

STAR-FRAME[®] SOLUTIONS

A Tata Steel Enterprise

Handboek Star-Frame[®] Solutions





Handboek Star-Frame® Solutions

Leidraad voor het ontwerpen met en het toepassen van het Star-Frame bouwsysteem met technische randvoorwaarden, achtergronden en overwegingen.

december 2011

Auteurs:
ir. G.M.J. Nieuwenhuijzen
ir. C.J. Jentink
ing. J.A.J. de Zeeuw

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
2.	Producten	9
2.1	Star-Frame wanden	9
2.2	Star-Frame vloeren	9
2.2	Quantum Deck vloeren	9
3.	Uitgangspunten voor het ontwerp	11
3.1	Maatvoering	12
3.1.1.	Wanden	12
3.1.2.	Vloeren	14
3.2	Afwijkende vormen en doorvoeren	16
3.2.1.	Schuine zijden	16
3.2.2.	Trapgaten	16
3.2.3.	Doorvoeren	16
3.3	Details en bouwknopen	18
4.	Techniek	34
4.1	Samenhang	34
4.2	Constructieve eigenschappen van Star-Frame	35
4.3	Akoestiek en trillingen	37
4.4	Energie en installaties	40
4.5	Brandveiligheid	42
5.	Duurzaamheid	45
5.1	IFD projecten	45
5.2	Milieu en economie	46
6.	Referenties	48
6.1	Nieuwbouw	48
6.2	Renovatie	50
6.3	Parkeren	52
6.4	Systeembouw	54
7.	Literatuurlijst	57

1. Inleiding

Staalframebouw biedt in Nederland fantastische mogelijkheden om nieuwe antwoorden te geven op de veranderende bouwopgave. Dit bouwsysteem kent vele sterke kanten; snel bouwen, licht van gewicht met grote vrije overspanningen én hoogwaardig wooncomfort. Daarnaast heeft het systeem een zeer gunstig milieuprofiel. Staalframebouw is geen experiment, ook in Nederland is er meer dan 50 jaar ervaring mee opgedaan. Daarnaast wordt het systeem wereldwijd heel veel toegepast. Star-Frame is sinds 1995 op de markt en sindsdien zijn er vele aansprekende projecten gerealiseerd.

Bouwopgave Nederland

Door de sterk veranderende bouwopgave in Nederland (van VINEX naar binnensteden en de nadruk op duurzaamheid) en de grote ontwikkeling van ons Star-Frame bouwsysteem met vele geïntegreerde functionaliteiten en het gunstige milieuprofiel, neemt de vraag naar dit bouwsysteem de laatste jaren sterk toe. Dit handboek behandelt de belangrijkste voorwaarden voor het succesvol toepassen van Star-Frame. Naast de theoretische behandeling van de vele technische uitgangspunten is er vooral veel aandacht voor wijze waarop het systeem goed in een ontwerp kan worden geïntegreerd.

Staalframebouw

Star-Frame Solutions levert gevels, wanden en vloeren met zoveel mogelijk geïntegreerde functionaliteiten en/of kwaliteiten. Denk daarbij aan (ventilatie)leidingen, kabels of kabelgoten, ventilatie, isolatie en vele andere zaken. Het bouwsysteem wordt onder extern gecontroleerde KOMO-attesten geleverd. Deze zijn van toepassing in vele verschillende marktsegmenten, van woningbouw, zorg- en kantorenbouw naar parkeergarages. Gespecialiseerde Star-Frame dealerbedrijven monteren de elementen op de bouwplaats. Bij renovatieprojecten kunnen op de bouwplaats ook productiewerkzaamheden onder het KOMO regime worden gedaan wanneer projectspecifieke randvoorwaarden daar om vragen. Star-Frame kiest bewust voor een twee dimensionaal bouwsysteem: de kant en klare gevels, wanden en vloeren zijn effectief te transporteren en geeft toch een erg korte bouwplaatstijd met relatief weinig uitvoeringsrisico's.

De schijfvormige wanden en gevels dragen de krachten af, de Star-Frame elementen verzorgen dus zowel de dragende als de scheidende functies. Aan de basis daarvan staan koudgevormde C- en U-profielen, gemaakt uit dun staalplaat. Met deze stijlen en regels worden frames gemaakt die worden voorzien van een binnenafwerking, isolatie in de holle ruimte en een buitenafwerking. De stalen frames vormen als het ware een kapstok waar de verdere functionaliteiten aan op worden gehangen. Het is een erg flexibel bouwsysteem, afhankelijk van de architectuur kan voor vele verschillende materialen worden gekozen voor zowel de buiten- als de binnenzijde. Uiteraard kunnen ramen en deuren vooraf in de wanden worden opgenomen. Afhankelijk van de projectomstandigheden worden de gevelelementen in de fabriek gemonteerd of op de bouwplaats (dan worden er in de fabriek een stelkozijnen meegenomen in de wanden).

“Problemen bestaan niet, alleen oplossingen.”



1. Staalframewoningen in project Zonne Entree, Apeldoorn.



2. Extra verdieping in staalframe in woonwijk Hordijkerveld, Rotterdam.

Combinaties

Staalframebouw laat zich goed combineren met andere bouwsystemen zoals staalskeletbouw, houtskeletbouw, (prefab)beton, giet- en stapelbouw en zelfs met traditionele bouwwijzen voor woning- en/of utiliteitsbouw.

Voor ontwerpers en bouwers zijn deze constructieve verschillen van essentieel belang voor een optimale toepassing. Met name combinaties met warmgewalste profielen zijn interessant omdat vaak de prefabricage met de daarmee samenhangende logistieke voordelen op de bouwplaats volledig beschikbaar blijven. Door slim van de mogelijkheden gebruik te maken kunnen grote, kolomvrije en flexibel indeelbare plattegronden ontwikkeld worden.

Voordelen

Staalframebouw is redelijk vergelijkbaar met houtskeletbouw en prefab beton. Steeds vaker wordt staalframebouw gezien als een beter alternatief. Het combineert namelijk aan de ene kant pluspunten van houtskeletbouw (licht van gewicht) met pluspunten van staal (maatvast dankzij krimprijke materialen, minder gevoelig voor klimaatinvloeden én bestand tegen ongedierte en schimmels). Ook zijn grotere overspanningen haalbaar. Daarnaast heeft het voordelen van prefab beton in zich, maar door de toepassing van staal onderscheidt staalframebouw zich positief met het gewicht, de geringe maattoleranties en de kortere levertijd, omdat er niet met mallen wordt gewerkt. Het bijkomend voordeel daarvan is een ruimere ontwerprijheid bij kleine aantallen tegen relatief lage kosten.

Naast architectonische en of technische argumenten zijn er ook nog andere voordelen. Denk daarbij aan de besparing op tijd bij de uitvoering en de bouw door de gedegen engineering vooraf. Er is duidelijk sprake van een lager risicoprofiel tijdens de uitvoering. Hierdoor ontstaat ook een proces dat redelijk onafhankelijk van weersinvloeden is. De winst zit dan ook vooral in de lagere proces-, rente- en faalkosten.

Vanaf de tweede helft van de jaren '90 wordt in Nederland intensief met het Star-Frame bouwsysteem gebouwd. Er is ondertussen een variëteit aan projecten gerealiseerd zoals hotels en scholen, gebouwen in de zorgsector, parkeerdekken, grondgebonden woningen en optop appartementen. Gewicht en snelle bouwtijd waren daarbij vaak belangrijke argumenten om voor Star-Frame te kiezen. De laatste tijd wordt de energetische kwaliteit van Star-Frame een steeds belangrijker argument. Dit bouwsysteem heeft erg weinig kilo's materiaal nodig om de constructieve randvoorwaarden te realiseren. Daarmee blijft erg veel ruimte over voor isolatiemateriaal: hoge Rc-waarden (> 5 of nog veel meer) zijn voor Star-Frame erg makkelijk realiseerbaar.

Star-Frame Solutions

Om het lichtgewicht bouwsysteem goed tot z'n recht te laten komen moeten vele disciplines met elkaar samenwerken. Naast de organisatie en coördinatie van de productie, het ontwerp en het bouwproces zijn onderbouw van de constructieve, akoestische, energetische, en brandprestaties noodzakelijk. Dat is waar Star-Frame Solutions haar kennis en expertise optimaal inzet: wanneer wij in een vroeg stadium bij een project betrokken zijn kunnen we zorgen voor een optimale afstemming met het bouwsysteem, waardoor de oplossing financieel ook nog eens erg interessant wordt.

Star-Frame Solutions heeft een breed netwerk van deskundige adviseurs op gebied van construeren met koudgevoormd staal, akoestiek, energie- en installatietechniek en brand. Samen met onze dealerbedrijven bieden wij, door deze vernieuwende aanpak van het bouwproces en door de revolutionaire toepassing van beproefde technologieën,



3. Optoppen van een galerijflat in project Het Lage Land, Rotterdam.



4. Optoppen van een galerijflat in project Het Lage Land, Rotterdam.

integrale oplossingen met innovatieve energieconcepten voor ambitieuze bouwprojecten.

Star-Frame Solutions doet bouw- en projectbegeleiding van staalframeprojecten en staat voor ervaring, kwaliteit, duurzaamheid, innovativiteit, partnerschap en biedt een integraal en duurzaam bouwsysteem.

Marktfocus

Hoewel Star-Frame in bijna alle marktsegmenten uitstekend tot z'n recht komt is het toch vooral renovatie en herstructurering waar de sterke punten het beste tot z'n recht komen. Het geringe gewicht, de hoge bouwsnelheid en de logistieke voordelen zorgen voor minder overlast in de wijk en de mogelijkheid van optimale benutting van bestaande draagstructuren. Daarnaast springt het bouwsysteem in het oog bij (woning) nieuwbouwprojecten waar snelheid en hoge isolatiewaarden van belang zijn.

Doelgroep voor dit handboek

Met dit handboek richten wij ons met name op ontwerpers en opdrachtgevers om de mogelijkheden, ervaringen en uitgangspunten uiteen te zetten. U krijgt met deze uitgave de mogelijkheid dit bouwsysteem optimaal in het ontwerp te integreren. Daarnaast krijgt u ook een beeld van wat wel en niet mogelijk is. Uiteraard staan wij u als Star-Frame Solutions graag terzijde om projectgerichte optimalisatie mogelijk te maken.

Wij wensen u veel leesplezier en hopen dat u net zo enthousiast over ons bouwsysteem wordt als wijzelf zijn. Graag ontvangen wij uw reactie wanneer er zaken beter kunnen of wanneer u dingen mist.



5. Nieuwbouw HEM Hotel Amsterdam.

2. Producten

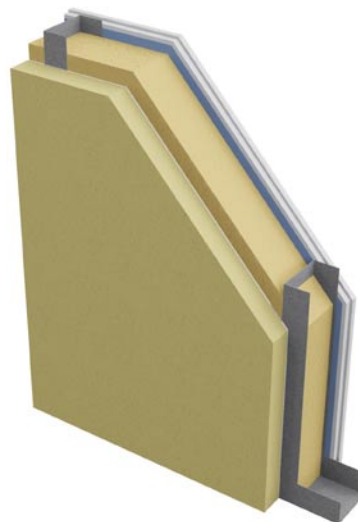
2.1 Star-Frame® wanden

De draagconstructie wordt gevormd door frames van koudgeformde C- en U-profielen, gemaakt uit dunne hoogwaardige staalplaat en fabrieksmatig voorzien van een duurzame corrosiebescherming. De profielen zijn in verschillende standaard afmetingen en diktes leverbaar. Het programma van eisen, zoals de Rc-waarde en de optredende belastingen, bepalen de afmetingen. Het aandeel staal in de complete wandopbouw is daardoor zeer gering en ligt tussen de 7 à 10 kg/m².

Meestal wordt gekozen voor C100 en U100 profielen waarmee een frame wordt opgebouwd. Dit wordt opgevuld met MWR isolatie en aan de binnenzijde voorzien van een dampremmende folie met beplating (enkel of dubbel). Aan de buitenzijde komt een buitenisolatie met daarop een waterwerende/dampopen folie bij een gevelwand of alleen een dampopen folie bij een woningscheidende draagwand (fig. 6).

Daarnaast kennen we stabiliteitswanden. Dit zijn wanden die er voor zorgen dat het kaartenhuis van draagwanden stabiel wordt. Eventueel is dit te combineren met de gevelwanden.

De Star-Frame wanden worden geproduceerd conform KOMO-attest IKB 1071, gecertificeerd door IKOB-BKB Houten.



6. 3D-weergave Star-Frame wandelement.

2.2 Star-Frame® vloeren

Eigenlijk wordt er een vergelijkbaar frame gemaakt als bij de wanden, behalve dat de profielmaat veel groter is. Meestal kiezen we voor C220 profielen. Constructief is een C185 vaak afdoende, maar vanwege de integratie van installaties in de holle vloeren kiezen we toch vaak voor C220. De oplegzijden zijn voorzien van hoekprofielen die op de dragers worden gelegd, er wordt eigenlijk altijd voor een ingehangen constructie gekozen.

In de liggers zitten gaten Ø130mm op vaste plaatsen (de moment luwe zones). Hierdoor kunnen W- en E-installaties versleept worden.

De afwerking is een houtplaat of Lewis profielplaat met anhydriet. Dat is afhankelijk van de toepassing: voor een dakelement volstaat een houtplaat met daarop de verdere afwerking (dampremmende folie, isolatie, dakbedekking), voor een verdiepingsvloer in een woning geeft een anhydrietvloer veel meer kwaliteit. Zeker wanneer dit wordt gecombineerd met een geïntegreerd vloerverwarmingsstelsel (fig. 7).

De Star-Frame vloeren worden ook geproduceerd conform bovengenoemd KOMO-attest IKB 1071.



7. 3D-weergave Star-Frame vloerelement.

2.3 Quantum Deck® vloer

Het Quantum Deck vloersysteem is een geprefabriceerde staalframe-betonvloer, die kant-en-klaar voor gebruik op de bouwplaats wordt afgeleverd. Het staal is koudgeformd verzinkt staal van maar 1,5mm - 2mm dik. Dit staal is gerolvormd tot C-profielen die rug-aan-rug in de overspanningrichting een drager vormen met een ongekende verhouding tussen gewicht en constructieve capaciteit. Dit komt mede door de samenwerking met het zelfverdichtende beton aan de oppervlakte (fig. 8). Deze afwerking heeft geen extra toplaag nodig en de vloeren zijn meteen 100% water- en gasdicht. Het oppervlak zoals geleverd, heeft een glad oppervlak. Aan de onderzijde van de vloer worden eventueel voorzieningen getroffen voor brandbescherming en/of geluidisolatie,



8. 3D-weergave Quantum Deck vloerelement.

afhankelijk van de eisen. Door de slimme detaillering heeft de Quantum Deck geen overvloedige massa nodig om aan de akoestische en trillingseisen te voldoen.

De Quantum Deck vloer wordt geleverd met een KOMO certificaat (IKOB-BKB IKB 1319/06), gecertificeerd door IKOB-BKB Houten. Op het gebied van brand-, constructie-, akoestiek- thermische- en trillingseisen voldoet het certificaat aan alle eisen van het Bouwbesluit. De toepassingen zijn verschillend: van parkeerdekken tot woningbouw. Het is de lichtst bekende betonvloer (ca. 180kg/m²), wat ongekende mogelijkheden geeft.

De montagesnelheid is zeer hoog en geeft duidelijk tijdsbesparingsvoordeel. Bovendien zijn de maattoleranties zeer klein (enkele mm's); het zijn staattoleranties toegepast op beton. De vloeren zijn meestal licht getoogd om de geringe doorbuiging van de vloer door het eigen gewicht te compenseren. Met andere woorden, de vloeren worden vlak gemonteerd, zonder enige doorbuiging.

De belangrijkste argumenten op een rij:

- licht in gewicht
- volledig prefab
- maatvast
- snel en flexibel
- demontabel
- voldoet aan alle bouwbesluiteisen
- scherp in prijs
- KOMO-gecertificeerd



9. Quantum Deck vloeren gereed voor transport.

“De lichtst bekende betonvloer (ca.180kg/m²).”



10. Hoekdetail Quantum Deck vloer.

3. Uitgangspunten voor het ontwerp

Ontwerpen met Star-Frame biedt vele intrigerende mogelijkheden. Basis is het denken in en spelen met schijven (wanden, vloeren en daken). Deze schijven kennen optimale maten, maar door het flexibele productiesysteem zitten we niet vast aan standaardmaten. De schijven zijn hol, dat betekent dat veel installaties, leidingen en kabels al vooraf geïntegreerd kunnen worden. Daarnaast blijft het een flexibel bouwsysteem: ook achteraf kunnen relatief makkelijk zaken worden aangepast.

Prefab bouwen: beheerst bouwen!

Prefabricage, afgekort prefab, is een proces in de bouw waarbij materialen van tevoren in een fabriek of werkplaats tot elementen worden gemaakt, waarna deze naar de bouwplaats worden getransporteerd en aldaar worden verwerkt. Gebruik van prefab elementen kan de bouwtijd aanzienlijk versnellen in de uitvoeringsfase, maar vraagt meer tijd in de voorbereidingsfase. Alles moet namelijk goed uitgedacht en uitgetekend zijn, zodat men in de uitvoering geen dure en tijdrovende aanpassingen meer hoeft te verrichten. Een voordeel van prefabricage is dat de elementen van hogere en constante kwaliteit gemaakt kunnen worden omdat het fabricageproces in een gespecialiseerde en gecontroleerde omgeving plaatsvindt met een beter klimaat.

Ontwerp

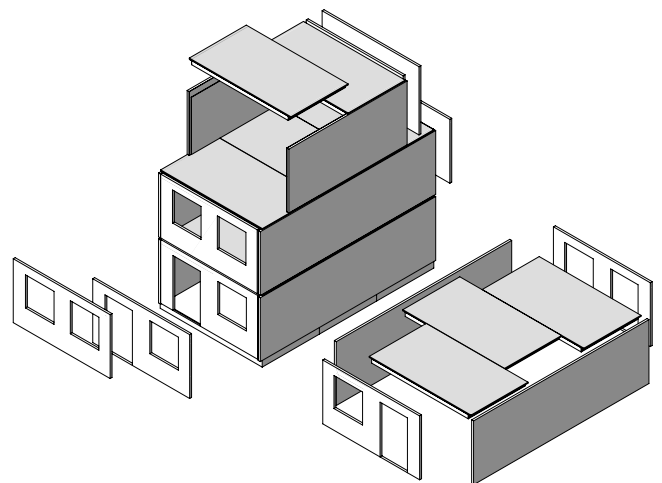
Om te zorgen dat de uitgangspunten van een ontwerp zo goed mogelijk aansluiten bij ons systeem zetten we in dit hoofdstuk de belangrijkste voorwaarden op een rijtje waarmee ons bouwsysteem optimaal tot z'n recht komt. Dit zijn algemene uitgangspunten die projectgericht best anders kunnen worden uitgewerkt. Dan is vaak een afweging aan de orde tussen extra kosten vanwege de afwijking van het optimum en het voordeel dat het oplevert voor het ontwerp. Die afweging zal altijd projectgericht moeten worden gemaakt.

Eengezinswoning of appartementen

Een belangrijke vaststelling bij woningbouw is of het eengezinswoningen betreft of een appartementen gebouw. Het verschil is dat de eisen tussen de bouwlagen binnen één woning op een lager niveau liggen dan die tussen verschillende woningen. Met Staalframebouw kan goed worden voldaan aan woningscheidende eisen, maar de bouwknopen moeten dan wel conform de voorgeschreven specificaties worden uitgevoerd.

Bouwteam

Ons bouwsysteem komt het beste tot z'n recht wanneer de prefab mogelijkheden zo goed mogelijk zijn uitgedacht. Dat vraagt meer denkwerk vooraf, aanpassingen op de bouwplaats worden hiermee zoveel mogelijk voorkomen. Zeker wanneer de ingebouwde flexibiliteit van de holle wanden en vloeren wordt benut moet er vooraf nogal wat worden afgestemd. Wanneer in een vroeg stadium alle belangrijke disciplines (ontwerp, constructie, akoestiek, energie en installaties, montage/uitvoering, productie) input kunnen leveren ontstaat een intelligent casco dat heel veel voordelen biedt. De kwaliteit wint en als bonus zal blijken dat de uiteindelijke bouwkosten lager uitvallen. Punt van orde is wel dat er een basis moet worden gevormd waarbinnen dit op een goede manier kan gebeuren. De praktijk leert dat aanbesteding op laag-



11. Prefab bouwen is spelen met schijven.



12. Stedenbouwkundig plan project Zonne Entree Apeldoorn.

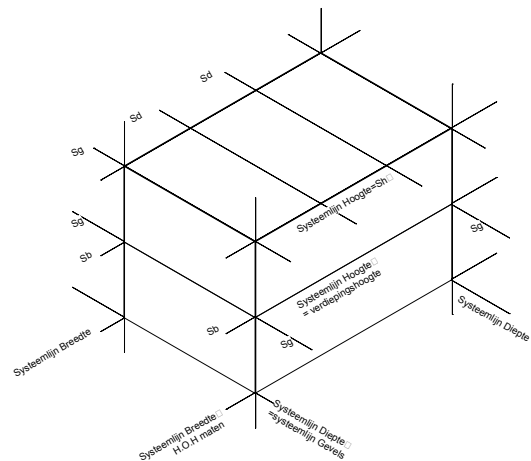
ste prijs duurkoop is en dat het vormen van een bouwteam uiteindelijk veel betere resultaten geeft.

Uitgangspunten Star-Frame:

- snelheid
- industrieel, Flexibel, Duurzaam (IFD)
- risicocontrole / -vermindering
- schone bouwplaats en constante kwaliteit
- zoveel mogelijk integratie van voorzieningen

Voorwaarden Star-Frame:

- bouwproces vastleggen met heldere afspraken
- zo vroeg mogelijk aan tafel
- om tafel met alle betrokkenen
- gedegen voorbereiding / bouwteam



3.1 Maatvoering

Prefab bouwen vraagt om algemene ontwerp- en coördinatieafspraken. Wanneer iedereen vanaf schetsontwerpfase al uitgaat van dezelfde maatlijnen en uitgangspunten (fig. 13) scheelt dat veel misverstanden en tijd. Dit geeft meteen ook een gedegen onderlegger naar productie- en installatietekeningen. Als voor de uitvoering en montage dezelfde onderlegger gebruikt is, is de cirkel rond en is de basis gelegd voor een effectief bouwtraject: van initieel ontwerp naar oplevering en beheer.

Afspraken maatsystematiek:

- positie schijven t.o.v. systeemlijnen
- opbouw details t.o.v. systeemlijnen
- maatopbouw van de schijven
- integratie van voorzieningen
- maattoleranties t.o.v. andere bouwdeelen en/of -systemen

3.1.1 Wanden

Naast de maximale maatvoering is met name van belang welke maten de optimale prijs-kwaliteitverhouding geven. Daarnaast kun je op verschillende manieren omgaan met gevelopeningen in de wanden. Het aantal stijlen en het snij- / zaagafval van isolatie en/of plaatmateriaal bepaalt voor een groot deel de prijs van de wand. Verder vragen aanpassingen op onze standaard details meer aandacht en arbeidsuren, dat zorgt voor een meerprijs.

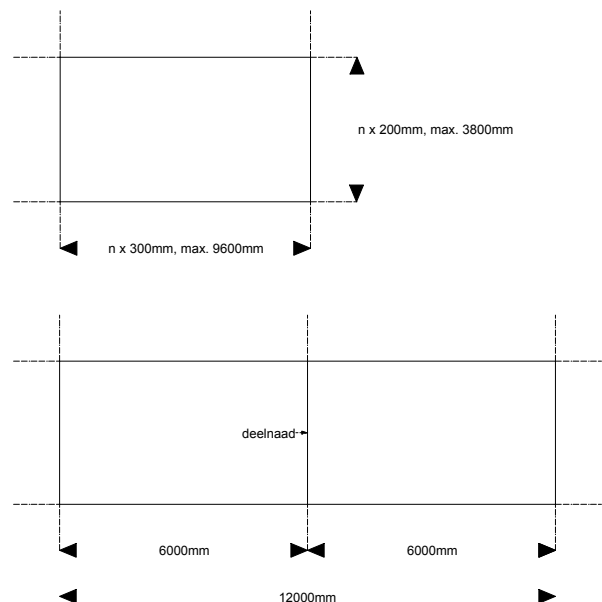
Star-Frame wanden zijn maximaal 3.800mm hoog en kunnen het best worden opgebouwd in stappen van 600mm x lengtemaat. De maximale hoogte heeft te maken met constructieve randvoorwaarden. De maximale lengte is 9.600mm, dit heeft vooral te maken met hanteerbaarheid van de elementen (fig. 14). In de praktijk wordt vaak gestreefd naar een lengte van 6 - 7m.

Standaard wandopbouw (fig. 15):

- binnenbeplating (hout/gips/etc.)
- dampremmende folie
- C- en U-profielen gevuld met MWR
- PIR sandwich paneel
- waterwerende dampopen folie
- stijl- en/of regelwerk
- buitenbekleding naar keuze

Wat betreft de buitenbekleding is bijna alles mogelijk. Binnen ons bouwsysteem kan gekozen worden voor houten delen, plaatmateriaal, stalen profielplaten, cassette systemen, stuc en ceramische materialen. Belangrijk is daarbij te letten op de toleranties en montagevoorschriften van de betreffende gevelmaterialen. Ook is het mogelijk om steenstrips

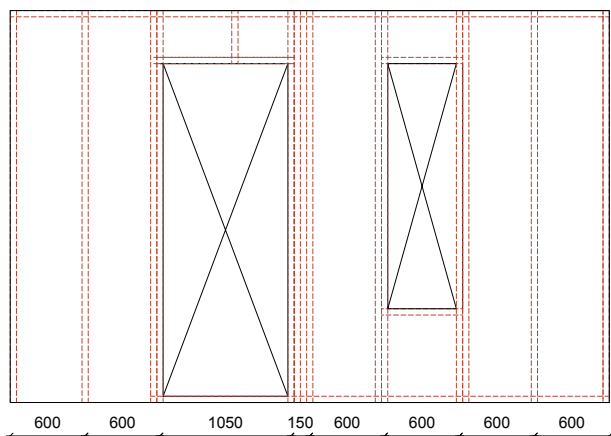
13. Systeemlijnen.



14. Maatvoering Star-Frame wanden.



15. Opbouw Star-Frame wandelement.



16. Wandopeningen.

toe te passen. Dit kan prefab naar de bouwplaats worden gebracht. Na montage van de elementen hoeft er dan alleen nog gevoegd te worden zodat een naadloos uiterlijk ontstaat.

Natuurlijk kan er ook gekozen worden voor traditioneel metselwerk. Daarbij moeten twee zaken goed worden overwogen: ten eerste vraagt ter plaatse metselen meer tijd waarmee één van de grote voordelen (bouwsnelheid) van ons systeem weer wat wordt afgezwakt en ten tweede voegt dit nogal wat gewicht toe.

Opbouw en relatie tot de systeemlijnen

De positionering van de wanden op de systeemlijnen kan op verschillende manieren. Wij gaan er vanuit dat bij een woningscheidende wand de systeemlijn in het hart van de dubbele bouwmuur loopt, dus midden in de spouw. Bij een spouw van 50mm kom je vervolgens op een totaalmaat voor de wand van 300mm. Wanneer er sprake is van een plintgoot met voorzet wand komt er aan beide kanten 39mm bij, de wand komt dan in totaal op 388mm.

Een gevelwand positioneren wij op dezelfde wijze op de systeemlijn: 25mm naast de draagzone. Afhankelijk van de gewenste isolatiewaarde komt de gevelafwerking dichterbij of verder weg van de systeemlijn.

Wanneer vooraf geen duidelijkheid is over de positionering van de elementen wordt de communicatie erg moeilijk. Zeker wanneer het ontwerp vertaald moet worden naar productietekeningen is dit cruciaal.

Wandopeningen

Bij de positionering, maatvoering en vormgeving van wandopeningen (ramen en deuren) dienen enkele zaken overwogen te worden. Constructief zijn hoge smalle ramen makkelijker te realiseren dan lage brede ramen. Rondom gaten moet voldoende "vlees" overblijven om een hanteerbaar gevelelement te houden. Daarom wordt bij deuren aan de onderzijde de U-regel vaak doorgetrokken. Na montage wordt deze verwijderd. Bij begane grond elementen kan er ook gekozen worden om de gevelelementen lager op de fundering te laten aansluiten waardoor ook de deur een gat in de wand wordt met meer "vlees" eronder.

Ook bij gevelopeningen zoeken we naar de $n \times 600$ optimalisatie. Naast gevelopeningen worden C-stijlen dubbel uitgevoerd, dit geeft meer stevigheid. Bij bredere openingen wordt een latei constructie geïntegreerd boven de opening (fig. 16). Er moet dan wel voldoende ruimte zijn boven de opening zodat de krachten op een goede manier kunnen worden verdeeld. Wanneer de gevelopening aansluit op de bovenregel van het element kan er ook worden gekozen voor de integratie van een warmgewalste latei.

Bij grotere gevelpuien worden de krachten vaak afgeleid via warmgewalste stalen portalen (fig. 18). Meestal is het mogelijk de dimensionering daarvan binnen de maatvoering van de wandelementen te houden.

Uitgangspunten wanden:

- ga uit van zo groot mogelijke elementen
- plaatsing volgens afspraken systeemlijnen
- lengte maatvoering $n \times 600\text{mm}$
- maximale lengte 9.600mm
- hoogte maatvoering $n \times 200\text{mm}$
- maximale hoogte 3.800mm
- zo veel mogelijk repetitie (gelijke elementen)
- rationele W/E-aansluitingen t.o.v. wandopeningen, etc.



17. Raamopening in een Star-Frame wand.



18. Grote openingen tussen de Star-Frame wanden i.c.m. warmgewalste hoeddraagconstructie.

3.1.2 Vloeren

De stalen profielen in de vloerelementen zijn voorzien van gatenpatronen. In de momentluwe zones zijn de C-profielen voorzien van gaten Ø 130mm. Des te groter de overspanning, des te meer gaten. In het midden en in de oplegzone zitten geen gaten vanwege de daar optredende moment- en dwarskrachten. De gaten kunnen worden benut voor ventilatiekanalen en andere installaties.

Star-Frame vloer

De vloer kunnen we ook uitvoeren zonder beton, dan heb je het over de Star-Frame vloer. De afwerking kan zijn met een zwaluwstaart profielplaat (Lewis) en anhydriet / fijn grind beton of met een houtplaat (bijvoorbeeld OSB). Constructief ontbreekt de constructieve samenwerking tussen beton en staal waardoor er iets kleinere overspanningen mogelijk zijn. De prestaties op gebied van het trilgedrag liggen op een lager niveau dan die van de Quantum Deck vloer.

Er wordt voor dit vloertype gekozen wanneer het gewicht de toepassing van de Quantum Deck vloer niet toelaat (bij sommige optop projecten is het toelaatbare gewicht erg kritisch) of wanneer toepassing van een prefab product niet mogelijk is. Dat laatste speelt bijvoorbeeld bij invullingen in bestaande gebouwen waar de toevoer van materiaal via een beperkte gevelopening dient te gebeuren. Dan kan de vloer ter plaatse worden opgebouwd.

Voor platdak-elementen wordt vaak gekozen voor een opbouw met een houtplaat. Daarop komen dan respectievelijk de dampremmende laag, isolatie en dakbedekking. Eventueel kan een deel van de gewenste isolatiewaarde gehaald worden door aanvullende isolatie in de vloer. Daarmee kan de dakrandhoogte worden gereduceerd zonder verlaging van de gevraagde Rc-waarde.

Deze vloeren worden ingehangen tussen de draagwanden of -balken (balloonmethode). De constructiehoogte is met name afhankelijk van de afwerking. Bij een houtplaat van 22mm ontstaat een constructiehoogte van 242mm. Wanneer een Lewisplaat met anhydriet wordt toegepast is de constructiehoogte minimaal 256mm.

Uitgangspunten Star-Frame vloeren:

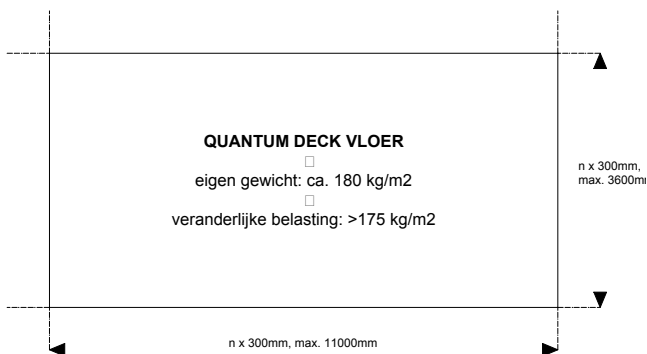
- ga uit van zo groot mogelijke elementen
- plaatsing volgens afspraken systeemlijnen
- lengte maatvoering $n \times 300\text{mm}$
- optimale lengte 4.500 - 7.200mm
- maximale lengte 7.200mm
- breedte maatvoering $n \times 600\text{mm}$
- optimale breedte 1.800 - 3.000mm
- maximale breedte 4.200mm
- zo veel mogelijk repetitie (gelijke elementen)
- eigen gewicht ca 75 kg/m² (houtplaat)
- eigen gewicht ca 100 kg/m² (anhydriet)



19. Maatvoering Star-Frame vloeren.



20. Star-Frame vloeren gereed voor transport.



21. Maatvoering Quantum Deck vloeren.

Quantum Deck vloer

Bij deze vloer wordt een betonnen dek van 51, 61 of 71mm gecombineerd met stalen C-profielen. De dikte van het dek is afhankelijk van de toepassing: voor standaard binnengebruik volstaat 51mm, bij een buitentoeppassing wordt een betondikte van 61mm toegepast en wanneer er slangen voor vloerverwarming/koeling worden geïntegreerd is de betondikte 71mm.

De breedte wordt opgebouwd volgens $n \times 600\text{mm}$, de optimale breedte ligt tussen 1.800mm en 3.000mm. Vanwege de breedte van de mal en het transport is de maximale breedte 3.600mm.

De lengte wordt opgebouwd volgens $n \times 300\text{mm}$. De maximale overspanning binnen het systeem is 11.000mm. Dat wil niet zeggen dat er niet meer mogelijk is, maar binnen het KOMO-atteest is dit de maximale maat die is uitgewerkt voor verschillende belastingsvarianten. De optimale overspanning ligt tussen 5.000mm en 8.000mm. Bij kleinere overspanningen wordt de invloed van de oplegging te groot op de vierkantemeterprijs en bij grotere overspanningen dan 8.000mm moeten we profielmaten kiezen die doordat ze minder worden toegepast relatief duurder zijn (fig. 21).

Het eigen gewicht van de Quantum Deck vloer ligt op ca. 180 kg/m², de variabele belasting varieert tussen 175 en 750 kg/m². Hogere waarden zijn eventueel mogelijk maar vragen projectgerichte uitwerking. In combinatie met een vrijdragend plafond ontstaat een woningscheidende constructie (voldoet aan eisen op gebied van brand en akoestiek).

Bij de optimale overspanning wordt gekozen voor een C-220 profiel. Dit geeft een constructie hoogte (bovenkant beton - onderkant C-profiel) van minimaal 251mm.

De oplegging is volgens de ballonmethode: ingehangen tussen de draagwanden of draagbalken. Afhankelijk van de constructieve randvoorwaarden betekent dit dat het peil van de vloer bij een betondek van 51mm op ca. 61mm boven de oplegging komt te liggen. Variabelen hierbij zijn de betondikte, de dikte van het warmgewalst stalen oplegprofiel in de vloer en eventueel de dikte van het oplegvilt. De volgende wand wordt geplaatst op dit vloerniveau.

Eventueel kan worden gekozen voor het sticksysteem wanneer dat qua ontwerp of bouwproces voordeel biedt. Dan zitten op de vier hoeken vierkante stalen kokers. De vloer wordt dan op vier kolommen gezet die in de kokers steken. Daarop worden ook weer vier kolommen geplaatst waarmee het gebouw verder wordt opgebouwd. Deze methode wordt vaak toegepast bij systeembouw.

Uitgangspunten Quantum Deck vloeren:

- ga uit van zo groot mogelijke elementen
- plaatsing volgens afspraken systeemlijnen
- lengte maatvoering $n \times 300\text{mm}$
- optimale lengte 5.000 - 8.000mm
- maximale lengte 11.000mm
- breedte maatvoering $n \times 600\text{mm}$
- optimale breedte 1.800 - 3.000mm
- maximale breedte 3.600mm
- zo veel mogelijk repetitie (gelijke elementen)
- variatie in breedte is kostbaarder dan variatie in de lengte (vanwege gecompliceerdere aanpassing van de mal)
- eigen gewicht ca 180 kg/m²



22. Quantum Deck vloeren gereed voor transport.



23. Ronde sparing t.b.v. daklichtkoepel.

3.2 Afwijkende vormen en doorvoeren

Wanden en vloeren kunnen worden voorzien van één of meerdere schuine zijden. In overleg zijn vele verschillende vormen mogelijk. Er zijn zelfs ronde wanden in staalframebouw toegepast. Afwijken van standaard heeft natuurlijk wel invloed op de prijs. Doorvoeren moeten vooraf worden bepaald: dan worden ze meegenomen in de productie en kan er op de bouwplaats snel worden doorgewerkt (zie fig. 23). Achteraf doorvoeren aanbrengen kan wel, maar er zijn veel zaken waar dan rekening mee gehouden moet worden. De stalen profielen zijn onderdeel van het constructieve systeem, daar kan niet zomaar wat uitgehaald worden. Daarnaast moet altijd opgelet worden wanneer iets door de dampremmende laag wordt gevoerd (bijvoorbeeld elektra).

3.2.1 Schuine zijden

Bij wanden zijn schuine zijden makkelijk te maken. Bij vloeren moet meer worden opgelet omdat de invloed op het krachtspel groter is. In het kort kunnen de volgende vuistregels worden aangehouden:

- Lange zijde $\leq 15^\circ$, voorwaarde is dat de zijligger niet in aanvaring komt met de eerstvolgende ligger in het veld
- Korte zijde $\leq 45^\circ$

Zuivere driehoeken zitten niet in ons standaardpakket, dit wordt op projectbasis ingevuld.

3.2.2 Trapgaten

Trapgaten worden in principe op drie verschillende manieren opgebouwd (fig. 26). Het liefst sparen we de ruimte voor een rechte steektrap uit tussen twee vloervelden. Er kan ook worden gekozen voor een trapgat in een vloerveld (fig. 25). Als derde mogelijkheid kan worden gekozen voor een trapgat ter grote van een vloerveld. Deze laatste mogelijkheid sluit aan op bij veel woningtypologieën toegepaste situaties maar vraagt om een hulpconstructie om de krachtconcentratie op de belendende vloervelden op te vangen.

Een verdiepinghoogte van 3.000mm geeft indicatief qua trapgat de volgende maten:

- 3.000mm x 1.200mm bij een trap met boven- of onderkwart
- 3.000mm x 1.100mm bij een trap met boven- en onderkwart
- 2.100mm x 1.500mm bij een trap met dubbelkwart
- 3.300mm x 1.100mm bij een rechte steektrap

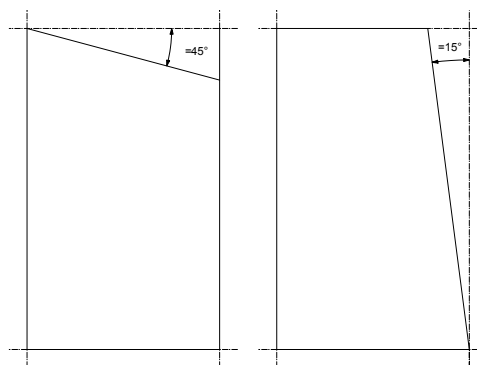
Aanbevelingen voor trapgaten

Probeer trapgaten op te lossen tussen de vloerelementen. Als dat niet lukt kan het trapgat opgenomen worden in één vloerelement. Als derde optie kan er een aparte warmgewalste constructie worden toegepast als raveling tussen vloerelementen. Probeer trapgaten en standleidingen te combineren

3.2.3 Doorvoeren

In de holle wanden en vloeren kunnen leidingen voor elektra en ventilatie en/of rioolkanalen heel goed worden geïntegreerd (fig. 27). Uiteraard moeten op het gebied van dampremming, brand en geluid voorzorgsmaatregelen worden getroffen om vervelende neveneffecten te voorkomen. De vereiste aanpassingen zijn echter opgenomen in de standaard detailleringen waardoor dit probleemloos kan.

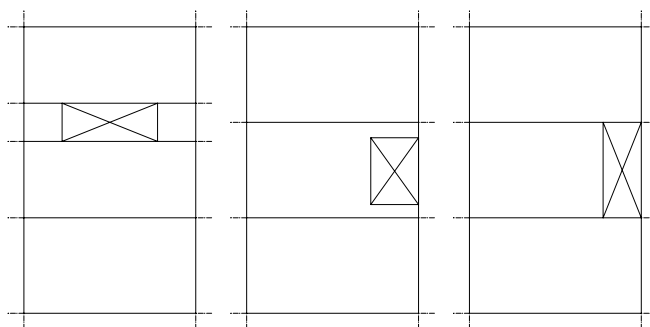
Om te voorkomen dat op projectbasis steeds weer uitgedokterd moet worden of de vereiste gaten mogelijk zijn, laten wij de stalen profielen zowel in de wanden als in de vloeren voorzien van standaard gatenpatronen. In de verticale stijlen van de wandprofielen zitten gaten $\varnothing 30\text{mm}$ t.b.v. elektraleidingen.



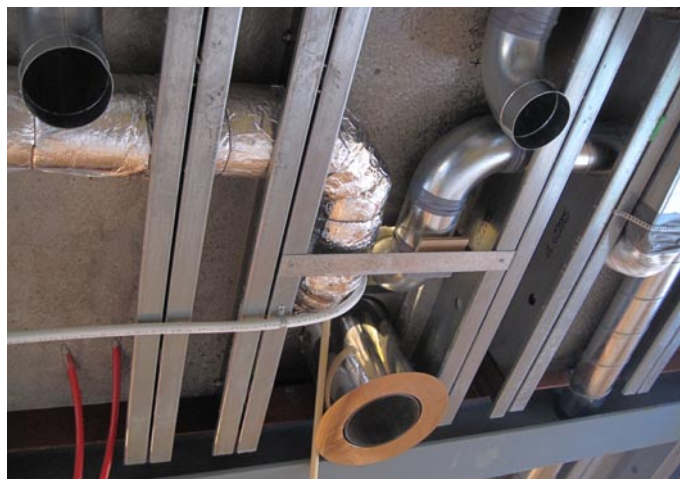
24. Schuine zijden Quantum Deck vloeren.



25. Trapgatsparing in een Quantum Deck vloer.



26. Posities trapgatsparingen.



27. W- en E-installaties geïntegreerd in een Quantum Deck vloer.

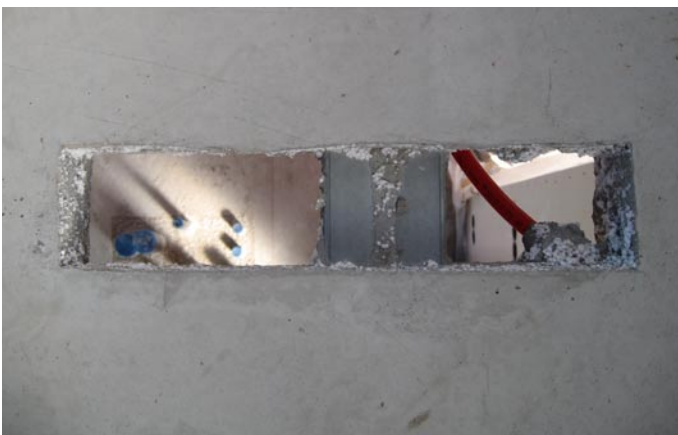


28. Diverse doorvoeren t.b.v. badkamer.

In de vloerprofielen zitten naast de oplegging ook gaten Ø 30mm t.b.v. elektra en daarnaast in de momentluwe zones van de liggers gaten Ø 130mm. Afhankelijk van de overspanning zitten er 4, 6, 8, 10 of zelfs 12 van deze gaten in de liggers voor ventilatiekanalen of rioolbuizen.

Doorvoeren door het betonnen dek van de Quantum Deck vloeren zijn goed voor te bereiden. Wanneer de positie vooraf wordt aangegeven wordt er in de mal gasbetonblok meegestort zodat de opening op de bouwplaats achteraf eenvoudig te realiseren is (fig. 28). Met betrekking tot de positionering is het van belang dat de doorvoeren niet door de stalen profielen heen gevoerd worden, hetzelfde geldt bij de oplegging. Daarnaast is het zaak afwijkingen zo veel mogelijk te concentreren in één vloerelement.

Wanneer achteraf in de vloer geboord wordt moet opgelet worden dat de dragende C-profielen onaangetast blijven (fig. 29). Wanneer het vloeren met een vloerverwarmingssysteem betreft moet uiteraard worden gelet op de ingestorte vloerverwarmingsleidingen.



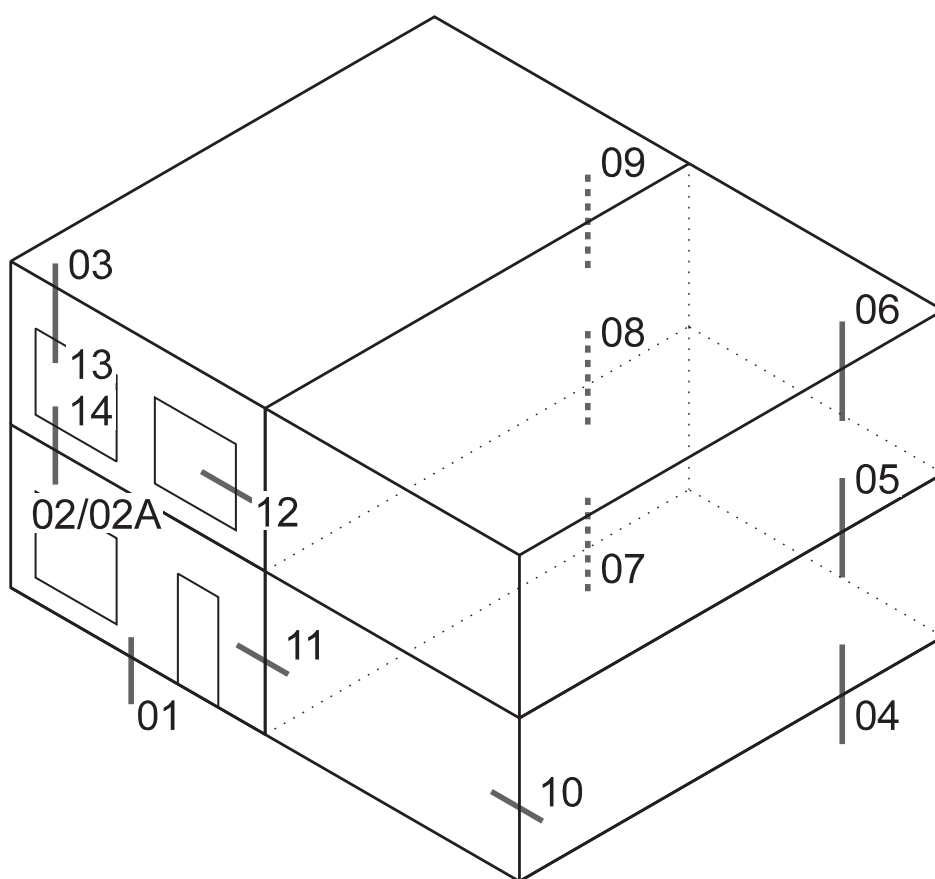
29. De profielen onder de vloer mogen nooit onderbroken worden.

“W- en E installaties makkelijk te integreren in de vloer”.

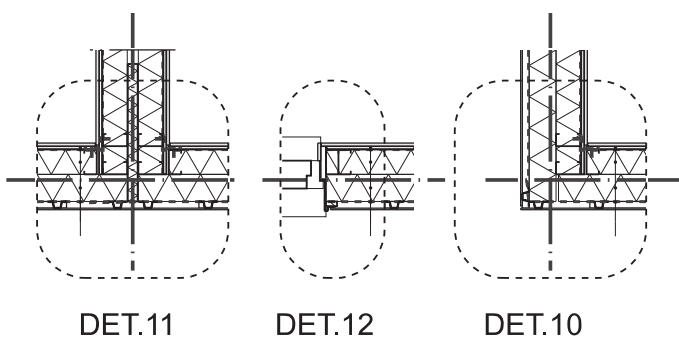
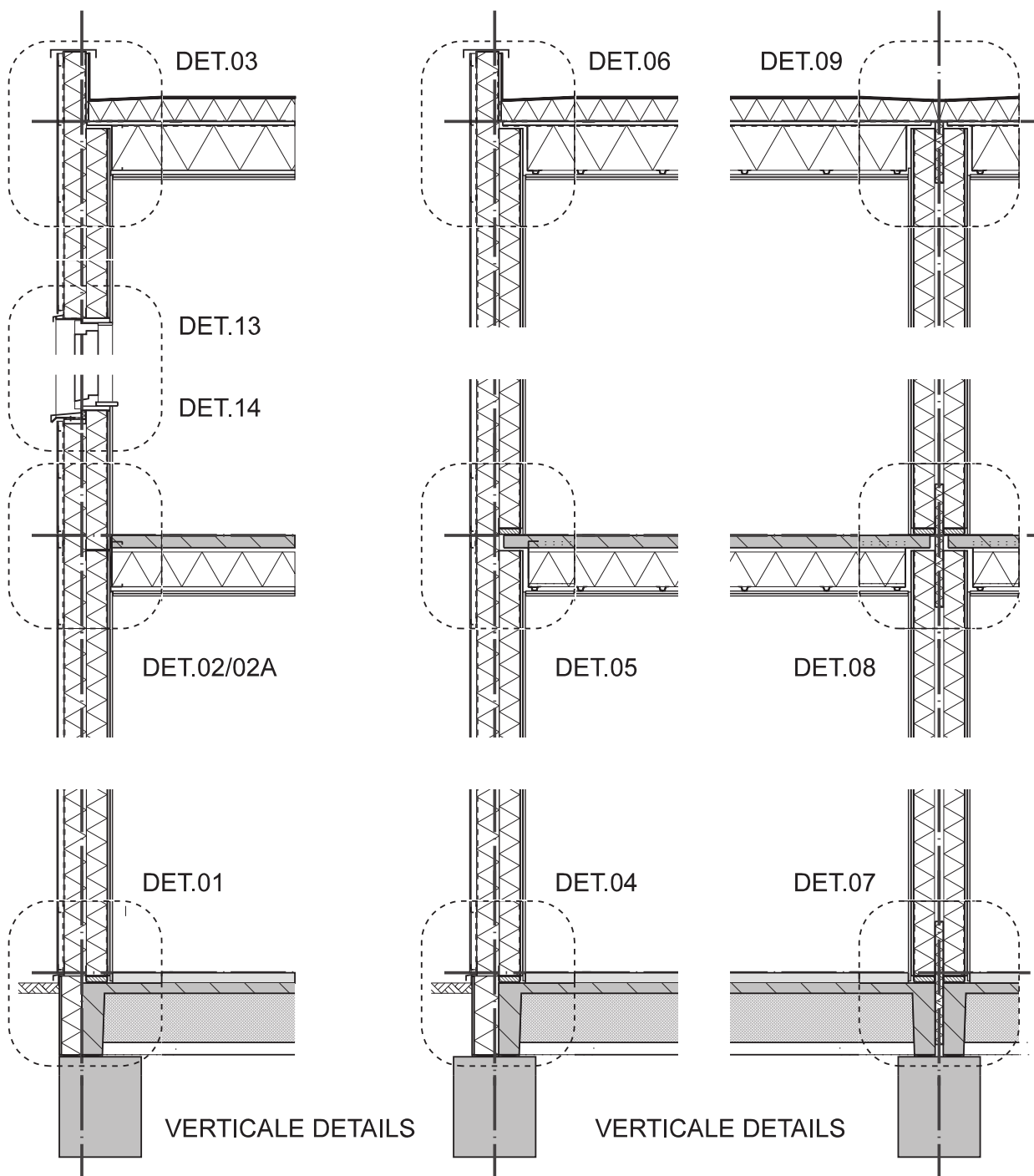
3.3 Details en bouwknopen

In dit hoofdstuk behandelen we principe oplossingen en standaard details met het Star-Frame bouwsysteem. Op basis van de getoonde details kunnen de meeste bouwknopen volledig conform de eisen in het Bouwbesluit worden gemaakt. Deze details zijn onderdeel van onze KOMO-attesten en als zodanig beoordeeld op de vereiste prestaties.

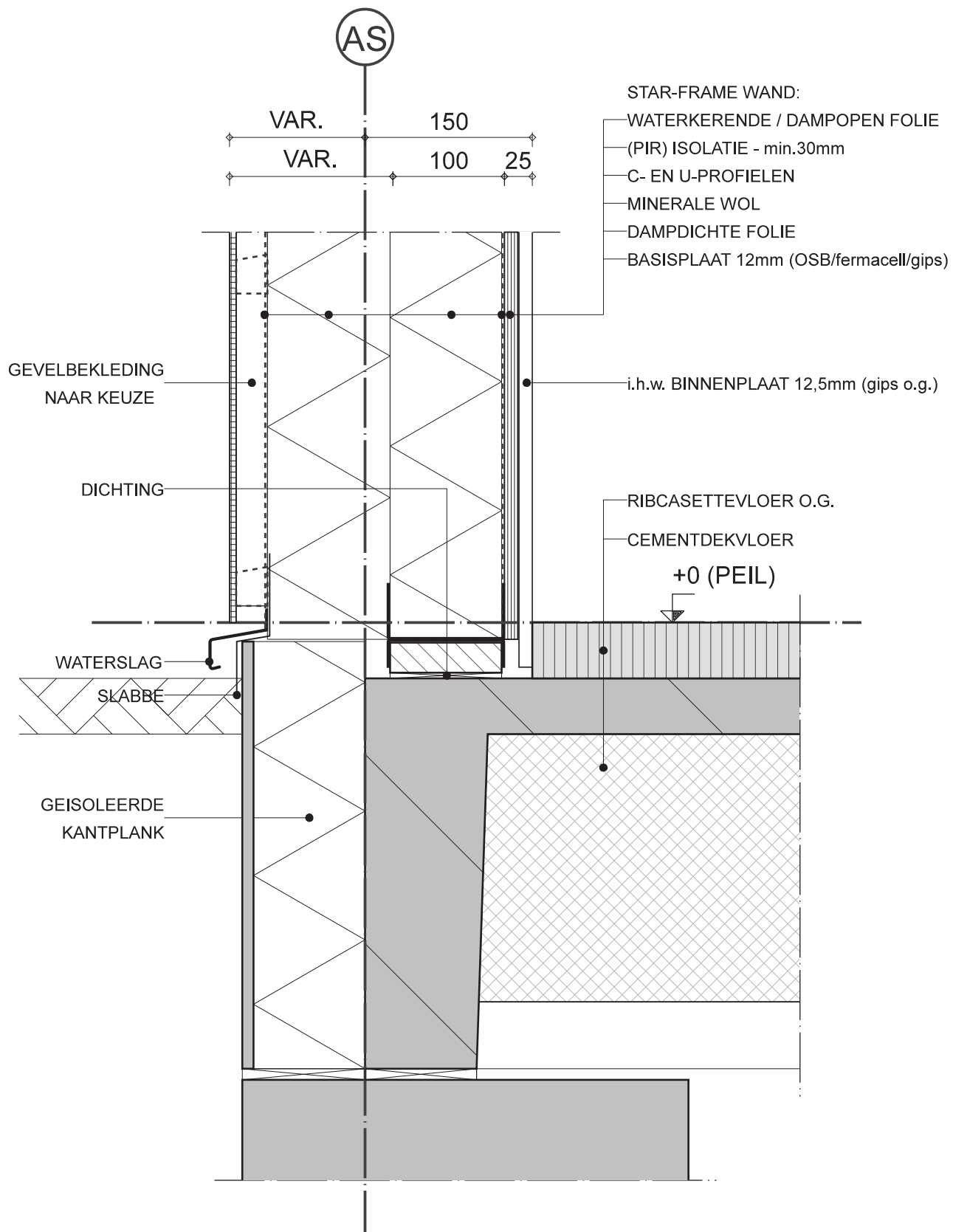
De details laten een principeopbouw zien. Projectgericht worden specifieke details ontwikkeld die worden afgestemd op verschillende randvoorwaarden en/of aanvullende eisen per project. Wij noemen dit de projectgebonden details, na toepassing kunnen deze opgenomen worden in onze attesten. De standaarddetails voldoen aan het Bouwbesluit niveau. Het Star-Frame bouwsysteem kan echter makkelijk hogere prestaties leveren. Wanneer er een hogere isolatiewaarde wordt gevraagd zal de hoeveelheid isolatie en wellicht ook het isolatiemateriaal worden aangepast.

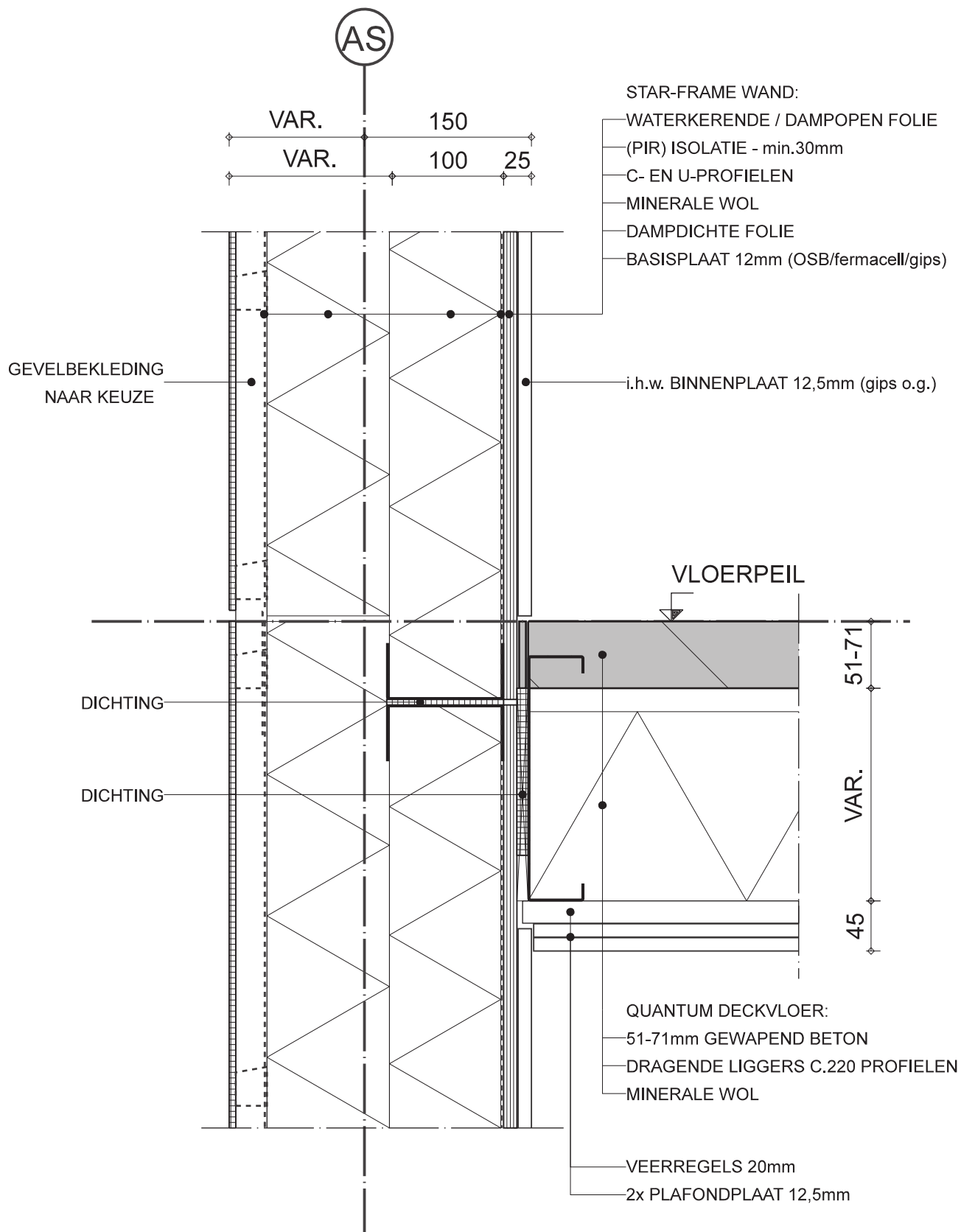


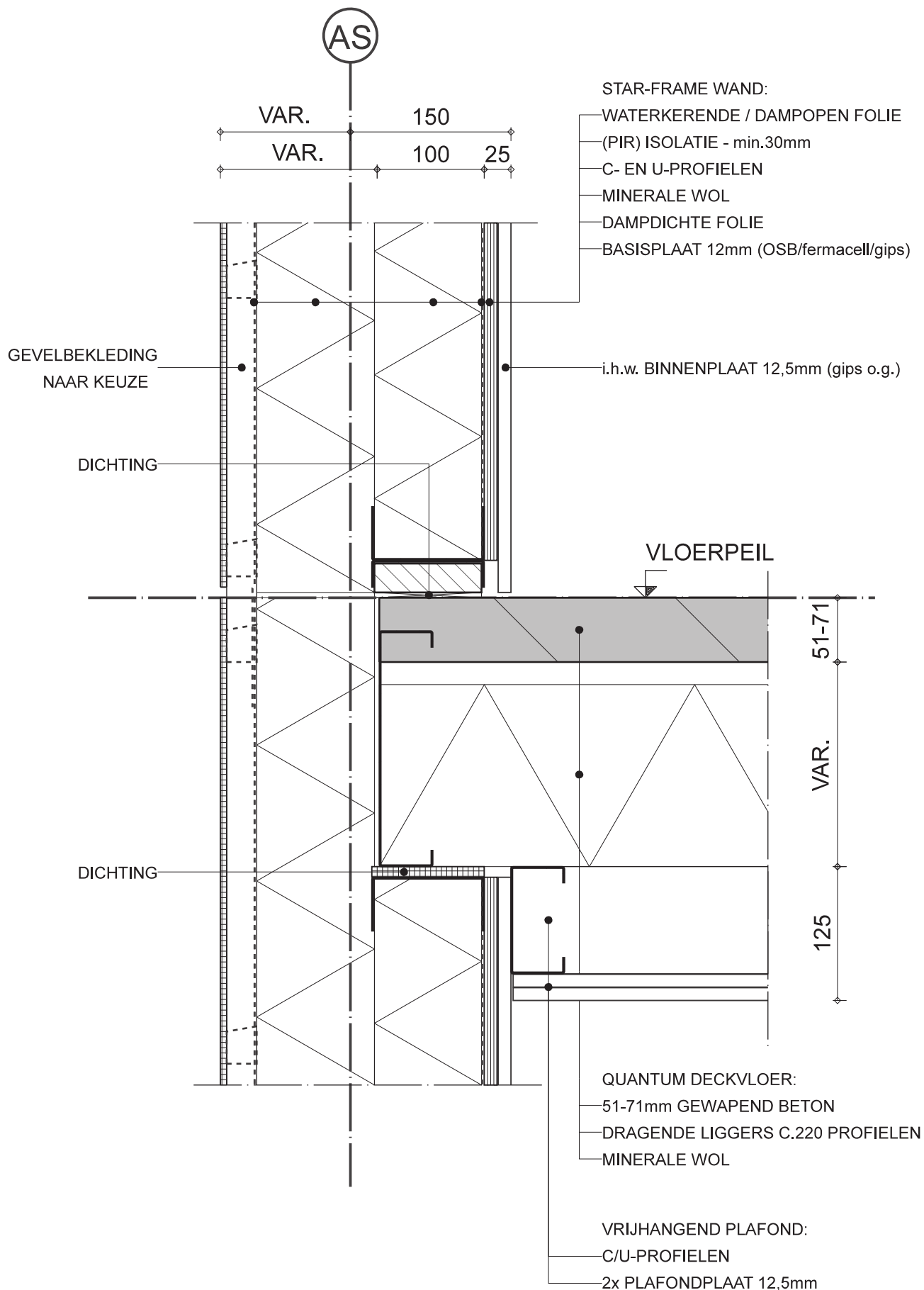
aanduiding details laagbouw

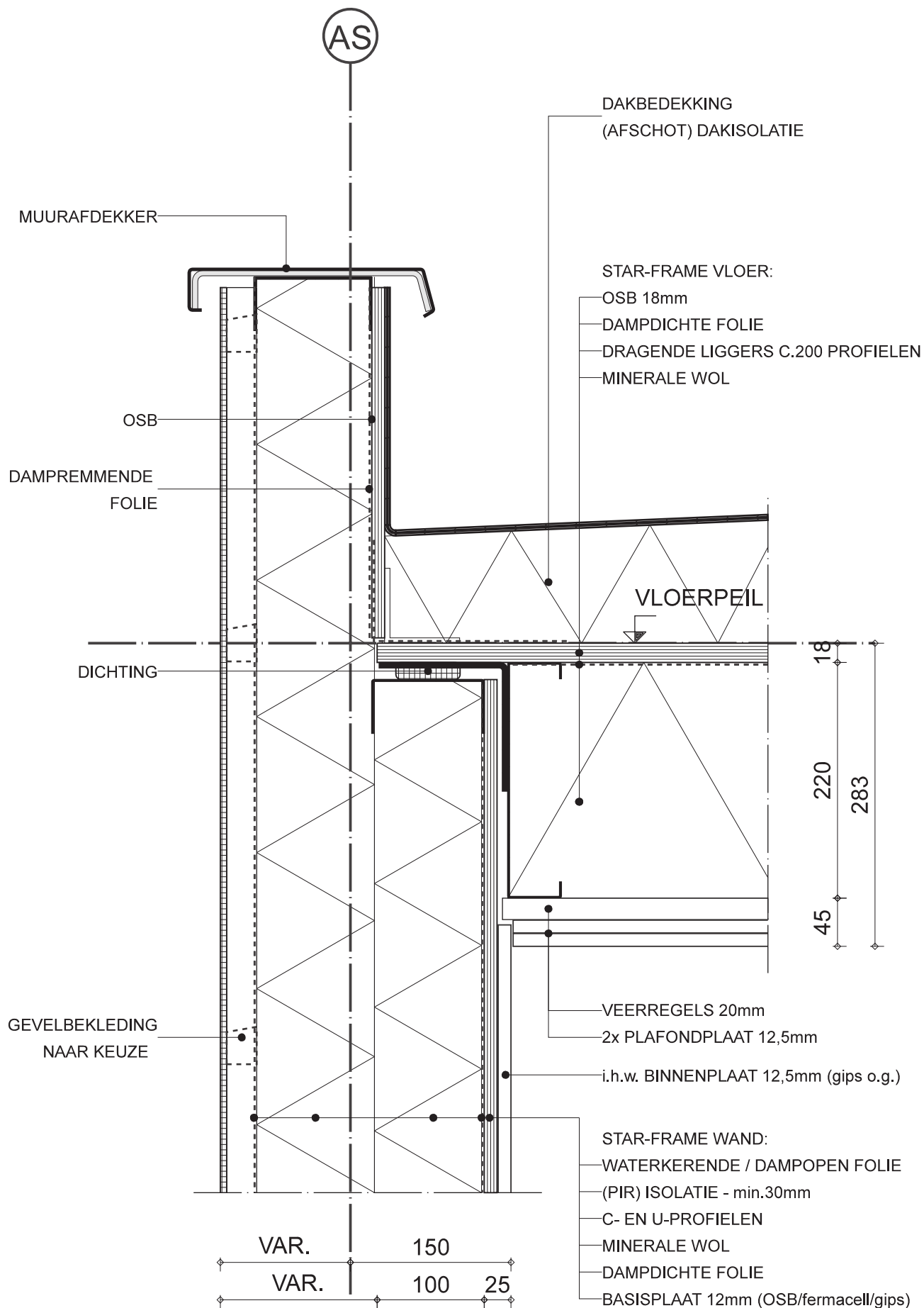


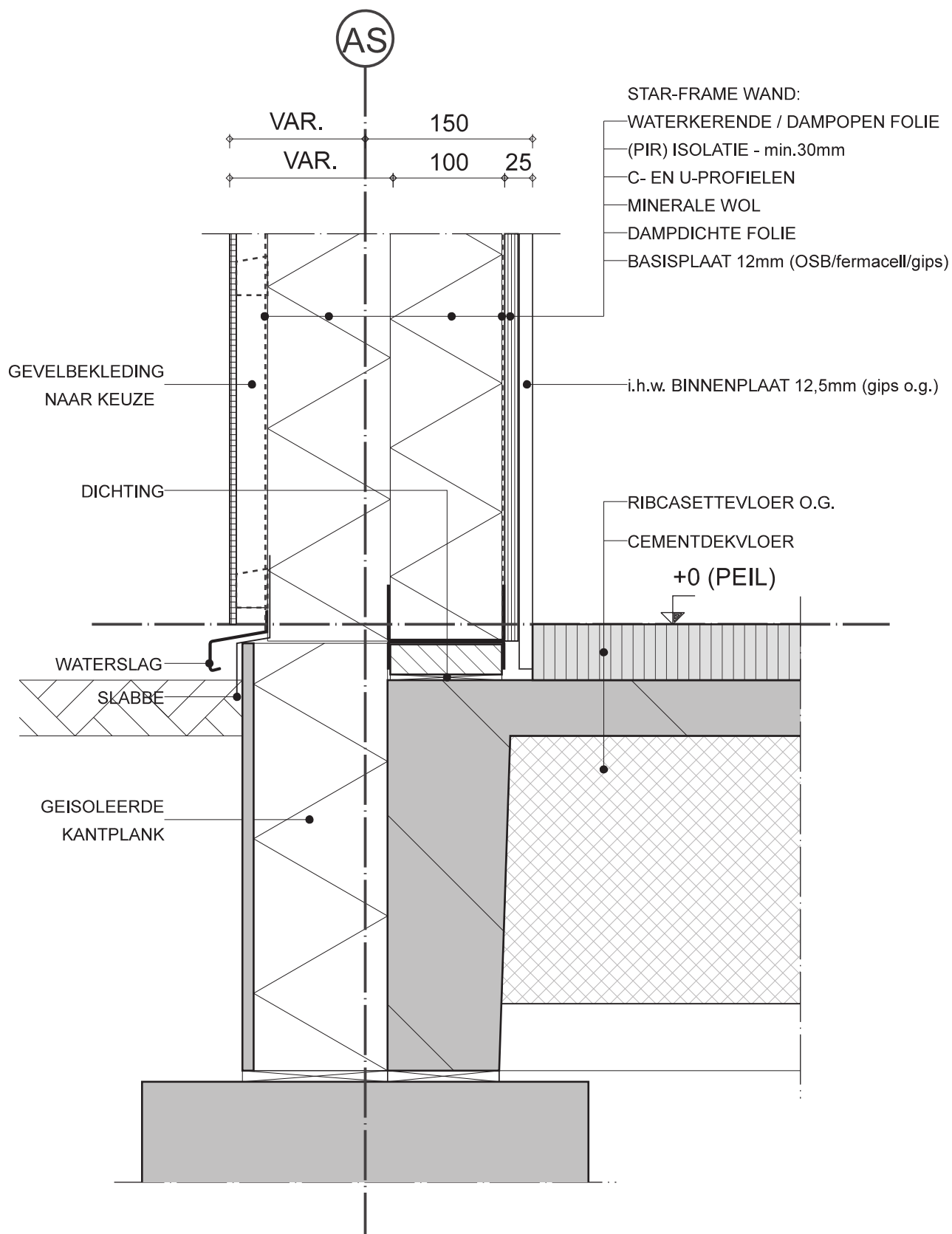
HORIZONTALE DETAILS

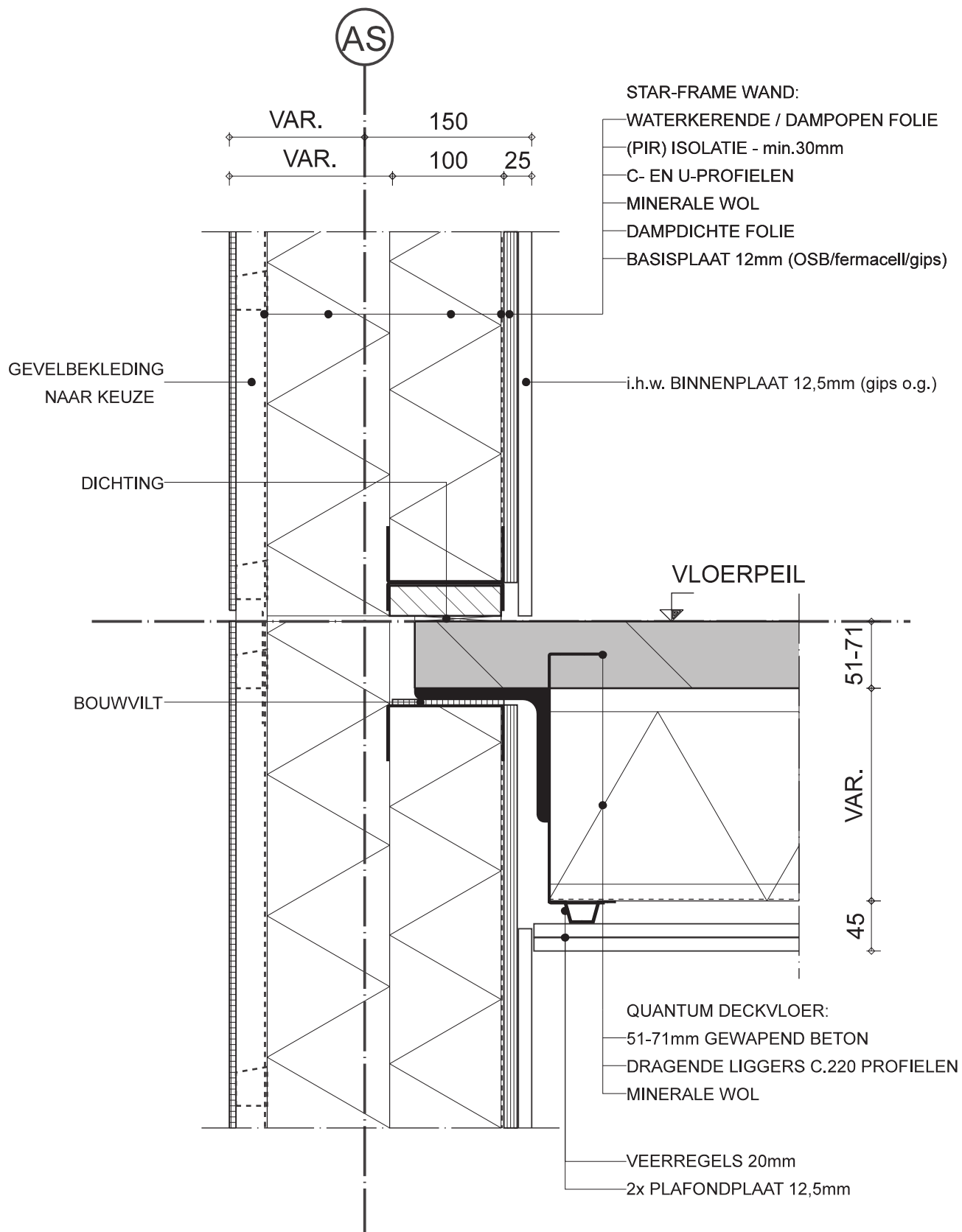


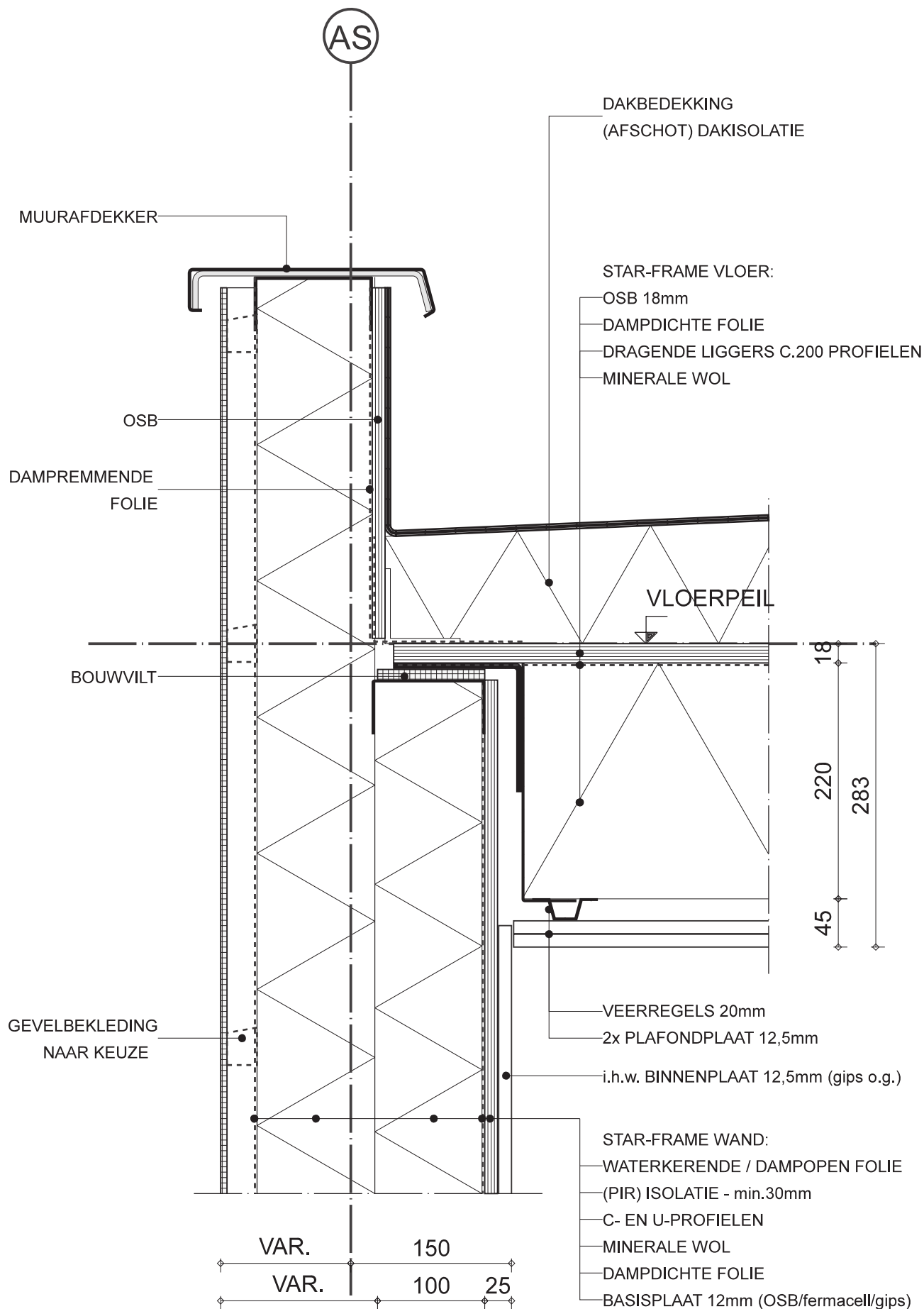




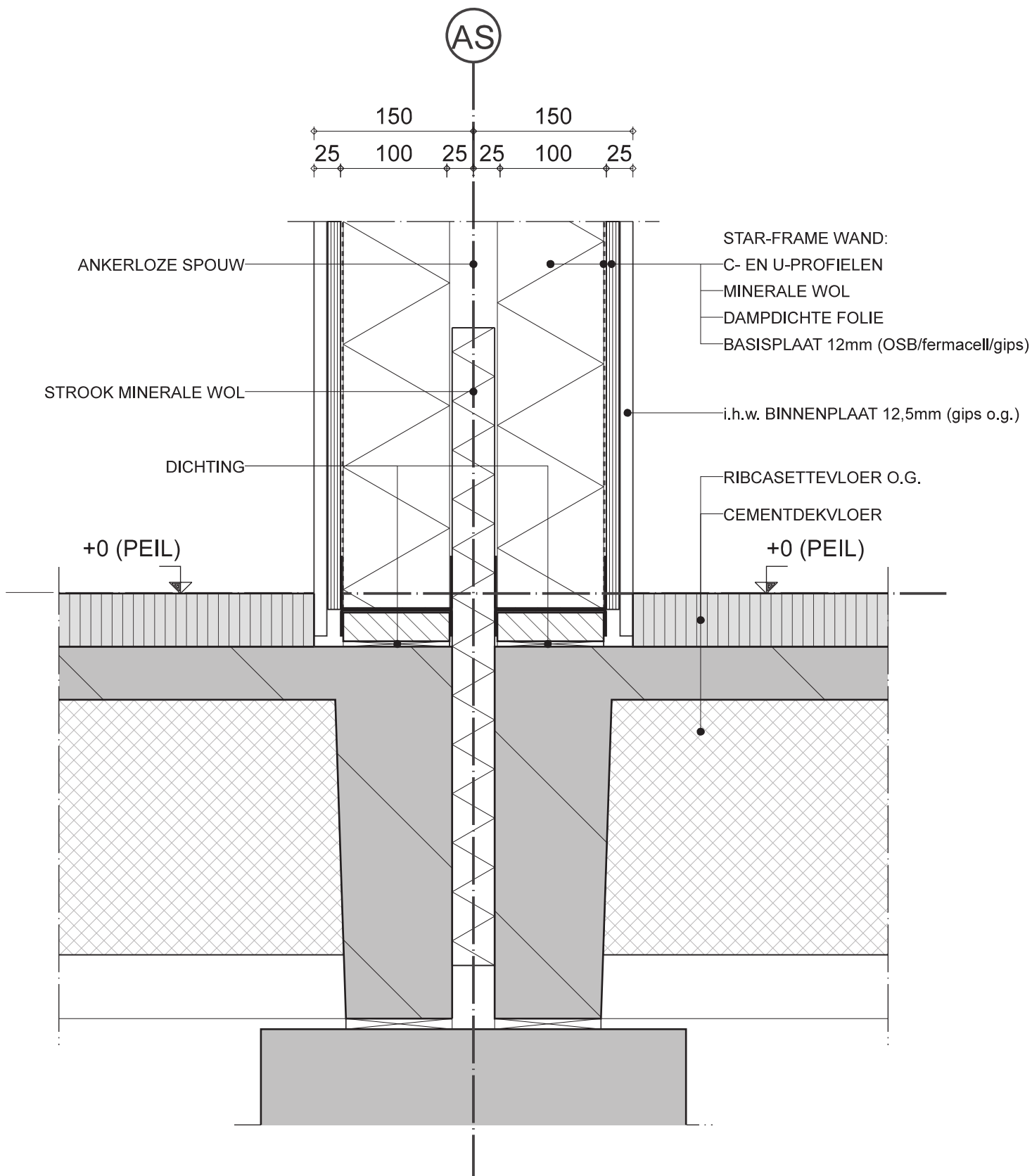








STAR-FRAME® SOLUTIONS A Tata Steel Enterprise	www.starframesolutions.nl info@starframesolutions.nl Wenckebachstraat 1 - 1951 JZ - VELSEN NOORD Postbus 10,000 - 1970 CA - IJMUIDEN T +31 (0) 251 49 17 84 F +31 (0) 251 47 17 92	DAT. 29-09-11	SCHAAL:	DETAILNR.
		A.	1:5	06
		B.		



STAR-FRAME®
SOLUTIONS

A Tata Steel Enterprise

www.starframesolutions.nl info@starframesolutions.nl
Wenckebachstraat 1 - 1951 JZ - VELSEN NOORD
Postbus 10.000 - 1970 CA - IJMUJIDEN
T +31 (0) 251 49 17 84 F +31 (0) 251 47 17 92

DAT. 29-09-11

A.

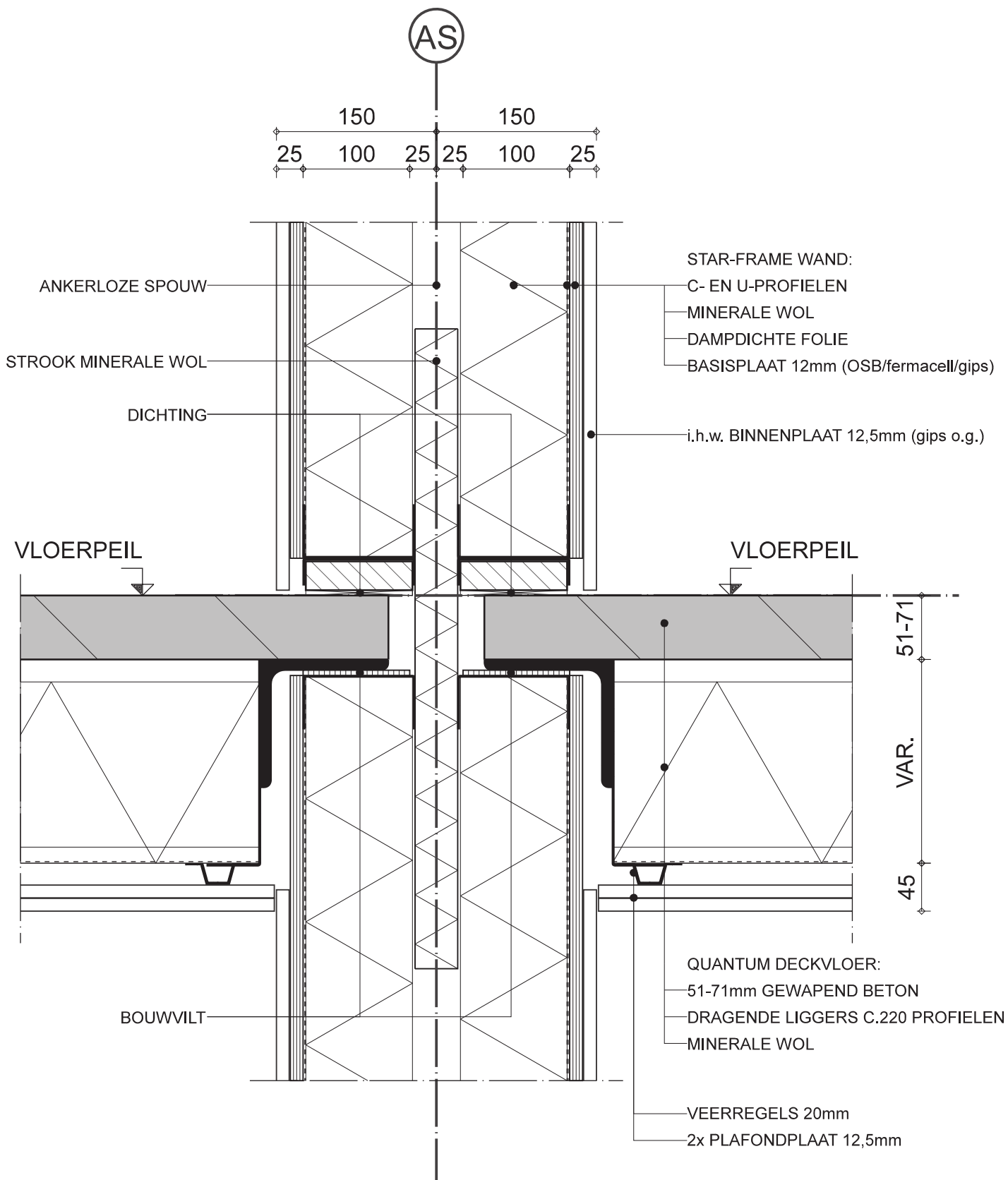
B.

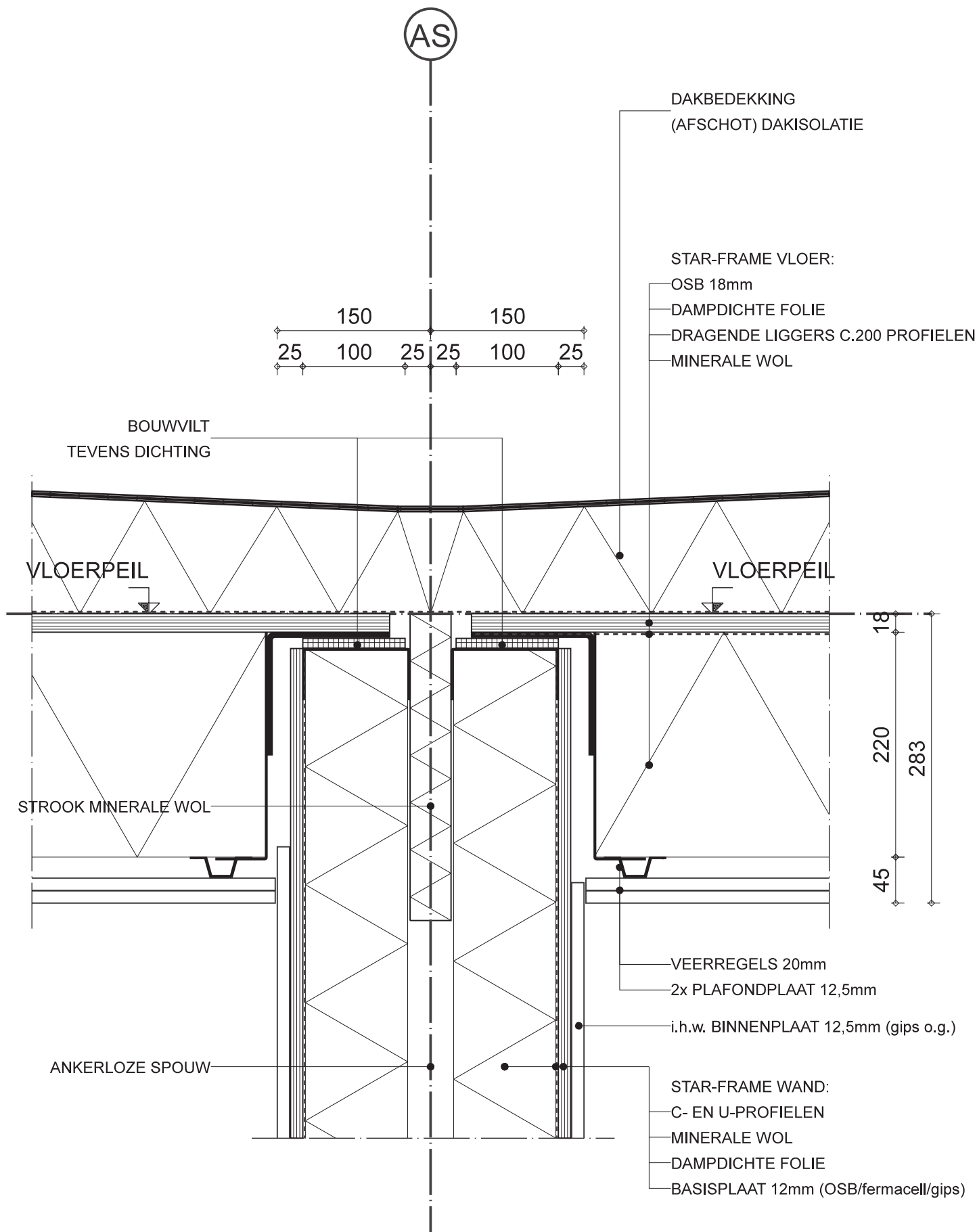
SCHAAL:

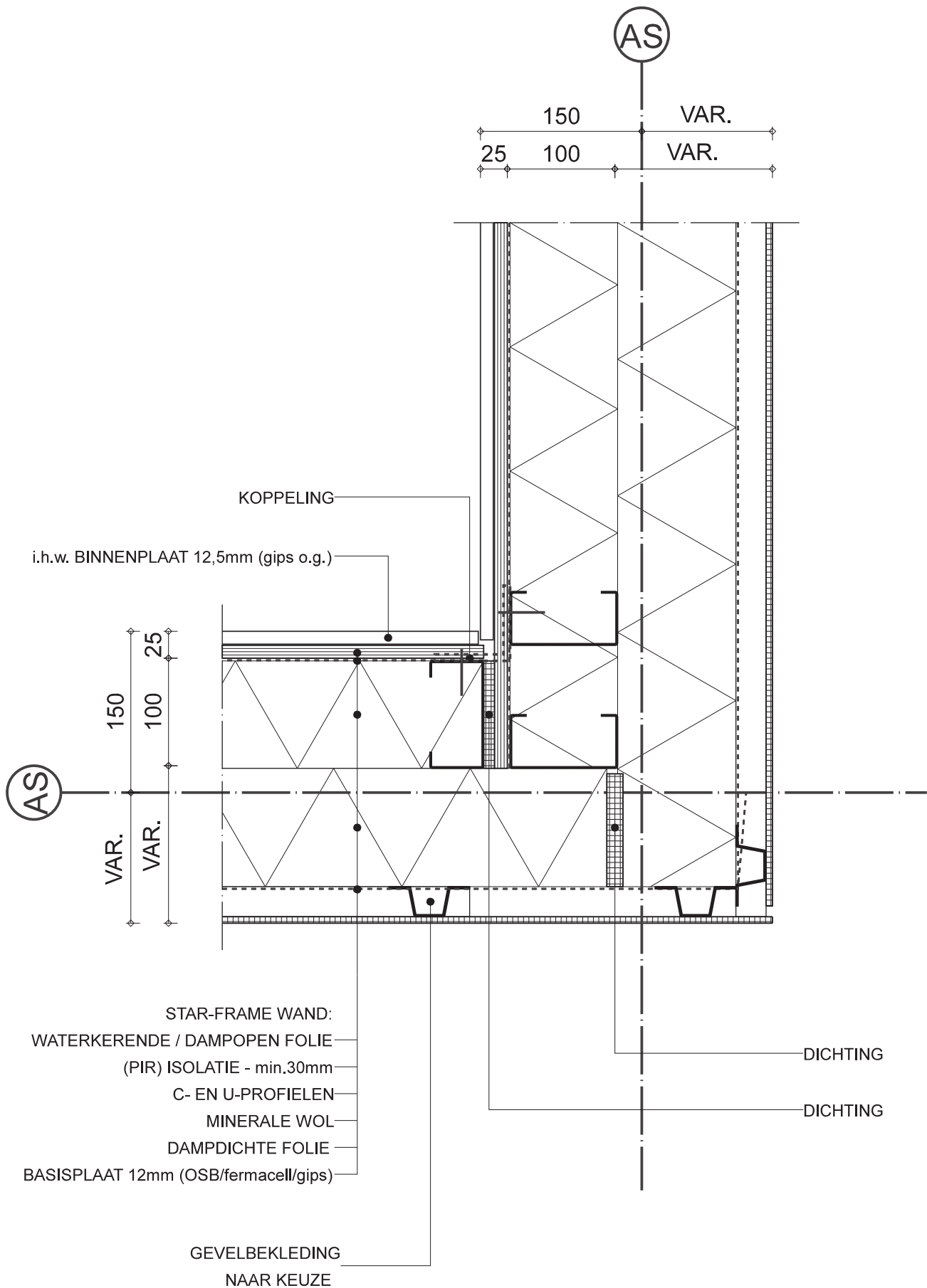
1:5

DETAILNR.

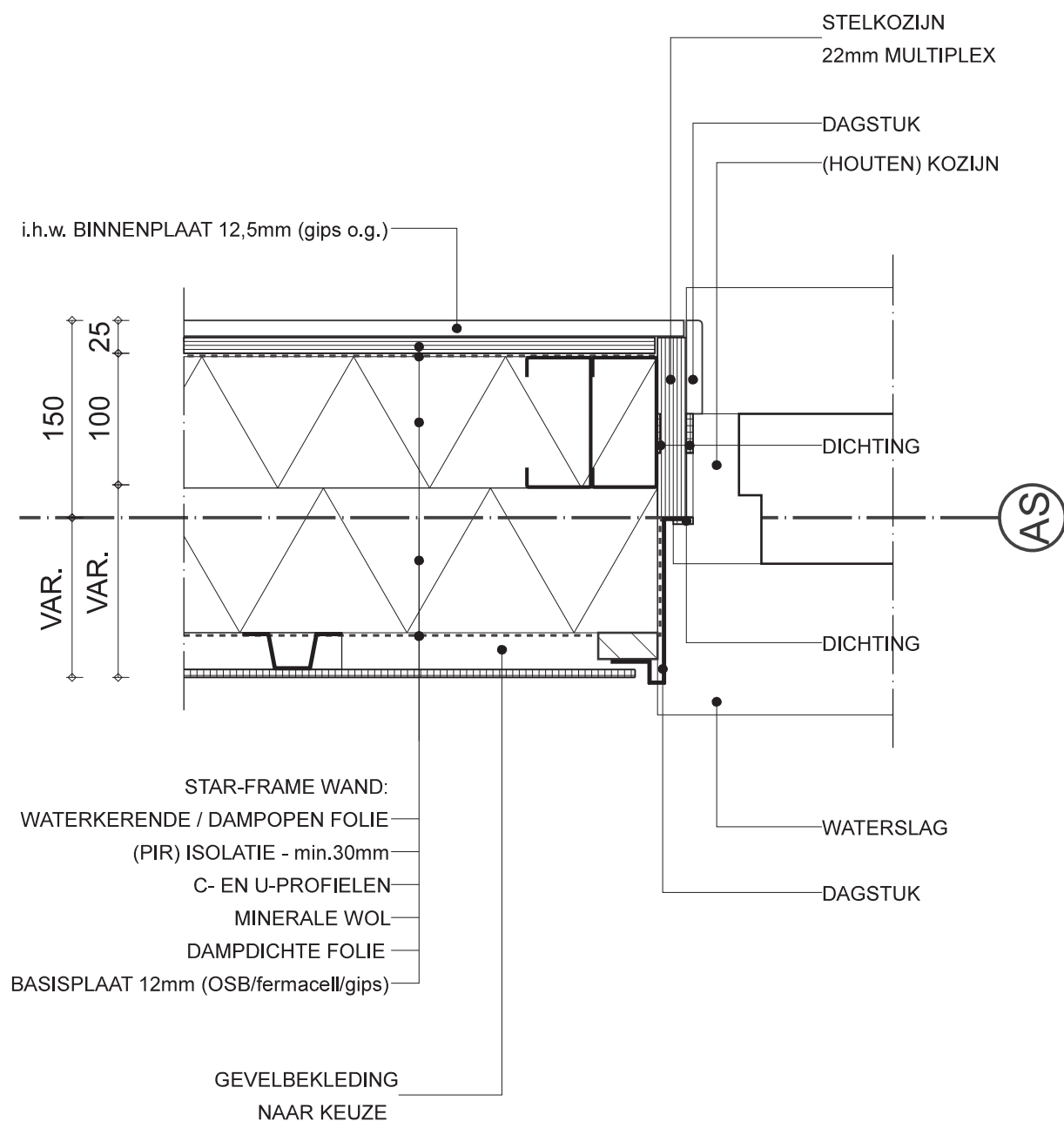
07



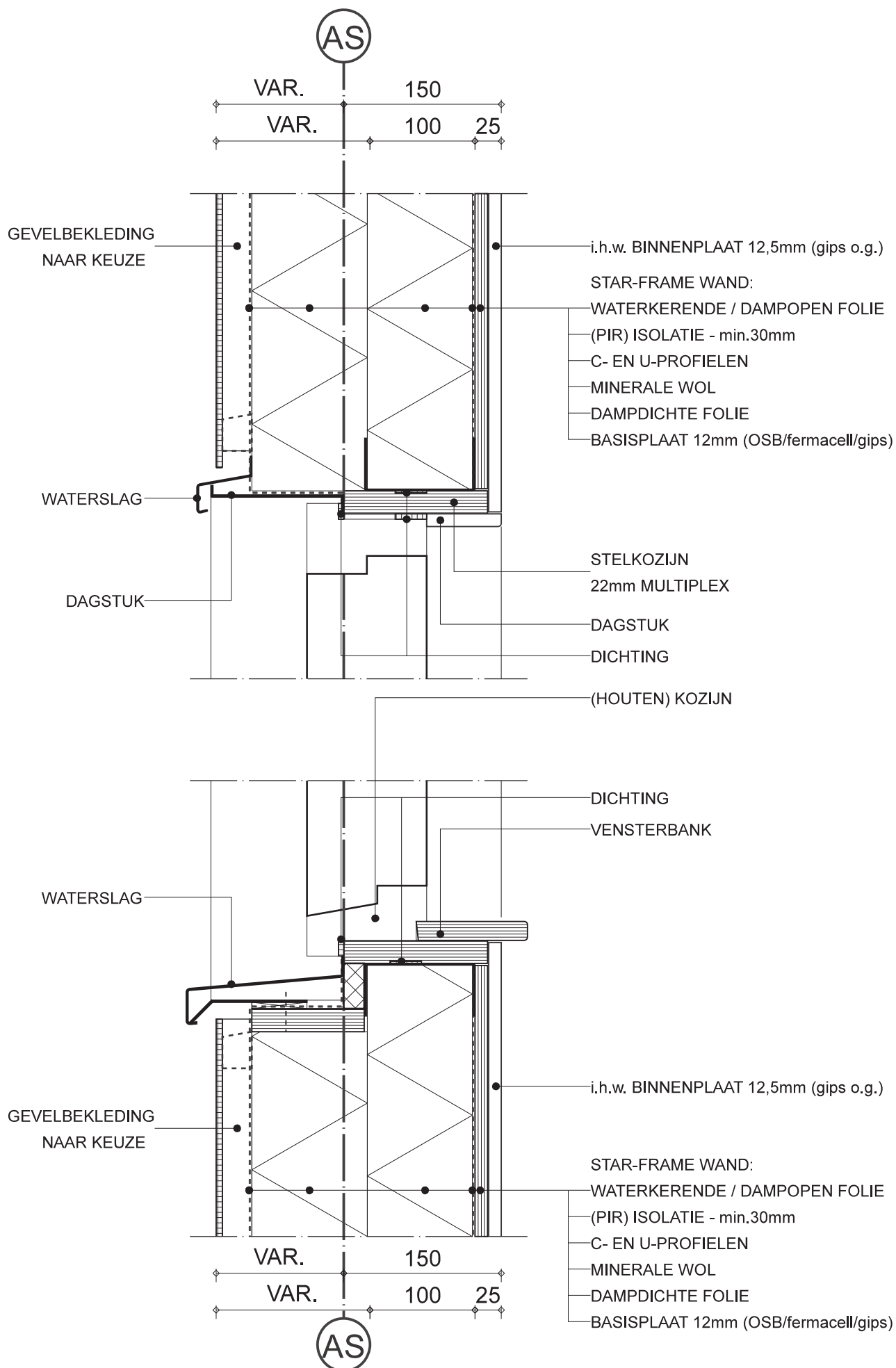




STAR-FRAME® SOLUTIONS A Tata Steel Enterprise	www.starframesolutions.nl info@starframesolutions.nl Wenckebachstraat 1 - 1951 JZ - VELSEN NOORD Postbus 10.000 - 1970 CA - IJMUIDEN T +31 (0) 251 49 17 84 F +31 (0) 251 47 17 92	DAT. 29-09-11	SCHAAL: 1:5	DETAILNR. 10
		A.		
		B.		



STAR-FRAME® SOLUTIONS A Tata Steel Enterprise	www.starframesolutions.nl info@starframesolutions.nl Wenckebachstraat 1 - 1951 JZ - VELSEN NOORD Postbus 10.000 - 1970 CA - IJMUJIDEN T +31 (0) 251 49 17 84 F +31 (0) 251 47 17 92	DAT. 29-09-11	SCHAAL: 1:5	DETAILNR. 12
		A.		
		B.		



STAR-FRAME®
SOLUTIONS

A Tata Steel Enterprise

www.starframesolutions.nl info@starframesolutions.nl
Wenckebachstraat 1 - 1951 JZ - VELSEN NOORD
Postbus 10.000 - 1970 CA - IJMUUDEN
T +31 (0) 251 49 17 84 F +31 (0) 251 47 17 92

DAT. 29-09-11

A.

B.

SCHAAL:

1:5

DETAILNR.

13+14

4. Technik

Qua prestaties onderscheidt Star-Frame zich op vele fronten van de meer traditionele bouwsystemen. Ondanks het geringe gewicht zijn grote overspanningen mogelijk en wordt op gebied van akoestiek en trilgedrag de vergelijking met andere systemen met glans doorstaan. Daarbij is met name de samenhang tussen de verschillende disciplines (constructie, akoestiek, energie en installaties en brand) van belang. Het Star-Frame bouwsysteem biedt veel mogelijkheden, de uitgangspunten kunnen variëren ten opzichte van andere bouwsystemen. Theorie en praktijkervaring in verschillende gerealiseerde projecten bieden ons echter uitstekende oplossingen: ook lichtgewicht constructies voldoen aan alle technische en prestatie eisen van het Bouwbesluit.

4.1 Samenhang

Omdat “de som van de delen” het eindresultaat bepaalt is bijvoorbeeld de coördinatie tussen constructieve overwegingen en uitgangspunten op gebied van akoestiek en trilling van groot belang. Vanwege geluidseisen wordt gestreefd naar zo min mogelijk bevestigingspunten, terwijl de stabiliteit van een constructie juist om heel veel bevestigingspunten vraagt. Deze afstemming is voor de uiteindelijke prestaties van het Star-Frame bouwsysteem van groot belang. Star-Frame Solutions werkt samen met een vast team van specialistische bureaus die de eigen discipline (constructie, akoestiek, brand of energie) optimaliseren met oog voor de andere disciplines. Star-Frame Solutions zorgt vervolgens voor de optimale detaillering voor het specifieke project.

KOMO-attesten

Eind jaren 90 heeft het toenmalige Star-Frame onder Hoogovens zich samen met IKOB-BKB ingespannen om het staalframe bouwsysteem te voorzien van een KOMO-atteest (fig. 34). Dit om te voorkomen dat bij iedere bouwaanvraag weer een enorme bewijslast moest worden geleverd om aan te tonen dat het systeem aan de Nederlandse bouwvoorschriften voldeed. Door het toenmalige Hoogovens zijn veel aanvullende testen op gebied van brand uitgevoerd. Maar ook op gebied van geluid om aan te tonen dat de gewenste prestaties gehaald werden. De brandproeven zijn o.a. uitgevoerd door TNO, het huidige Effectis. De geluidmetingen zijn door verschillende akoestische bureaus uitgevoerd, waaronder Kupers & Niggebrugge. In 1999 is het atteste afgegeven voor het Star-Frame bouwsysteem voor diverse gebruiksfuncties. Vanaf die tijd zijn de toegepaste principedetails steeds toegevoegd aan de testen of geactualiseerd. Daarmee is in de loop van de jaren een grote database ontstaan van binnen het Bouwbesluit passende details. Dit is erg makkelijk bij het vooraf inschatten van de te verwachten prestaties in de ontwerpfase.

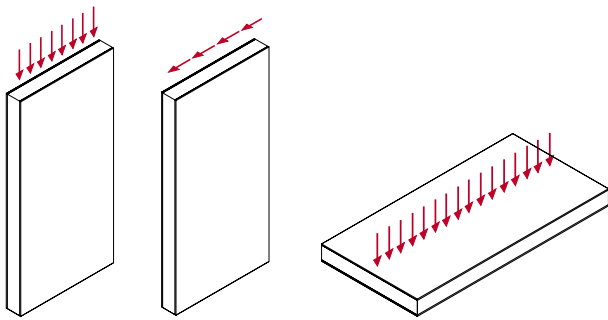
Ons bouwstelsel kent twee KOMO-attesten: IKB 1319 Vloerconstructies met Quantum Deck Voerelementen en IKB 1071 Star-Frame Bouwstelsel. Op basis van deze attesten worden de elementen geproduceerd middels KOMO-certificaat. De attesten worden nog steeds actueel gehouden door toegepaste en goedgekeurde details toe te voegen.



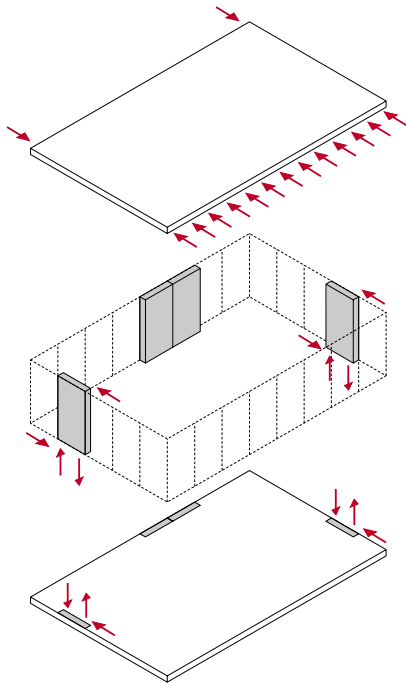
30. Onafhankelijk keuringsinstituut IKOBKB.



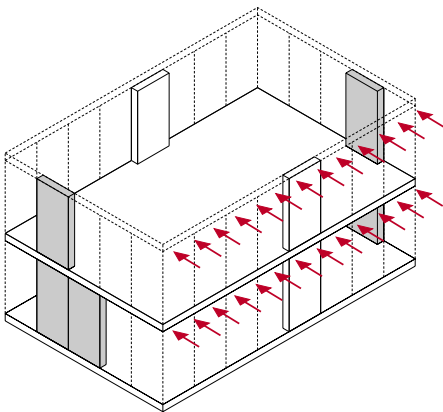
31. KOMO-attest Star-Frame Bouwsysteem.



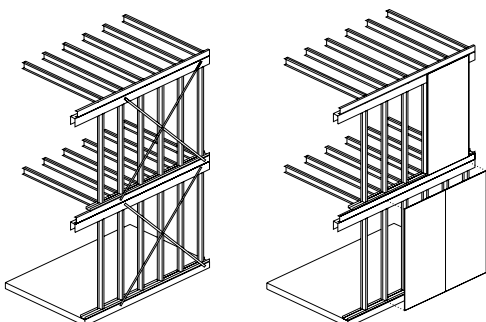
32. Schijfwerking uit horizontale en verticale elementen.



33. Stabiliteit uit schijfvormige wand- en vloerelementen.



34. Systeem van stabiliserende wandelementen.



35. Stabiliteit met kruizen en schijfwerking uit beplating.

4.2 Constructieve eigenschappen van Star-Frame

De draagconstructie van staalframebouw met dunwandige koudgeformde staalprofielen kent veel overeenkomsten met andere dragende stijl- en regelwerksystemen, zoals houtskeletbouw. De stijlen (C-profielen) worden aan de onderzijde en de bovenzijde in regels geplaatst. De regel verdeelt de (verticale) belasting over de verschillende stijlen. Horizontaal dragende onderdelen in wanden (lateien), zoals boven deuren en raamopeningen, worden geplaatst op consoles of ze worden opgehangen tussen twee wanden.

Omdat we met dunwandige profielen werken (1-2mm) is met name het opnemen van moment een kritisch aspect. Wanneer nodig is het eenvoudig mogelijk warmgewalste profielen op te nemen in de Star-Frame elementen zodat beide materialen optimaal worden gebruikt en de constructie toch licht blijft.

Op het stijl- en regelwerk van de staalprofielen (het staalframe) wordt aan de binnenzijde plaatmateriaal bevestigd. Aan de buitenzijde wordt een isolatieplaat d.m.v. schroeven of nagels bevestigd of ook een afwerking afhankelijk van de positie en rol van de wand. De wand wordt inwendig geïsoleerd, vaak met minerale wol. Zo ontstaat een samengesteld onderdeel, een zogeheten element. Dit element kan krachten opnemen loodrecht op het vlak, maar ook evenwijdig aan het eigen vlak (stabiliteit). Staalframebouw kan dus voor horizontale en verticale krachtafdracht gebruikt worden (fig. 32). De stijfheid van bekleding is – bij voldoende bevestigingspunten – zó groot, dat de bekleding constructief meewerkt (schijfwerking). De koudgeformde profielen kunnen door de bekleding niet uitknikken in het wandvlak. Er kunnen ook diagonale stalen strips aangebracht worden om de stijfheid van het wandelement te borgen.

De wandelementen ondersteunen de vloeren maar nemen ook de horizontale belastingen op, die veroorzaakt worden door windbelasting en onvoorziene scheefstand van het gebouw of van het element. De uiteindelijke sterkte van de wandelementen wordt dus mede bepaald door het soort bekledingsmateriaal, de dikte en de kwaliteit van de bekleding. Het principe van het krachtenverloop is te zien in de afbeelding hiernaast.

Stabiliteit

De schijfvormige Star-Frame elementen kunnen een volledige draagstructuur vormen: naast de afdracht van de verticale krachten en de gevelbelastingen (o.a. windbelasting) moet natuurlijk ook de stabiliteit van de hoofddraagconstructie worden gewaarborgd (fig. 33). De hoofdconstructeur bepaalt projectgericht de vereiste specificaties waaraan moet worden voldaan qua gebouw en verbindingen. Naast de krachten die de individuele elementen moeten opnemen speelt ook de onderlinge verbinding daarbij een belangrijke rol. Wanneer nodig wordt middels integratie van warmgewalste stalen profielen hele grote krachtenconcentraties opgevangen. De stabiliteit van een bouwwerk dient te allen tijde door de (hoofd)constructeur bekeken en berekend te worden.

Stapel methode (platform methode)

Bij deze methode worden eerst de wanden geplaatst, daarop wordt de vloer gelegd (fig. 36). Op die vloer worden de volgende wanden geplaatst, enzovoort. Zo worden de krachten uit de wanden via de vloerelementen overgedragen naar de onderliggende constructie. De platformmethode is de meest bekende en meest gebruikte manier van bouwen. Met staalframe constructies wordt meestal een andere methodiek gekozen: de ingehangen methode, ook wel ballonmethode genoemd.

Ingehangen methode (Balloon methode)

Hier worden de vloeren naast of tussen de wandelementen opgehangen (fig. 37). We noemen dat ingehangen constructies van vloeren tussen wanden. De dragende wandelementen lopen verticaal voorbij de vloer door, door de ingehangen constructie worden de vloeren meer op trek belast. Daarmee worden de dunwandige koudgeformde stalen profielen optimaal benut. Bij deze methode kunnen grotere wandelementen toegepast worden. De constructie bij een horizontale aansluiting kan met minder profielen worden uitgevoerd. Ook de dampremmende laag kan daar vrijwel ononderbroken worden aangebracht omdat het aantal naden sterk gereduceerd is.

Combinatie bouwmethoden

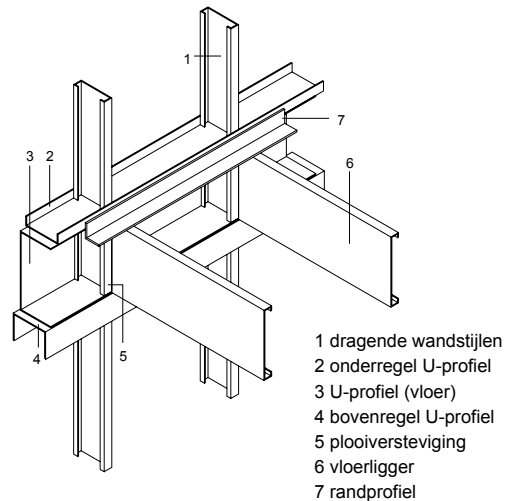
Staalframebouw kan zeer goed in combinatie met andere bouwsystemen zoals houtskeletbouw, beton of kalkzandsteen worden toegepast. Hierdoor ontstaan zogenaamde hybride constructies. De Quantum Deck vloer is daarvan een goed voorbeeld: de combinatie van beton en staal geeft een hogere prestatie dan individueel met de respectievelijke materialen bereikt zou kunnen worden.

Het gebouw kan een heel staalskelet als hoofd draagconstructie hebben, waarbij de vloeren en wanden worden uitgevoerd in staalframebouw. Maar ook kunnen dragende binnenwanden worden vervangen door een staalskelet waarbij alleen de dragende gevels, de vloeren, het dak en eventueel de niet-dragende binnenwanden in staalframebouw worden uitgevoerd. Daarnaast kunnen staalframebouw wanden gecombineerd worden met de Star-Frame en Quantum Deck vloer of kanaalplaat, breedplaat en/of broodjes vloeren.

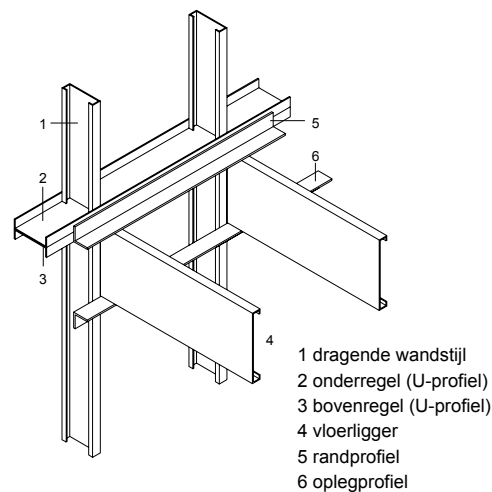
Algemene uitgangspunten

De h.o.h.-afstand van de C-profielen (stijlen en vloerprofielen) kan per project verschillend uitpakken door de projectgerichte statische berekeningen. Door de afmetingen van de platen wordt echter meestal naar een h.o.h.-afstand toegewerkt van 600mm, gebaseerd op een plaatbreedte van 1200mm. Bij grotere staaldiktes van 1,5mm t/m 4mm en sterkere platen zijn h.o.h.-afstanden tot 1200 mm mogelijk, afhankelijk van de belasting en de doorbuigingseisen. De h.o.h.-afstand van de stijlen in een gevelelement is feitelijk ondergeschikt aan het ontwerp van de gevel. Het is wel gunstig als de sparingen in wandelementen zijn afgestemd op de h.o.h.-afstand van de stijlen (fig. 38). Dan hoeft de logische stijlverdeling niet te worden doorbroken. Grotere sparingen in dragende wand- en vloerelementen kunnen worden overspannen met dikkere of met in elkaar geschoven staalprofielen (lateiconstructie) of eventueel met warmgewalste staalprofielen.

In de holle ruimte tussen de stijlen kunnen leidingen eenvoudig in het systeem opgenomen worden (zie fig. 39.) In de staalprofielen van de wanden zijn standaard gaten aangebracht om elektra of andere leidingen door te kunnen voeren. Bij het aanbrengen van leidingen dient men erop toe te zien dat de doorvoeren akoestisch en constructief verantwoord worden uitgevoerd en tevens dient gelet te worden op luchtdichtheid. De leidingen dienen vrij te worden gehouden van direct



36. Stapel methode (platform methode).

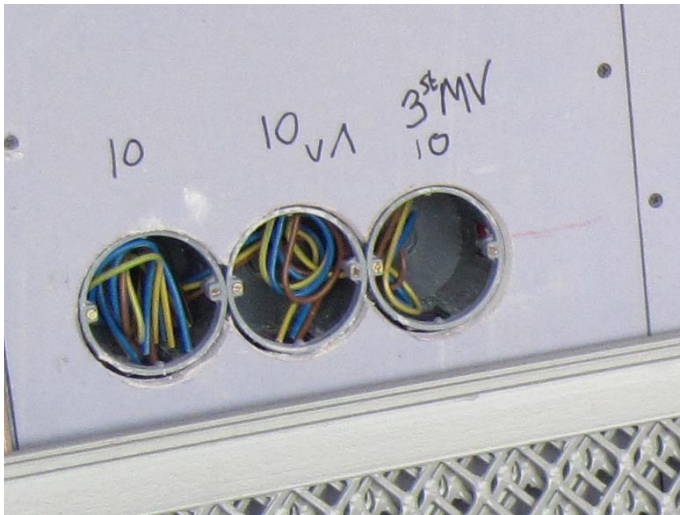


37. Ingehangen methode (balloon methode).

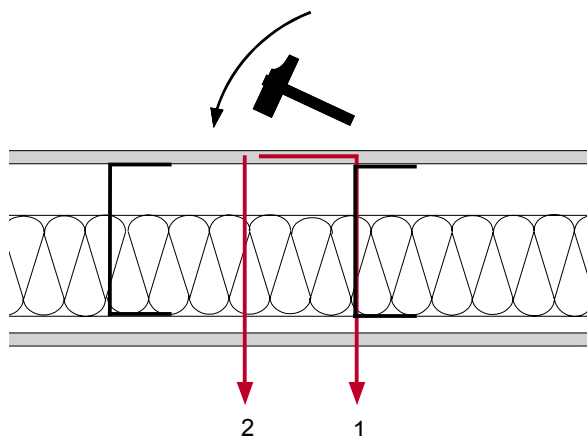
“Alle Star-Frame producten zijn voorzien van een KOMO-attest.”



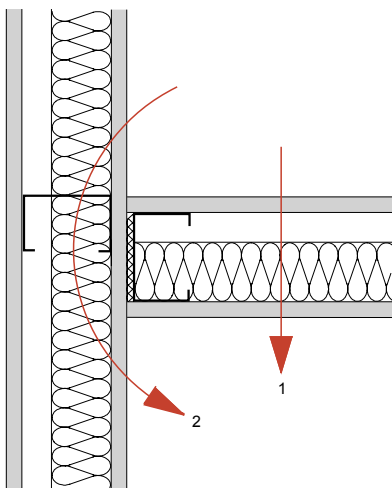
38. De h.o.h.-afstanden zijn o.a. afhankelijk van het plaatmateriaal.



39. In de holle ruimten van de wanden kan gemakkelijk elektra worden opgenomen.



40. Contactgeluid in staalframevloeren, via de ligger (1) en via de holle ruimte (2).



41. Horizontale geluidoverdrachtswegen in staalframewanden.

contact met het staalframe, om geluidsoverdracht van de leidingen naar de profielen (geluidlekken) te voorkomen. Door het geringe eigen gewicht van de constructie kunnen bestaande gebouwen met nog een (kleine) restcapaciteit in de fundering, zonder extra aanpassingen aan de fundering van extra bouwlagen, worden voorzien (optoppen). Het lage eigen gewicht biedt evenveel voordeel bij nieuwbouw.

4.3 Akoestiek en trillingen

Het Star-Frame bouwsysteem is een lichtgewicht bouwsysteem. Dat geeft vele voordelen, maar op gebied van geluid en trillingen vraagt dit wel een iets andere benadering dan we bij traditionele bouwsystemen gewend zijn. Door met massa te spelen (hoeveelheid en positionering) en uit te gaan van buigslappe veersystemen worden hoogwaardige constructies gemaakt die aan gestelde eisen voldoen. Geluidisolatie is echter niet het enige waar op gelet moet worden: het trilgedrag bepaalt hoe de gebruiker de constructie ervaart. De eigen trilfrequentie van bijvoorbeeld de vloer bepaalt deze gevoelswaarde. Door enkele slimme constructies en het toepassen van net voldoende massa ontstaat toch het gevoel van een zware monoliete vloer, maar dan wel met een kwart van het traditionele gewicht! Wij kunnen met ons bouwsysteem de opbouw afstemmen op de gevraagde functie.

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de karakteristieke index voor luchtgeluidsisolatie ($I_{Lu;k}$), de index voor contactgeluidisolatie (I_{Co}), installatiegeluid ($I_{LA;k}$) en aan de karakteristiek geluidwering van de gevel ($GA;k$). Afzonderlijke componenten van staalframebouw vormen samen een bouwfysisch systeem. De geluidisolatie wordt niet uitsluitend bepaald door de individuele componenten maar ook door de manier waarop die componenten samenwerken (fig. 41). De totale geluidisolatie is niet beter dan de zwakste schakel toelaat. Een akoestisch ontwerp start bij de draagconstructie, dat wil zeggen, bij de akoestische mogelijkheden van een constructie. Daar worden de overige componenten op afgestemd om tot optimale prestaties Frame bouwsysteem aan de meeste eisen op gebied van geluid en trillingen worden voldaan. Bij het Star-Frame systeem gaan we na hoe trillingen door de constructie heen gaan in zogenaamde geluidpaden. Door op specifieke plaatsen te koppelen of te ontkoppelen of materiaal toe te voegen kunnen we de constructie afstemmen op de gewenste prestatie. Hier onderscheid ons systeem zich van vele andere systemen: door slim met detailleringprincipes en uitvoeringsaspecten om te gaan kunnen ongekend goede prestaties worden behaald.

Belangrijke punten:

- Opzet van de hoofdconstructie
- Vloeren op gescheiden liggers leggen
- Een verende oplegging is akoestisch zeer effectief, maar constructief vaak onmogelijk
- De stijfheid van de verbinding van de beplating op de profielen
- De wanddikte
- De buigstijfheid van de afzonderlijke platen (afhankelijk van dikte platen, plaatmateriaal en de structuur van de plaat). Meerder dunne platen presteren vaak beter dan één dikke plaat
- De oppervlaktemassa van de totale bekleding
- Het soort isolatiemateriaal, de soortelijke massa en de eigenschappen ervan (geluidabsorberend vermogen)

Bouwknoop

De uiteindelijke prestatie qua geluidisolatie tussen ruimten wordt vooral bepaald hoe wanden en vloeren zijn samengevoegd, de bouwknoop. Daar komen alle componenten samen en wordt een groot deel van de kwaliteit bepaald. De totale geluidisolatie is een combinatie van ge-

luidoverdracht via scheidende bouwdelen en geluidoverdracht via allerlei indirecte zijwegen. Hoe langer de weg, hoe meer het geluid dempt. De geluidoverdracht via indirecte wegen heet flankerend geluid: de geluidgolven van de zendruimte zetten zich via de flankerende bouwdelen naar de ontvangstruimte voort en stralen het geluid weer af. De overdracht van geluid tussen bouwdelen vindt plaats bij de bouwknopen. Bij deze knopen vindt demping plaats, afhankelijk van de precieze detaillering worden trillingen in meer of mindere mate doorgegeven.

Verbindingsdemping

Verbindingsdemping is de reductie van trillingenergie die optreedt wanneer trillingen door een bouwknop van een bouwdeel naar een ander bouwdeel worden overgedragen. De geluidpaden zijn bij staal-framebouw in principe gelijk aan die van traditionele massieve bouwsystemen. De verbindingsdemping werkt wel anders. In de massieve bouw zijn de bouwknopen buigstijf, vooral de constructief belangrijke. De massa van een bouwdeel hindert de beweging van het andere bouwdeel. De hoogte van de verbindingsdemping bij massieve bouw hangt af van de massa's en de massaverhoudingen van de bouwdelen.

Bij staalframebouw zijn de scheidende en flankerende bouwdelen akoestisch gezien scharnierend (flexibel) verbonden. De trillingoverdracht en de overdracht van (rotatie)energie wordt bepaald door:

- Flexibiliteit van de verbinding
- Doorlopen van beplating voorbij de bouwknop
- Massaverhoudingen

De flexibiliteit in de bouwknop betekent niet dat het flankerende geluid bij staalframebouw minder van belang is dan bij massieve bouwsystemen. Dit komt door het lage gewicht van de bouwdelen, waardoor de trillingsniveaus hoog zijn. Star-Frame biedt uitgekende standaard detailleringen die in het KOMO-atteest zijn opgenomen.

Voor massieve constructies zijn theorieën en rekenregels voor de verbindingsdemping van bouwknopen opgezet en met metingen gecontroleerd. Voor staalframebouw zijn de rekenregels nog beperkt beschikbaar maar de principes van de verbindingsdemping zijn wel bekend. De verbindingsdemping bij staalframebouw is hierdoor goed empirisch te beschrijven, gebaseerd op metingen. Het door TNO uitgevoerde project rondom lichte bouwknopen heeft veel nieuwe inzichten en onderbouwing hiervoor opgeleverd. Met de juiste maatregelen aan de bouwknopen zijn in de praktijk geluidisolaties $l_{w,k}$ en $l_{o,k}$ van meer dan +10 dB te realiseren, ook verticaal.

Aansluitingen van bouwdelen

Bij lichte bouwmethoden verdient de uitvoering van de aansluitingen grote zorg om geluidlekken te voorkomen (fig. 42+43). Dat sluit eigenlijk goed aan op de wens om vanuit energie overwegingen luchtdicht te bouwen. Openingen in de aansluitingen werken als geluidlekken en beïnvloeden ook de luchtdichtheid van het gebouw. Bij de uitvoering zijn de volgende punten van groot belang:

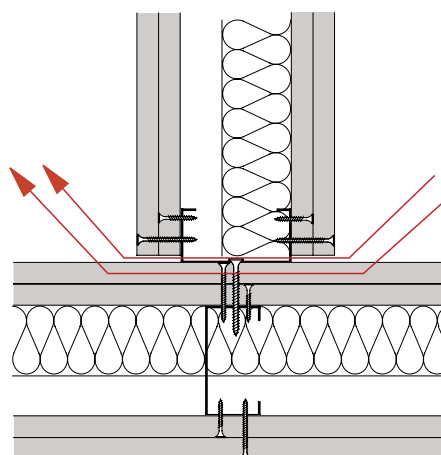
- Scheiding van flankerende bouwdelen (verbindingsdemping)
- Scheiding van aan elkaar grenzende bouwdelen (geluidlekken)
- Aansluiting met isolatiestrips, isolatiematerialen (ontkoppelen, verbindingsdemping)
- Toepassing van speciale profielen met dichtingstrips

Luchtgeluidisolatie

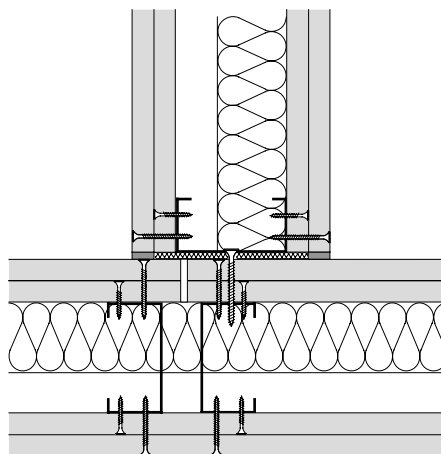
De volgende drie onderdelen zijn van invloed op de luchtgeluidisolatie van wanden met een enkelvoudig regelwerk met aan beide zijden een bekleding:



42. Geluidsmeting in een woning.



42. Akoestische 'lekken' en geluidbruggen bij een aansluiting van twee wanden.



43. Akoestisch 'goed' gedetailleerde wandaansluiting met gesloten voeg en een scheiding in de doorgaande bekleding.



A close-up photograph of a metal frame structure. A horizontal metal beam is visible, with a label 'CE/EN 13964 DIN 18182 U27 L=4000' printed on it. The frame is composed of several vertical and horizontal metal members. The background is a dark, textured surface.

46. Vrijdragend plafond onder Quantum Deck vloeren.

- Bij renovaties is het aanbrengen van een volledig prefab vloersysteem niet altijd mogelijk. Dan kiezen we voor het ter plaatse storten van beton of anhydriet/zandcement op lewisplaat of houtplaat. Behalve massa, is extra ontkoppeling tussen de vloerprofielen en de beplating nodig. Afhankelijk van het vloersysteem zijn er verschillende mogelijkheden. Bij het gebruik van een steenachtige dekvloer moet deze zo direct mogelijk op de beplating worden aangebracht. Een verende laag tussen de steenachtige laag en een houten bekleding veroorzaakt in de constructie extra resonanties met een averechts effect. Aan de onderzijde kan worden gevarieerd in de opbouw, afhankelijk van de situatie. Er kan bijvoorbeeld worden gewerkt met plafondplaten op veerregels of kruislings regelwerk. Wordt een woningscheidende vloerconstructie

verlangd dan moet uitgegaan worden van een vrijdragend plafond (fig. 46). Deze plafondconstructie kan op door de akoestisch specialist bepaalde plaatsen gekoppeld worden aan de liggers in de vloer. Maar het is in alle gevallen raadzaam om van meet af aan de akoestisch adviseur van Star-Frame Solutions bij de gewenste uitvoering te betrekken.

4.4 Energie en installaties

Staalframebouw gevels en vloeren worden standaard voorzien van een isolatielaag in het element: de isolatie zit tussen het stijl- en regelwerk van de wanden en de vloer- en dakprofielen. Naast deze inwendige basislaag leveren we de Star-Frame buitenwandelementen altijd met een koudebrugonderbreker. Deze isolatielaag aan de buitenzijde zorgt ervoor dat de staalprofielen niet direct in contact komen met de buitenlucht. Met staalframe wanden zijn makkelijk hoge isolatiewaarden te bereiken. De basisconstructie blijft gelijk, door de isolatie (isolatiewaarde en dikte) te verbeteren kunnen de gewenste waarden worden bereikt. Bij dezelfde Rc-waarden zijn Star-Frame wanden in vergelijking met andere bouwmethoden vaak dunner. Dit geeft een mogelijke winst in gebruiksoppervlakte.

Koudebruggen

De Rc-waarden kunnen worden bepaald met de rekenregels uit NEN 1068 en NPR 2068.

Lucht- en winddicht ontwerpen

De lucht- en winddichtheid van een prefab gevelelement vraagt vooraf aandacht voor de principeopbouw en voor het bouwproces. De opbouw van een element (eventueel met de nodige folies) wordt vooraf op het aspect luchtdichtheid beoordeeld. De dampremming wordt gevormd door een folie aan de binnenzijde van de buitenwanden, achter het plaatmateriaal. Daarnaast spelen de doorlopende flappen van de folie en het zorgvuldig afplakken daarvan een rol bij de luchtdichting (overlappen tapen).

De aansluitingen tussen aanliggende bouwdelen (fig. 50) kan ook met een flexibel kleefband (gesloten cellenband) worden afgedicht. Om scheurvorming op lange termijn uit te sluiten, zijn gipsplaten aan te bevelen. Deze hebben in tegenstelling tot houtachtige bouwmaterialen een lage krimp- en zwellingscoëfficiënt: maximaal 0,02% lengteverandering per procent vochtigheid.

Naast de uitvoering van de aansluitingen tussen de bouwdelen, vraagt de uitvoering van doorvoeren van elektra, water- en verwarmingsinstallaties en het inbouwen van kozijnen aandacht. In spouwconstructies kan lekkage ontstaan door installaties zoals wandcontactdozen. Een zorgvuldige voorbereiding en gecontroleerde uitvoering is daarom vereist.

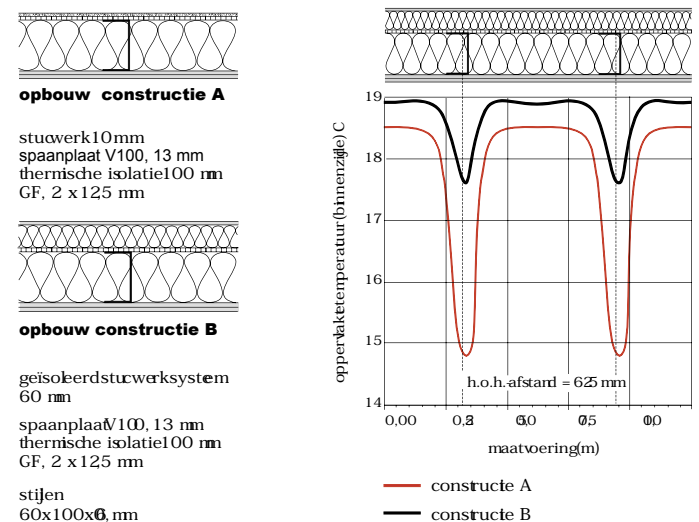
Star-Frame adviseert om zoveel mogelijk gebruik te maken van droge dichtingen tussen de wanden en vloeren zodat op gecontroleerde wijze duurzame dichting wordt bereikt. Zeker bij de hogere isolatiewaarden waarmee we tegenwoordig bouwen ($R_c > 5$) zijn goede dichtingen steeds meer van belang. De onderlinge aansluitingen van de elementen worden geregeld door dampremmende lagen overlappend te laten aansluiten en af te plakken met tape. De naden tussen de elementen worden bij voorkeur voorzien van schuimband of gelijkwaardige oplossingen.

Comfort

Met Star-Frame kunnen door de laagsgewijze opbouw hoge Rc-waarden van de uitwendige scheidingsconstructie op verschillende



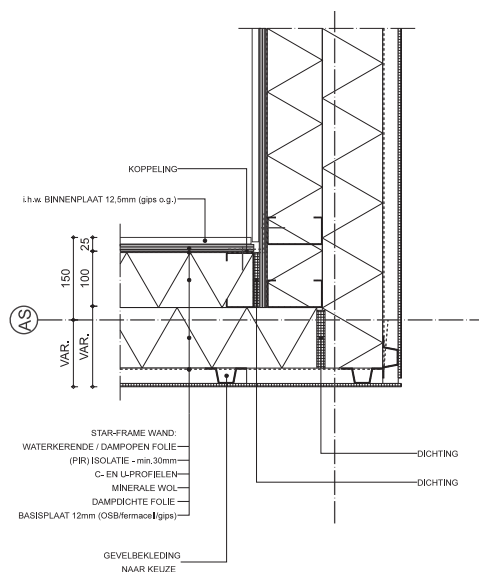
47. Milieuvriendelijke minerale wol voor wanden en vloeren



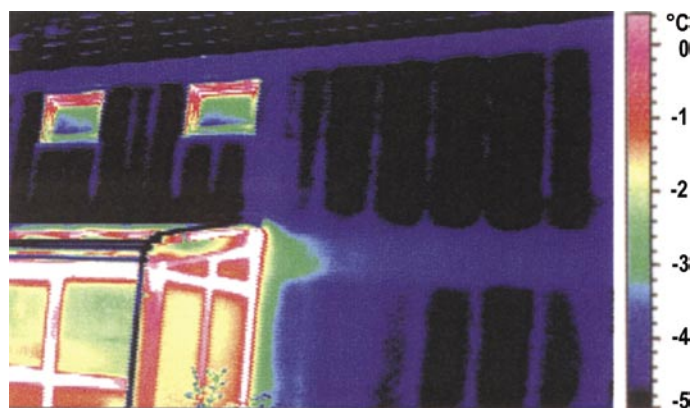
48. Koudebruggen; de invloed van de stijlen op de oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde



49. Star-Frame wand met aan de buitenzijde een sandwichpaneel met 160mm PIR-isolatie ($R_c = 7 \text{ kW/m}^2$)



50. Hoekdetail van Star-Frame wanden met buitengevelisolatie



51. Thermovisuele weergave van een staalframe woning



52. Star-Frame wanden voorzien van dampen/waterwerende folie

manieren worden gerealiseerd. Door materialen en systemen slim te combineren geeft dit systeem de keuze om op verschillende manieren optimale energetische en bouwfysische constructies samen te stellen, construeren op maat. Daarmee wordt voldaan aan de vraag naar een comfortabel binnenklimaat zonder dat er problemen ontstaan met condensatie of andere onvolkomenheden.

Warmteaccumulatie

Bij het ontwerpen van gebouwen moet men, onafhankelijk van de bouwmethode, steeds meer letten op de beheersing van warmte tijdens de zomerperiode. Doordat we steeds beter isoleren is het steeds moeilijker en kost het steeds meer energie om de warmte in de zomer buiten te houden. Het verwarmen in de winter vraagt steeds minder energie, het koelen in de zomerperiode vraagt echter steeds meer energie. Een hoge isolatiewaarde van de buitenschil betekend o.a. dat de in de woning opgehoopte warmte ook moeilijker wordt afgevoerd. Des te zwaarder de constructie, des te meer energie het kost om de temperatuur op een aangenaam niveau te krijgen.

Invloeden

De warmtetoeename in een gebouw wordt bepaald door zonlicht. Dat geldt voor de traditionele én lichte bouwmethodes. Door de glaspartijen komt zonlicht binnen, dat wordt omgezet in warmte-energie. Daardoor is het glasoppervlak de belangrijkste oorzaak voor de stijging van de binnentemperatuur. Maar ook zonder directe zonnestraling kunnen de gevels door diffuse en reflecterende straling behoorlijke warmtehoeveelheden opnemen. Door verkeerde of onvoldoende isolatie, onvoldoende ventilatie of door het ontbreken van of ontoereikend zijn van zonnewering, kunnen te hoge binnentemperaturen ontstaan. Omdat de wanden steeds beter geïsoleerd kunnen worden, blijkt steeds meer dat het koelen een belangrijkere factor wordt voor het installatieontwerp dan het verwarmen.

De temperatuurverhoging van gebouwen wordt door de volgende grootheden bepaald:

- de totale energicoëfficiënt van glas
- de grootte en positie van de glaspartijen
- de zonnewering van de ramen binnen of buiten, bijvoorbeeld markiezen, jaloezieën, zonwerende beglazing
- de ventilatiemogelijkheden van de ruimten, ook nachtventilatie
- het accumulerend vermogen van de gevels, wanden en de vloeren
- de Rc-waarde van daken en gevels
- het faseverschuivingsgedrag van de gevels: warmte wordt in een bouwdeel opgeslagen en na een bepaalde tijd weer afgegeven naar een achtergelegen ruimte

Omdat staalframebouw weinig eigen massa heeft, geeft dat een andere startpositie met betrekking tot het comfort in de ruimte. Weliswaar warmt de ruimte sneller op, maar doordat alleen de lucht gecorrigeerd hoeft te worden kost het weinig moeite de temperatuur weer naar beneden te brengen. Onderzoek aan de Technische Universiteit Eindhoven toont aan dat in ons klimaat een lichte constructie met een hoge isolatiewaarde een gunstiger energiegebruik geeft dan een vergelijkbaar zwaar gebouw.

Bij goed geïsoleerde woningen zijn de temperatuurverschillen tussen dag en nacht klein. Een geringer accumulerend vermogen dat bij staalframebouw ten opzichte van traditionele bouw het geval is, kan gedeeltelijk worden gecompenseerd door het verhogen van de isolatie. Met betrekking tot het effect van warmteaccumulatie is het interessant te weten dat bij zware, massieve wanden slechts een laag van 60 tot

100mm actief bijdraagt tijdens de dag-nacht cyclus, met een afnemend temperatuurniveau ten opzichte van het wandoppervlak. Onze Quantum Deck vloer heeft bijvoorbeeld een betonnen schil van 51 tot 71mm: dat sluit daar dus erg goed op aan.

Ontwerprichtlijnen

Het bouwsysteem en het accumulerende vermogen van het gebouw zijn niet de voornaamste factoren voor de zomerse temperatuurbeheersing. Bij het ontwerp zijn de volgende richtlijnen van belang (naar rato van invloed):

- De intensiteit van de zoninstraling (door de glaspartijen) in de ruimte reduceren (oppervlakte, detaillering, positie, maatregelen voor zonwering, eigenschappen van glas)
- Het optimaliseren van de Rc-waarde en de winddichtheid
- De grootte van de verwarmings- en koelelementen optimaliseren (interne warmtebronnen in de zomer minimaliseren, de inzet van een gecombineerd warmtekoelsysteem)
- De capaciteit van de mechanische ventilatie in relatie tot de klimaatregeling van binnen-buitentemperaturen
- De hoogte van de Rc-waarde en het accumulerend vermogen optimaliseren door een effectieve materiaalkeuze bij de opbouw

Ontwikkelingen

De nieuwste ontwikkelingen voor verdere comfortverhoging gaan in de richting van de zogeheten latente warmteopslag met gipsplaten of cellulose-isolatie. Door middel van Phase Change Materials (PCM) kan een licht gebouw zich tijdelijk gedragen als een zwaar gebouw.

PCM (Phase Change Materials)

Het gips van de gipsplaten wordt gebonden met ongeveer 20% toeslagstof van zeer kleine waskogeltjes (parafine, fig. 53). Voor de fase-overgang van de parafine (smelten) is veel warmte nodig. De warmte wordt daardoor in het materiaal opgenomen en opgeslagen (overdag). In het omgekeerde geval, bij het stollen, wordt de warmte weer 'latent' afgegeven ('s nachts). Een element dat met dergelijke platen is bekleed, kan het equivalent aan warmte opslaan van een 115 mm dikke kalkzandsteenwand.

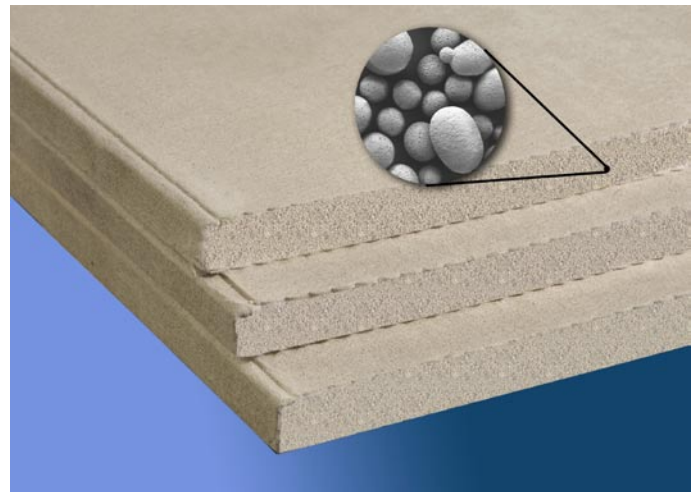
PCM's kunnen ook worden meegenomen in het beton van de Quantum Deck vloeren. Hiermee kan het accumulerend gedrag van een woning actief worden beïnvloed.

Isolatie met cellulose

Cellulose is een recyclingproduct van krantenpapier. In Duitsland zijn proeven gedaan met identieke woningen met verschillende isolatiematerialen van minerale wol en cellulose (fig. 54). De 'cellulose-woning' bleef in de zomer gemiddeld 6°C koeler dan de 'minerale-wol-woning' en de cellulose-woning koelde minder snel af. Daaruit blijkt dat cellulose goede warmteaccumulerende en warmteregulerende eigenschappen heeft. In de winter zal een woning met cellulose de warmte langer vasthouden.

4.5 Brandveiligheid

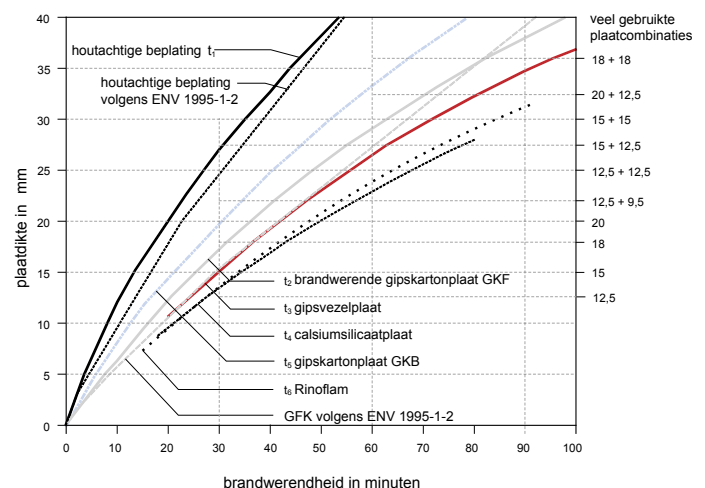
De sterkte en elasticiteitsmodulus van staal nemen bij temperaturen vanaf 400°C af. Staal zelf is onbrandbaar. Maar dunwandige en lichte staalconstructies staan, zonder bescherming, direct bloot aan de hoge temperaturen die tijdens een brand ontstaan. Daarom worden ze tegen de hoge temperatuur beschermd door koelende of isolerende beplating. Zo kunnen sterke thermische vervormingen en het bezwijken van de bouwdeelen worden voorkomen. Bij staalframebouw worden de staalprofielen vanwege de constructieve toepassing opgenomen in (woningscheidende) wanden, gevels en vloeren met specifieke brand-



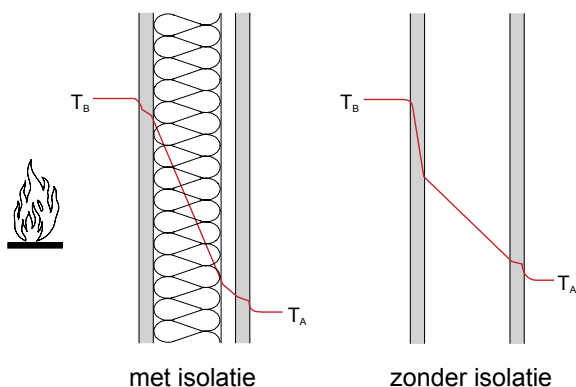
53. Voorbeeld van gipsplaat gevuld met PCM (parafinekorrels).



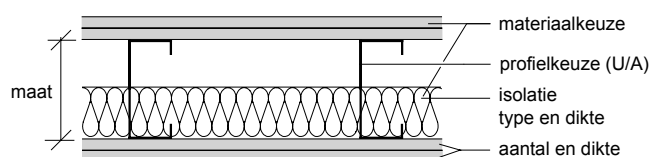
54. Voorbeeld van een isolatieplaat met cellulose.



55. Karakteristieke doorbrandtijden van verschillende plaatmaterialen



56. Temperatuurverloop in een scheidingswand met en zonder isolatie bij een éézijdige brand.



57. Mogelijkheden bij staalframebouw om de brandwerendheid te verbeteren.



58. Brandproeven uitgevoerd door TNO met Star-Frame vloeren.

werendheidseisen. Op die manier vervult de wand een dubbele functie (scheiding plus bescherming) en wordt effectief omgegaan met de (brandwerende) bekleding.

Beproevingen

In de loop van de jaren is er veel onderzoek gedaan naar brandveiligheid en zijn brandbeproevingen uitgevoerd op verschillende bouwdeelen (wanden en vloeren) bij o.a. TNO / Efectis en BRE (UK). Er is zelfs een compleet woningdeel getest waarbij de samenhang van elementen en bouwknopen werd getoetst. Daaruit bleek het Star-Frame bouwsysteem ruimschoots te voldoen aan de aan brand gestelde eisen in het Bouwbesluit.

De resultaten uit de brandproeven zijn ingebracht in onze beide KOMO-attesten. De toepassingsmogelijkheden van de wanden en vloeren worden qua brandveiligheid uitgebreid beschreven in die attesten met een directe terugkoppeling naar de principedetails.

Brandgedrag bouwmaterialen in staalframebouw

De totale brandwerendheid van de staalframebouw wanden en vloeren wordt kort gezegd verzorgd door de verschillende componenten waarmee de elementen zijn opgebouwd (fig. 55). De staalprofielen zelf zijn onbrandbaar en dragen dus niet bij aan de vuurbelasting. Ze moeten echter brandwerend worden bekled. Voor deze bekleding kunnen de volgende materialen worden gebruikt:

- gipskartonplaten
- gipsvezelplaten
- glasvlies versterkte gipsplaten
- calciumsilicaatplaten

Deze materialen zijn brandveilig en beschermen de achterliggende constructie tegen de directe brandhaard en dienen tegelijkertijd als wand-, plafond- en vloerafwerking. Ook de isolatie in de holle ruimten speelt een belangrijke rol wat betreft brandgedrag. Afhankelijk van de gekozen opbouw zijn de Star-Frame wanden en vloeren 30, 60 of 90 minuten (of zelfs langer) brandwerend uit te voeren. De specificaties zijn vastgelegd in de betreffende attesten. Dampremmende lagen of folies beïnvloeden het brandgedrag niet.

Elektrische installaties in wanden

Hollewand contactdozen kunnen op elke willekeurige plek in een dragende of niet dragende wand worden ingebouwd. Ook andere installaties kunnen in de holle ruimten doorgevoerd worden. Daarbij moeten de volgende randvoorwaarden in acht worden genomen (zie fig. 57):

- In scheidingswanden mogen de wandcontactdozen niet direct tegenover elkaar liggen, maar in afzonderlijk vakken
- Tegenover elkaar liggende wandcontactdozen in een wand met dubbele stijlen met een afstand < 600mm moeten gescheiden worden door een GKF-beplating van >600x600mm² en een dikte overeenkomstig de wandbekleding
- De isolatie die vanwege brandwerendheid wordt toegepast mag ter plaatse van de wandcontactdozen niet meer dan tot op 30mm worden ingedrukt

Staalframe vloeren met brandwerendheid eisen

De brandwerende classificatie van staalframe vloersystemen gebeurt op dezelfde wijze als bij wanden. Daarbij moeten vloeren altijd als een totaal van vloer + plafond + constructie beschouwd worden. De vloerprofielen worden door de brandwerende bekleding aan de onderzijde (plafond) tegen brand beschermd en aan de bovenzijde door de afwerklaag c.q. de betonschil (fig. 58).

Brand van onderen

Net als bij de wanden wordt voor de bepaling van de brandwerendheid gebruik gemaakt van bestaande proeven of attestaten van de afzonderlijke bouwmaterialen en/of van het Star-Frame systeem. Daarbij wordt hoofdzakelijk teruggegrepen naar de waarden van plafondsysteem die bij brand zelfstandig een bepaalde brandwerendheid hebben (zelfstandige plafondsysteem). De verschillende draagprofielen van de plafonds worden kruislings aangebracht. De afstand ervan wordt bepaald door de draagkracht van de plaat. Bij staalframebouw kunnen de basisprofielen worden vervangen door de vloerprofielen. Daar moet echter wel een berekening van de constructeur aan ten grondslag liggen. Sommige plafonds kunnen ook geheel zonder een aanvullende constructie onder aan de vloer worden bevestigd.

Brand van boven

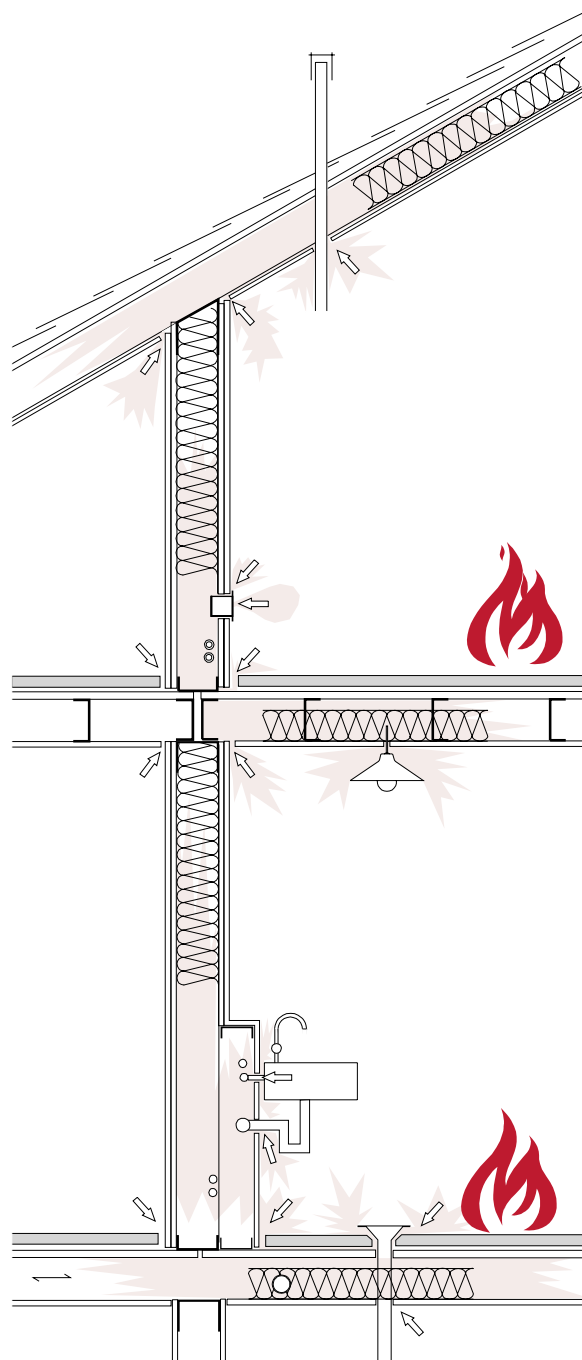
In de Nederlandse norm (NEN 6069) worden vloeren niet beoordeeld op een brand van boven. In andere landen zoals Duitsland wel. Bij staalframebouw vloeren met een brandwerendheid van 30 minuten is daar de betonschil (> 51mm) of de zwevende afwerklaag of extra afwerkplaat al voldoende. Deze beschermt de dragende vloerbeplating op de staalprofielen tegen de brand en verhindert een vroegtijdig bezwijken. Bij brandwerendheid van de staalframe vloer is het type en de dikte van de vloerafwerking aan de bovenzijde en die van de isolatie maatgevend. Voor 60 minuten brandwerendheid kunnen zandcement-, gips- en anhydrietlagen maar ook gipskartonplaten, gipsvezelplaten en spaanplaten worden ingezet. Uiteraard geeft de betonlaag van de Quantum Deck vloer afdoende bescherming.

Dakconstructies

Daken die qua afbouw met vloeren vergelijkbaar zijn, worden op brandwerendheid gelijk gesteld. De genoemde bepalingen voor de brand van onder gelden ook. Over het algemeen moeten daken tegen brand van buiten voldoende weerstand kunnen bieden tegen vlieg vuur conform NEN 6063.

Installaties in de vloeren

Sporadisch voorkomende elektrische leidingen kunnen door de vloeren worden doorgevoerd zonder invloed op de brandwerendheid als de openingen met gips wordt gevuld. Verticale leidingen vragen extra zorg bij de uitvoering als ze de vloeren loodrecht doorsnijden. Gebundelde leidingen met een gezamenlijke doorsnede van 50mm kunnen zonder extra maatregelen worden doorgevoerd. De doorvoer moet worden dichtgezet met een minerale wol met een smeltpunt van > 1000 °C of met een gipslaag. Wanneer er ventilatieleidingen worden geïntegreerd moet worden gelet op de eventuele compartimentering met afdoende maatregelen (bijvoorbeeld brandkleppen).



59. Verschillende details moeten al in de ontwerpfase op rookontwikkeling en brandvoortplanting zijn beoordeeld.

“Quantum Deck vloeren met dubbelgips plafond halen moeiteloos 60 min. brandwerendheid.”

5. Duurzaamheid

Hoewel staalframebouw een innovatieve uitstraling heeft is het geen nieuw bouwsysteem. Wereldwijd wordt er al jaren gewerkt met lichtgewicht koudgevormde profielen vanwege de ijzersterke voordelen: het lage eigengewicht, de maatvastheid, duurzaamheid en de snelle montage. Ook in Nederland kennen we vele voorbeelden van staalframebouw. In de jaren '40 bedacht de heer prof. ir. A. Horowitz (bekend van o.a. de Philips Philishave) een staalframebouwsysteem dat door Polynorm in Bunschoten werd geproduceerd. In 1948 werd in opdracht van Philips een woonwijk in Eindhoven gebouwd met dit unieke systeem (fig. 60). Pas enkele jaren geleden werden deze woningen gesloopt vanwege asbest problematiek. Na de sloop kwamen de stalen frames onaangedaan onder de gevelbekleding vandaan (fig. 61), dit is tot in detail in het Tata Steel RD&T laboratorium onderzocht. Om te kunnen aantonen dat de profielen opnieuw te gebruiken zijn, werd één van de woningen door studenten van de TU-Eindhoven uit elkaar geschroefd en op de Campus weer opgebouwd. Ondanks het 50 jaar oude gebruikte staal bleek dit een succesvolle en relatief probleemloze exercitie.

5.1 IFD projecten

Star-Frame is een technisch totaalsysteem. De woningscheidende 2D wandelementen worden dragend uitgevoerd. De vloeren met een vrije overspanning van bijvoorbeeld zeven meter scheppen een interne flexibiliteit door de geheel vrij indeelbare plattegrond. Ook wijzigingen binnen de plattegrond kunnen relatief eenvoudig worden doorgevoerd. Star-Frame biedt bewoners en gebruikers ook externe uitbreidingsmogelijkheden door aanbouw en of optoppen. Aspirant kopers kunnen daardoor met een basiswoning starten en deze door de aanpasbaarheid en flexibiliteit eenvoudig mee laten groeien met hun wensen en financiële mogelijkheden.

Door de strikte scheiding tussen 'drager' (het casco) en de 'inbouw' (installaties en afwerking) kan een hoge en blijvende flexibiliteit worden gerealiseerd. De fabricage van de bouwelementen vindt plaats in een fabriek. De lichte en compacte 2D elementen worden per vrachtwagen naar de bouwplaats vervoerd. Alleen kant-en-klare producten komen zo op de bouwlocatie. Hierdoor vervalt een groot deel van de kostenintensieve afvalstromen en de daarbij horende extra transporten. De bouwdelen worden direct van de vrachtwagen in het gebouw gehesen. Daardoor is de opslag van bouwmaterialen op locatie sterk gereduceerd. Dit maakt de realisatie van nieuwbouwprojecten op zeer kleine bouwlocaties mogelijk.

Voor comfortabele en betaalbare woningen is een goede afstemming



60. De woningen van Polynorm in Eindhoven (1951), gebouwd in staalframesysteem.



61. Eén woning werd moeiteloos gedemonteerd en weer opgebouwd op het terrein van de TU Eindhoven.



62. **Steel Network Sustainable Construction Charter.** Collectief streven van de staalsector naar een gezamenlijke, strategische aanpak van promotie, onderzoek en kennisoverdracht over het toepassen van staal voor een duurzaam gebouwde omgeving. Het initiatief tot de overeenkomst komt van IPO Steel Network, een samenwerkingsverband van staalpromotie-organisaties uit verschillende Europese landen.

tussen de bouwkundige en installatietechnische aspecten van groot belang. Juist die samenhang staat bij Star-Frame Solutions centraal, waarbij ook het energieverbruik en de milieubelasting wordt geminimaliseerd.

Levensduur, hergebruik en Cradle to Cradle

Star-Frame maakt gebruik van profielen met een hoogfabriek onder optimale omstandigheden aangebracht. Corrosie krijgt hierdoor geen kans, zeker omdat de detaillering van het bouwsysteem er op is gericht te voorkomen dat er een vochtbelasting ontstaat bij de stalen profielen. Ook wanneer de toepassing meer in de buitenlucht is, zoals bijvoorbeeld de Quantum Deck vloeren toegepast in een parkeerdek, ontstaan er geen problemen.

Alle onderdelen van de Star-Frame bouwelementen kunnen na sloop weer worden hergebruikt en opnieuw in de materiaalketen worden teruggebracht. Verzinkt staal gaat de productie weer in en kan in een volgend leven bijvoorbeeld terugkeren als hoge sterkte staal!

5.2 Milieu en economie

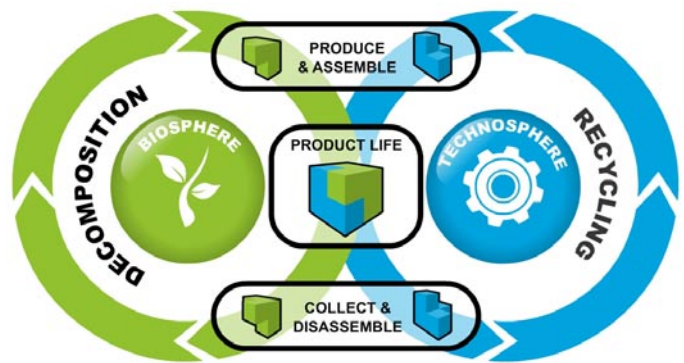
Door creatief om te gaan met grondstoffen, brandstoffen, arbeid, kennis en technologie combineert Star-Frame de belangen van milieu en economie. Star-Frame Solutions heeft een integraal bouwsysteem dat volledig aansluit bij het IFD denken. Star-Frame Solutions is het verbindende element en zorgt voor de samenwerking tussen ontwerpers, opdrachtgevers, bouwondernemingen en toeleveranciers. Bouwen wordt assembleren en monteren. Door de slimme montage en verbindingstechnieken blijven de bouwelementen demontabel. Dit verhoogt de flexibiliteit en daarmee meerwaarde omdat nieuwe bewoners/gebruikers hun wensen makkelijker kunnen realiseren. Door de magnetische eigenschappen, kan staal in het recycleproces eenvoudig worden uitgesorteerd. Dit bouwafval wordt bijna volledig hergebruikt. De staalproductie vindt tegenwoordig voor meer dan de helft plaats uit het teruggenomen staal.

GPR-gebouw berekening

Het Star-Frame bouwsysteem doet het bijzonder goed in de GPR-gebouw berekening (fig. 64). Dat is niet verwonderlijk. In de GPR wordt met 6 modules gewerkt. Energie, materialen, gezondheid, water, afval en woonkwaliteit. Star-Frame biedt letterlijk de ruimte om op alle modules hoog te scoren. Neem bijvoorbeeld het gewicht. Het dragende frame weegt slechts 7-10 kg/m² en daarmee kan binnen ons KOMO-systeem een gebouw van 4 woonlagen worden gerealiseerd. Dat is uniek. Hoger kan ook, zoals o.a. in Engeland en Scandinavië is gedomstreed.

Veel gemeentes werken al met een ambitiescore op basis van de GPR. GPR gebouw is een programma voor het omzetten van ontwerpgegevens van een gebouw naar daadwerkelijke duurzame prestaties. Deze prestaties worden uitgedrukt in getallen en vertaald in consumentenlabels. Hoe hoger de kwaliteit of hoe minder milieubelasting, hoe hoger de score. De opdrachtgever/klant kan zelf per module aangeven wat zijn ambities zijn en bepaald daarmee direct de effecten op de milieubelasting. Vervolgens kiezen betrokken partners modules om aan die ambitie te voldoen. Het resultaat staat in een kwaliteitslabel dat het project classificeert in één tot vijf sterren.

Het duurzame (holle) frame bestaat uit slanke stijlen en regels en biedt daarbij ruimte aan hoogwaardige isolatiepakketten en heel diverse afwerkingsniveau's. Rc-waarden van 10 m² K/W zijn daarbij zeer goed realiseerbaar. Deze complete elementen wegen dan tussen de 55 en 100 kg/m² en zijn tussen de 195 en 300mm dik en worden compleet op de bouwlocatie aangeboden.



63. Het principe van Cradle-to-Cradle.

“Staal is 100% recyclebaar en zelfs makkelijk upcyclebaar naar een hogere staalkwaliteit”



64. Uitkomst GPR-gebouw berekening voor een 2¹ kap-woning in project Zonne Entree Apeldoorn.

6. Referentieprojecten

6.1 Referentieprojecten nieuwbouw



Bag-a-Box

Project: Woningbouw
Locatie: Almere
Opdrachtgever: Particulier Opdrachtgeverschap, Almere
Architect: Courage architecten, Apeldoorn
Hoofdaannemer: Reusken Bouw, Rijssen
Oplevering: 2010



De Passerel

Project: Utiliteit
Locatie: Parelvisserstraat, Apeldoorn
Opdrachtgever: Stichting De Passerel, Apeldoorn
Architect: Courage architecten, Apeldoorn
Hoofdaannemer: Reusken Bouw, Rijssen
Oplevering: 2010





Zonne Entree

Project: Woningbouw
Locatie: Zonnehoeve, Apeldoorn
Opdrachtgever: CPOG Zonneentree, Apeldoorn
Architect: Courage architecten, Apeldoorn
Hoofdaannemer: Reusken Bouw, Rijssen
Oplevering: 2011



Villa MIR 081

Project: Woningbouw
Locatie: IJburg, Amsterdam
Opdrachtgever: Particulier Opdrachtgeverschap, Amsterdam
Architect: MIR architecten, Amsterdam
Hoofdaannemer: Bouwmaatschappij Visser & Mol BV, Hoogkarspel
Oplevering: 2011



6.2 Referentieprojecten renovatie



Het Lage Land

Project: Optop met maisonnettes
Locatie: Kramerstraat & De Klerkstraat, Rotterdam
Opdrachtgever: Woningstichting PWS, Rotterdam
Architect: Kolpa Architecten, Rotterdam
Hoofdaannemer: Koudijs Bouw BV Oud-Beijerland
Oplevering: 2007 – 2008



Leeuw van Vlaanderen

Project: renovatie en optop met maisonnettes
Locatie: Leeuw van Vlaanderenstraat, Amsterdam
Opdrachtgever: Far West, Amsterdam
Architect: Heren 5 Architecten, Amsterdam
Hoofdaannemer: Coen Hagedoorn Bouw, Huizen
Oplevering: eind 2005





De Toekomst

Project: Renovatie en optop
Locatie: Toekomst Zuid, Vlaardingen
Opdrachtgever: Waterweg Wonen, Vlaardingen
Architect: A3 architecten, Rotterdam
Hoofdaannemer: Vorm Bouw, Papendrecht
Oplevering: 2010



Oostzaan

Project: Optop garage
Locatie: Scholekster 10, Oostzaan
Opdrachtgever: Particulier Opdrachtgeverschap, Oostzaan
Architect: -
Hoofdaannemer: Bouwbedrijf Nieuwe Maten BV, Wormerveer
Oplevering: 2009

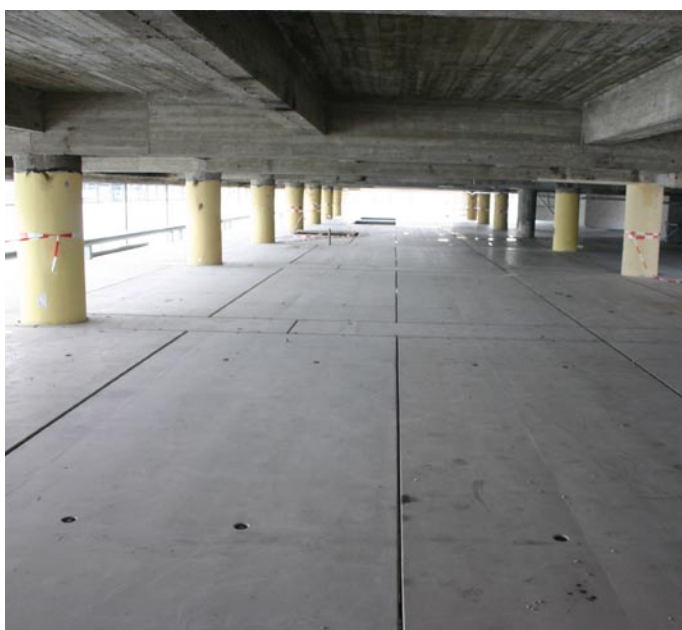


6.3 Referentieprojecten parkeren



Tesco

Project: Parkeerdek
Locatie: Burnley, UK
Opdrachtgever: Tesco, UK
Architect: -
Hoofdaannemer: Taylor Woodrow Construction, UK
Oplevering: 2007



Linea Nova

Project: Parkeerdek 5° & 6° bouwlaag
Locatie: Binnenwegplein, Rotterdam
Opdrachtgever: Willemsen Minderman, Capelle aan de IJssel
Architect: van Tilburg Ibelings von Behr, Rotterdam
Staalconstructie: Oostingh Staalbouw, Katwijk
Oplevering: 2008





Herontwikkeling kantoor Generali

Project: Parkeerdek (demontabel)
Locatie: Admiraal Helfrichlaan, Utrecht
Opdrachtgever: Generali Real Estate, Utrecht
Architect: VDH architecten, Ede
Hoofdaannemer: Probuild, Purmerend
Oplevering: 2010



6.4 Referentieprojecten systeembouw



Basisschool De Ijsbreker

Project: Basisschool De Ijsbreker
Locatie: Chrysantenstraat, Amsterdam-Noord
Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam
Architect: Eric Collet, Den Haag
Hoofdaannemer: Buko Bouwsystemen, Vuren
Oplevering: 2010



Vopak

Project: Vopak kantoorgebouw
Locatie: Westpoortweg, Amsterdam
Opdrachtgever: Koninklijke Vopak b.v.
Architect: Cepezed, Delft
Hoofdaannemer: Buko Bouwsystemen, Vuren
Oplevering: 2010





FC Engelen

Project: Sport- en Jeugdcentrum, Engelen
Locatie: De Taling 2, Engelen
Opdrachtgever: Gemeente Den Bosch
Architect: Kuin & Kuin, Den Bosch
Hoofdaannemer: Buko Bouwsystemen, Vuren
Oplevering: 2011



7. Literatuurlijst

[1] IKOB-BKB BV, Houten. KOMO-attest Star-Frame Bouwsysteem, nr. IKB 1071/11-a horende bij ATT0436/99. *Voor het vervaardigen van casco's met een staalframe draagconstructies.*

[2] IKOB-BKB BV, Houten. KOMO-attest Vloerconstructies met Quantum Vloer Elementen, nr. IKB1319/09. *Direct afgewerkte Staalframe-Beton Combinatievloer.*

In de KOMO-attesten zijn lijsten opgenomen van documenten waarop het bouwsysteem en de vloerconstructies zijn beoordeeld.

[3] NEN 6702: 2007 nl, *Technische grondslagen voor bouwconstructies - TGB 1990 - Belastingen en vervormingen*, 2007

[4] NEN 6773:2000/A1:2001 nl, *Staalconstructies - TGB 1990 - Basiseisen, basisrekenregels en beproevingen voor overwegend statisch belaste dunwandige koudgevormde stalen profielen en geprofileerde platen*, 2001

[5] NEN 6770:1997/A1:2001 nl, *Staalconstructies - TGB 1990 - Basiseisen en basisrekenregels voor overwegend statisch belaste constructies*, 2001

[6] NVN-ENV 1993-1-3:1996 en

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting

[7] NEN-EN 1993-1-3:2006 en

Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting

[8] NAD-NVN-ENV 1993-1-3:2001 nl

Richtlijnen voor het gebruik van 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, 2001

[9] Bouwen met Staal, Rotterdam. *Handboek Staalframebouw*, 2005

www.starframesolutions.nl

Copyright © Tata Steel

1e druk december 2011

Alle rechten voorbehouden.

Het 'Handboek Star-Frame Solutions' is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. Tata Steel Europe Limited is zich goed bewust van haar taak een zo betrouwbaar mogelijke uitgave te verzorgen. Niettemin kan Tata Steel Europe Limited, inclusief dochtermaatschappijen geen aansprakelijkheid aanvaarden voor eventueel in deze uitgave voorkomende onjuistheden.

We stellen het echter zeer op prijs, als u eventuele onvolkomenheden aan ons meldt.

Niets uit dit Handboek mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Star-Frame Solutions, tenzij met duidelijke vermelding 'Uit Handboek Star-Frame Solutions'.

Star-Frame Solutions

Postbus 10.000

1970 CA IJMUIDEN

T +31 (0) 251 491784

F +31 (0) 251 471792

E info@starframesolutions.nl

W www.starframesolutions.nl

Star-Frame Solutions is de handelsnaam van Tata Steel Nederland Star-Frame B.V., PO Box 10.000, 1970 CA IJmuiden, The Netherlands
Trade register 34.080.722, KVK 34080722

Nederlandse versie