatie.

Hoofdstuk 6 “Vloeren, wanden en daken” bespreekt de bouwfysische prestaties van de bouw delen. Deze paragraaf gaat in op het bouwfysische gedrag van de woning in de zomer.

Staalframebouw is een lichte wijze van bouwen. Daardoor kan de woning in de winter zeer snel worden opgewarmd. Daarentegen kan het in de zomer snel te warm worden. In het TNO-rapport “The application of steel in urban habitat – Indoor climate during summer in dwellings with light-weight steel frame constructions – A case study” (8) is het temperatuurverloop in een staalframewoning in de zomersituatie vergeleken met een “zware woning”. Daarbij is het effect onderzocht van de volgende maatregelen:

- extra isolatie van de wanden
- extra isolatie van het dak
- zonwering
- verschillende typen installaties

Uit de simulaties blijkt, dat het in lichte woningen zoals staalframebouw, 's zomers zeer warm kan worden. De temperatuur loopt zó hoog op, dat het niet prettig is om onder deze omstandigheden in de woning te verblijven.

Ook het effect van de maatregelen is bekeken. Extra isolatie op het dak en zonwering blijken effectief. Extra isolatie op het dak voorkomt, dat de warmte van het dak tot de woning doordringt.

Het nut van zonwering ligt voor de hand. Wel moet er op worden gelet, dat de zonwering bestand is tegen alle weersomstandigheden én tegen plotselinge weersveranderingen (afb. 5.35).

Extra isolatie van de wanden heeft 's zomers alleen zin als de temperatuurontwikkeling in de woning achterblijft bij de ontwikkeling van de buitentemperatuur. Bij wanden, die in de zon staan, is extra isolatie altijd nuttig.

Met installatietechnische maatregelen is het klimaat naar wens te regelen. Luchtverwarming past het beste bij staalframebouw. In de winter kan de woning snel worden opgewarmd en in de zomer kan er extra mee worden geventileerd. Het achterwege laten van maatregelen, doet afbreuk aan de mogelijkheden van bouwen op toplocaties.

afb. 5.35 Weersbestendige zonweringen (24).



Levensduurverwachting

In tegenstelling tot warmgewalste profielen in staalskeletten zijn koudgeformde profielen in staalframes moeilijk te onderhouden. Ze zijn namelijk opgenomen in de constructie. Voor de dikte van de conservering zijn de resultaten van het onderzoek "Duurzaamheid van niet-inspecteerbare stalen bouwdelen" (25) te gebruiken.

De conservering van niet-inspecteerbare stalen bouwdelen hangt af van:

- de corrosiviteit van de omgeving
- het gewenste veiligheidsniveau
- de schade, die bezwijken van een constructiedeel kan veroorzaken

Bij dat laatste aspect is de aanwezigheid van een tweede draagweg – een ander bouwdeel neemt de last over na bezwijken – het onderscheidende criterium. Als er een tweede draagweg is, zijn de conserveringseisen minder zwaar (afb. 5.36).

De corrosiviteit waaraan een staalframe wordt blootgesteld, is afhankelijk van de functie van het bouwdeel. Als het bouwdeel geen onderdeel is van een klimaat-scheidende constructie, zoals een vloer, valt het in corrosieklasse C1. Staalframes, die zijn opgenomen in klimaat-scheidende constructies vallen ook in corrosieklasse C1. De elementen zijn namelijk zó ontworpen, dat er geen condensatie in optreedt. Toch is het niet uitgesloten, dat lucht vanuit de woning in de buitenwand doordringt, waardoor condensatie optreedt. Daarom is gebruik van verzinkt óf geverfd staal aan te bevelen. Bij zink is te kiezen uit zeven laagdikten. Als een bouwdeel weinig corrosiegevoelig is, kan de dunste zinklaag worden gekozen (afb. 5.37).

| plaats in de constructie | corrosieklasse ¹⁾ | veiligheidsklasse ¹⁾ (in jaren) | referentieperiode | voorbeeld materiaal en beschermingssysteem |
|--------------------------|------------------------------|---|-------------------|--|
| binnen; discontinu nat | C2 | 1-3 | 50 | gestraald staal met > 20 µm coating |
| binnen; droog | C1 | 1-3 | 50 | onbehandeld staal |

¹⁾ volgens NEN-ISO 9223 (34)

²⁾ volgens NEN 6700

afb. 5.36
Toegestane conservering bij straalframe
bouwdelen met "tweede draagweg".

| typeaanduiding van het product | gemiddeld gewicht van de zinklaag (som van beide zijden, bepaald uit 3 metingen) | minimum voor gewicht van zinklaag (som van beide zijden, bepaald uit 1 meting) | dikte van de zinklaag (per zijde) |
|--------------------------------|--|--|-----------------------------------|
| | (g/m ²) | (g/m ²) | (µm) |
| Z100 | 100 | 85 | 7 |
| Z200 | 200 | 170 | 14 |
| Z225 | 225 | 195 | 17 |
| Z275 | 275 | 235 | 20 |
| Z350 | 350 | 300 | 25 |
| Z450 | 450 | 385 | 32 |
| Z600 | 600 | 510 | 43 |

afb. 5.37
Typeaanduiding voor zink op staal
volgens NEN-EN 10147 (17).



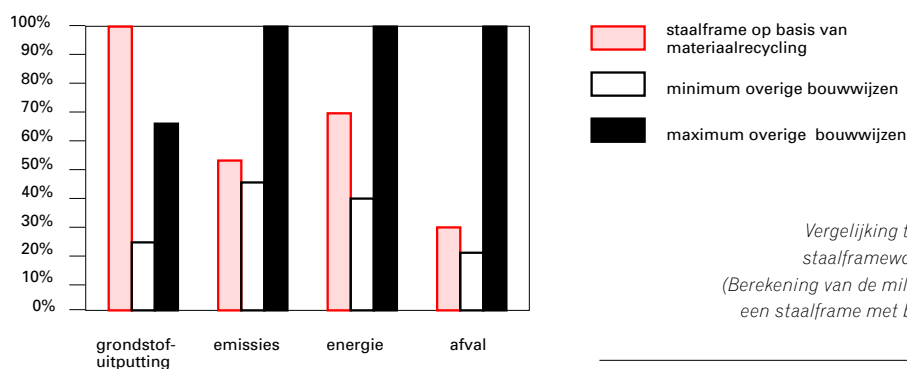
afb. 5.38
De Referentie-
tuinkamerwoning van
Novem op het
bedrijfsterrein van
Hoogovens Star-Frame in
Velsen-Noord.

Milieuaspecten

Gestimuleerd door de ontwikkelingen op het gebied van duurzaam bouwen hebben IVAM Environmental Research en W/E Duurzaam Bouwen in 1998 een onderzoek uitgevoerd naar de milieueffecten van staalframewoningbouw. De Referentie-tuinkamerwoning van Novem was onderwerp van onderzoek (afb. 5.38).

Bij dit onderzoek zijn met behulp van Eco-Quantum de milieueffecten van staalframebouw in kaart gebracht. Daarbij is de draagconstructie van een staalframewoning vergeleken met draagconstructies van andere bouwmethoden (26).

Bij het in kaart brengen van milieueffecten van staalframebouw heeft één aspect veel invloed: wat gebeurt er bij sloop van het gebouw met de stalen bouwdelen? In de studie is een aantal zogenaamde "afvalscenario's" doorgekend. Één daarvan is materiaalrecycling. Het resultaat van deze scenario's staat in afbeelding 5.39.



afb. 5.39
Vergelijking tussen draagconstructies van de
staalframewoning en andere bouwmethoden.
(Berekening van de milieueffecten van een woning met
een staalframe met behulp van Eco-Quantum, IVAM,
Amsterdam, juli 1998).

Het blijkt, dat het staalframe – vergeleken met andere bouwmethoden – slecht scoort bij de milieumaat “Grondstofuitputting”. Dat wordt voor circa 80% veroorzaakt door het relatief schaarse zinkerts, dat voor de conservering wordt gebruikt. Voor de draagconstructie van de Referentie-tuinkamerwoning is een laagdikte van 2 maal 50 g/m² gebruikt. Hierdoor zit er op de gehele draagconstructie van de onderzochte woning 26 kg zink. De 2684 kg staal, gebruikt voor het frame, heeft weinig invloed op het mindere resultaat voor grondstofuitputting. De andere draagconstructies zijn grotendeels samengesteld uit ruim voorradige steenachtige materialen of hout.

Bij de milieumaten “Emissies” en “Energie” valt de draagconstructie van de staalframewoning binnen de spreiding van de andere draagconstructies. De hoeveelheid gebruikt materiaal is namelijk veel kleiner, zodat de hogere scores per kilogram verzinkt staal bij deze milieumaten (deels) worden gecompenseerd.

Bij de milieumaat “Afval” scoort de staalframewoning relatief goed, dankzij de mogelijkheden van recycling. Het afval, dat niet herbruikbaar is, bestaat voornamelijk uit productafval van gips – gebruikt voor de beplating van het staalframe – en mijnafval, dat vrijkomt bij de winning van ertsen.

De resultaten van de vergelijking tussen het staalframe van de Referentie-tuinkamerwoning met andere draagconstructies zijn niet algemeen geldend. Het ontwerp van de referentiewoning is namelijk vrij traditioneel, zodat voor alle bouwmethoden nog winst mogelijk is. Voor de staalframewoning is milieuwinst te behalen door stalen bouw delen meer te hergebruiken en minder zink toe te passen. Door bij het ontwerp rekening te houden met de eigenschappen van staalframebouw – door bijvoorbeeld hogere warmte-isolatie toe te passen – wordt de meeste milieuwinst behaald.

Vloeren, wanden en daken

In hoofdstuk 5 werden de principes van staalframebouw beschreven.

In dit hoofdstuk wordt de opbouw van de afzonderlijke elementen onder de loep genomen. Speciale aandacht gaat uit naar de bouwfysische prestaties. Achtereenvolgens komen vloeren, klimaatscheidende wanden en daken aan bod. Voor binnenwanden kan documentatie worden geraadpleegd van systeemleveranciers zoals Rigips en Gyproc.



afb. 6.1
Staalframe
vloerelement.

Vloeren

Bij de platformmethode wordt voor het frame van de vloerelementen gebruik gemaakt van C- en U-profielen. De C-profielen dragen in de overspanningsrichting en de U-profielen vormen de randliggers bij de ondersteuning. De profielen worden verbonden met schroeven. Openingen worden verwezenlijkt met ravelingen. Om grotere openingen te kunnen maken, worden de C-profielen verdubbeld.

Aan de bovenzijde krijgen de vloerelementen een beplating van "Oriented Strand Board" (OSB) of geprofileerde staalplaat. Zó kan de vloer als schijf fungeren om de windbelasting af te voeren. Bij geprofileerde staalplaat moet de bovenzijde nog worden afgewerkt bijvoorbeeld met anhydriet (27). De afwerking van de OSB-plaat is afhankelijk van de gewenste bouwfysische prestaties.

Overspanningen

Het grootste probleem van lichte vloeren, zoals staalframevloeren, is dat deze gevoelig zijn voor trillingen. Bij de beoordeling wordt onderscheid gemaakt tussen de sterkte en de bruikbaarheid. Om de sterkte van staalframevloeren te kunnen beoordelen verwijst het Bouwbesluit naar de "Technische grondslagen voor Bouwconstructies" (TGB 1990) èn wel specifiek naar de norm NEN 6773 (3). In (21) staat een uitgewerkt voorbeeld van de beoordeling op sterkte van een lichte staalframevloer.

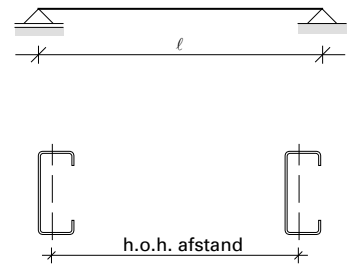
Voor het toetsen van de bruikbaarheid geeft het Bouwbesluit geen regels. Dat is dus een privaatrechtelijke aangelegenheid. Voor de beoordeling van de bruikbaarheid van vloeren kan NEN 6702 (6) worden gebruikt. In deze norm zijn eisen geformuleerd voor de toegestane eigenfrequentie van vloerconstructies.

Bij de vaststelling van deze toetsingsregels ging men evenwel uit van zware vloeren, zodat de criteria voor lichte vloeren minder geschikt zijn. Ze kunnen echter wel worden toegepast. Zoals in hoofdstuk 4 reeds is besproken, worden in een woning toegepaste staalframevloeren, die voldoen aan de prestatie-eisen van NEN 6702, ingedeeld in de kwaliteitsklasse "voldoende". De te realiseren overspanningen zijn weergegeven in afb. 6.2.

De toegestane overspanningen van staalframevloeren zijn kleiner, als we de bruikbaarheid beoordelen op de wijze die in hoofdstuk 4 is aangereikt.

| | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| uitgangspunten: | permanente belasting: | 1,75 kN/m ² | $\gamma = 1,2$ $\gamma = 1,5$ |
| | variabele belasting: | 2,50 kN/m ² | |
| | doorbuigingseis: | $u_{\text{bij}} = \ell / 333$ | |
| | | $u_{\text{tot}} = \ell / 250$ | |

| enkele ligger | h.o.h. 300 mm | | h.o.h. 400 mm | | h.o.h. 600 mm | |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) |
| C185x50x17/1 | 4,1 | 84 | 3,6 | 63 | 2,9 | 42 |
| C185x50x17/1,5 | 4,9 | 125 | 4,5 | 94 | 3,9 | 63 |
| C185x50x17/2 | 5,4 | 167 | 4,9 | 125 | 4,3 | 84 |
| C200x50x17/1 | 4,3 | 87 | 3,7 | 66 | 3,0 | 44 |
| C200x50x17/1,5 | 5,2 | 131 | 4,7 | 98 | 4,1 | 66 |
| C200x50x17/2 | 5,8 | 175 | 5,2 | 131 | 4,6 | 87 |
| C220x50x17/1 | 4,5 | 93 | 3,9 | 70 | 3,2 | 46 |
| C220x50x17/1,5 | 5,6 | 139 | 5,1 | 104 | 4,4 | 70 |
| C220x50x17/2 | 5,2 | 185 | 5,7 | 139 | 4,9 | 93 |
| dubbele ligger | h.o.h. 300 mm | | h.o.h. 400 mm | | h.o.h. 600 mm | |
| | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) | ℓ_{max} (m) | e.g. (N/m ²) |
| C185x50x17/1 | 5,2 | 168 | 4,7 | 126 | 4,1 | 84 |
| C185x50x17/1,5 | 6,2 | 250 | 5,6 | 188 | 4,9 | 125 |
| C185x50x17/2 | 6,8 | 334 | 6,2 | 250 | 5,4 | 167 |
| C200x50x17/1 | 5,5 | 174 | 5,0 | 132 | 4,3 | 87 |
| C200x50x17/1,5 | 6,6 | 262 | 6,0 | 196 | 5,2 | 131 |
| C200x50x17/2 | 7,3 | 350 | 6,6 | 262 | 5,8 | 175 |
| C220x50x17/1 | 5,9 | 186 | 5,4 | 140 | 4,5 | 93 |
| C220x50x17/1,5 | 7,1 | 278 | 6,4 | 208 | 5,6 | 139 |
| C220x50x17/2 | 7,9 | 370 | 7,1 | 278 | 6,2 | 185 |

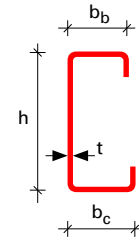


afb. 6.2

Toegestane overspanningen staalframevloeren bij beoordeling van de doorbuiging volgens NEN 6702.

uitgangspunten: variabele belasting: 2,5 kN/m² (3,0 kN variabele puntlast)
 permanente belasting: 0,9 kN/m²
 belasting van scheidingswanden: 0,5 kN/m²
 doorbuigingseis: $u_{tot} = \ell / 400$ en < 1 mm voor een last van 1 kN

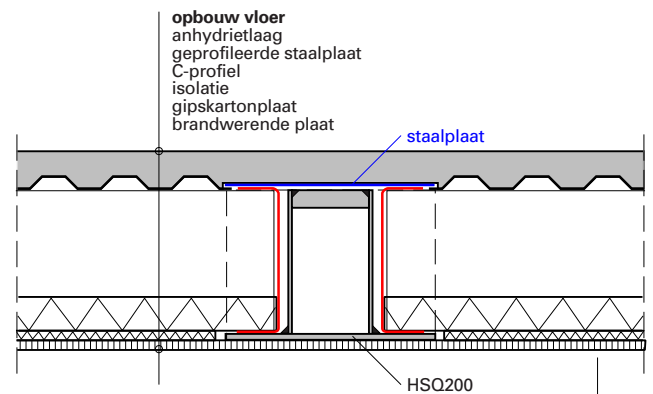
| enkele ligger | h.o.h. 300 mm | h.o.h. 400 mm | h.o.h. 600 mm |
|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | ℓ_{max} (m) | ℓ_{max} (m) | ℓ_{max} (m) |
| C150x46x40/1,5 | 3,2 | 3,1 | 2,9 |
| C200x45x41/1,5 | 4,0 | 3,9 | 3,7 |
| C200x45x41/2 | 4,5 | 4,4 | 4,1 |
| C200x74x66/2 | 4,8 | 4,7 | 4,4 |
| C200x74x66/2,5 | 5,4 | 5,3 | 5,0 |
| C250x74x66/2,5 | 6,4 | 6,3 | 5,9 |
| C300x97x88/3 | 8,3 | 8,1 | 7,6 |



afb. 6.3
 Toegestane overspanningen staalframevloeren, rekening houdend met verhoogde trillingsgevoeligheid (kwaliteitsklasse: goed).

Afb. 6.3 geeft een overzicht van deze “voorzichtigere” waarden, waarbij rekening gehouden wordt met de verhoogde trillingsgevoeligheid van lichte vloeren. In bijlage A “Beoordeling bruikbaarheid van lichte vloeren” worden de achtergronden besproken.

Het is mogelijk om grotere overspanningen te maken door de vloerelementen te combineren met geïntegreerde liggers. Omdat de liggers in het vloerpakket zijn opgenomen, blijft de onderzijde van de vloer vlak.



afb. 6.4
 Staalframe vloerelement gecombineerd met een geïntegreerde ligger.

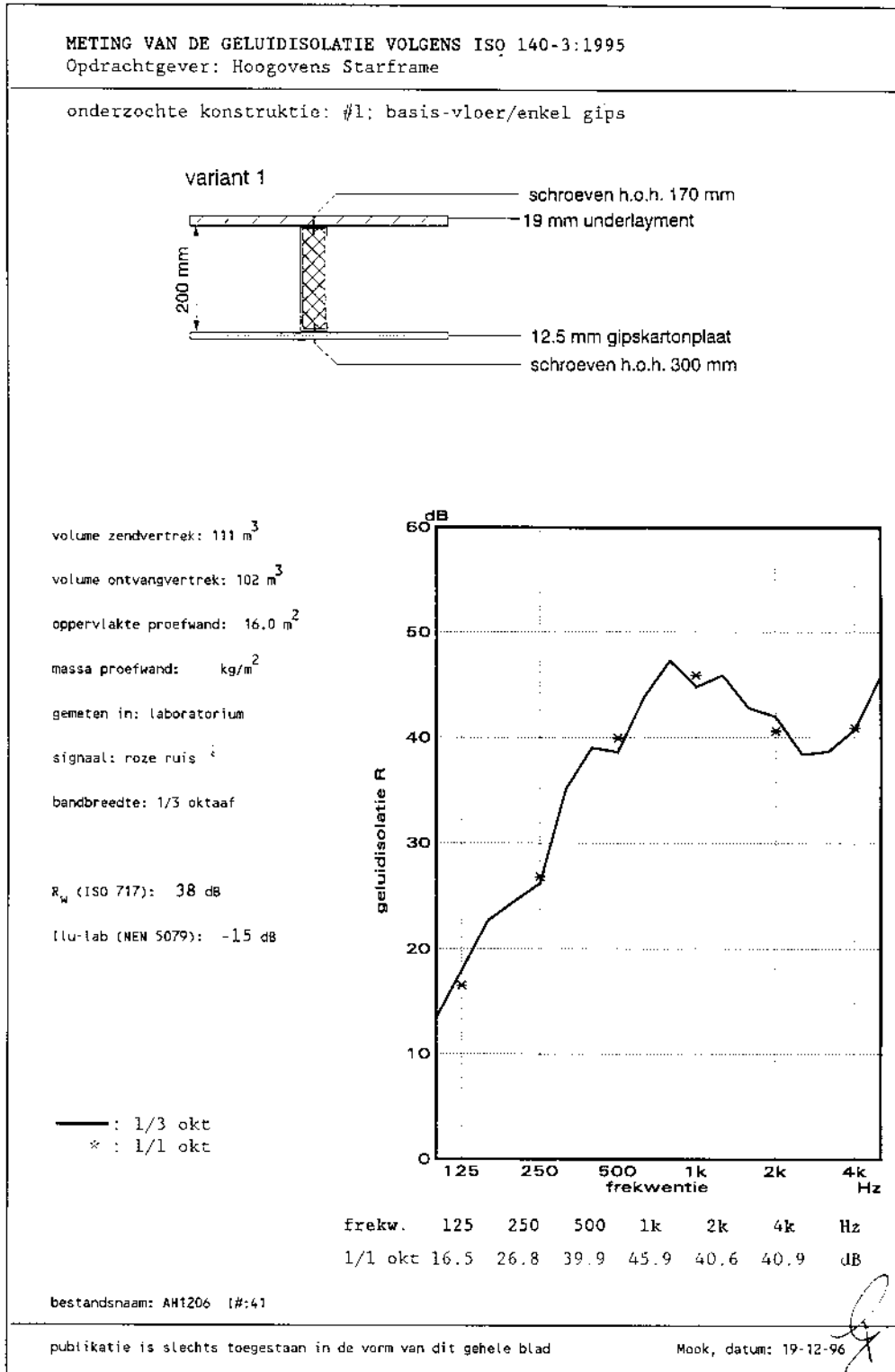
Geluidsisolatie

In hoofdstuk 4 werd al geschreven welke eisen worden gesteld aan geluidsisolatie (lucht- en contactgeluid). Om inzicht te verkrijgen in de akoestische prestaties van staalframevloeren zijn door adviesbureau Peutz metingen verricht aan 17 varianten staalframevloer (28).

Het blijkt, dat de geluidsisolatie sterk afhangt van de afwerking aan de onder- en bovenzijde van de



ADVIESBUREAU PEUTZ & ASSOCIES B.V. rapport nr. AH1206 figuur nr. 7

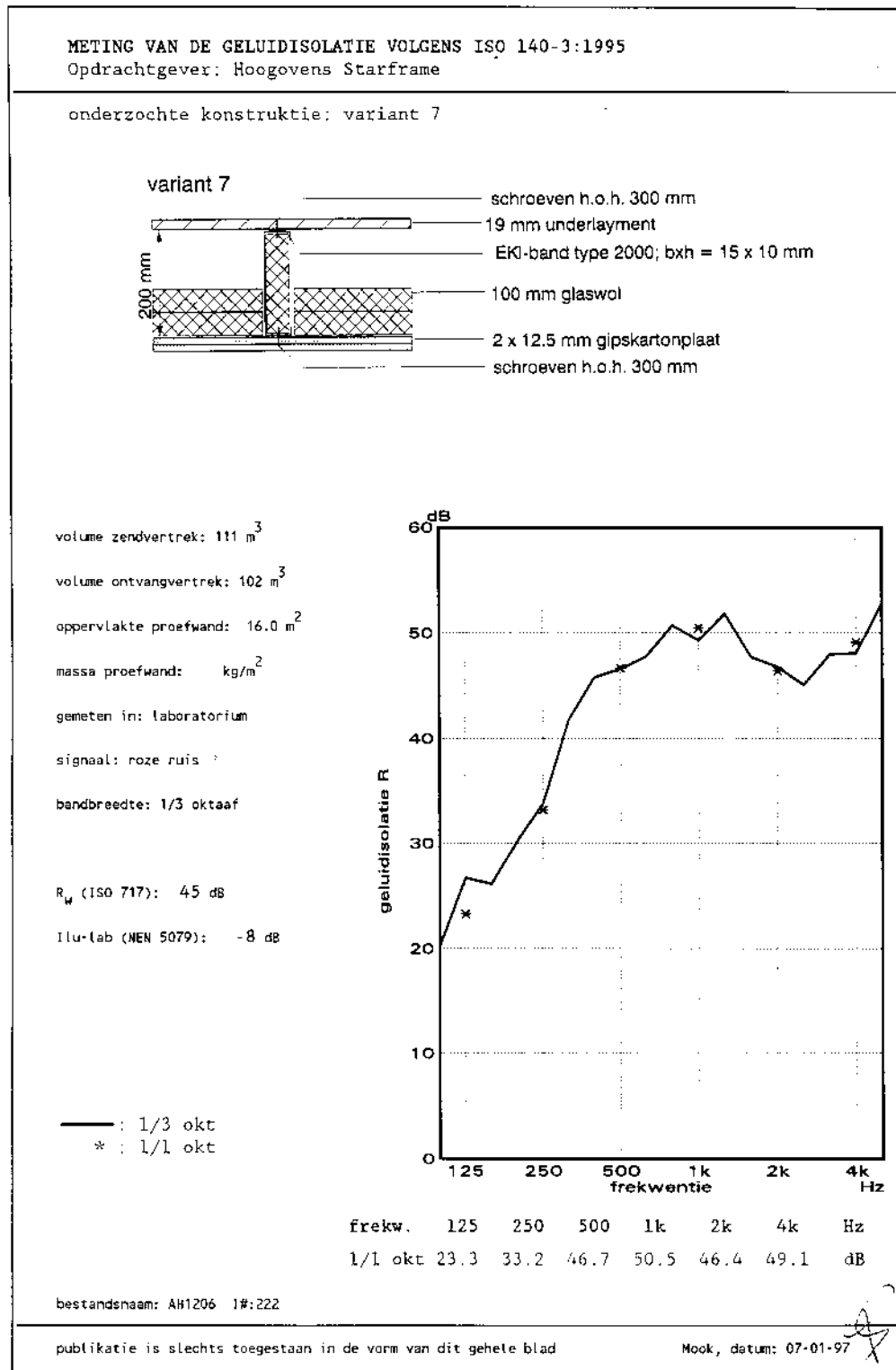


vloer, zodat we door de keuze van het afwerk materiaal de akoestische prestaties zelf kunnen bepalen. De resultaten – en de opbouw – van 4 varianten zijn gegeven in afb. 6.5.

Bij de metingen is uitgegaan van een vloerconstructie van 4,0 bij 4,0 m. De basisvloer (variant 1) is samengesteld uit 10 stalen vloerliggers C 200x50x15 met een wanddikte van 1,4 mm.



ADVIESBUREAU PEUTZ & ASSOCIES B.V. rapport nr. AH1206 figuur nr. 13

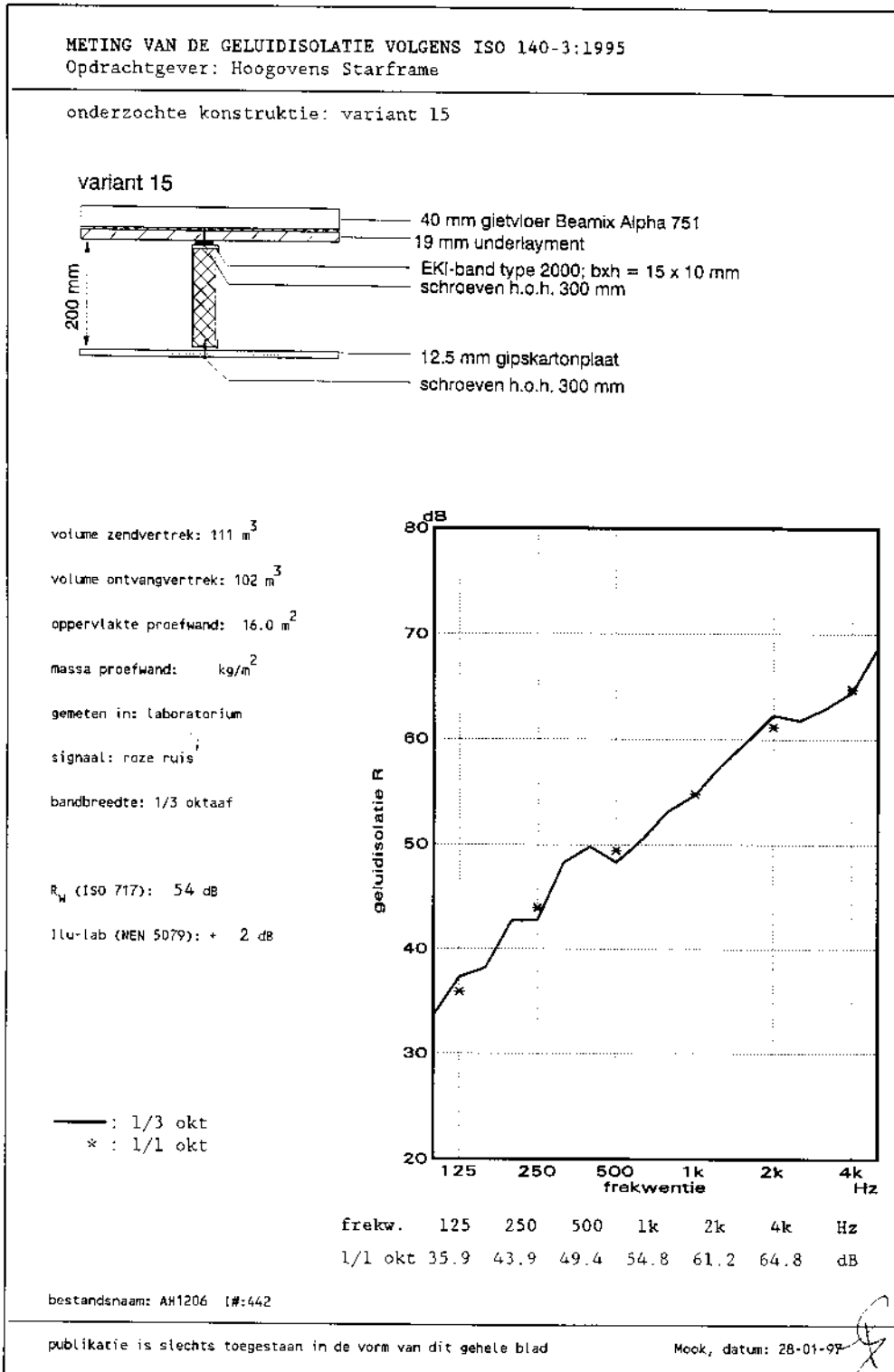


afb. 6.5
Geluidsisolatie
staalframevloer
variant 7.

De liggers zijn 430 mm h.o.h. De vloerliggers zijn gevuld met een 50 mm dikke strook glaswol (type Sonopanel van fabrikant Isover). Aan de bovenzijde zijn de vloerliggers voorzien van een 19 mm dikke underlaymentplaat met een oppervlaktemassa van 9,0 kg/m². Aan de onderzijde is een gipskarton beplating aangebracht met een dikte van 12,5 mm en een oppervlaktemassa van 9,5 kg/m².



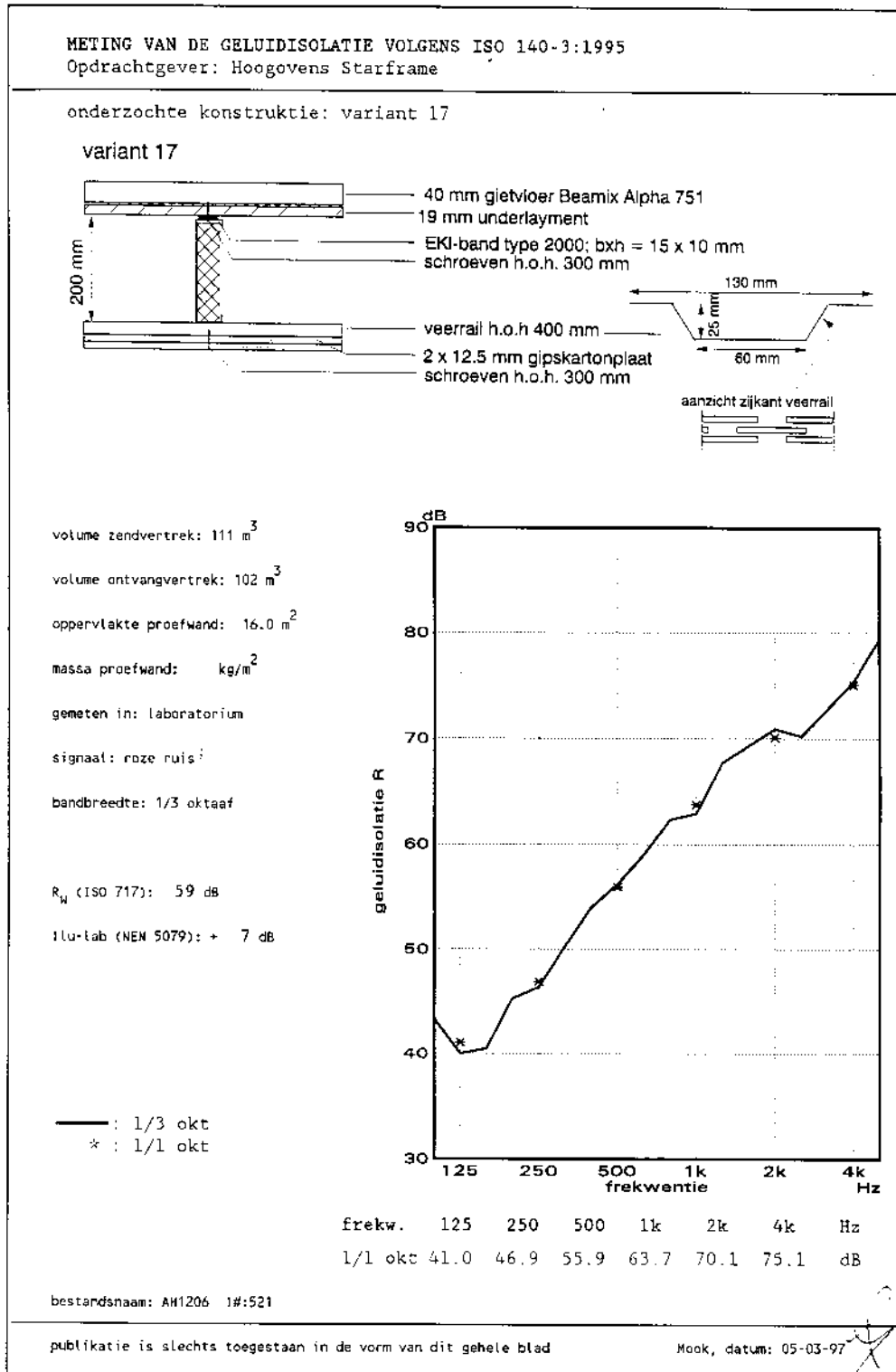
ADVIESBUREAU PEUTZ & ASSOCIES B.V. rapport nr. AH1206 figuur nr. 21



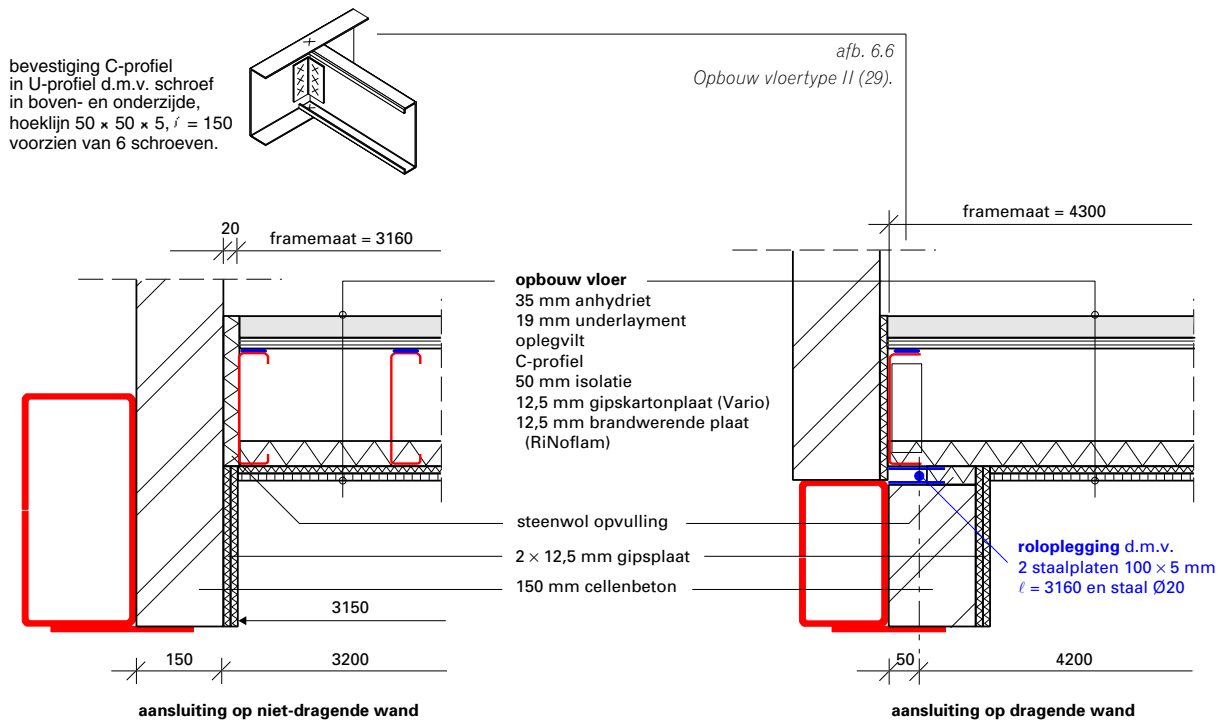
De vier afgebeelde varianten, met elk een andere opbouw, zijn gekozen vanwege hun uiteenlopende bouwfysische prestaties. De varianten met een enkele laag gips hebben bovendien een kleinere brandwerendheid (zie volgende paragraaf). Alleen variant 17 is geschikt als woningscheidende vloer. Variant 1 is geschikt voor een vliering en de varianten 7 en 15 kunnen goed worden toegepast binnen een woning.



ADVIESBUREAU PEUTZ & ASSOCIES B.V. rapport nr. AH1206 figuur nr.23



afb. 6.5
Geluidsisolatie
staalframevloer
variant 17.



Brandveiligheid

De brandveiligheid van staalframe vloeren is geheel afhankelijk van de plafondconstructie. Voor de bepaling van de brandwerendheid zijn door TNO twee typen vloeren beproefd:

- I Een vloer met aan de onderzijde een enkele laag gips (dikte 15 mm type RiNoflam) en aan de bovenzijde een laag underlayment van 18 mm. Niet afgebeeld, voor afbeelding zie TNO-rapport (22)
- II Een vloer met aan de onderzijde een dubbele laag gips (één laag RiNoflam met een dikte van 12,5 mm en één laag gipskartonplaat type Vario met een dikte van 12,5 mm) en aan de bovenzijde een laag underlayment van 19 mm, afgewerkt met een laag anhydriet van 35 mm, vergelijkbaar met variant 15 van de eerder genoemde proevenreeks, zie TNO-rapport (29).

De resultaten van de brandproeven zijn weergegeven in afb. 6.7. Hieruit blijkt dat deze vloeren voldoen aan de eisen aan brandveiligheid, zoals deze in hoofdstuk 4 zijn genoemd. Vloertype I kan dus worden toegepast binnen woningen en vloertype II voldoet als woningscheidende vloer.

| criterium | tijdsduur gerekend in minuten vanaf het begin van de verhitting gedurende welke nog juist aan het criterium werd voldaan | |
|--|--|----------|
| | vloer I | vloer II |
| vlamdichtheid betrokken op de afdichting | > 30 maar < 48 | 65 |
| thermische isolatie betrokken op temperatuur | > 30 maar < 48 | 65 |
| bezwijken | > 30 * | 65 |

afb. 6.7 Resultaten brandproeven vloertypen I & II.

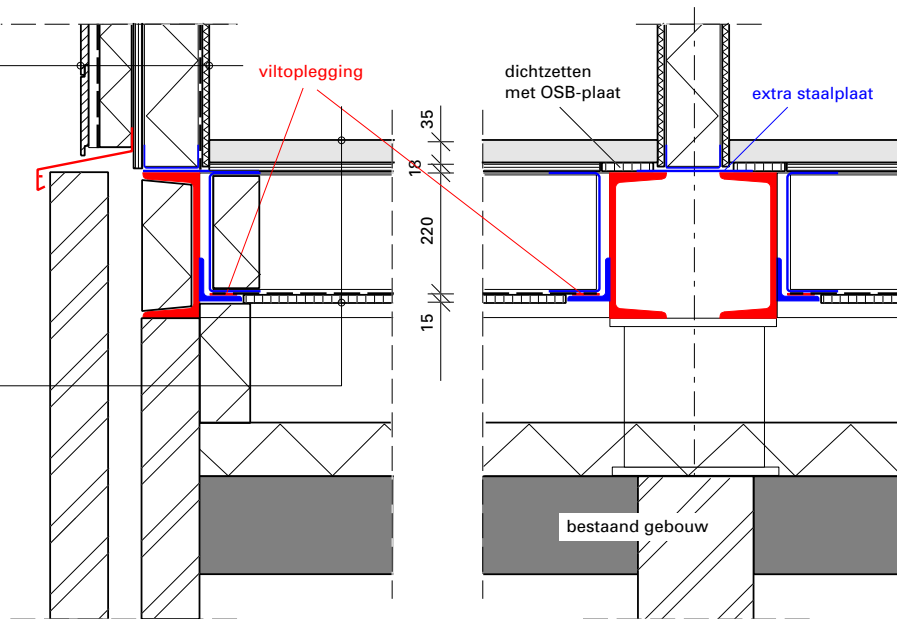
* Conform NEN 6069: 1997 geldt voor het bepalen van de brandwerendheid m.b.t. bezwijken het doorbuigingscriterium $d = 1/30$ l. Dit criterium is o.a. gesteld om schade aan ovens te voorkomen alsmede om een eenduidige beoordeling te verkrijgen. Daarnaast zijn ook mogelijke problemen t.p.v. de oplegging in de praktijk punt van overweging geweest. I.v.m. de koppelingen kan worden verwacht dat bij 48 minuten de doorbuiging waarschijnlijk minder zal zijn geweest dan $1/30$ van de overspanning. Bovendien is i.v.m. het doel van het onderzoek het doorbuigingscriterium voor de onderzochte combinatie niet zo relevant.

opbouw langsgevel

(van binnen naar buiten)
 12,5 mm gipskartonplaat
 dampremmende folie
 U-profiel
 100 mm isolatie
 18 mm triplex
 40 mm isolatie
 vochtwerende,
 dampdoorlatende folie
 regelwerk en rabatdelen

opbouw vloer

(van binnen naar buiten)
 35 mm anhydrietlaag
 18 mm triplex
 U-profiel
 dampremmende folie
 15 mm vezelcementplaat



afb. 6.8
 Aansluiting
 optopwoning
 aan onderbouw.

Beganegrondvloer

Het dak van de onderbouw kan beter niet dienen als vloer voor de bovenbouw. Er wordt dus een vloer toegevoegd, die kan worden beschouwd als beganegrondvloer van de optopwing. Deze vloer moet voldoen aan relatief strenge constructieve en thermische eisen en moet luchtdicht zijn. De opbouw van deze "beganegrondvloer" wijkt dus af van een standaard verdiepingsvloer.

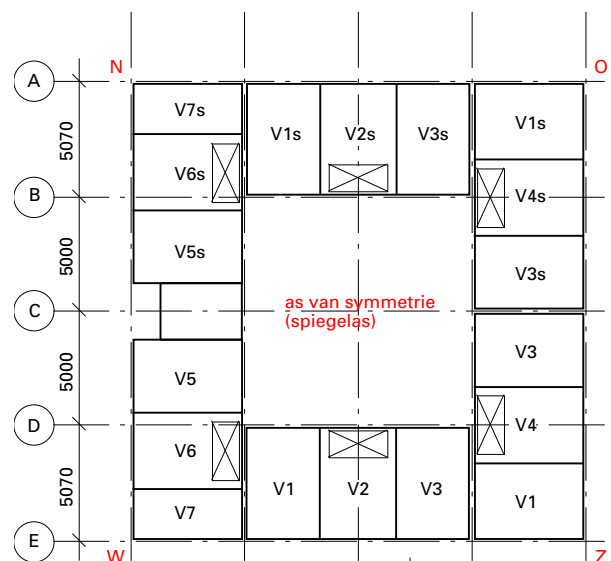
Een voorbeeld hoe zo'n vloer kan worden samengesteld en opgelegd is te zien in afbeelding 6.8. Met het toevoegen van isolatie en een dampremmende laag aan de vloer kan deze voldoen aan de bouwfysische eisen. De geluidsisolatie tussen de optopwoningen is een kritisch punt. Bij de detaillering moet een compromis worden gevonden tussen de constructieve randvoorwaarde en de gewenste akoestische ontkoppeling. De optopwoningen moeten immers wel aan de onderbouw bevestigd kunnen worden. In hoofdstuk 8 is nog een voorbeeld gegeven.

De vloerelementen worden niet op het bestaande dak maar op een stalen overdrachtsconstructie geplaatst. De overdrachtsconstructie rust op pootjes die op de bouwmuren van de onderbouw staan. In afb. 6.8 zijn de "beganegrondvloeren" op vilt opgelegd, waardoor de kans op trillingsoverdracht wordt gereduceerd.

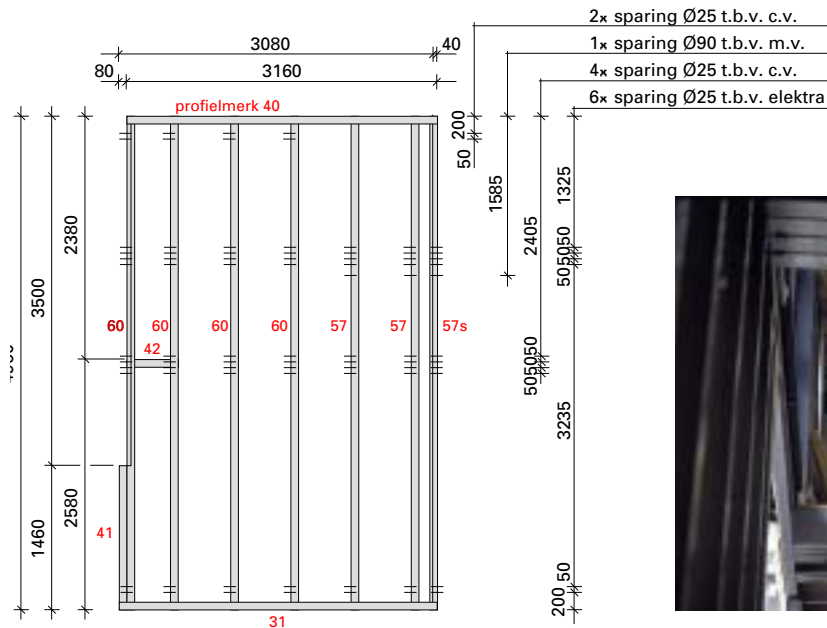
De spouwbladen zijn zonder vilt bevestigd om de windbelasting af te kunnen voeren. Dit maakt het mogelijk de "beganegrondvloeren" van de bovenbouw tussen een verende tussenlaag te verankeren.

Het vloerplan

Gezien de complexiteit kan de rekenkundige toetsing van koudgewalste profielen beter aan de toeleverancier worden overgelaten. Daarvoor zijn een bestek en een vloerplan nodig. Op een vloerplan geeft de ontwerper de afmetingen van de vloerelementen aan (afb. 6.9).



afb. 6.9 Vloerplan van verdieping.



afb. 6.10
Werktekening vloerelement.



Het bestek dient informatie te bevatten over de aansluitdetails en over het leidingenpakket in de vloer. Op basis van deze informatie kan de toeleverancier de werktekeningen van de vloerelementen maken (afb. 6.10).

Wanden

Door "Metal Stud", een merknaam van Gyproc, is Nederland vertrouwd geraakt met de toepassing van koudgewalste profielen voor niet-dragende binnenwanden.

In deze publicatie wordt daar geen aandacht aan besteed, omdat er voldoende informatie beschikbaar is via leveranciers zoals Gyproc en Rigips (zie bijlage D "Adressen"). Er wordt wel ingegaan op de toepassing van staalframelementen als dragende en/of klimaatscheidende wanden.

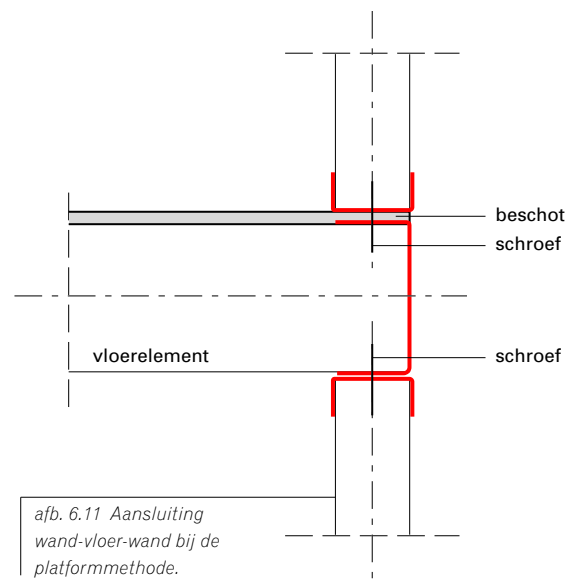
Met de norm NEN 6773 (3) zijn staalframewanden constructief te toetsen. De wijze waarop is beschreven in TNO-rapport (21).

Voor een optimaal gebruik van staalframewanden dient de kennis van hoofdstuk 5 te worden aangevuld. We moeten meer weten over de geluidsisolatie, het thermische en hygrische gedrag, de afbouw en het wandenplan. Eerst wordt nog even stil gestaan bij de bouwmethode.

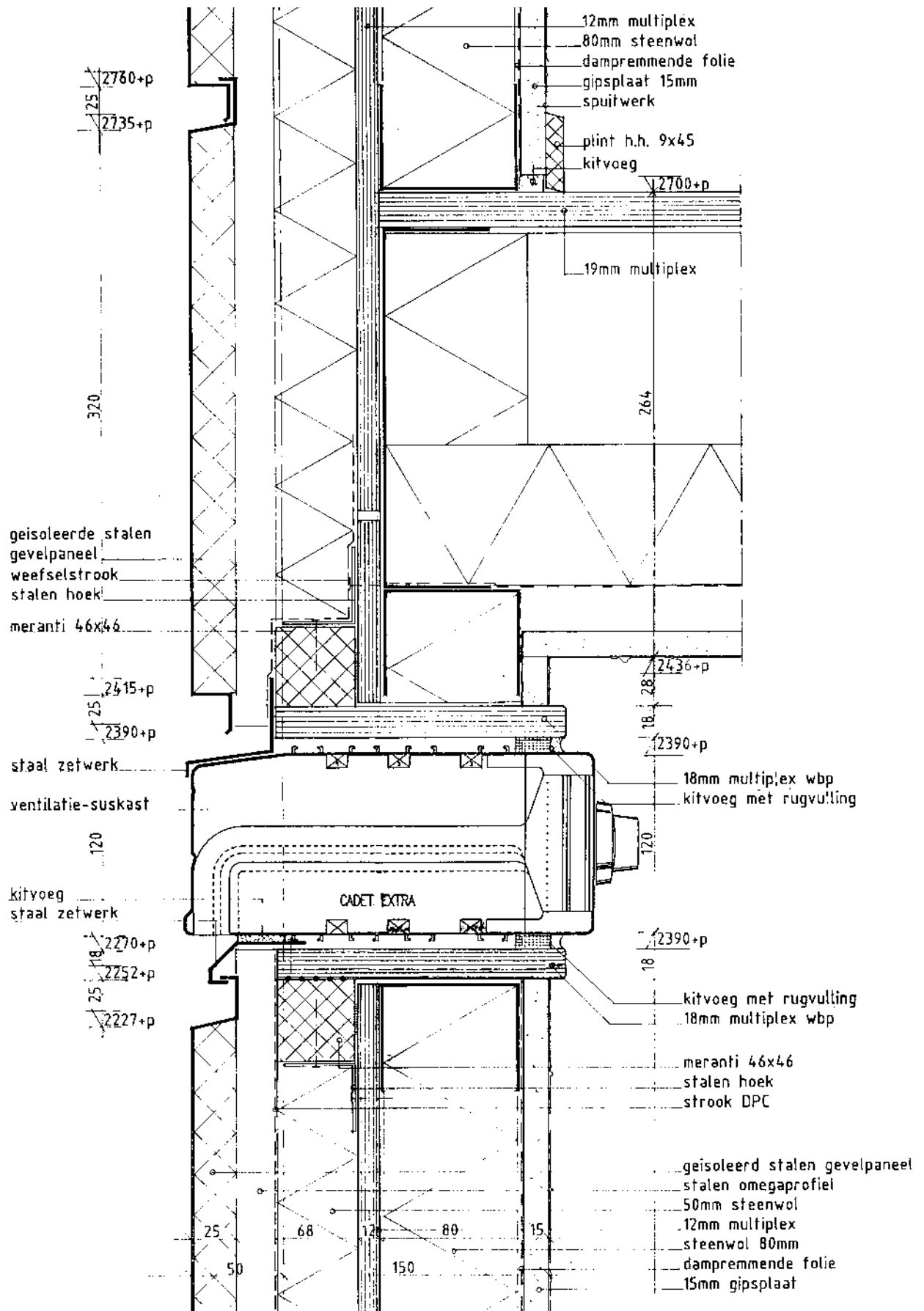
Platformmethode

Het principe van de platformmethode is geïllustreerd in hoofdstuk 5 (afb. 5.30). Afbeelding 6.11 toont een standaard-

detail van de aansluiting van de vloer op de wanden. Het vloerbeschot wordt aan de randligger van de vloer geschroefd voor de schijfwerking. Deze randligger is opgelegd op de bovenregel van het wandelement. De wand van de erboven gelegen verdieping wordt op de randligger geplaatst en de vloer op de wanden. Het vloerbeschot wordt aan de randligger van de vloer geschroefd voor de schijfwerking, dat de stijlen van de wandelementen boven elkaar hoeven te staan. De randligger spreidt namelijk de belasting over de stijlen. De randligger van het vloerelement wordt op de bovenregel van het wandelement geschroefd om de horizontale belastingen af te dragen. Het benodigde aantal schroeven is met een berekening te bepalen.



afb. 6.11 Aansluiting wand-vloer-wand bij de platformmethode.



afb. 6.12
 Opbouw buitengevel Dedemsvaartweg.

Geluidsisolatie

Bij staalframebouw dient een wand als buitengevel of als dragende, woningscheidende wand. Aan de gevel worden eisen gesteld aan geluidwering, die worden aangeduid met "de karakteristieke geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie". Een dragende, woningscheidende wand moet voldoen aan de eisen voor de luchtgeluidsisolatie tussen woningen. Deze wordt aangeduid met de "karakteristieke luchtgeluidsisolatie-index".

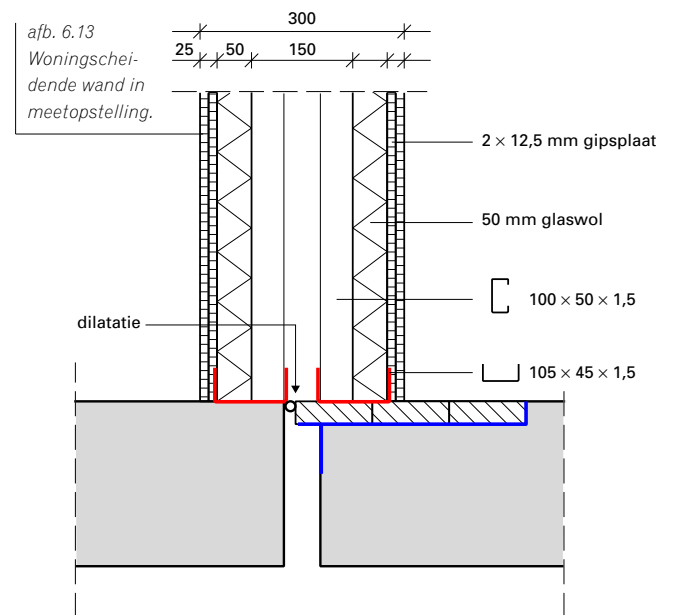
In het kader van een afstudeeropdracht aan de TUE faculteit Bouwkunde (30) is de "karakteristieke geluidwering van de uitwendige scheidingsconstructie" bepaald van de staalframewoningen aan de Dedemsvaartweg in Den Haag (afb. 1.7, 5.3, 5.4, 5.24, 5.25 en 5.30). Uit de metingen blijkt dat de daar toegepaste gevelconstructie op één plaats na voldoet aan het Bouwbesluit. Er is één gevelvlak dat voor 40% uit glas bestaat. Alleen deze gevel voldoet niet. De opbouw van de buitengevel is getoond in afbeelding 6.12.

Waar strengere eisen aan de gevel worden gesteld, kan de geluidsisolatie worden opgevoerd door extra gipsplaat aan te brengen (31).

De luchtgeluidsisolatie van woningscheidende staalframe-wanden is door adviesbureau Peutz & Associates onderzocht in opdracht van Hoogovens Star-Frame. (32). De door Peutz onderzochte standaard woningscheidende wand en de meetresultaten staan in afbeeldingen 6.13 en 6.14.

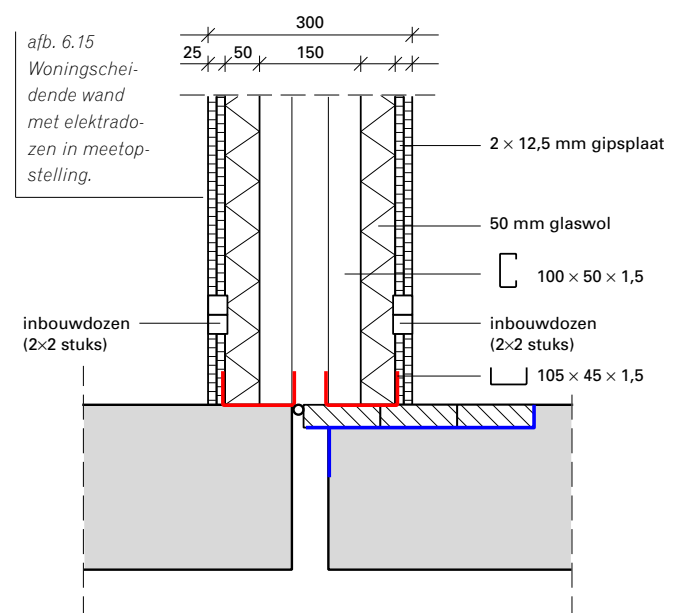
Beide zijden van het wandskelet zijn beplaat met twee gipskartonplaten dik 12,5 mm. Deze zijn op het skelet geschroefd door middel van gefosfateerde snelbouwschroeven. De plaatnaden en schroefkoppen zijn afgepachteld. In elk wandskelet zat een laag glaswol met een volumieke massa van ca. 16 kg/m³.

De resultaten hebben betrekking op volledig ontkoppelde wanden. In hoofdstuk 5 staat echter, dat de vloerconstructies om aan de brandveiligheidseisen te kunnen voldoen zijn doorgekoppeld. De wijze waarop dit kan, is aangegeven in afbeelding 5.33. Bij het onderzoek door Peutz is ook het effect van starre koppelingen, aangebracht in de vorm van 200 mm lange C-profielen, onderzocht. De koppelingen zijn boven en onder in de wand aangebracht op een h.o.h.-afstand van ongeveer 1100 mm. Deze koppelingen hebben tot gevolg dat $I_{lu,lab}$ met 2 dB afnam. De koppelingen in afb. 5.33 zijn op grotere afstanden aangebracht en de stijfheid



ervan is kleiner dan de stijfheid van de koppelingen in de proeven door Peutz. Dit betekent, dat bij doorgekoppelde wanden het resultaat van afbeelding 6.14 met 2 dB is te reduceren. Een gekoppelde wand voldoet dus ruimschoots aan de eisen voor luchtgeluidsisolatie, zoals genoemd in de paragraaf "Geluidsisolatie" in hoofdstuk 4.

In de praktijk moet wel rekening worden gehouden met de plaatsing van elektradozen. Bij een zeer ongunstige plaatsing (afb. 6.15) is $I_{lu,lab}$ nog 9 dB. Het verspringend plaatsen van elektradozen heeft dus de voorkeur.



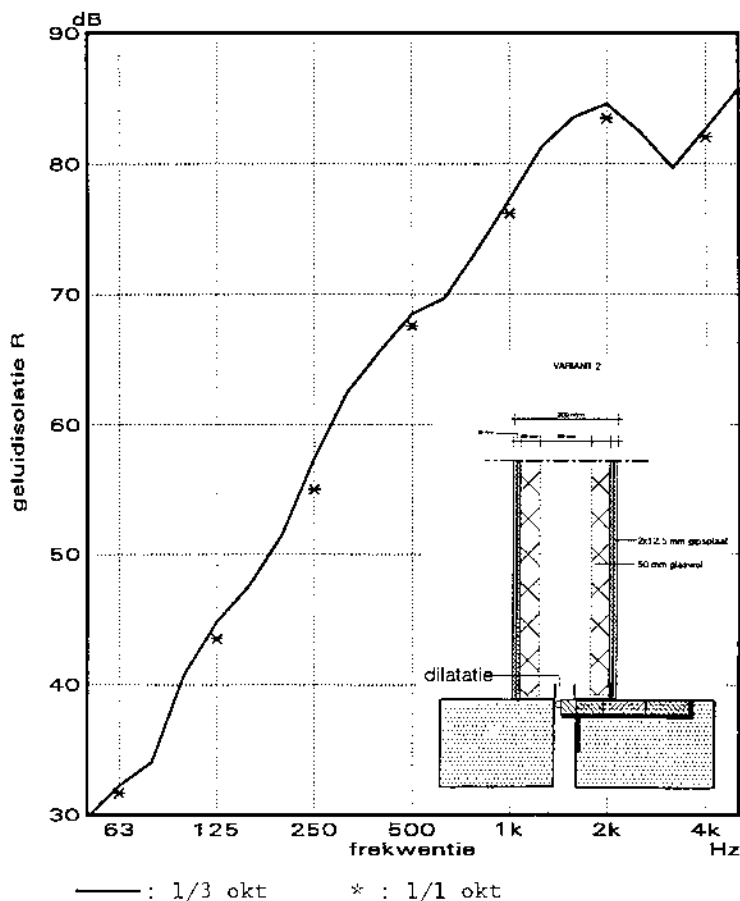


METING VAN DE GELUIDISOLATIE VOLGENS ISO 140-3:1995

Opdrachtgever: Hoogovens Star-Frame BV

onderzochte constructie: Variant 2; basis-wand over de dilatatie

| | | | | |
|-----------------------|------------------------|---|--------|-------|
| werknummer | : AH1206 | R_w (ISO 717) | : 67 | dB |
| volume zendvertrek | : 111.0 m ³ | $I_{U,lab}$ | : 13 | dB |
| volume ontvangvertrek | : 94.0 m ³ | R gemiddeld (100-3150 Hz) | : 66.9 | dB |
| oppervlakte proefwand | : 12.0 m ² | isolatie-klasse volgens NBN S 01-400 | : Ia | |
| massa proefwand | : kg/m ² | Sound Transmission Class (ASTM E413-87) | : 68 | dB |
| signaal | : roze ruis | R_{rose} (NF S 31-051) | : 65 | dB(A) |
| bandbreedte | : 1/3 oktaaf | | | |
| gemeten in | : laboratorium | | | |



| | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| frekw. | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | Hz |
| 1/1 okt | 31.7 | 43.5 | 55.0 | 67.6 | 76.2 | 83.5 | 82.0 | dB |

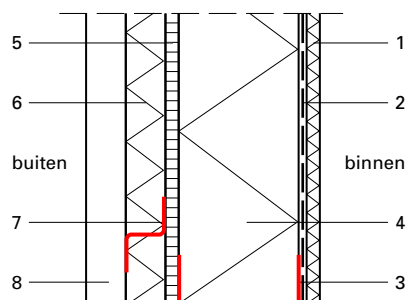
bestandsnaam: ah1206w 1#:604,605

publikatie is slechts toegestaan in de vorm van dit gehele blad

Mook, datum: 11-04-97

afb. 6.14
 Geluidsisolatie
 woning-
 scheidende
 wand.

| | A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|---|
| 1 | 12,5 mm gipskartonplaat | 12,5 mm gipskartonplaat | 12,5 mm gipskartonplaat |
| 2 | 0,1 mm dampremmende folie | 0,1 mm dampremmende folie | 0,1 mm dampremmende folie |
| 3 | stalen U-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 1$ mm | stalen U-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 1$ mm | stalen U-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 1,5$ mm |
| 4 | 100 mm glaswol rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK | 100 mm glaswol rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK | 100 mm glaswol rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK |
| 5 | 10 mm OSB (chipwood) | 10 mm OSB (chipwood) | 10 mm OSB (chipwood) |
| 6 | XPS isolatie 40 mm dik rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK | XPS isolatie 60 mm dik rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK | XPS isolatie 40 mm dik rekenwaarde $l = 0,0378$ W/mK |
| 7 | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 0,7$ mm, hoogte 60 mm | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 0,7$ mm, hoogte 80 mm | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte $t = 0,7$ mm, hoogte 60 mm |
| 8 | gevelbekleding: rabatdelen | gevelbekleding: staalplaat 1 mm | gevelbekleding: rabatdelen |



fb. 6.16
Alternatieven met
extra isolatie aan de buitenzijde.

Thermische en hygrische gedrag

De grootste invloed op het thermische gedrag van staal-frame-elementen heeft het stalen frame zelf. Het frame vormt als het ware de koudebrug tussen binnen en buiten. Er zijn twee mogelijkheden om dit warmtelek te dichten: het aanbrengen van een isolatielaag aan de buitenzijde of het staalprofiel zelf aanpassen. Binnen het Urban-Habitatproject zijn beide mogelijkheden onderzocht. (33) De mogelijkheden van extra isolatie aan de buitenzijde zijn voor drie alternatieven berekend. De gegevens van de alternatieven staan in afbeelding 6.16.

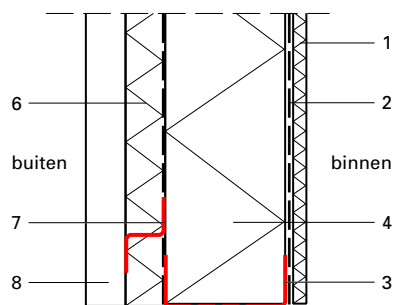
Van de alternatieven zijn de warmteweerstanden en de f -factoren berekend. De f -factoren zijn voor drie warmte-overgangsweerstanden bepaald. De waarde die men in de praktijk gebruikt, is afhankelijk van de betreffende geometrie. Alle berekende R_c en f -factoren voldoen aan het Bouwbesluit (afb. 6.17).

| variant | A1 | A2 | A3 |
|----------------------------|------|------|------|
| f -waarde [-] | | | |
| $R_i = 0,13$ | 0,87 | 0,87 | 0,87 |
| $R_i = 0,25$ | 0,81 | 0,80 | 0,79 |
| $R_i = 0,50$ | 0,72 | 0,71 | 0,69 |
| R_c -waarde [m^2K/W] | 2,56 | 2,69 | 2,46 |

afb. 6.17
Warmteweerstanden en f -factoren van drie
varianten met gewoon profielen.

In Zweden is een aantal jaren geleden het zogenaamde thermoprofiel ontwikkeld (afb. 5.7, 6.19, B.1). Door het aanbrengen van spleten in het lijf blijkt de warmteweerstand van het profiel aanzienlijk toe te nemen. Binnen het project zijn ook de thermische prestaties berekend van drie wanden die zijn voorzien van thermoprofielen (afb. 6.18).

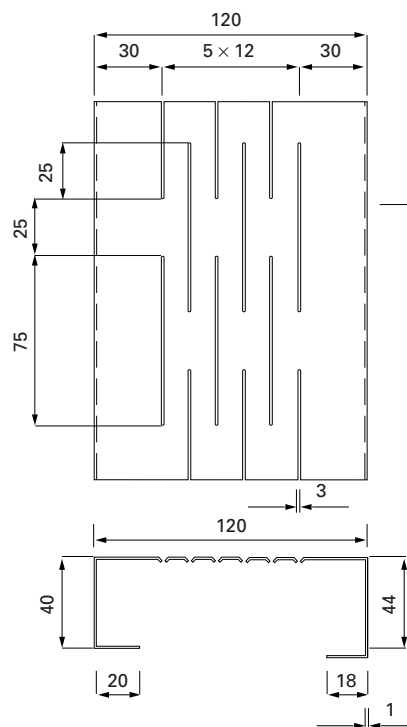
| | B1T | B2T | B3T |
|---|---|---|---|
| 1 | 12,5 mm gipskartonplaat | 12,5 mm gipskartonplaat | 12,5 mm gipskartonplaat |
| 2 | 0,1 mm dampremmende folie | 0,1 mm dampremmende folie | 0,1 mm dampremmende folie |
| 3 | stalen CT120-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 1 mm | stalen CT120-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 1 mm | stalen CT120-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 1 mm |
| 4 | 120 mm glaswol rekenwaarde l = 0,0378 W/mK | 120 mm glaswol rekenwaarde l = 0,0378 W/mK | 120 mm glaswol rekenwaarde l = 0,0378 W/mK |
| 5 | geen! | geen! | geen! |
| 6 | XPS isolatie 0 mm dik rekenwaarde l = 0,0378 W/mK | XPS isolatie 20 mm dik rekenwaarde l = 0,0378 W/mK | XPS isolatie 0 mm dik rekenwaarde l = 0,0378 W/mK |
| 7 | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 0,7 mm, hoogte 30 mm | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 0,7 mm, hoogte 40 mm | stalen Z-profiel, h.o.h. 600 mm dikte t = 0,7 mm, hoogte 30 mm |
| 8 | gevelbekleding: rabatdelen | gevelbekleding: staalplaat 1 mm | gevelbekleding: staalplaat 1 mm |



afb. 6.18
Alternatieven voorzien
van thermoprofielen.

Aangezien de thermische prestaties van het thermoprofiel afhankelijk zijn van de geometrie van de sleuven, is het hier toegepaste profiel nader gespecificeerd (afb. 6.19).

De warmteweerstand en f-factoren van deze drie wanden staan in afb. 6.20. Behoudens variant B3T voldoen deze ook aan het Bouwbesluit. De wijze waarop de warmteweerstand van het thermoprofiel zelf bepaald kan worden, is toegelicht in bijlage B.



afb. 6.19 Bij proef
toegepast type
thermoprofiel.

afb. 6.20 Warmteweerstand en f-factoren van drie
varianten met thermoprofielen.

| variant | B1T | B2T | B3T |
|--------------------------------|-------|-------|-------|
| f-waarde [-] | | | |
| Ri = 0,13 | 0,888 | 0,905 | 0,878 |
| Ri = 0,25 | 0,824 | 0,851 | 0,811 |
| Ri = 0,50 | 0,732 | 0,772 | 0,717 |
| Rc-waarde [m ² K/W] | 2,52 | 3,10 | 2,43 |

Naast het uitvoeren van berekeningen zijn er ook metingen verricht bij gerealiseerde projecten. Bij twee projecten zijn infraroodinspecties, temperatuur- en warmtestroommetingen uitgevoerd. Hierbij is gebleken dat het gemeten thermische gedrag niet veel afwijkt van het berekende thermische gedrag.

Aan de hand van de uitgevoerde berekeningen blijkt dat staalframe wandelementen in beide uitvoeringen kunnen voldoen aan het Bouwbesluit. Met thermoprofielen blijkt de warmteweerstand significant toe te nemen. Hoewel in dit onderzoek geen berekeningen zijn uitgevoerd naar een combinatie van thermoprofielen met een externe XPS-isolatie van 100 mm, blijkt uit het resultaat van variant B2T dat op deze wijze wanden gerealiseerd kunnen worden met een zéér hoge warmteweerstand, $R_c \approx 5,0 \text{ m}^2\text{W/K}$.

De dikte van de wand blijft hierbij beperkt tot 220 mm zonder de regenkering.

Het hygrische gedrag van staalframewanden wijkt niet af van andere uit stijlen en regels samengestelde wanden. Door het aanbrengen van een dampremmende laag aan de warme zijde wordt condensatie in de wand voorkomen. Om convectief warmtetransport naar de spouw te voorkomen is het noodzakelijk dat de dampremmende laag tijdens de gehele levensduur intact blijft.

Duurzaamheid

De levensduurverwachting van staalframes in wanden kan worden voorspeld aan de hand van NEN-ISO 9223:1997 "Corrosie van metalen en legeringen – Corrosiviteit van de atmosfeer – Classificatie" (34). De levensduur is afhankelijk van de "time of wetness". De "time of wetness" is de tijd dat de temperatuur hoger is dan 0°C en de relatieve vochtigheid hoger dan 80%.

Binnen het Urban-Habitatproject is in Finland onderzoek uitgevoerd naar de "time of wetness" in staalframewanden. Het is gerapporteerd in ECSC-project no. 7215-SA/902 – 95-F6.1. Het onderzoek is gedaan middels simulaties en metingen aan demonstratieprojecten in Finland. Uit de resultaten blijkt, dat het al dan niet optreden van corrosie voornamelijk afhankelijk is van het buitenklimaat, de waterdichtheid van de buitenbekleding en de hygroscopische eigenschappen van deze buitenbekleding.

Het buitenklimaat in Nederland is zodanig, dat staal toegepast in een "beschut buitenklimaat" nauwelijks corro-

deert. Een "beschut buitenklimaat" betekent, dat het staal niet nat regent en er geen condensatie optreedt. Aan deze eisen kan worden voldaan door het binnendringen van regen te vermijden en door aan de warme zijde van de constructie een goede dampremmende folie aan te brengen. Een hygroscopisch materiaal mag bovendien niet in direct contact staan met de koudgewalste profielen. Als we hieraan voldoen kan voor staal uitgegaan worden van een corrosiesnelheid van 1,3 mm per jaar, voor zink is deze snelheid 0,1 mm per jaar. De zinklaagdikte van de koudgewalste profielen in klimaatscheidende constructies kan hiermee worden gekozen. De verkrijgbare zinklaagdikten zijn aangegeven in afb. 5.37.

Afbouw

De materiaalkeuze van de gevelafwerking wijkt bij optopprojecten met staalframebouw op een aantal punten af. Dit heeft te maken met het optoppen an sich en met de toepassing van staalframebouw. We gaan hier beknopt in op de keuze van de gevelafwerking in relatie tot de toepassing van staalframebouw.

De keuze van de gevelafwerking moet in overeenstemming zijn met het beoogde uiterlijk en het bouwfysische gedrag. De gevelafwerking heeft invloed op de geluidsisolatie, het hygrische gedrag, de waterdichtheid en de warmtetoetreding tot de woning. Het is de opgave een gevelafwerking te kiezen die aan al deze eisen voldoet en ook nog binnen het budget past.

In tegenstelling tot de zwaardere bouwmethoden heeft bij staalframebouw de keuze van het buitenblad wel invloed op de warmtetoetreding. Dit is met name het geval bij grotere gevelvlakken op het oosten, zuiden of westen.

De warmtetoetreding kan verregaand beperkt worden door de warmte-isolatie in deze wanden te vergroten in combinatie met een goed geventileerde spouw tussen de gevelbekleding en de staalframewand. Een andere oplossing is bijvoorbeeld om een keramische gevelbekleding toe te passen. Een dergelijke bekleding werkt als een warmtebuffer waardoor er minder warmte in de constructie dringt. Het gewicht van een dergelijke afwerking kan door de stijlen van de staalframewanden worden gedragen.

De keuze van gevelafwerking kan ook het al dan niet toepassen van thermoprofielen beïnvloeden. Als gekozen is voor een buitenisolatiesysteem kunnen gewone profielen

toegepast worden (afb. 6.16). Bij buitenisolatie is de aanwezigheid van een beplating aan de buitenzijde van de stijlen immers noodzakelijk. Bij geprofileerde beplating heeft het toepassen van thermoprofielen de voorkeur.

Voor de bevestiging van de gevelbekleding kan worden voortgebouwd op de wandsamenstellingen van afbeelding 6.16 en 6.18. Bij de daar gegeven samenstelling is een Z-profiel aanwezig waar de verschillende gevelsystemen aan bevestigd kunnen worden.

Wandenplan

Gezien de complexiteit van de rekenkundige toetsing van koudgewalste profielen kan deze beter aan de toeleverancier worden overgelaten. Om de toeleverancier duidelijk te maken wat er geleverd moet worden is het aan te bevelen dat bij het bestek een wandenplan aanwezig is. Met een dergelijk plan kan de ontwerper aangeven wat de maten van de elementen zijn.

Om misverstanden te voorkomen is het aan te bevelen om bij het wandenplan wel de positie van de kozijnen ten opzichte van de stijlen te bepalen. Voor het wandenplan kan men er vanuit gaan dat het totale aantal stijlen gelijk moet blijven. De stijlen worden als het ware als "gordijnen" naar de zijkanten geschoven. Op deze wijze is men er vrijwel zeker van, dat er zowel voor het kozijn als voor het in de wand ruimte is.

Naast de geometrische informatie moet van iedere wand bekend zijn of deze een dragende of een scheidende functie

heeft en wat de gewenste bouwfysische prestaties zijn. Als deze gegevens bekend zijn, kan de toeleverancier de samenstelling van de wanden bepalen.

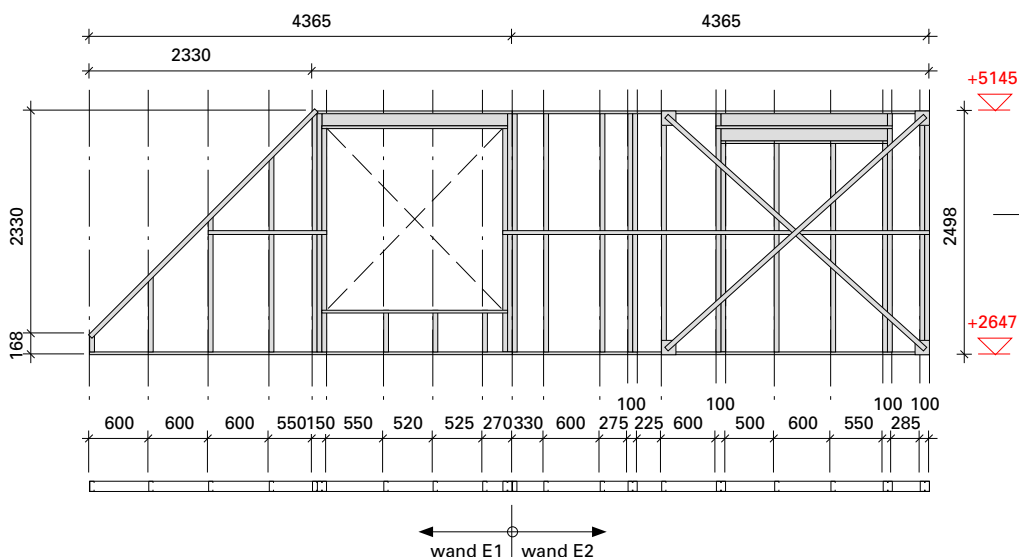
Daken

Na wat over wanden en vloeren is geschreven, kan de informatie over de dakelementen kort zijn. In hoofdstuk 4 is beschreven dat het gedrag onder zomeromstandigheden bij lichte bouw zoals staalframebouw in het ontwerp stadium niet achterwege kan blijven. Hierbij is ook de samenstelling van het dak van belang.

Uit berekeningen (8) blijkt, dat het voorkomen van zonnewarmtetoetreding via het dak een goede methode is om temperatuurstijging in de woning te voorkomen. Naast een drastische maatregel zoals het aanbrengen van een tropendak staan ons nog de volgende mogelijkheden ter beschikking:

- keuze van het isolatiemateriaal
- aanbrengen van accumulerende massa

In afwijking van het gedrag onder wintercondities is bij het gedrag onder zomercondities ook de massa en warmtecapaciteit van isolatiemateriaal van belang. In dit kader kan overwogen worden om isolatiemateriaal op basis van cellulosevezels toe te passen. Studies van TNO, uitgevoerd in opdracht van producenten van deze producten, laten zien dat de warmtestroom met 40% ($2,4 \text{ W/m}^2$ i.p.v. $4,2 \text{ W/m}^2$) kan worden gereduceerd.





Naast het kiezen van een optimaal isolatiemateriaal kan de warmtetoetreding ook beperkt worden door het aanbrengen van massa op het dak. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van betontegels of een vegetatiedak (afb. 6.21). De extra belasting van het dak is bij beide ongeveer 1 kN/m^2 .

afb. 6.21
Vegetatiedak.

Uitvoering

Als optoppen onderdeel is van renovatie van een geheel gebouw, worden er geen bijzondere eisen gesteld aan de uitvoering. Bewoners van een renovatiepand krijgen namelijk vervangende woonruimte aangeboden. Echter, als er alléén wordt opgetopt, blijft de onderbouw meestal bewoond. Voor deze bewoners moet de overlast zo veel mogelijk worden beperkt. Dit vraagt om speciale aandacht tijdens de uitvoering.

Beperk de kosten

Nameten onderbouw

Meet het bestaande gebouw nauwkeurig op; zowel in verticale als in horizontale zin. De maatvoering van bestaande gebouwen is namelijk niet altijd even betrouwbaar. Onderzoek ook op welke wijze het afschot is aangebracht. Bovendien blijken aansluitdetails vaak anders te zijn uitgevoerd dan op de bouwtekeningen staat.



Optoppen in uitvoering.

Korte bouwtijd

Een korte bouwtijd verlaagt niet alleen de bouwkosten, ook de overlast voor de aanwezige bewoners wordt hierdoor beperkt. De bouwtijd kan worden verkort door geprefabriceerde elementen toe te passen. Wel moeten de bouwdelen dan voldoende maatvast zijn en op tijd worden geleverd. Ook de logistiek moet kloppen, zodat, als de onderbouw niet al te hoog is, vanaf de vrachtwagen kan worden gemonteerd.

Beperkte montageruimte

Bij optoppen bevindt de bouwplaats zich op het dak. Daar is de ruimte beperkt, hetgeen de montage bemoeilijkt. Een dure oplossing is om het gehele project in de steigers te zetten. Dat kan worden voorkomen, door bijvoorbeeld al tijdens de ontwerpfase te besluiten om de gevels van de optopping te laten inspringen. Als deze montageruimte ontbreekt, kan de constructieve tussenlaag tijdelijk (tijdens de bouwfase) worden vergroot, zodat om de optopwoningen een werkplateau ontstaat.

Aansluiting met onderbouw

Tast het dak van de onderbouw zo min mogelijk aan. Laat de dakbedekking op de onderbouw liggen. Zet de optopconstructie op pootjes (van bijvoorbeeld stalen kokerprofielen) en plak deze in de bestaande dakbedekking. Op deze manier blijft het dak van de onderbouw dicht. Bouwfysisch kan dat geen kwaad: er ontstaat tussen het bestaande gebouw en de optopwoningen een licht geventileerde spouw, die de warmte-isolatie van de onderbouw verbetert. Desgewenst is de warmte-isolatie van het dak van de onderbouw te verhogen door een "omgekeerd dak" toe te passen. Dan hebben de bewoners van de bovenste laag van de onderbouw ook nog profijt van de werkzaamheden.

Nauwelijks conserveren

Door nauwkeurig te detailleren, blijft de staalconstructie in de spouw droog. Voor de conservering is een primer dan voldoende (25).

Maatafwijkingen

Het is verstandig om de pootjes van de tussenconstructie in hoogte verstelbaar te maken, zodat de verschillen in hoogte van de onderbouw kunnen worden opgevangen. Een andere beproefde methode om onnauwkeurigheden in de maatvoering op te vangen is het toepassen van vulplaten.



Optoppen in uitvoering.



Optoppen in uitvoering.

Kabels en leidingen

Door vooraf te inspecteren in welke staat het kabel- en leidingensysteem verkeren, kunnen de installatietechnische werkzaamheden goed worden begroot en gepland. Speciale aandacht moet uitgaan naar gietijzeren afvoeren, want de binnenkant is vaak minder fraai dan de buitenkant doet vermoeden.

Beperk de overlast

Installaties

Bij optoppen ondervinden de bewoners van de onderbouw hinder van de bouw en installatie-technische werkzaamheden, zoals het aansluiten van sanitair, elektra en ventilatievoorzieningen. De overlast wordt beperkt door in het voorjaar met het werk te beginnen, omdat de verwarmingssystemen dan kunnen worden uitgezet. De zomervakantie is de meest geschikte periode voor veelomvattend installatiewerk.

Lekkages

Uit de evaluatie van gerealiseerde projecten blijkt dat bewoners van de onderbouw meer dan eens last hadden van lekkages. Dat is een grote bron van irritatie, die met een kleine inspanning kan worden voorkomen. Omschrijf daarom in het bestek hoe het dak van de onderbouw waterdicht wordt gemaakt, nadat de tussenconstructie is geplaatst.

Vogels

Er moeten voorzieningen worden getroffen om te voorkomen, dat vogels gaan nestelen in de ruimte tussen onderbouw en optopping.

Openheid

Betrek de bewoners van de onderbouw bij de voorbereiding en hou contact tijdens de uitvoering. Sta open voor vragen en geef duidelijke informatie om irritaties voor te zijn.

Vraag advies

Optoppen is voor Nederland een redelijk nieuwe bouwopgave, maar toch heeft een aantal ontwerpers en bouwers er al ervaring mee opgedaan. Dat geldt bijvoorbeeld voor de betrokkenen bij twaalf referentieprojecten, die zijn genoemd in de publicatie “Gereedschappen voor herontwikkeling: Optoppen – Het toevoegen van dakwoningen aan naoorlogse flatgebouwen” (2). Wellicht zijn zij bereid om informatie uit te wisselen, die u bij úw optopproject kunt gebruiken.



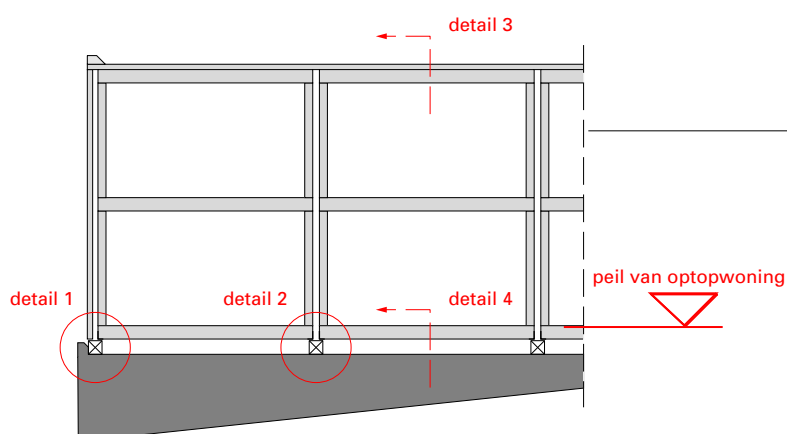
Voorbeeldprojecten

Het optoppen van woongebouwen is een vrij nieuwe bouwopgave.

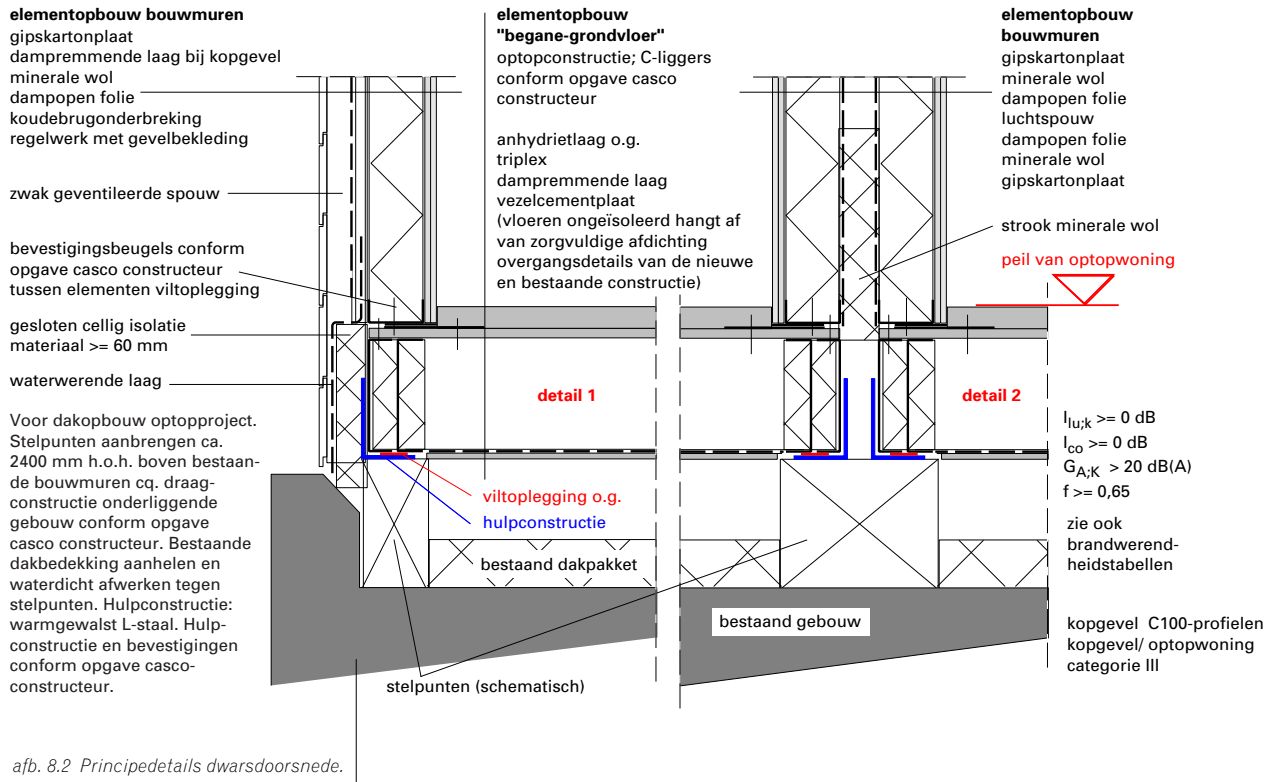
In hoofdstuk 2 bleek, dat optoppen een interessant instrument is om de voor de deur staande herstructurering van na-oorlogse wijken aan te pakken.

KOMO-attest voor staalframebouw

Onlangs verkreeg het staalframebouw-systeem van Hoogovens Star-Frame het KOMO-attest van de B.V. Kwaliteitsverklaringen Bouw. Met dit attest – een keurmerk voor de bouw – bevestigt de Stichting Bouwkwiteit dat het bouw-systeem (inclusief de onderdelen zoals binnenspouwbladen) voldoet aan de eisen van het Bouwbesluit voor ondermeer de brandwerendheid en de thermische isolatie van het staalframe-casco. Een attest wordt toegekend, nadat eenmalig en objectief is vastgesteld dat een bouwproduct of -systeem geschikt is voor een bepaalde toepassing in de bouw. Om voor een KOMO-attest in aanmerking te komen, dient de aanvrager principedetails van het product of het systeem te leveren aan de attesteringsinstelling. Deze principedetails kunnen als uitgangspunt worden genomen voor toekomstige optopprojecten in staalframebouw (afb. 8.1, 8.2, 8.3).



afb. 8.1
Overzicht details KOMO-attest.



langsgevels uitgevoerd met CT 120 profielen en gevelbekleding op regelwerk

minerale wol ≥ 56 mm

elementopbouw langsgevel

gipskartonplaat
 dampremmende laag bij kopgevel
 minerale wol
 dampopen folie
 koudebrugonderbreking
 regelwerk met gevelbekleding

zwak geventileerde spouw

elementopbouw plat dakvloer
 C-liggers conform opgave casco constructeur

dakbedekking conform eisen fabrikant
 isolatie
 triplex
 dampremmende laag
 gipskartonplaat

detail 3

$G_{A,K} > 20$ dB(A)
 $f \geq 0,65$

afdichting PUR afwerking binnenzijde plafond met gips (insnijden)

NIET-DRAGENDE BINNENSPOUWBLADEN zie ook brandwerendheidstabellen langsgevel/ dakvloer gevelbekleding op regelwerk

langsgevels uitgevoerd met C 100 profielen en gevelbekleding op regelwerk

verankering

oplegvilt en afdichtband

waterwerende laag

gesloten cellig isolatiemateriaal in het werk aanbrengen

folie opzetten en na aanbrengen afwerkvloer afsnijden + plint

afwerkvloer

peil van optopwoning

detail 4

bestaand dakpakket

bestaand gebouw

elementopbouw "begane-grondvloer"
 optopconstructie; C-liggers conform opgave casco constructeur

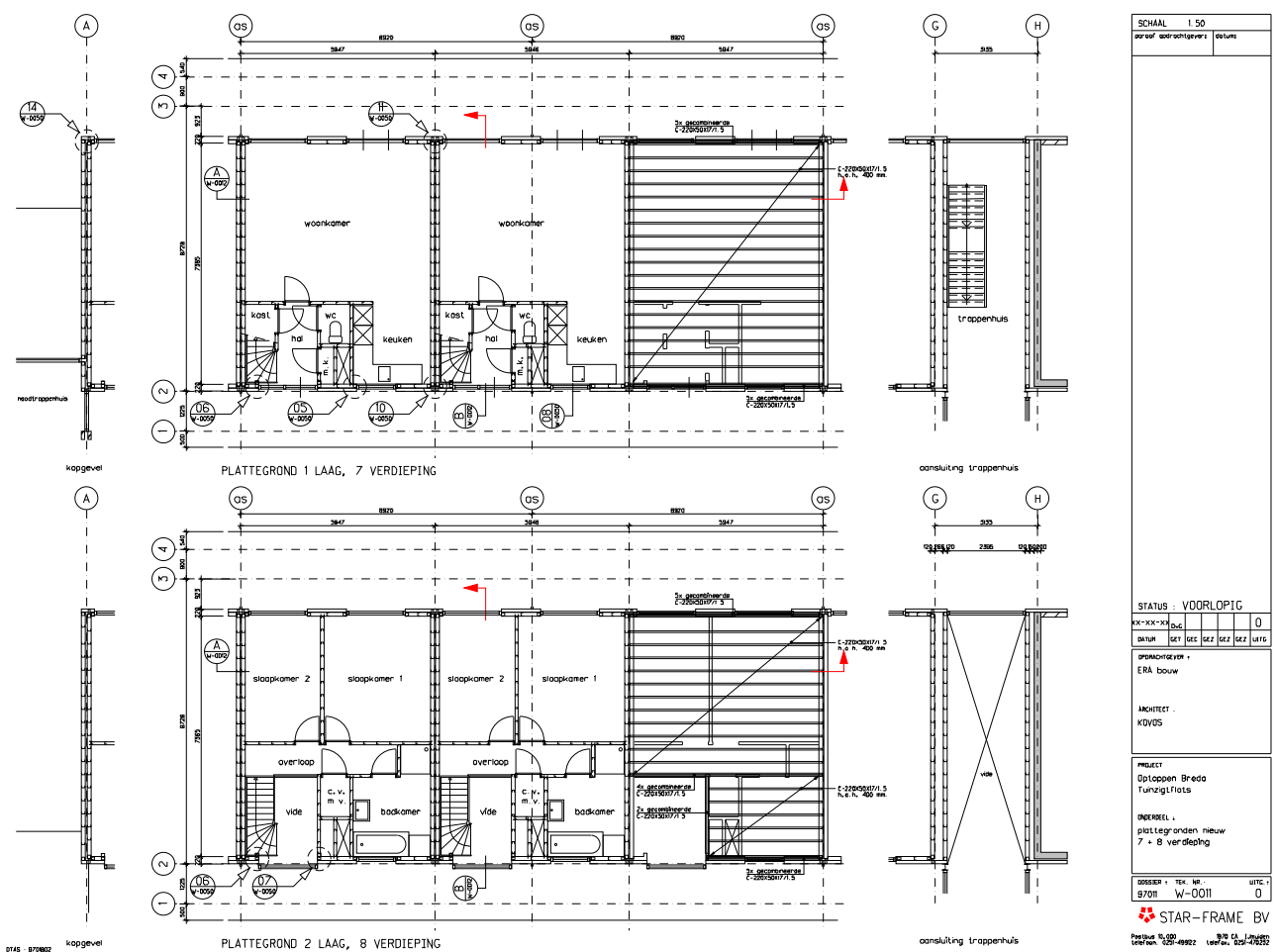
anhydrietlaag o.g. triplex
 dampremmende laag
 vezelcementplaat
 (vloeren ongeïsoleerd hangt af van zorgvuldige afdichting overgangsdetails van de nieuwe en bestaande constructie)

afb. 8.3 Principedetails langsdoorsnede.

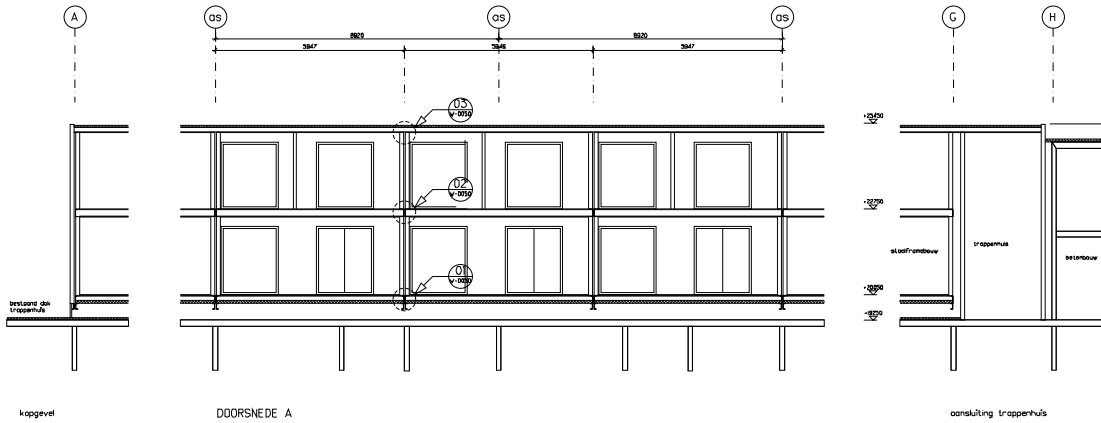
Bestektekeningen Tuinzigflats Breda

In Breda bestaan ver gevorderde plannen om op te toppen met staalframebouw. Hierbij worden maisonnettes op de Tuinzigflats geplaatst. Er is gekozen voor staalframebouw, omdat met dit bouwsysteem vrij indeelbare woningen met een traveemaat van 6 m mogelijk zijn. Voor het ontwerp van de woningen tekent KOVOS Architecten- en Ingenieursbureau uit Eindhoven. Hoogovens Star-Frame heeft het ontwerp bouwtechnisch uitgewerkt (afb. 8.4, 8.5, 8.6 en 8.7).

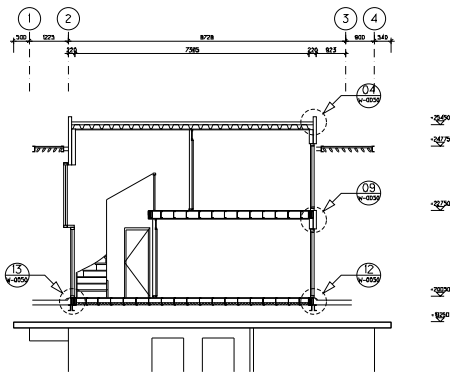
Het bestek is klaar, maar het ziet er niet naar uit dat het plan wordt uitgevoerd. Omdat de optopplannen voor de Tuinzigflats tot in detail zijn uitgewerkt, kunnen zij toch als voorbeeld dienen van "optoppen met staalframebouw".



afb. 8.4
Optoppen Tuinzigflats in Breda.
Plattegronden.



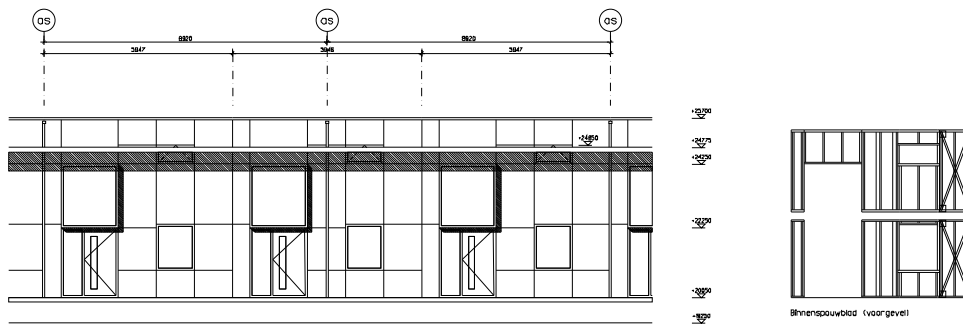
| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| SCHAAAL 1:50 | |
| paraf. opdrachtgever | datum |
| | |
| STATUS : VOORLOPIG | |
| AK-1x1-1x | 0 |
| SAK-1 | SAK-2 |
| SAK-3 | SAK-4 |
| SAK-5 | SAK-6 |
| SAK-7 | SAK-8 |
| SAK-9 | SAK-10 |
| Promotiemateriaal - ERA bouw | |
| ARCHITECT - KIVI/O'S | |
| PROJECT - Dotsoppen Breda Tuningfilms | |
| ONDERDEEL - doorsneden A + B | |
| OPDRACER - TEK-NR | UITG. - 0 |
| 97011 | W-0012 |
| STAR-FRAME BV | |
| Postbus 16.020 | 3720 CL Loosdrecht |
| telefoon 0375-49922 | telefax 0375-426552 |



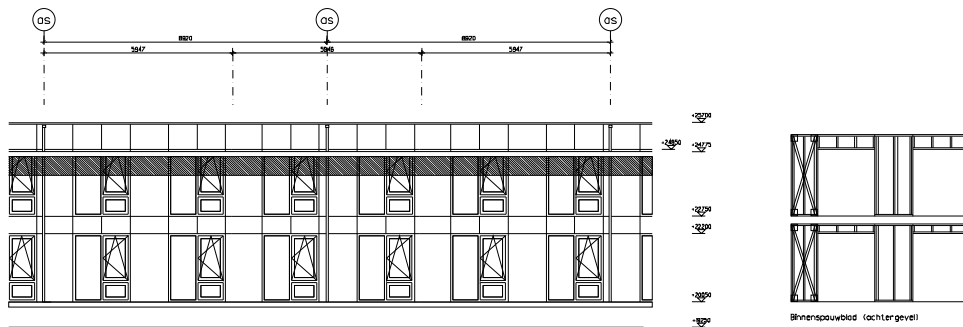
DOORSNEDE B

0145 - 873805

afb. 8.5 Doorsneden.



GALERIJGEVEL



BALKONGEVEL

0145 - 873805

afb. 8.6 Gevels.

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| SCHAAAL 1:50 | |
| paraf. opdrachtgever | datum |
| | |
| STATUS : VOORLOPIG | |
| AK-1x1-1x | 0 |
| SAK-1 | SAK-2 |
| SAK-3 | SAK-4 |
| SAK-5 | SAK-6 |
| SAK-7 | SAK-8 |
| SAK-9 | SAK-10 |
| Promotiemateriaal - ERA bouw | |
| ARCHITECT - KIVI/O'S | |
| PROJECT - Dotsoppen Breda Tuningfilms | |
| ONDERDEEL - Gevels nieuw | |
| OPDRACER - TEK-NR | UITG. - 0 |
| 97011 | W-0013 |
| STAR-FRAME BV | |
| Postbus 16.020 | 3720 CL Loosdrecht |
| telefoon 0375-49922 | telefax 0375-426552 |

A) Opbouw woningscheidende wand

van woning tot hart-spouw:

- * 10 mm. Rinoflam.
- * 12,5 mm. gipsplaat.
- * dampremmende folie.
- * SFB-profielen(U-105x45 mm.), waartussen 50 mm. minerale wol.
- * dampdoorlatende vochtkerende folie.
- # 50 mm. spouw.

Hart spouw=hart woningscheidende wand.

B) Opbouw woningscheidende vloer

van boven naar beneden:

- * Underlayment 18 mm.
- * dampremmende folie.
- * SFB-profielen(C-220x50x17/1,5 h.o.h. 400), waartussen 95 mm. minerale wol.
- * Dampdoorlatende vochtkerende folie: functie hiervan is het voorkomen van het doorvallen van de isolatie en het weren van ongedierte onder en tussen de woningen.

SFB-vloer opleggen op UNP's m.b.v. vilt.

C) Opbouw kamerscheidende vloer

van boven naar beneden:

- * Underlayment 18 mm.
- * SFB-profielen(C-220x50x17/1,5 h.o.h. 400),
- * 12,5 mm. gipsplaat.
- * 10 mm. Rinoflam.

D) Opbouw buitenwand

van binnen naar buiten:

- * 10 mm. Rinoflam.
- * dampremmende folie.
- * SFB-profielen(C-100x50x17/1,5 h.o.h. 600), waartussen 50 mm minerale wol
- * 10 mm multiplex
- # Z-profielen, met daartussen 80 mm min. wol
- # dampdoorlatende vochtkerende folie.
- # spouw
- # kunststof volkern beplating.

E) Opbouw dak

van binnen naar buiten:

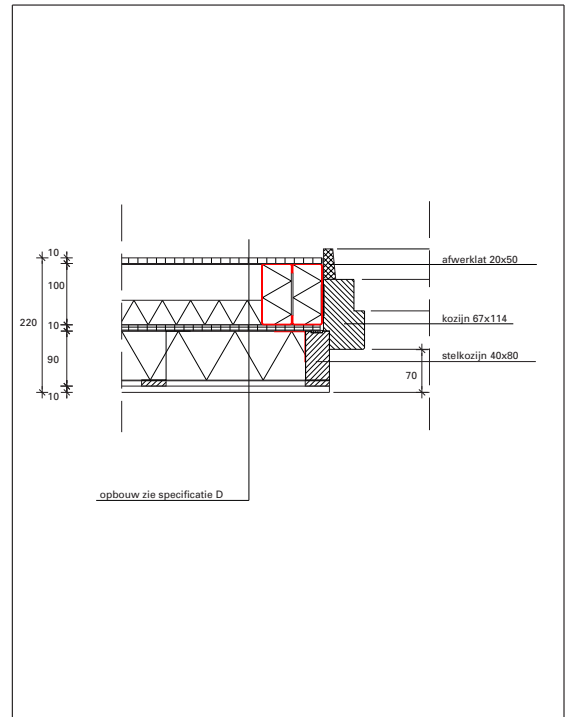
- * 10 mm. Rinoflam.
- * 12,5 mm. gipsplaat.
- * dampremmende folie.
- * geprofileerde beplating h=135 mm.
- # 95-195 mm. minerale wol afschotisolatieplaten.
- # dakbedekking.

* = levering SFB

| | |
|--|----------------------------|
| SCHAAL 1:5 | |
| paraaf opdrachtgever: | datum: |
| Details | |
| PROJECT : Optoppen Breda Tuinzigflats | |
| OPDRACHTGEVER : ERA bouw | |
| ONDERWERP : Detailering | |
| DOSSIER : | TEK. NR. : DATUM : UITG. : |
| 97011 | W-0050 XX-XX-97 0 |

STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



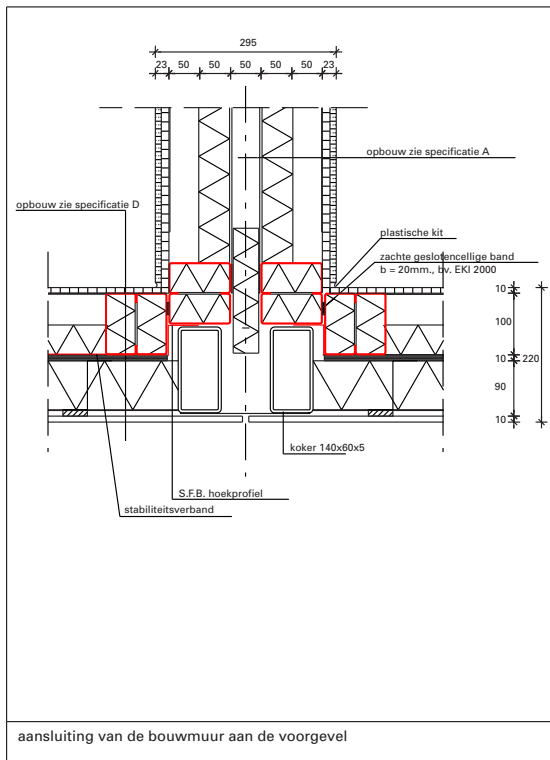
de zijansluiting van een kozijn

DET. NR.: **97011-05**

DATUM : UITG. : ACC. :
XX-XX-97 0

STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



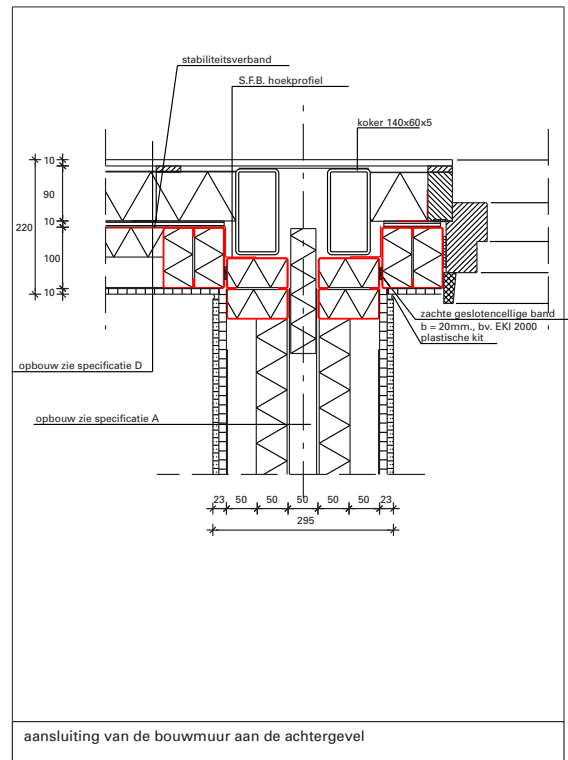
aansluiting van de bouwmuur aan de voorgevel

DET. NR.: **97011-10**

DATUM : UITG. : ACC. :
XX-XX-97 0

STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



aansluiting van de bouwmuur aan de achtergevel

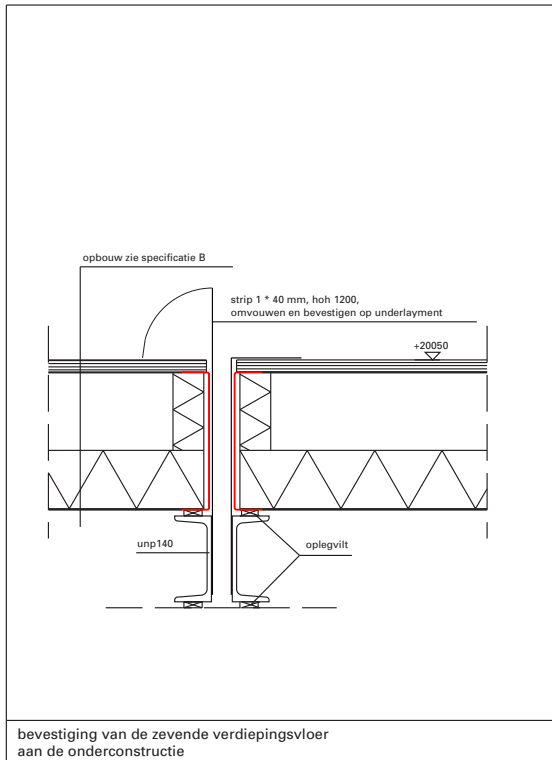
DET. NR.: **97011-11**

DATUM : UITG. : ACC. :
XX-XX-97 0

STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232

afb. 8.7a Detailering.



bevestiging van de zevende verdiepingvloer aan de onderconstructie

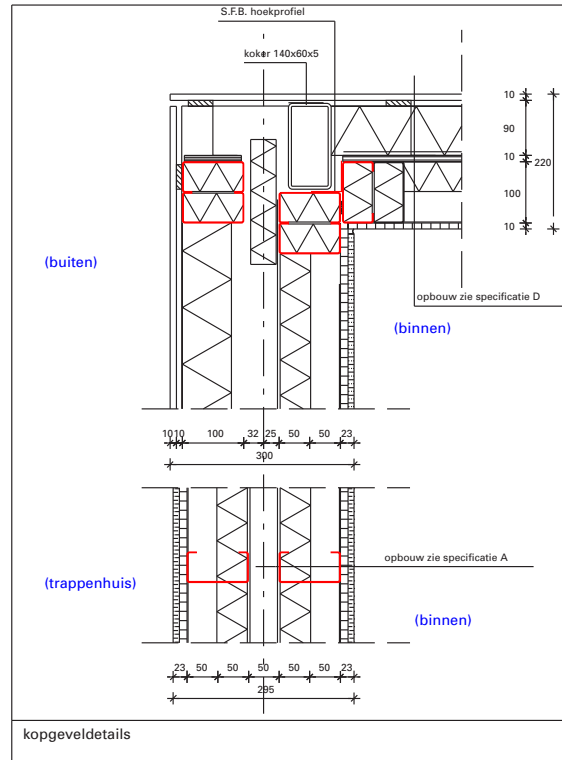
DET. NR.: 97011-01a

DATUM : UITG.: ACC.
xx-xx-97 0



STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



kogpeveldetails

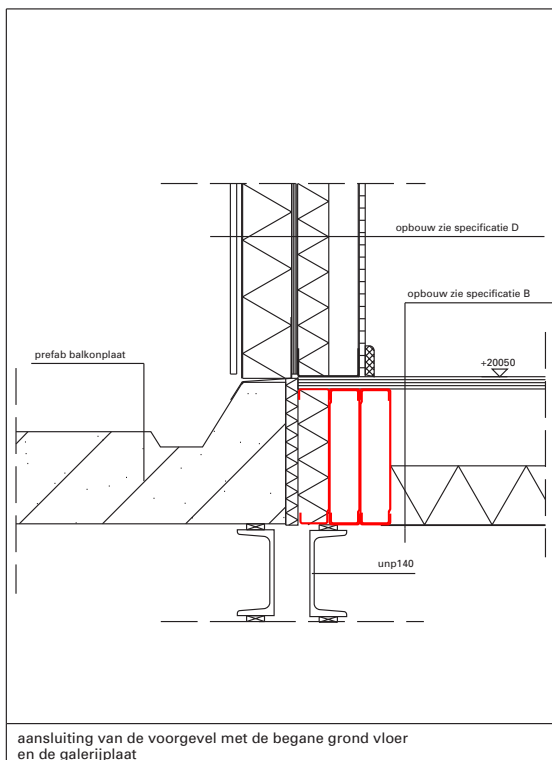
DET. NR.: 97011-14

DATUM : UITG.: ACC.
xx-xx-97 0



STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



aansluiting van de voorgevel met de begane grond vloer en de galerijplaat

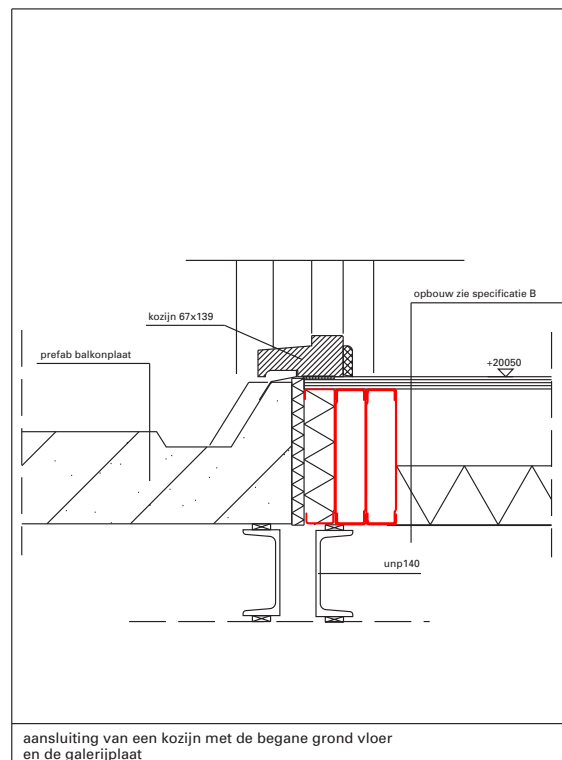
DET. NR.: 97011-12

DATUM : UITG.: ACC.
xx-xx-97 0



STAR-FRAME BV

Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



aansluiting van een kozijn met de begane grond vloer en de galerijplaat

DET. NR.: 97011-13

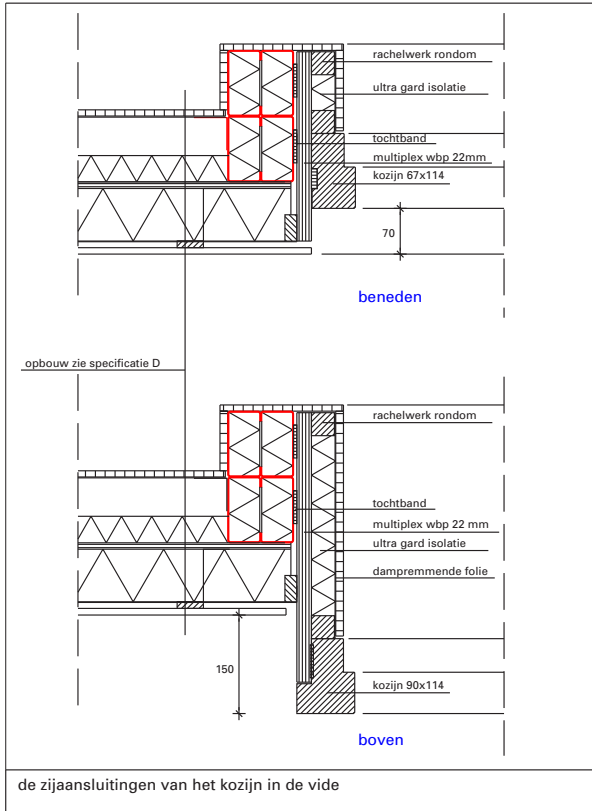
DATUM : UITG.: ACC.
xx-xx-97 0



STAR-FRAME BV

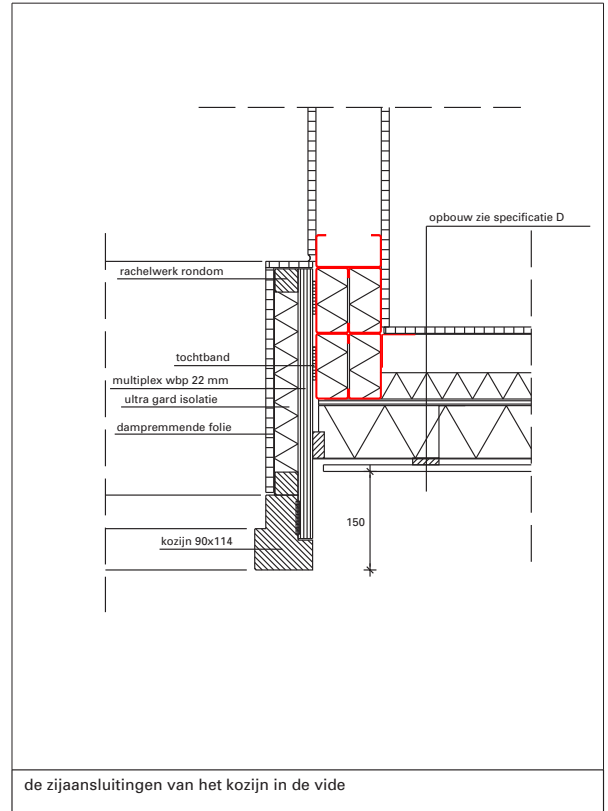
Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232

afb. 8.7b Detaillering.



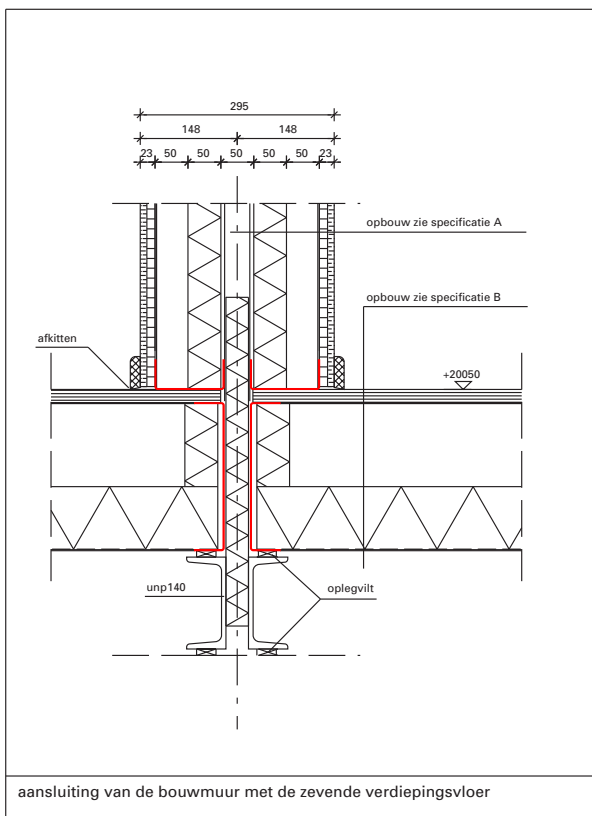
DET. NR.: 97011-06
 DATUM : UITG.: ACC.
 xx-xx-97 0

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



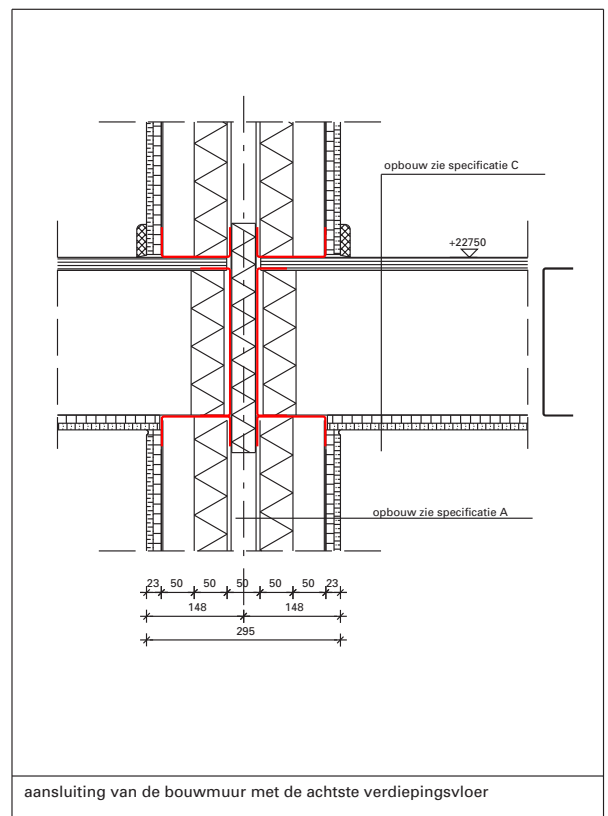
DET. NR.: 97011-07
 DATUM : UITG.: ACC.
 xx-xx-97 0

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



DET. NR.: 97011-01
 DATUM : UITG.: ACC.
 xx-xx-97 0

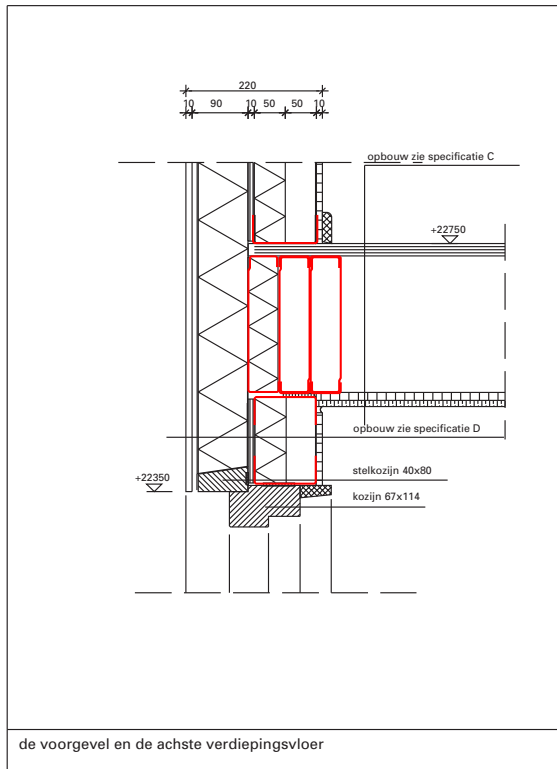
STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232



DET. NR.: 97011-02
 DATUM : UITG.: ACC.
 xx-xx-97 0

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 1970 CA IJmuiden
 telefoon: 0251-499122 telefax: 0251-470232

afb. 8.7c Detaillering.

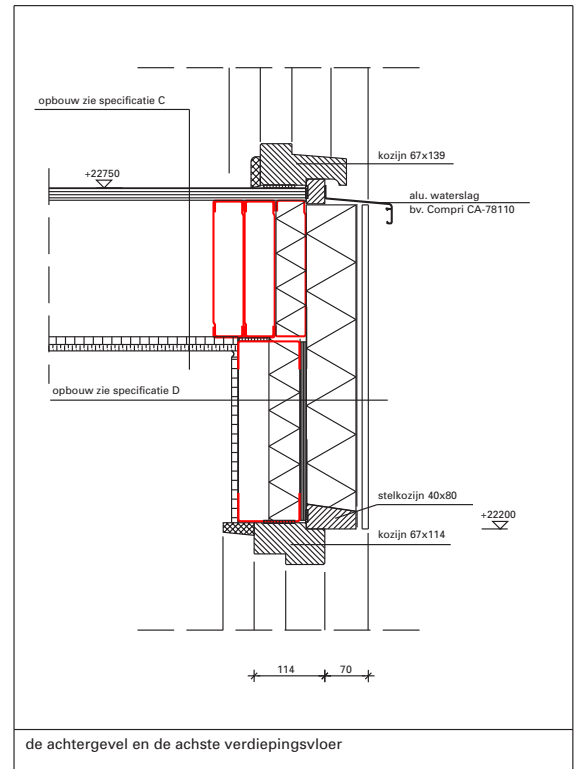


de voorgevel en de achste verdiepingvloer

DET. NR.: 97011-08

| | | |
|----------|--------|------|
| DATUM: | UITG.: | ACC. |
| xx-xx-97 | 0 | |

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 telefoon: 0251-499122 1970 CA IJmuiden telefax: 0251-470232

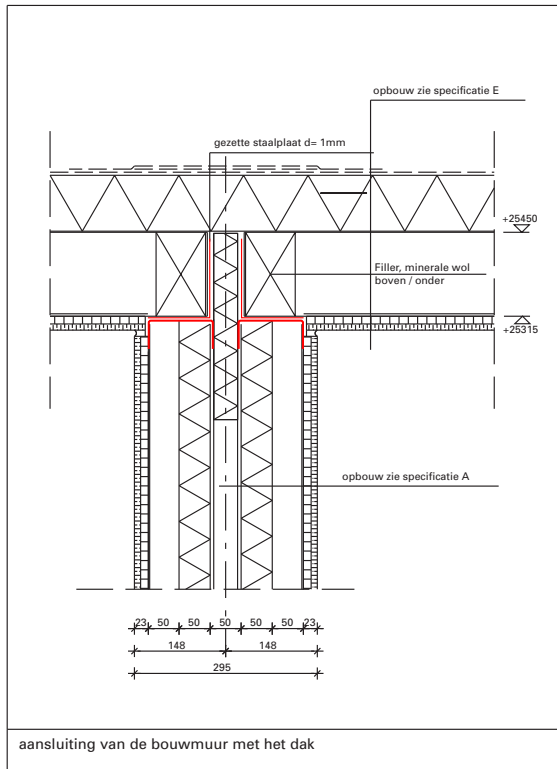


de achtergevel en de achste verdiepingvloer

DET. NR.: 97011-09

| | | |
|----------|--------|------|
| DATUM: | UITG.: | ACC. |
| xx-xx-97 | 0 | |

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 telefoon: 0251-499122 1970 CA IJmuiden telefax: 0251-470232

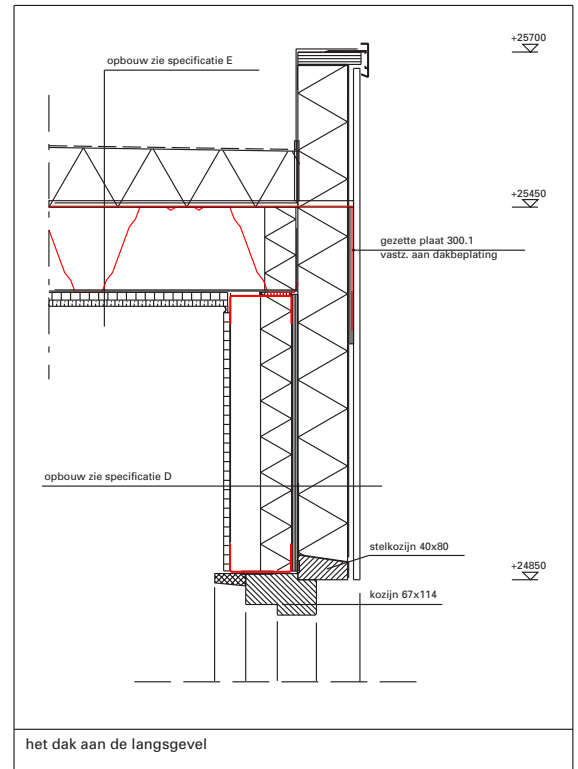


aansluiting van de bouwmuur met het dak

DET. NR.: 97011-03

| | | |
|----------|--------|------|
| DATUM: | UITG.: | ACC. |
| xx-xx-97 | 0 | |

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 telefoon: 0251-499122 1970 CA IJmuiden telefax: 0251-470232



het dak aan de langsgewel

DET. NR.: 97011-04

| | | |
|----------|--------|------|
| DATUM: | UITG.: | ACC. |
| xx-xx-97 | 0 | |

STAR-FRAME BV
 Postbus 10.000 telefoon: 0251-499122 1970 CA IJmuiden telefax: 0251-470232

afb. 8.7d Detaillering.

Literatuur

Literatuurverwijzingen

- 1 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, "Nota Stedelijke vernieuwing", VROM-beleidsnota 97415/b/8-97, Ministerie van VROM, Den Haag, 1997.
- 2 Diverse auteurs, "Gereedschappen voor herontwikkeling: Optoppen – Het toevoegen van dakwoningen aan naoorlogse flatgebouwen", Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting / Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1999.
- 3 Nederlands Normalisatie-instituut, NEN 6773: 1997 Ontw. "Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen, basisrekenregels en beproevingen voor overwegend statisch belaste dunwandige koudgevormde stalen profielen en geprofileerde platen", Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, oktober 1997.
- 4 Nederlands Normalisatie-instituut, NVN-ENV 1993-1-3: 1996 "Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-3: Algemene regels – Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen", Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, april 1996.
- 5 BRIAC "Brandveiligheidseisen aan optopping", brief van Bouw Regelgeving Informatie Advies Centrum (BRIAC) met kenmerk 0128, BRIAC, Rotterdam, 10 juli 1996.
- 6 Nederlands Normalisatie-instituut, NEN 6702: 1991 "TGB 1990 – Belastingen en vervormingen", Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, december 1991.
- 7 Ing. P.W. van de Haar & ir. L. Twilt, "Megaproject (Staalframewoningbouw op bestaand woongebouw) – Eisenniveau m.b.t. brandveiligheid", TNO-rapport 95-CVB-R0105, TNO Bouw, Delft, april 1995.
- 8 Ir. J. Oldengarm, "The application of steel in urban habitat – Indoor climate during summer in dwellings with lightweight steel frame constructions – A case study", TNO-report 95-BBI-R0581, TNO Bouw, Delft, juli 1995.
- 9 Ir. F. Kranendonk, "The application of steel in urban habitat – Onderbouwing prestatie-eisen geluidwering – Concept/working document", TNO-report 95-BBI-R0992, TNO Bouw, Delft, juli 1995.

- 10 Dr.ir. G.P.C. van Oosterhout,
"Trillingen van vloeren – Metingen en prognoses", TNO-rapport 98-CON-R0488,
TNO Bouw, Delft, juni 1998.
- 11 F. de Groot
"Staalframewoningen Den Haag", artikel in Bouwen met Staal nr. 119,
Staalbouw Instituut, Rotterdam, 1994.
- 12 Ir. J.W.B. Stark,
"Koud gevormde profielen", Staalcentrum Nederland/Staalbouwkundig Genoot-
schap, Rotterdam, februari 1984.
- 13 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN-EN 10162: 1997 Ontw. "Koudgewalste profielen van staal -
Technische leveringsvoorwaarden - Toleranties op vorm en afmetingen",
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, mei 1997.
- 14 Nederlands Normalisatie-instituut,
NVN-ENV 1090-2: 1998 "Het vervaardigen van staalconstructies – Deel 2: Aanvul-
lende regels voor koudgevoormde dunwandige profielen en platen", Nederlands
Normalisatie-instituut, Delft, september 1998.
- 15 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN-EN 10025: 1998 Ontw. "Warmgewalste producten van ongelegeerd construc-
tiestaal". Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, april 1998.
- 16 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN-EN 10113: 1993 "Warmgewalste produkten van lasbaar fijnkorrelig construc-
tiestaal", Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, juli 1993.
- 17 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN-EN 10147: 1998 Ontw. "Continu-dompelverzinkte band en plaat van staal voor
constructiedoeleinden – Technische leveringsvoorwaarden", Nederlands Normali-
satie-instituut, Delft, januari 1998.
- 18 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN-EN 10149-1: 1996 "Warmgewalste platte produkten gemaakt van staalsoorten
met een hoge vloeigrens voor koudvervormen (delen 1, 2 en 3)", Nederlands
Normalisatie-instituut, Delft, januari 1996.
- 19 Diverse auteurs,
"Gezondheid en veiligheid bij het lassen: T.C.8 Voorlichtingsdag", Nederlands
Instituut voor Lastechniek, 's-Gravenhage, maart 1989.
- 20 Diverse auteurs,
"Lassen, lijmen en plaatbewerken: cursushandboek", Stichting Teleac, Utrecht, 1994.
- 21 Ir. A.W. Tomà & ir. B.W.E.M. van Hove,
"The application of steel in urban habitat – Structural design of optopped housing,
archetypes 1 and 2", TNO-report 95-CON-R0986, TNO Bouw, Delft, maart 1996.
- 22 P.W.M. Kortekaas & ing. P.W. van de Haar,
"Bepaling van de brandwerendheid van een vloer-/wandconstructie bestaande uit
een ankerloze, dubbelbladige, dragende, woningscheidende wand en een
vloer-/plafondconstructie, beide van het type Hoogovens Star-Frame", TNO-rap-
port 98-CVB-R1162, TNO Bouw, Delft, november 1998.

-
- 23 Nederlands Normalisatie-instituut,
NEN 6069: 1991 "Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdeelen",
Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, oktober 1991.
- 24 F. de Groot
"Zonwering in gevel ontwerpen", artikel in Architectuur & Bouwen, nr. 6/7, 1995.
- 25 ing. H.J. Tiemens,
"Duurzaamheid van niet-inspecteerbare stalen bouwdeelen", TNO-rapport
BU4.96/011095-1/HT, TNO Bouw, Delft, januari 1997.
- 26 Auteur onbekend,
"Berekening van de milieueffecten van een woning met een staalframe met
behulp van Eco-Quantum", IVAM, Amsterdam, juli 1998.
- 27 Ir. P.P. Furnée,
"Anhydrietvloeren in combinatie met stalen profielplaten", artikel in Bouwen met
Staal, nr. 98, Staalbouw Instituut, Rotterdam, januari/februari 1991.
- 28 Adviesbureau Peutz & Associates
"Geluidsisolatiemetingen in het laboratorium aan vloerconstructies van het
fabrikaat Hoogovens Star-Frame", referentie TS/DB253/AH1206, 9 april 1997.
- 29 Ing. P.B. Reijman & ing. P.W. van de Haar,
"Bepaling van de brandwerendheid van een vloer-/plafondconstructie bestaande
uit een vloer met dunwandige staalprofielen en een plafond van gips(karton) platen
en afgewerkt met een anhydriet afwerkvloer", TNO-rapport 97-CVB-R1088, TNO
Bouw, Delft, juli 1997.
- 30 "Rapport geluidsisolatie zes woningen Dedemsvaartweg", afstudeerrapport
99.11A, Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde.
- 31 Diverse auteurs,
Akoestische eigenschappen van gipskartonwanden, SBR-publicatie nr. 232,
Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1995.
- 32 Adviesbureau Peutz & Associates,
"Luchtgeluidsisolatiemetingen in het laboratorium volgens ISO 140-3:1995 aan
een Hoogovens Star-Frame wandsysteem", referentie TS/RHe/MC115/AH1206,
13 augustus 1997.
- 33 Ir. J. Oldengarm,
"Thermische prestaties van Star-Frame gevelelementen – Berekeningen en
metingen", TNO-rapport 98-BBI-R/1278, TNO Bouw, Delft, februari 1999.
- 34 Nederlands Normalisatie-instituut (International Standardization Organization)
NEN-ISO 9223: 1997 "Corrosie van metalen en legeringen – Corrosiviteit van de
atmosfeer – Classificatie", Nederlands Normalisatie-instituut, Delft, 1997.
- 35 Newsletter for the Light Gauge Steel Engineers Association, oktober 1997, blz. 5.

Overige literatuur

Diverse auteurs

"Herontwikkeling naoorlogse wijken – Ontwikkelen en bouwen", syllabus van het gelijknamige SEV-congres, Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting, Rotterdam, 25 maart 1999.

F. de Groot

"Optoppen met staalframebouw", artikel in Bouwen met Staal nr. 146, Staalbouw Instituut, Rotterdam, 1999.

F. de Groot & C.H. van Eldik,

"Staalframewoningbouw – antwoord op veel vragen", SBR-publicatie nr. 325, Stichting Bouwresearch, Rotterdam, 1994.

Ing. P.B. Reijman & ing. P.W. van de Haar,

"Bepaling van de brandwerendheid van een ankerloze, dubbelbladige, dragende, woningscheidende wand", TNO-rapport 97-CVB-R1317, TNO Bouw, Delft, oktober 1997.

Ir. D.R. Donkervoort,

"Trillingsprognose Star-Frame vloer te Huissen", TNO-rapport 98-CON-R1562, TNO Bouw, Delft, januari 1999.

I.J.J. van Straalen,

"Stabilisation provisions for vertical extensions of existing buildings. Generic study draft 1 – working document", TNO-report 95-CON-R1071, TNO Bouw, Delft, juli 1995.

NEN-ISO 2631-1, juni 1997, "Mechanische trillingen en schokken – Beoordeling van de invloed van trillingen op het menselijk lichaam – Deel 1: Algemene eisen", Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft, 1997.

Bijlage A

Beoordeling bruikbaarheid van lichte vloeren

De bruikbaarheid van lichte vloeren is afhankelijk van hun akoestische en mechanische gedrag. In deze bijlage wordt kort ingegaan op de beoordeling op grond van het mechanische gedrag. Dit is reeds vele jaren onderwerp van onderzoek in Europa en Noord-Amerika. De experimenten en de hieruit voortvloeiende toetsingsmethodes verschillen echter zó sterk, dat de resultaten onderling niet vergeleken kunnen worden.

Of een lichte vloer voldoet, wordt in de meeste gevallen beoordeeld op basis van “annoying vibrations” en “springiness”. “Annoying vibrations” zijn trillingen veroorzaakt door iemand anders dan de gehinderde (“vibrations caused by somebody other than the person who is disturbed by them”). Bij “springiness” heeft de persoon die de trillingen en doorbuigingen veroorzaakt daar zèlf last van (“a disturbing sensation due to deflection and vibration of the floor at the point of application of a footstep load by one and the same person”). Er zijn ook onderzoekers die het bewegen van bladeren van planten, het rammelen van theelepeltjes op schoteltjes, het bewegen van lampen en het optreden van rimpelingen in kopjes thee of koffie, in hun beoordeling betrekken, mits deze worden veroorzaakt door lopende personen.

De beoordeling van het mechanische gedrag van lichte vloeren is gecompliceerd, omdat deze afhankelijk is van percepties. Hierdoor is het nog niet mogelijk geweest een eenduidige beoordelingsprocedure te ontwikkelen. Bovendien zijn er veel verschillende soorten lichte vloeren onderzocht, het gewicht variërend van 60 tot 170 kg/m², waardoor de interpretatie niet eenvoudig is. In het algemeen zijn de toetsingsmethodes erop gericht het optreden van resonantie van de menselijke organen te voorkomen. Deze eis vormt de basis voor het in hoofdstuk 4 genoemde 8 Hz-criterium.



In Europa is het meeste onderzoek verricht in Zweden, veelal uitgevoerd door het Swedish Institute of Steel Construction (SBI). Dit heeft geleid tot de succesvolle toepassing van staalframevloeren in appartementsgebouwen (1).

Gezien de complexiteit van het onderwerp is het niet mogelijk het hier volledig te bespreken. Raadpleeg voor een nadere kennismaking de publicaties (2), (3) en (4). De adressen van organisaties waar u deze literatuur kunt bestellen, zijn vermeld in bijlage D "Adressen".

Literatuur

- (1) Kees van Lamoen, "Integratie van ruwbouw en afbouw biedt voordelen.", artikel in Bouwen met Staal nr. 138, Staalbouw Instituut, Rotterdam, 1997.
- (2) "Floor vibrations due to human activity", AISC Steel design guide series 11, American Institute of Steel Construction, Washington DC, 1997, 69 pagina's.
- (3) M. Samuelsson, J. Sandberg, "Vibrations in light weight steel floors", Report 190:4, Swedish Institute of Steel Construction, Stockholm, 1998, 76 pagina's + app. 9.
- (4) NEN-ISO 2631-1, juni 1997, "Mechanische trillingen en schokken – Beoordeling van de invloed van trillingen op het menselijk lichaam – Deel 1: Algemene eisen", Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft, 1997.

Bijlage B

Bouwfysische beoordeling thermoprofielen

In hoofdstuk 6 is besproken hoe thermoprofielen kunnen voorkomen dat warmte via de stalen wandstijlen naar weglekt. Dat sleuven de warmteweerstand van een profiel kunnen vergroten is al een betrekkelijk oud idee. Thermoprofielen zijn vooral in Zweden ontwikkeld als gevolg van onderzoek (1, 2) van de heer T. Blomberg, die verbonden is aan de universiteit van Lund. Het bedrijf Lindab produceert de thermoprofielen.

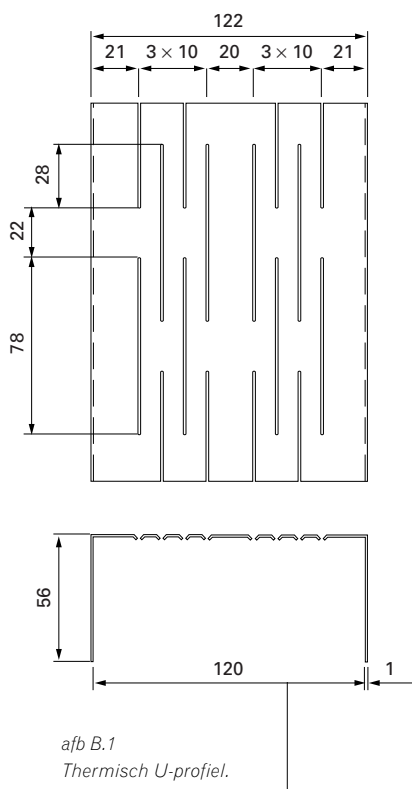
In Nederland is door TNO Bouw onderzoek gedaan naar de thermische prestaties van thermoprofielen (3). Er wordt een equivalente warmtegeleidingscoëfficiënt λ_{eq} berekend. Op basis daarvan kan de prestatie van een type thermoprofiel worden bepaald. Het geteste profiel is afgebeeld (afb. B1). Voor dit profiel bedraagt de equivalente warmtecoëfficiënt λ_{eq} 9 W/mK.

In Zweden wordt reeds sinds het begin van de jaren negentig onderzoek gedaan naar de thermische prestaties van wanden, die zijn voorzien van geperforeerde, koudgewalste profielen. Bij het onderzoek is niet alleen de invloed van de geometrie van het profiel op het thermische gedrag bepaald. Ook is de invloed van het type isolatie, de dikte van het staal en de hart-op-hart afstand van de stijlen onderzocht.

Op basis van de berekeningen en de metingen is er een formule opgesteld, waarmee de U-waarde van een wand voorzien van thermoprofielen kan worden bepaald. Op basis van deze formule is er een computerprogramma geschreven voor het bepalen van de U-waarde.

Dit programma kan gratis worden gedownload bij <http://www.linab.se/>

- (1) D.Sc. Thomas Blomberg, "Insulated wall with slotted steel girders - Calculation of heat transmittance", paper gepresenteerd op de Stålbyggnadsdagen, Stockholm, oktober 1995.
- (2) D.Sc. Thomas Blomberg en prof. Johan Claesson (Department of Building Physics, Lund University, Zweden), "Heat transmission through walls with slotted steel U-girders", paper gepresenteerd op "The International Conference on Steel in Green Building Construction", Orlando, VS, maart 1998. (<http://www.sustainable-steel.com/papers/BLOM-PAP.html>)
- (3) Ir. J. Oldengarm en G.W. Stegehuis, "Thermische prestaties van Star-Frame gevelelementen – Berekeningen en metingen", TNO-rapport 98-BBI-R/1278, TNO Bouw, Delft, februari 1999.



afb B.2
De toepassing van thermoprofielen
in Zweden

Bijlage C

Staalframebouw schijfpanelen

In hoofdstuk 5 staat, dat voor het afvoeren van de windbelasting gebruik kan worden gemaakt van schijven. In Europa is dit niet gebruikelijk en is over deze toepassing niet veel over bekend. In Noord-Amerika worden staalframe-elementen voorzien van een "plywood" afwerking om de horizontale belasting af te voeren. De Light Gauge Steel Engineers Association heeft een informatiemagazine aan dit onderwerp besteed. Deze uitgave is integraal overgenomen. Op de laatste pagina staat een literatuurlijst.



TECHNICAL NOTE

\$5.00

On Light Gauge Steel Construction

Light Gauge Steel Engineers Association • 2400 Crestmoor Road • Nashville, TN 37215 • (615) 386-7139

LATERAL LOAD RESISTING ELEMENTS: DIAPHRAGM DESIGN VALUES

Summary: The derivation of service load values for structural diaphragms that utilize plywood sheathing over cold-formed steel framing are examined in this *Tech Note*. Included is a brief discussion of some of the structural issues that the designer should consider while designing and detailing the diaphragm.

Introduction

Lateral loads from wind or seismic effects are usually transferred to the vertical lateral force resisting system (the shearwalls or frames) by the floor (or roof) framing system acting as a structural diaphragm. A diaphragm is part of the lateral force-resisting system, and may be thought of as a deep, horizontally oriented beam that spans between the shearwalls or frames of the structural system. In residential or light commercial construction that utilized cold-formed steel (CFS) structural framing, it is usually the case that structural plywood sheathing, along with the floor or roof framing that provides the required diaphragm capacity.

DESIGN

A comprehensive discussion of the design of structural plywood diaphragms is considered beyond the scope of this *Tech Note*. However, it is important to note that diaphragm design considerations normally associated with plywood sheathing over wood framing apply equally to plywood sheathing over cold-formed steel framing.

Plywood sheathed diaphragms fall into two general categories: Blocked and Unblocked.

Blocked diaphragms have blocking or framing members attached to all edges of the plywood panels, and the blocking/framing is attached to transfer shearing loads across the panel boundaries. Blocking may consist of:

- a) Cold-formed steel C-stud lengths installed vertically or flat between floor joists under the full length of the unsupported plywood panel edge;
- b) Flat cold-formed steel strapping installed continuously or in discreet lengths spaced along the unsupported edges of the plywood sheathing. Strapping may be installed on top of, or beneath, the plywood panel edge.

Unblocked diaphragms do not have complete blocking along the panel edges that are perpendicular to the direction of the supporting framing span. Shear transfer along these edges is achieved by a combination of bearing on adjacent panel edges (if the panels are staggered), and lateral resistance of the nails or screws that occur within the field of the panel.

Blocked diaphragms are typically stronger and stiffer due to the more complete edge attachments, but they also are typically more expensive to assemble than unblocked diaphragms. Unblocked diaphragms are used more frequently in residential and light commercial structures mainly because the loads imposed on the diaphragm of the structure are generally low. In addition, the aspect ratio (the ratio between the length of the diaphragm between supporting elements - to width of the panel) also tends to be low. Consequently, diaphragm deflection is usually within acceptable limits.

A plywood diaphragm traditionally has been considered to be "flexible." That is, it is assumed to be incapable of resisting rotation within its own plane. Within certain limitations imposed by building codes, exceptions to the previous statement include diaphragms that cantilever over the nearest line of shearwalls or frames, and buildings that are completely open on one side ("three-wall" buildings).

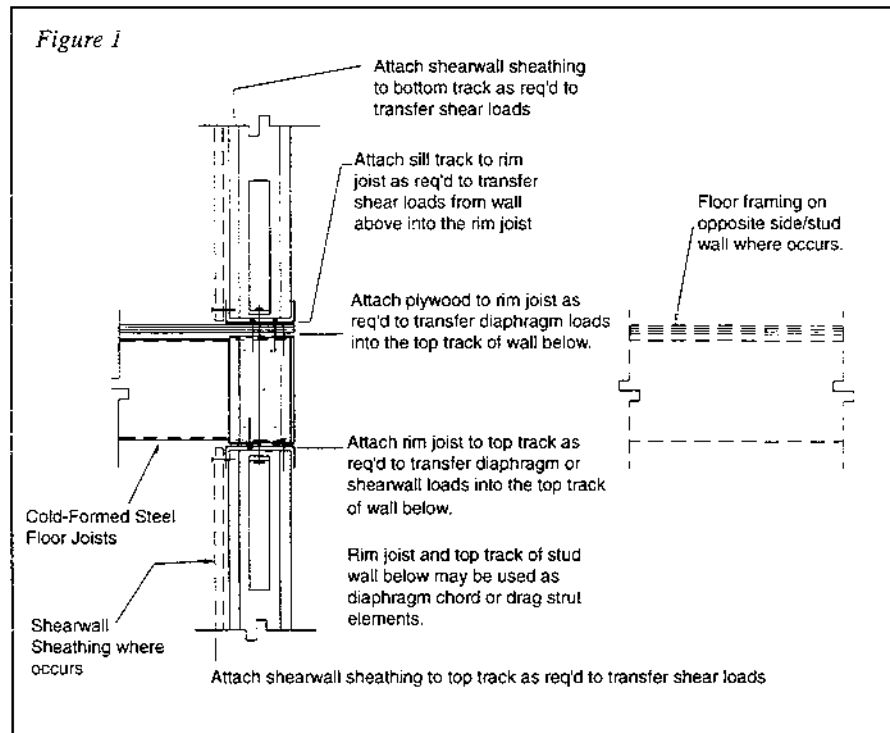
There has been some discussion in recent years as to whether or not certain plywood sheathed diaphragms should be classified as "semi-rigid", or having the ability to resist some level of in-plane rotation. The 1997 edition of the UBC provides classifications for a diaphragm's flexibility, based on its mid-span deflection relative to the span between supporting elements. **The designer should note that there is currently no accepted method for calculating the deflection of an unblocked diaphragm, and thus the classification of an unblocked diaphragm as anything but flexible should be avoided.** The use of an unblocked diaphragm implies a higher level of diaphragm deflection.

DETAILING

Figure 1 illustrates the various planes that shearing stresses must transfer across to connect the diaphragm to adjoining lateral force-resisting elements. In addition, diaphragm performance relies on:

- a) Proper sizing and detailing of chord elements to accommodate the induced loads.
- b) Proper sizing and detailing of drag-strut/collectors to develop the induced loads from the diaphragm into the vertical elements of the lateral-force resisting system (the shearwalls or frames).

A more comprehensive discussion of the design and detailing concepts for structural plywood diaphragms can be found in the publications cited in the References section at the end of this publication.



DIAPHRAGM SERVICE LOAD VALUES

While tables of service load diaphragm values exist in the various codes for plywood attached to wood framing, Values for plywood attached to cold-formed steel framing were not available in any of the nationally recognized building codes at the time of this writing. However, diaphragm shear values for plywood / cold-formed steel framing assemblies can be calculated using the methods outlined in a document published by the American Plywood Association, titled "Calculation by Principles of Mechanics" (see notation in the References section of this Tech Note). This document is a valuable tool for all designers of cold-formed steel structures.

Load values for plywood over cold-formed steel framing based on the methods outlined in this publication are shown in Table 1. Connection design shear calculations can be found in Table 2. The basic design method as outlined in this document involves determining the appropriate fastener strength, and then finding the appropriate load per lineal foot based on fastener strength and spacing. In addition, determining the appropriate diaphragm allowable loads requires the use of some reduction factors to account for the effect of various grades of plywood, plywood panel buckling, and close fastener spacing. Reduction factor values used in the calculations, and the derivation of fastener strength are as follows:

Reduction Factor for Species Group II Plywood

Design shears for Group II and C-DX plywood are 90 percent of the values for STRUCT I plywood.

Reduction Factor for 2 Inch Nominal Width

The reduction for 2 inch lumber is needed because of the reduced fastener strength in the thinner lumber width. A screw in a 2 inch nominal width CFS stud is not vulnerable to the same capacity reducing factor. No reduction in design shears was made for this load effect.

Reduction Factor for Close Fastener Spacing

No reduction in boundary attachment values have been taken for screws spaced at 2 inches on-center.

Reduction Factor for Lightly Loaded Diaphragms

- a) For blocked diaphragms with 6 inch boundary and panel edge attachments, use 75 percent of the shear values of the 4 inch and 6 inch fastener spacing.
- b) For unblocked diaphragms:
 1. For load perpendicular to unblocked edges and continuous panel joints, use 67 percent of the shear values of the 4 inch and 6 inch fastener spacing.
 2. For all other load conditions on unblocked diaphragms, use 50 percent of the shear values of the 4 inch and 6 inch fastener spacing.

Allowable Shear for Wind or Seismic Forces

(Pounds per foot for wood structural panel shearwalls with cold-formed steel framing spaced at 24 inches on-center) 1,2

Table 1

| PANEL GRADE | Screw Size (Dia. = in.) | Plywood Thickness (in.) | BLOCKED DIAPHRAGMS | | | | UNBLOCKED DIAPHRAGMS | | Stud Thicknesses |
|---|-------------------------|-------------------------|---|-----|-----|-----|---|----------------------|--------------------------------------|
| | | | Screw spacing at diaphragm boundary edges and at all continuous panel edges (in.) | | | | Screws spaced at 6 inches max. at supported ends (in.) | | |
| | | | 6 | 4 | 2.5 | 2 | Load perpendicular to unblocked edges and continuous panel joints | Other configurations | |
| | | | Screw spacing at other plywood panel edges (in.) | | | | | | |
| 6 | 6 | 4 | 3 | | | | | | |
| Structural I | #8 (D = 0.161") | 3/8 | 307 | 409 | 654 | 818 | 274 | 205 | 33 mil, 43 mil & 54 mil ³ |
| | | 7/16 | 307 | 451 | 721 | 902 | 302 | 226 | 33 mil, 43 mil & 54 mil |
| | | 15/32 | 370 | 493 | 788 | 986 | 330 | 247 | 33 mil, 43 mil & 54 mil |
| C-D, C-C Sheathing, plywood panel siding, and other grades covered in UBC Standard 23-2 or 23-3 | #8 (D = 0.161") | 3/8 | 276 | 368 | 589 | 736 | 247 | 184 | 33 mil, 43 mil & 54 mil |
| | | 7/16 | 304 | 406 | 649 | 812 | 272 | 203 | 33 mil, 43 mil & 54 mil |
| | | 15/32 | 333 | 444 | 709 | 887 | 297 | 222 | 33 mil, 43 mil & 54 mil |

1. All panel edges backed with 1.5 inch or wider framing. Space screws at 6 inches (152 mm) on center along intermediate framing members for 3/8 inch (9.5 mm) and 7/16 inch (11 mm) panels and 12 inches (305 mm) for other panel thicknesses.
2. Screws shall be self-drilling, self-tapping wafer head or bugle head screws of the minimum diameter shown.
3. Corresponds to 20 gauge, 18 gauge, and 16 gauge.

Reduction Factor for Panel Buckling

Design shears for 3/8 inch panels were reduced by 17 percent for joists spaced at 24 inches on-center, and design shears for 7/16 inch panels were reduced by 8.5 percent for joists spaced at 24 inches on-center.

Calculation of Allowable Fastener Loads

Table 3 shows the allowable load calculations for screws used to derive the shearwall values. The calculations utilize the formulas in part XI, Section 11.3.2 of the 1991 edition of the National Design Specification (NDS) for wood construction (wood screws with metal side plates). Loads were calculated for #8 screws. Although it is theoretically possible to calculate values for #6 screws, **caution should be exercised if #6 screws are used.** Tests at the Santa Clara University suggest that the #6 screws exhibit excessively brittle behavior.

Preliminary fastener computations based on the thicker gauges of sheet steel did not yield significantly higher load values than the fasteners in the 20 gauge material. There-

Connection Strength Calculation Table 2

$F_{em} = 4,450 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ $t_s = .0346 \text{ in.} \leq 20 \text{ gauge}$
 $F_{es} = 45,000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ $D = 0.161 \text{ in} \leq \#8 \text{ screw}$
 $F_{yb} = 90,000 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ $K_D = 2.2$

$R_e = \frac{F_{em}}{F_{es}}$ $k = -1 + \sqrt{\frac{2(1+R_e)}{R_e} + \frac{F_{yb}(2+R_e)D^2}{2F_{em} \cdot t_s^2}}$

Z = the lesser of: $\frac{k \cdot D \cdot t_s \cdot F_{em}}{K_D (2 + R_e)} = 112 \text{ lb.} \leq \text{Governs}$
 $\frac{D^2}{K_D} \sqrt{\frac{1.75 F_{em} F_{yb}}{3(1+R_e)}} = 172 \text{ lb.}$

fore, the diaphragm schedules do not have different allowable load values for the thicker gauge studs. In addition, it was assumed that a #8 screw, having roughly the same diameter as an 10d nail, would fully develop the strength of a 15/32 inch STRUCT I, or C-DX plywood panel.

The allowable load values shown in Table 1 are for wind and seismic loads. The values are also limited to 4:1 aspect ratios.

SAMPLE CALCULATION: STRUCT I PLYWOOD with Framing at 24 Inches On Center and #8 Screws

Table 3

Load per fastener for #8 screw and Steel side plate =>

Reduction for 24 inches on center spacing of studs => q : = 112 (1 - .17) lb. <= 3/8 inch plywood (17 % for 3/8 inch panels, 8.5 % for 7/16 inch panels)

LOAD DURATION FACTOR => LDF = $\frac{4}{3}$ REDUCTION FOR 2 INCH NOMINAL WIDTH OF FRAMING => REDF2NW: = 0

DIAPHRAGM FACTOR => C_{dt} = 1.1

REDUCTION FOR 2 INCH NAIL SPACING at BOUNDARY => REDF2NS: = .00
 G: = 90,000 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$
 en: = .02696 inch
 L: = 48 inches
 t: = .375 inch

ON-CENTER FASTENER SPACING AT BOUNDARY => SB: = 4 inches ON-CENTER SPACING AT INTERIOR PANEL EDGE => SI: = 6 inches

Determine Allowable Shear at Interior Panel Edge Nailing

$$V := \frac{\left[\left(\frac{12 \cdot \frac{\text{in}}{\text{ft}}}{\text{SI}} \right) (q) (\text{LDF}) C_{dt} (1 - \text{REDF2NW}) \right]}{2} + \frac{\text{en} \cdot 24 \cdot G \cdot t}{L}$$

$$nV_n^{\text{interior}} = V = 2,866 \text{ lb./ft.}^{-1}$$

Determine Allowable Shear at Boundary Edge Nailing

$$V := \left(\frac{12 \text{ in}}{\text{SB}} \right) \cdot (q) \cdot (\text{LDF}) \cdot C_{dt}$$

$$nV_n^{\text{boundary}} = V = 409 \cdot \text{lb / ft}^{-1}$$

REFERENCES

1. "Cold-Formed Steel Design Manual," American Iron and Steel Institute, 1996.
2. LRFD "Cold-Formed Steel Design Manual," American Iron and Steel Institute, 1996.
3. "Residential Steel Framing Manual," American Iron and Steel Institute, 1994.
4. Uniform Building Code, 1997 edition, International Council of Building Officials (ICBO), 1997.
5. MSMA Product Catalog and Design Manual (ICBO E.R. No. 4943), Metal Stud Manufacturers Association, 1992.
6. Connectors for Light Gauge Steel Construction, Product and Instruction Manual, Catalog C-95S, Simpson Strong-Tie Company, 1995.
7. Tissel, John R., Research Report No. 154, Structural Panel Shear Walls, American Plywood Association, Revised 1993.
8. Tissel, John R., and Elliot, James R., Research Report No. 138, Plywood Diaphragms, American Plywood Association, 1993.
9. Tissel, John R., Calculation by Principles of Mechanics, American Plywood Association, 1993.
10. Proceedings of a Workshop on Design of Horizontal Wood Diaphragms, Applied Technology Council, 1979.
11. "Guidelines for the Design of Horizontal Wood Diaphragms," Applied Technology Council, 1981.
12. "National Design Specification for Wood Construction." 1991 Edition, ANSI/NFPA NDS-1991, American Forest & Paper Association, 1991.

The information provided in this publication shall not constitute any representation or warranty, express or implied, on the part of LGSEA or any individual that the information is suitable for any general or specific purpose, and should not be used without consulting a qualified engineer, architect, or building designer. **ANY INDIVIDUAL OR ENTITY MAKING USE OF THE INFORMATION PROVIDED IN THIS PUBLICATION ASSUMES ALL RISK AND LIABILITY ARISING OR RESULTING FROM SUCH USE.** LGSEA believes that the information contained within this publication are in conformance with prevailing engineering standards of practice. However, none of the information provided in this publication is intended to represent any official position of LGSEA or to exclude the use and implementation of any other design or construction technique.

© Copyright 1998 Light Gauge Steel Engineers Association • 2400 Crestmoor Road • Nashville, TN 37215 • (615) 386-7139

Bijlage D

adressen

Organisaties

American Iron and Steel Instituut (AISI)

1101 17th Street, NW, Suite 1300,
Washington, DC 20036-4700 USA
Tel.: 001 202 452-7100 - Fax: 001 202 463-6573
<http://www.steel.org/>

AISI heeft diverse publicaties waarin de toepassing van staalframebouw wordt toegelicht.

Light Gauge Steel Engineers Association (LGSEA)

2017 Galbraith Drive, Nashville,
TN 37215 USA
Tel.: 001 615 279-9251 - Fax: 001 615 385-5045
<http://www.lgsea.com/>

LGSEA geeft een nieuwsbrief en een 'Technical note' uit met de nieuwste ontwikkelingen in de staalframebouw.

Swedish Institute of Steel Construction (SBI)

P.O. Box 27751, SE-115 92 Stockholm,
Sweden
Tel.: 0046 8 6610280 - Fax: 0046 8 6610305
<http://www.sbi.se/>

SBI heeft veel onderzoek gedaan naar de toepassing van staalframebouw in appartementsgebouwen. Over dit onderwerp zijn rapporten in het Engels beschikbaar.

Rautaruukki Oy, Steel Structure Division

P.O. Box 860, 00101 Helsinki (Fredrikinkatu 51-53) Finland
Tel.: 00358 (0)680 81
Fax: 00358 (0)680 8373
<http://www.rautaruukki.fi/>

Staalproducent **Rautaruukki** was betrokken bij "the Annual Fair of Habitation - 96" in Finland. Hierbij zijn zeer energiezuinige staalframewoningen gebouwd met thermoprofielen. Bij de woningen is onderzoek gedaan naar de levensduurverwachting van staalframewanden, de rapportage is in het Engels.

Steel Construction Institute (SCI)

Silwood Park, Ascot,
Berkshire SL5 7QN, Engeland
Tel.: 0044 (0)1344 623345
Fax: 0044 (0)1344 622944
<http://www.steel-sci.org/>

SCI heeft diverse rapporten over staalframebouw uitgebracht. Een overzicht van deze publicaties is bij het Staalbouw Instituut beschikbaar.

TNO BOUW

Lange Kleiweg 5,
Postbus 49, 2600 AA Delft
Tel.: 015 2842000 - Fax: 015 2843990
<http://www.bouw.tno.nl/>

De in Bouwen op Toplocaties genoemde TNO-rapporten kunnen hier worden besteld.

Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV)

Postbus 1878, 3000 BW Rotterdam
Tel.: 010 2825050 - Fax: 010 4114211
<http://www.sev.nl/>

De SEV heeft verschillende publicaties in de reeks Herontwikkeling van na-oorlogse wijken uitgebracht, waaronder een deel getiteld Optoppen.

Leveranciers

Hoogovens Star-Frame BV

Postbus 10000, 1970 CA IJmuiden
Tel.: 0251 268220 - Fax: 0251 223874
<http://www.corusgroup.nl/>

Hoogovens Star-Frame levert geprefabriceerde staalframe bouwdelen.

KS Profiel

Postbus 1250, 3330 CG Zwijndrecht
Tel.: 078 6100933 - Fax: 078 6101940
<http://www.ksprofiel.com/>

KS Profiel is producent van koudgewalste profielen.

SADEF

W. Witsenplein 4, 2596 BK Den Haag
Tel.: 070 3242802 - Fax: 070 3282092
<http://www.sadef.be/>

Het Belgische SADEF is leverancier van bouwsystemen die bestaan uit koudgewalste profielen.

Lindab Profiel AB

269 82 Båstad, Zweden
Tel.: 0046 (0)431 85000
Fax: 0046 (0)431 51734
<http://www.lindab.com/lindabprofil/profil.htm>

Lindab is leverancier van staalframebouw-componenten waaronder thermoprofielen.

Handelsmaatschappij Syst-O-Matic b.v.

Nijverheidsweg 2, 2031 CP Haarlem
Tel.: 023 5321055 - Fax: 023 5321033
<http://www.systematic.nl/>

Syst-O-Matic levert apparatuur om clinchverbindingen te maken.

Gyproc Benelux NV

Merksemsebaan 270
B-2110 Wijnegem, België
Tel.: 0032 (0)3 360 22 11
Fax: 0032 (0)3 360 23 80
<http://www.gyproc.com/>

Gyproc is de leverancier van verschillende wandsystemen, zoals Metal Stud voor rechte, en Vertebra voor gebogen scheidingswanden (zie afb. 05.17).

Rigips Benelux BV

Stuurtweg 1b
Postbus 73, 4130 EB Vianen
Tel.: 0347 325100 - Fax: 0347 325125
<http://www.rigips.com/>

Rigips is leverancier van stalen binnenwandsystemen.

Met ingrepen in vroeg-naoorlogse woonwijken zal de samenstelling van de woningvoorraad worden verbeterd. Het streven is te differentiëren naar grootte, kosten en kwaliteit. Het palet aan maatregelen, dat hiervoor ter beschikking staat, bestaat onder andere uit: nieuwe woningen op maaiveld bouwen, bestaande woningen samenvoegen, en nieuwe woningen boven op bestaande woongebouwen zetten. De laatste maatregel heet in VROM-jargon "optoppen".

Om op te toppen is een lichte bouwmethode nodig. De funderingen van bestaande gebouwen kunnen namelijk maar een geringe extra belasting torsen. Daarom heeft de staalbranche samen met de Stichting Bouwresearch onderzoek laten verrichten naar de toepassingsmogelijkheden van staalframebouw bij optopprojecten. Staalframebouw is immers de lichtste bouwmethode. "Bouwen op Toplocaties. Optoppen met staalframebouw." is de korte, heldere weergave van de uitkomsten van dit uitgebreide onderzoeksprogramma. De publicatie bevat, naast specifieke oplossingen voor "dakwoningen", ook algemene informatie over staalframebouw.



stichting bouwresearch

