

Prefabgids

PRO³

Prefab Renovatie Oplossingen
voor de tertiaire sector

Katrien Maroy

Marijke Steeman

Nathan Van Den Bossche



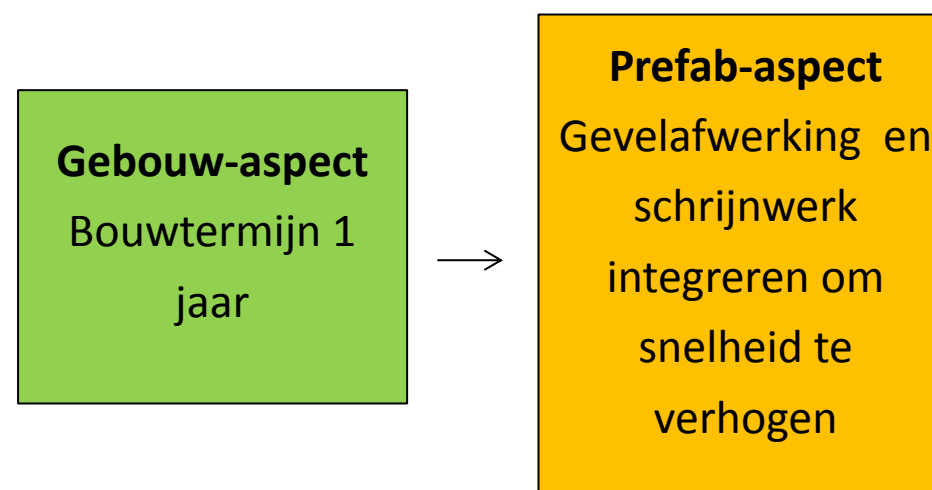
De huidige bouwpraktijk is nog steeds sterk gericht op in-situ oplossingen. Architecten en voorschrijvers houden zich doorgaans niet bezig met efficiëntere bouwmethodes en aannemers krijgen geen tijd om prefab-bouwmethodes te overwegen. Mede hierdoor leeft het idee dat prefab te duur is en niet flexibel genoeg voor het huidige bouwproces. Belangrijke keuzes zoals het materiaal van de gevel, de locatie van ventilatiekanalen, de lucht- en waterdichtheid... worden dikwijls te laat in het ontwerpproces gemaakt waardoor prefab methodes ongeschikt lijken voor de Belgische markt.

Nochtans bieden prefab-bouwmethodes een antwoord op de uitdagingen van vandaag en morgen. Gebouwen moeten tegenwoordig duurzaam, flexibel en gemakkelijk aan te passen zijn. Het tekort aan geschoolde arbeidskrachten maakt dat vele problemen op voorhand opgelost moeten worden. In de tertiaire sector speelt dikwijls ook het begrip 'rendabiliteit' mee, in die zin dat een korte bouwmethode het streefdoel is om het gebouw zo snel mogelijk in gebruik te nemen (voor bv. huurinkomsten of om hinder te beperken).

Deze prefabgids presenteert 13 cases waarin de mogelijkheden van prefab oplossingen aan bod komen. In de eerste plaats is ze gericht aan architecten en voorschrijvers, maar de gids kan iedereen in de bouwsector inspireren om in te zetten op prefabricatie.

Het hele spectrum aan prefab elementen in Vlaanderen komt aan bod in deze gids: elementen met een lage prefabricatiegraad die al helpen om een werf overzichtelijk en proper te houden, compleet uitgeruste gevelelementen waarmee in een mum van tijd een studentenresidentie met 37 studio's wind- en waterdicht wordt gemaakt, tot volledig uitgeruste 3D modules die enkel geplaatst en verbonden moeten worden op de werf.

Per case werd een infofiche opgemaakt, die de randvoorwaarden en de eigenschappen van het prefab element schematisch weergeeft. Deze infofiche volgt dezelfde structuur als de typologie- en prefabwijzer uit de Ontwerpgids.



In de toelichting wordt dieper ingegaan op technische aspecten van de prefab oplossing, gaande van nodige uitrustingen op de werf tot oplossingen voor akoestiek, brandveiligheid of lucht- en waterdichtheid. Dit zijn zeer projectspecifieke zaken. In een van de cases wordt, bv. een energieneutrale toren van 12 verdiepingen met houtskeletelementen bekleed. Door de hoogte van het gebouw en de materiaalkeuze werden specifieke technische oplossingen voor brandveiligheid uitgewerkt.

Deze prefabgids was niet mogelijk zonder de ondersteuning vanuit **de gebruikersgroep**.

De volgende personen willen we dan ook bedanken voor het aanbrenge van cases en de enthousiaste uitleg tijdens de werfbezoeken:

Pablo Eben (Pro-Fil Benelux), Ruben Cremmery (Besix), Pieter Bailleul (Recticel), Geert Derde (GM Derde Dakwerken), Jorrit Gillijns (Unilin), Valerie Louwagie (Unilin), Gunter Vergauwen en Dany Jamar (SweetHomeSystems), Toon Vermeir (architect), Wout Saint Germain (onderaannemer boekentoren), Didier Francq (Algemene Bouwwerken Maes), Martine Maekelberg (Jonckheere Projects), Margo Colson (Machiels Building Solutions), Raf De Preter (Bureau Bouwtechniek), Wendy Desadeleer (Gijbels NV), Vincent Termote (Loveld) en Tim Mombaerts (Alho).

Overzicht casestudies

Indeling gebaseerd op (WRAP, 2007) – Voorbeelden uit de Vlaamse bouwpraktijk

Lage prefabricatiegraad- componenten

Gemiddeld- Modulair bouwen

Hoge prefabricatiegraad-Modules

Afwerking

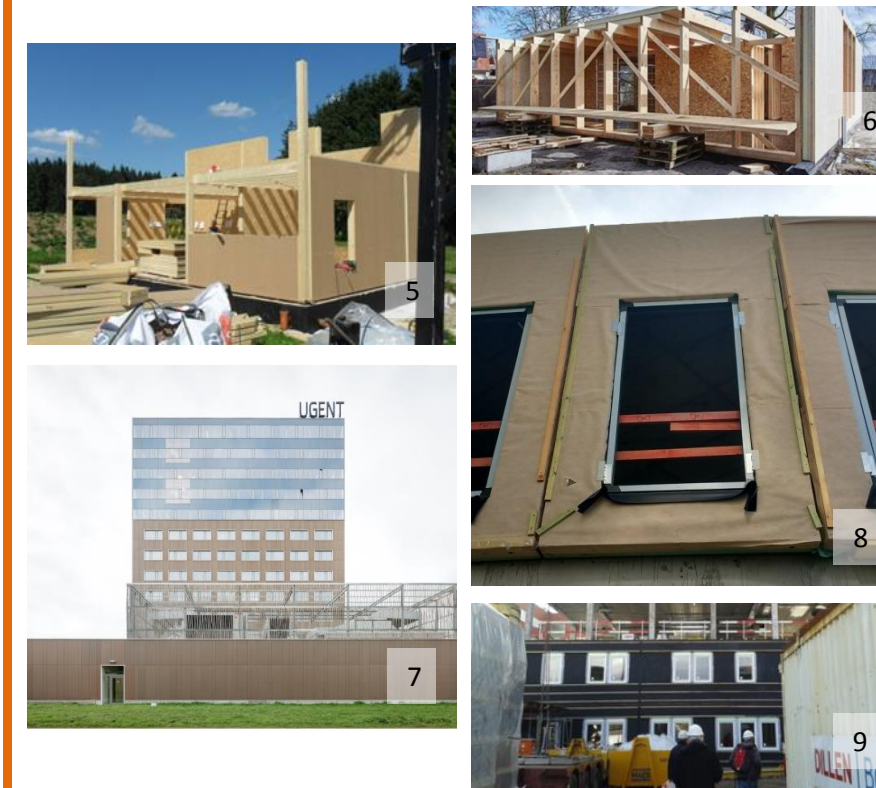
Structuur



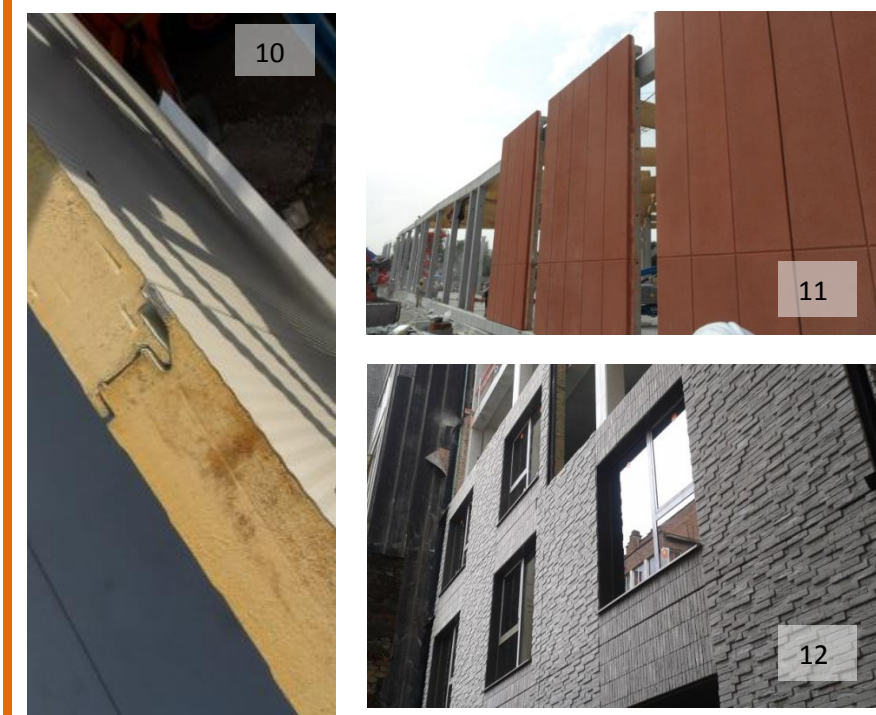
Thermisch



Structuur + Thermisch



Afwerking + Structuur + Thermisch



Afwerking + Structuur + Thermisch + Volume


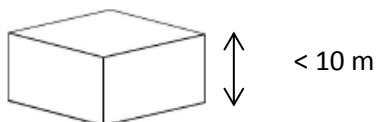


Inhoud


- 1 Rijwoningen in staalframe (Pro-Fil Benelux)
- 2 Prefab wandelement in snelbouwsteen (Heijmans)
- 3 Zelfdragend dakelement met PIR en meerlaagse ALU-bekleding (Recticel)
- 4 Zelfdragend dakelement met multiplex bekleding en minerale wol (Unilin)
- 5 Zelfdragend wandelement met OSB-3 en dampopen houtvezelplaat, minerale wol (Unilin)
- 6 Zelfdragend wand- en dakelement met PUR en twee multiplexplaten (Unilin)
- 7 Houtskelet-gevelement voor hoogbouw (Jonckheere Projects, Bureau Bouwtechniek)
- 8 Houtskelet-gevelement voor laagbouw (Jonckheere Projects, Algemene Bouwwerken Maes)
- 9 Houtskelet-gevelement met schrijnwerk en akoestische veerregels (Machiels Building Solutions)
- 10 Metalen sandwichpaneel met PIR (Gijbels)
- 11 SIP's in architectonisch beton en PIR (Loveld)
- 12 Houtskelet gevelement met schrijnwerk en steenstrips (Machiels Building Solutions)
- 13 Industriële 3D prefab-modules met warmgewalst staal en geïntegreerde badkamers (ALHO)

Case 1: Rijwoningen in staalframe (Pro-Fil Benelux)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Nieuwbouw privéwoning staalframe installateur
Doelstelling	Demonstratie techniek
Locatie	Niel (langs Boomsesteenweg A12)
Schaal	2 rijwoningen Elk 3 bouwlagen 
Geometrie	 < 10 m
Wetgeving - locatie	Rooilijn en hoogte gelijk met andere rijwoningen in de straat + zadeldak

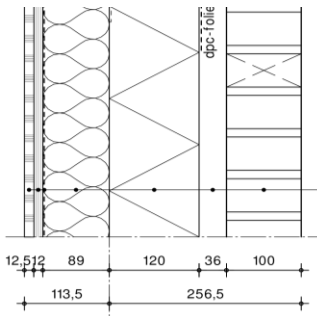
Gevel

Dragestructuur	Dragende structuur uit staalframe 
Vlakheid	Vlakke zijgevels buren
Lay-out	n.v.t.
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	Identieke planopbouw woningen
Maatafwijking	Op te vangen met in-situ geplaatste gevelbekleding
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	Ontkoppeling tussen constructie en wachtgevels buren (akoestiek)
Voegen bestaand gebouw	Aansluiting tegen wachtgevels met PIR

Technieken

Gebruik Technieken	Niet bekend
Systeem Ventilatie	Niet bekend

Prefab-aspecten

	 open stootvoegen h.o.h. 1m metselwerk baksteen zwak geventileerde luchtsponw 120 mm Recticel isolatie stalen C89 profielen, volgens ber. constructeur gevuld met 100 mm minerale wol Rc = 8,0 m ² K/W dampremmende laag OSB beplating dik 12 mm gipsvezelplaten dik 12,5 mm 12,5 12 89 120 36 100 113,5 256,5
Thermische prestatie	$U_{eq} = 0.157 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dikte profiel 1 mm)*
Aandachtspunten	Stalen profielen
Isolatie	Rotswol in het staalframe PIR-plaat op de buitenkant van het staalframe
Vlak dampscherm	
Vlak luchtdichtheid	OSB-beplating en tape
Vlak waterdichtheid	Gevelmetselwerk
Verankeringen en verbindingen	Schroefverbindingen tussen staalframeprofielen Chemische verankering op algemene funderingsplaat
Dragestructuur	Staalframe, draagkracht afhankelijk van dikte staal en afmetingen profiel (C89-profiel voor scheidende wanden en C150 tot C254 voor dragende wanden)
Gewicht	35 kg/m ² (staalframe zonder afwerking)
Stijfheid systeem	OSB-beplating en schuine stijlen
Brandreactie	Rotswol (brandreactie A1) tussen en voor staalframe Bekleding zorgt voor de brandweerstand
Akoestische maatregel	Ontkoppeling tussen de nieuwe constructie en de wachtgevels Ontkoppeling tussen de woningen Rotswol in de isolatie en plaatsing gipskartonplaten op staalframe (massa-veer)
Oppervlakte paneel	n.v.t.
Richting	n.v.t.
Dikte	369.5 mm (incl. geventileerde spouw en baksteen:136 mm)
Schaal	2 rijwoningen, 3 bouwlagen per woning
Schildeel	Dragestructuur
Integratie VENTILATIE	Nee
Integratie ramen?	Nee
Uitbreiding?	Nee
Installatie werf	Lichte verplaatsbare kraan (niet permanent aanwezig op werf)
Werken binnen?	OSB-beplating, isolatie aanbrengen en binnenafwerking in-situ
Bron	(Bouwen met staal, 2014)

*Berekening in Trisco, paneel van 1 x 3m met alle zijkanten en midden met stalen profiel C89 van 1 mm dikte. Materiaaldiktes, zie schets

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

Het project in Niel betreft twee eengezinswoningen, waar de bouwpromotor –zelf installateur van staalframeprofielen- de techniek wou uitproberen bij de bouw van twee woningen die later worden verkocht. Op het moment van het werfbezoek, was 6 werkdagen aan het project gewerkt.

ONTMOETINGSLAAG PREFAB-BESTAANDE STRUCTUUR

De woningen werden opgetrokken op een leegstaand perceel tussen twee rijwoningen, maar de constructie staat volledig los van de burens (Figuur 1a). De staalframewanden die aan de wachtgevels geplaatst werden, waren prefab uitgerust met een OSB-plaat van 18 mm en een PIR-isolatielaag van 80 mm aan de buitenkant van het frame (Figuur 1b). De OSB-beplating dient hier enkel voor de stijfheid van de frames en voorkomt ook torsie bij constante windbelastingen. In plaats van OSB kunnen bv. ook vezelcementplaten deze rol opnemen. Deze zijn voor vochtgevoelige binnenruimtes een betere keuze omdat deze platen dampopener zijn dan OSB (Figuur 2a en b) (Bouwen met staal, 2014).

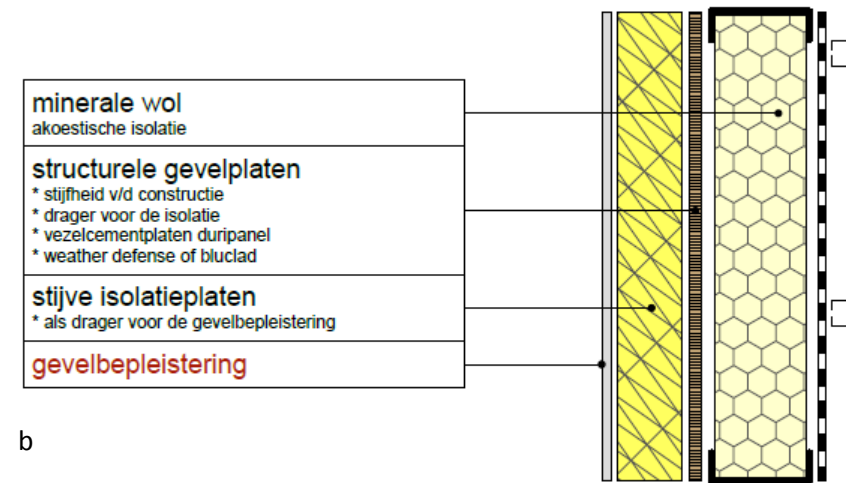
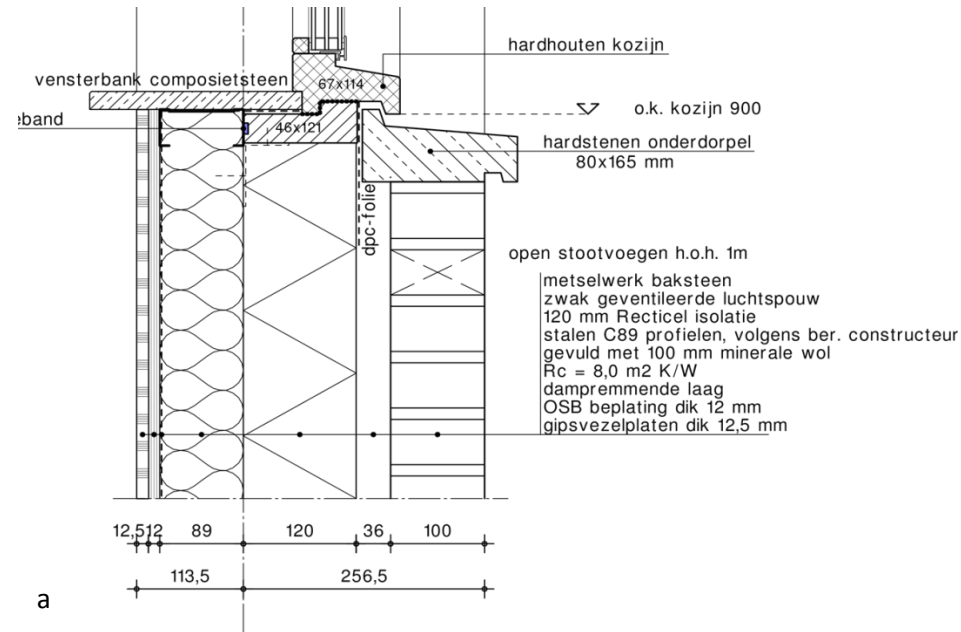


Figuur 1 Aansluiting op de burens met OSB en PIR voor de akoestiek

LAGENOPBOUW

De overige staalframewanden worden in-situ verder bekleed met een dampremmende folie, een OSB-plaat van 12 mm en een gipsplaat van 12.5 aan het binnenoppervlak. Voor de staalframewanden aan de gevel wordt –naast de opvulling met rotswol- nog een laag PIR van 120 mm aan de buitenbeplating van het frame aangebracht. Daarop komt nog een dpc-folie om de raamaansluiting waterdicht uit te voeren. Als gevelafwerking werd gekozen voor metselwerk met een geventileerde spouw (Figuur 2a). In theorie kan ook een vezelcementplaat gebruikt worden, waarop rechtstreeks een stijve isolatieplaat met een gevelbepleistering of steenstrips terechtkomt (bv. Figuur 2b).

Tussen het staalframe en de funderingsplaat werd EPDM-folie aangebracht. De onderkant van de staalframe-elementen staat op stelschroeven, om een loodrechte plaatsing te voorzien (Figuur 3).



Figuur 2 (a) staalframe met geventileerde afwerking (b) staalframe met gevelbepleistering



Figuur 3 Onderregel staalframe met EPDM en stelschroeven

HVAC-CONCEPT

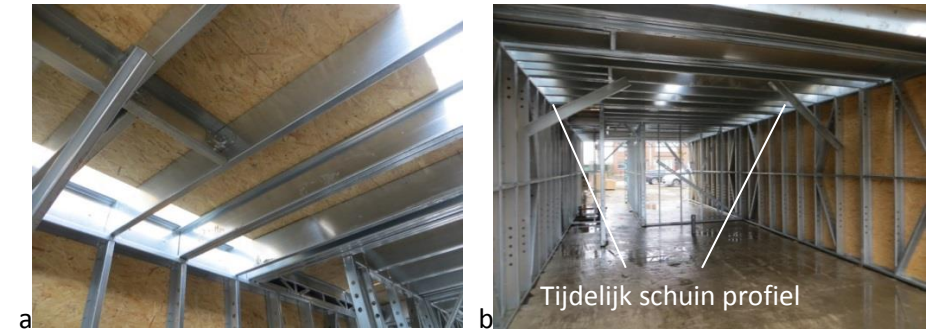
In de staalframe-profielen worden standaard gaten voorzien waarin HVAC-leidingen geïntegreerd kunnen worden (Figuur 3). Op vraag van de klant kan dit ook op specifieke plaatsen.

STABILITEIT

De constructie werd berekend en uitgetekend met een CAD-software, die werkt op basis van de richtlijnen in de Eurocodes. Via deze software worden standaard-secties geselecteerd voor de frames. Dit varieert van C89-profielen met een dikte van 0.6 tot 1.2 mm voor scheidende wanden. Dit type zal ook meestal gekozen worden bij de bouw van woningen of optoppingen, indien er geen uitzonderlijke lasten optreden. In de andere gevallen kan de

rekenmodule profielen C150, C200 en C254 aanbevelen. De dikte varieert tussen 1mm en 2.5 mm en is ook berekend via de CAD-software.

Op de werf worden de staalframewanden aan elkaar geschroefd. Er worden ook hoekprofielen gebruikt om de staalprofielen te verbinden. Om te verhinderen dat de staalframewand vervormt tijdens de bouwfase, worden schuine profielen aangebracht (Figuur 4b).



Figuur 4 (a) OSB-beplating op de staalframe (b) tijdelijke schuine profielen tegen vervorming frame tijdens de werken

AKOESTISCHE SCHEIDING RIJWONINGEN

Tussen de twee woningen is een laag PIR aangebracht (Figuur 5), zodat de staalframes tussen beide units niet rechtstreeks gekoppeld zijn. Op die manier wordt contactgeluid vermeden. Bijkomend zal het staalframe nog opgevuld worden met minerale wol om geluiden te absorberen. Later wordt een bekleding in gipskarton geplaatst die ook zal bijdragen in de akoestische werking. De gipskartonplaat (buigslappe bekleding met hoge massa) zal werken als een massa-veersysteem (veren = staalframe). Om de geluidsisolatie nog te verhogen, kan de OSB-beplating tussen de frames weggelaten worden. Op die manier wordt een bredere spouw gecreëerd die bijdraagt tot de geluidsisolatie (WTCB, 2013).



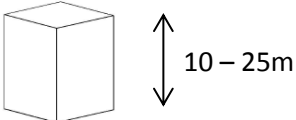
Naast totale ont koppeling, bestaat er voor staalframestructuren nog andere systemen om contactgeluiden te vermijden. Zo kunnen zelfklevende isolatiestrips gekleefd worden tussen de contactpunten van het staalframe om de structuur te ont koppelen.



Figuur 5 Akoestische scheiding met PIR tussen de twee woningen

Case 2: Prefab wandelement in snelbouwsteen (Heijmans)

Gebouw-aspecten


Gebouw	
Uitvoeringstijd	Nieuwbouw studentenresidentie en appartementen Termijn van 1 jaar voor de volledige bouwfase
Doelstelling	Snelle doorlooptijd ruwbouwwerken
Locatie	Centrum Kortrijk (appartementengebouw) en 't Hooge Kortrijk (studentenkoten)
Schaal	47 appartementen  126 studio's 
Geometrie	 10 – 25m
Wetgeving - locatie	Binnen perimeter omringende gebouwen

Gevel	
Draagstructuur	Betonstructuur met stijve kern en stijve vloerplaten
Vlakheid	n.v.t.
Lay-out	n.v.t.
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	Woonunits met dezelfde lay-out en afmetingen
Maatafwijking	Vlakke bodem nodig (in krimpvrije mortel, op stelblokken) om scheuren in de prefab wand te vermijden, ± 5mm toleranties in de lengte en hoogte en ± 8 mm per 2m in de vlakheid
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Prefab badkamers van Logus in de studentenresidentie
Systeem Ventilatie	Niet gekend

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	$\lambda_{u,i} = 0.28 \text{ W/mK}$
Aandachtspunten	EPB-blok onderaan (voegen ter hoogte van deze isolerende blok met polyurethaanschuim opvullen) Spouwhaken voor aanbrengen isolatie
Isolatie	
Vlak dampscherm	
Vlak luchtdichtheid	In-Situ pleisterlaag
Vlak waterdichtheid	Laag 2-componenten polyurethaan tussen de eerste en tweede steenlaag als waterkeringslaag tegen opstijgend vocht
Verankeringen en verbindingen	Keramische stenen met PU-Lijm, plaatsing in krimpvrije mortel op de betonnen vloerplaat. Voegen in-situ sluiten met lijmpasta
Draagstructuur	Betonnen kolommen waartussen de prefab wand geplaatst wordt
Gewicht	
Stijfheid systeem	Volle wand verlijmd metselwerk
Brandreactie	A1
Akoestische maatregel	Bredere voeg tussen scheidingswand units en wanden gemeenschappelijk deel opvullen met soepel materiaal om geluidstransmissie te vermijden
Oppervlakte paneel	Lengtes tot 9 m, Max hoogte 358 cm
Richting	Horizontaal
Dikte	10 cm
Schaal	
Schildeel	Scheidende, niet dragende binnenwand
Integratie HVAC	Nee (maar uitsparing prefab mogelijk met waterstraalzaag)
Integratie ramen?	Nee (lateien kunnen prefab voorzien worden) Dagkanten hebben een oneffen oppervlak
Uitbreiding?	Nee
Installatie werf	Kraan (geen mortelwerken nodig – propere werf). Plaatsing tot 15 wanden per dag, stockageplaats voorzien voor de wanden en vlak oppervlak voor de levering Regelbare trek- en drukschoren nodig na plaatsing (verankering op 2/3 hoogte wand)
Werken binnen?	Binnenbepreistering, dikkere laag nodig dan beton
Bron	(Ploegsteert, Verbowand, infofiche, 2016) (ATG 2968, 2015) (Ploegsteert, Montagehandleiding Verbowand, 2016)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

De aannemer koos voor de prefab gemetste binnenwand om de ruwbouwwerken sneller uit te voeren. Hij gaf aan dat de termijnen voor ruwbouwwerken steeds korter worden. Voor het project van de studentenwoningen (Figuur 6) was er bv. 7 maand om het gebouw wind- en waterdicht te maken en 7 maand voor de technieken.



Figuur 6 Studentenresidentie met 126 studio's

De aannemer kent de prefab metselwerk wand goed en past het graag toe in zijn projecten. Het metselen zelf wordt vermeden en er kunnen tot 15 wanden per dag geplaatst worden. De leverancier van de prefab elementen werkt zelf een wandstudie, productie- en legplan uit volgens de architectuurplannen (Ploegsteert, 2016), waardoor de aannemer en architect ontlast zijn van deze vertaling naar prefab.

Ondanks het gebruik van dergelijke wanden, werden de gevel en het schrijnwerk in beide projecten toch in-situ gerealiseerd. De aannemer gaf aan dat dit de goedkoopste oplossing bleek te zijn (goedkoper dan bv. steenstrips) maar merkte ook op dat hij niet voldoende tijd kreeg om het prijsverschil tussen de in-situ en de prefab methode uit te rekenen. Bij de bouw van de studentenresidentie (Figuur 6) werd bv. de paalfundering al uitgevoerd terwijl de bouwmethode van de gevel nog niet vaststond. Beide gebouwen werden ook op een traditionele manier uitgedacht, waardoor de aannemer de omzetting naar de prefab-opbouw zelf moest doen. Doordat hij/zij te laat betrokken wordt in het proces, is er onvoldoende tijd om de vertaalslag te maken. Het gevolg is dat prefab niet (efficiënt) toegepast wordt op werven.

Daarnaast zijn promotoren ook niet geneigd om een snellere doorlooptijd te belonen, waardoor prefab voor aannemers ook financieel minder interessant blijft.

Nochtans leent de gevel van de studentenresidentie (Figuur 6) zich perfect toe om prefab uitgevoerd te worden. De opbouw en de vormtaal zijn volledig modulair. Voor het esthetische uitzicht werden houten balken

opgehangen. De aannemer gaf aan dat de houten balken een ideaal middel zouden geweest zijn om voegen tussen prefab elementen te maskeren.

PREFAB METSELWERK

In beide projecten werden voor de binnenmuren prefab metselwerk-wanden gebruikt (Figuur 7). Op basis van de architecturale plannen, kunnen elementen tot 8 m lang geproduceerd worden. Uitsparingen en specifieke vormen kunnen in de fabricagehal uitgezaagd worden via waterstraalzagen.



Figuur 7 (a) Stockage prefab metselwerk wanden (b) Onderschoring prefabelement tijdens uitharden mortel

AANSLUITINGEN ANDERE ONDERDELEN GEBOUW

Het oppervlak waarop de prefab wand geplaatst wordt moet perfect vlak zijn om scheuren in de wand te vermijden. De wand wordt geplaatst in een laag volle krimprijke mortel van 2 cm, op stelblokjes (Figuur 8a).

Bij metselwerk wanden die op de onderste bouwlaag geplaatst worden, is een polyurethaan-laagje voorzien op de onderste laag stenen als waterkeringslaag (Figuur 8b). Indien de wand in-situ zou gemetst zijn, was daar een folie voorzien.



Figuur 8 (a) Stelblokjes tussen de mortellaag (b) Detail onderste rij bakstenen van de wand. PU-laagje als waterkering (Ploegsteert, 2016)

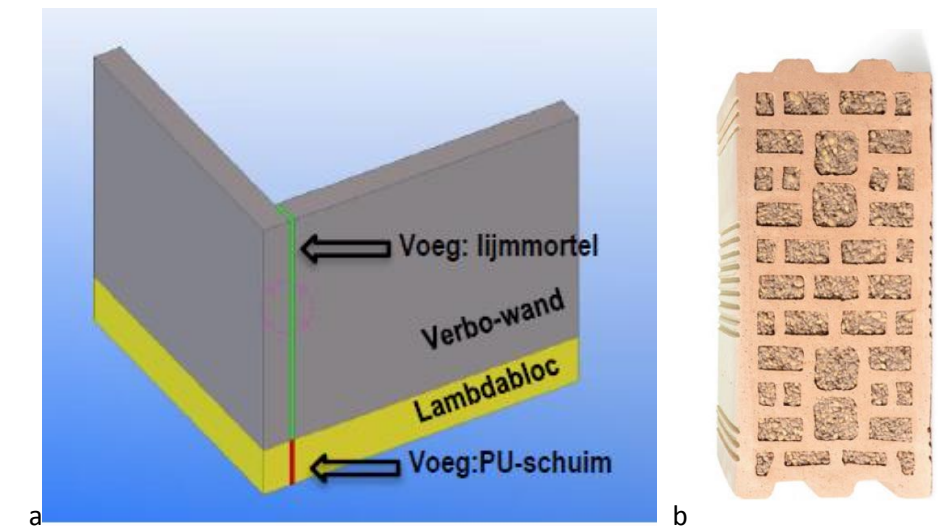
De voegen tussen de panelen hebben een breedte tussen 15 en 30 mm en worden gesloten met een lijm mortel (Figuur 9a) (ATG 2968, 2015). Het exacte type lijm is afhankelijk van de gewenste droogtijd (Ploegsteert, 2016) De vereiste eigenschappen zijn gespecificeerd in (ATG 2968, 2015). Na uitharding van alle mortels onderaan en in de voegen mogen de schoren verwijderd worden (Figuur 7b) (ATG 2968, 2015).

Bij aansluitingen tussen de binnenmuren van een appartement en de gemeenschappelijke liftkoker moet de voeg echter opgevuld worden met een soepel materiaal (Figuur 9b). Op die manier is geen geluidstransmissie via de muur mogelijk (Ingelaere, Crispin, De Geetere, Van Damme, & Wuyts, 2012).



Figuur 9(a) Voegen worden opgevuld met lijm mortels (Ploegsteert, 2016) (b) Deze voeg blijft open om later een akoestische onderbreking in minerale wol te voorzien

Indien koude bruggen ter hoogte van de vloeraansluiting vermeden moeten worden, kan de onderste rij stenen (kimsteen) vervangen worden door een steen waarbij de verticale perforaties opgevuld zijn met minerale wol (Figuur 10). Dit type steen heeft een thermische geleidbaarheid van 0.14 W/mK in de horizontale richting en 0.18 W/mK in de verticale richting (Ploegsteert, 2017). Ter hoogte van dit type steen moet de voeg opgevuld worden met PUR.



Figuur 10 (a) Verschillende voegproducten voor metselwerk wanden met onderaan een isolerende steen (Ploegsteert, 2016) (b) De isolerende steen is een keramische steen opgevuld met minerale wol (Lambdabloc) (Ploegsteert, 2017)

STABILITEIT

De prefab metselwerk wand vertoont een karakteristieke druksterkte (f_k) tussen 5.36 N/mm² en 6.50 N/mm². De exacte waarde is afhankelijk van de afmetingen en het type snelbouwsteen (met karakteristieke druksterktes van de steen van 18 tot 30 N/mm²) (ATG 2968, 2015) (Ploegsteert, 2016). In het project aan de Reepkaai werden bv. betonwanden geplaatst op het gelijkvloers als scheidingswand (Figuur 11a). Vanaf de verdiepingen erboven bestonden de meeste niet-dragende binnenwanden uit de prefab gemetste wand. Liftkokers, technische ruimtes en trappenhallen werden aan

betonblokken bevestigd die achteraf in de prefab wand gemetst waren (Figuur 11b).



Figuur 11 (a) Onderaan zijn er wanden in gewapend beton voorzien i.p.v. de prefab wand (b) Voor de verankering van liftschachten en trappenkopers wordt in de prefab-wand een stuk metselwerk in betonblokken voorzien

TOLERANTIES EN AANDACHTSPUNTEN IN-SITU

Een van de nadelen van het wandstelsel is dat het oppervlak van de wand onregelmatig is. Er is een dikkere pleisterlaag nodig dan op betonwanden en de dagkanten vertonen ook een zeer oneffen oppervlak, waardoor het luchtdicht verbinden van schrijnwerk op de wand moeilijker wordt (Figuur 12).



Figuur 12 (a) dagkant van het schrijnwerk (b) dagkant onderaan met de prefab metselwerk wand


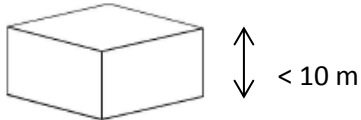
Aan de andere kant kan de geometrie van de prefab metselwerk wand nog gemakkelijk aangepast worden. Op Figuur 13 werd de binnenwand aangepast omdat de eigenaar van het appartement geen balk wou in zijn appartement. De uitsparing in de prefab wand werd in-situ opnieuw opgevuld.



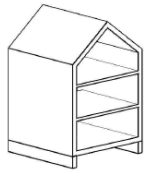
Figuur 13 De uitsparing in de prefab gemetste wand werd opgevuld nadat bleek dat de balk er niet komt

Case 3: Zelfdragend dakelement met PIR en meerlaagse ALU-bekleding (Recticel)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Twee woningen die een dakwerker uitvoert in eigen beheer
Doelstelling	Snelle plaatsing dakisolatie + luchtdichte afwerking vergemakkelijken voor BEN-certificatie
Locatie	Woonwijk aan de rand van Aalst
Schaal	
Geometrie	
Wetgeving - locatie	Verkevelingsvoorschriften

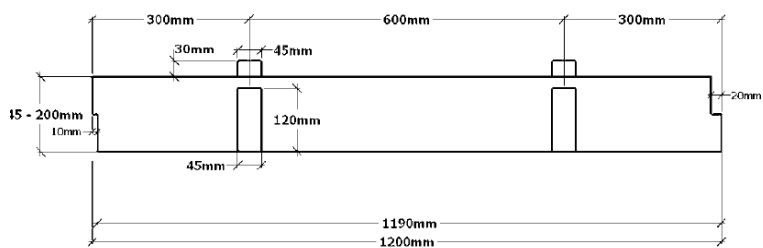
Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	n.v.t.
Lay-out	Zadeldak
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	Twee identieke dakopbouwen
Maatafwijking	Panelen zijn in-situ versnijdbaar
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet bekend
Systeem Ventilatie	Niet bekend

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	$U = 0.19 - 0.17 - 0.15 - 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Zonder impact schroeven)
Aandachtspunten	Schroefverbinding door houten ribben
Isolatie	PIR ($\lambda = 0.023 \text{ W/mK}$)
Vlak damp scherm	Geïntegreerde luchtdichte folie en aftapen voegen
Vlak luchtdichtheid	Geïntegreerde luchtdichte folie en aftapen voegen, gebruik van zwelband, wachtfolie of tape om andere gebouwcomponenten te verbinden
Vlak waterdichtheid (en winddichtheid)	Onderdakfolie met overlapping aan de rand, PUR in de kelkgroef
Verankeringen en verbindingen	Vastschroeven op gordingen dak Overspanning tussen 2.78 (30°) en 3 m (60°) op twee steunpunten Overspanning tussen 3.42 (30°) en 3.69 m (60°) op drie steunpunten
Draagstructuur	Zelfdragend paneel met houten ribben
Gewicht	9.50-10.00-10.65-11.30 kg/m ²
Stijfheid systeem	Houten dwarsverstijvers
Brandreactie	Niet gekend
Akoestische maatregel	Geluidsisolatie verhogen door de binnenplaat afwerking ontkoppeld te bevestigen (WTCB Contact 26 -2010/2)
Oppervlakte paneel	Lengtes: 5.4-5.7-6.0-6.2-6.5 m. Nuttige breedte: 1190 mm
Richting	Verticaal
Dikte	Diktes: 145 – 160 – 180 – 200 mm.
Schaal	n.v.t.
Schildeel	Dak (helling tussen 15° en 60°)
Integratie HVAC	n.v.t.
Integratie ramen?	In-situ uitsnijden opening voor ramen in-situ
Uitbreiding?	n.v.t.
Installatie werf	Hydraulische klem, stockage in droge, geventileerde omstandigheden
Werken binnen?	Aftapen voegen en eventueel verdere binnenafwerking
Bron	(Recticel Insulations, 2015)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

In Aalst bouwt GM Derde Dakwerken twee BEN woningen om later te verkopen (Figuur 14a). Voor de opbouw van het dakschild koos hij voor L-ments van Recticel. Dit is een zelfdragende plaat met PIR-isolatie en geïntegreerde houten ribben voor hellende daken. Deze ribben hebben het voordeel dat de aannemer zeer vlot kan werken. Hij kan het binnenoppervlak luchtdicht afwerken en kan later een plaat of een extra lat voor een leidingenspouw aan de houten ribben bevestigen. Op die manier nemen de geïntegreerde houten ribben de functie van de dakspanten over, waardoor er bespaard wordt in materiaal en dakdikte. Daarnaast voorzien de platen ook al een dampscherm, waardoor er geen folie meer aan te pas komt.

De platen kunnen ook in-situ verzaagd worden, bv. voor raamopeningen of maatafwijkingen, waardoor de aannemer zeer flexibel kan werken.

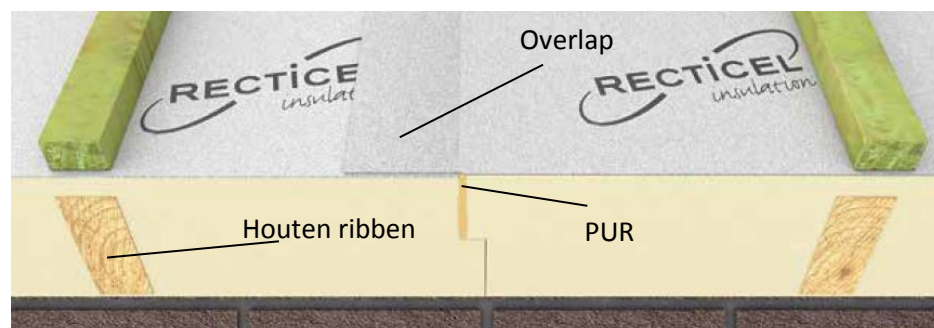
Daarbovenop was ook de snelheid een groot voordeel. Op anderhalve werkdag was het dakschild van deze woning volledig geplaatst.



Figuur 14 (a) De twee BEN-woningen (b) Gordingenstructuur in hout

LAGENOPBOUW

De L-ments zijn voorzien van houten dwarsverstijvers in OSB III, houten ribben met een h.o.h. afstand van 600 mm, tengellatten en een onderdakfolie. Deze folie vertoont een overlapping om de naad tussen twee panelen af te dekken (Figuur 15). De folie werd zo verlijmd aan de PIR dat ze gemakkelijk los te maken is, zodat er geen beschadiging is aan de folie wanneer de panelen in-situ verzaagd worden.



Figuur 15 L-ments met geïntegreerde houten ribben en ALU-folie met overlap voor de voegen (Recticel Insulations, 2015)

Aan de binnenzijde moeten de panelen perfect aansluiten zodat de voeg luchtdicht getapet kan worden. Aan de buitenkant wordt een laag-expansief PU-schuim aangebracht in de kelkgroef (ong. 10 mm breed) (Figuur 15). Daarna wordt de voeg aan de buitenkant regendicht gemaakt door de overlappende onderdakfolie vast te kleven met een dubbelzijdige tape. De overlap is prefab voorzien op het dakelement (Recticel Insulations, 2015).

STABILITEIT

Langs de buitenzijde worden de dakelementen vastgeschroefd op de dakgording, ter hoogte van de prefab geplaatste tengellatten (Figuur 16) (Recticel Insulations, 2015).



Figuur 16 Buitenoppervlak L-ments. De verticale tengellatten zijn prefab aangebracht

AANSLUITINGEN ANDERE ONDERDELEN GEBOUW

In de montagehandleiding wordt aangeraden om de aansluiting op de binnenmuur luchtdicht af te werken met een wachtfolie. In dit project werd er voor gekozen om de aansluitingsnaad dicht te tapen met een bepleisterbare tape van SIGA. Door de perforaties in deze tape blijft die op zijn plaats zitten tijdens de pleisterwerken (Figuur 17).



Figuur 17 (a) aansluiting op de binnenmuur met luchtdichte tape. De witte tape is overpleisterbaar

Aan de gording is een wachtfolie voorzien om de panelen luchtdicht aan te sluiten op de gording (Figuur 18a en b). De ruimte boven de

gording wordt niet meer bepleisterd. De aannemer voorzag daar dus ook een wachtfolie om een luchtdichte aansluiting te creëren.



Figuur 18 (a) Wachtfolie aan de gording (b) Aan de onderkant van de gording is ook een tape voorzien

Omdat het om een koppelwoning gaat, moet er extra aandacht besteed worden aan de aansluiting van het dakelement op deze wand. Om het dakelement gemakkelijk te plaatsen en koude bruggen te vermijden, zit de zijmuur enkele centimeters onder het dakvlak (Figuur 19a). Volgens de aannemer was het echter beter geweest als de woningscheidende wand wel het dakschild een stuk zou onderbreken om akoestische redenen. Nu werd er gekozen om de holte op te vullen en af te sluiten met luchtdichte tape (Figuur 19b).



Figuur 19 (a) Scheidende wand tussen kamers binnen één woning (b) woningscheidende wand: opvulling met minerale wol en afdichting met bepleisterbare luchtdichtingstape

Om de zijkanten van de dakelementen winddicht te maken, voorzag de aannemer nog een stuk windscherm om de overlap van de L-ments op te bevestigen (Figuur 20).



Figuur 20 Stuk onderdakfolie tegen de rand van de dakelementen


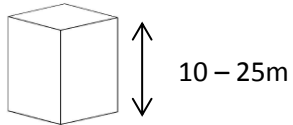
Tot slot werd de dakgoot vastgemaakt aan de geïntegreerde ribben in de L-ments en werd de aansluiting luchtdicht afgetapet. Het windscherm van de L-ments heeft ook verticaal een overlap zodat het regenwater naar de dakgoot afgeleid wordt (Figuur 21).




Figuur 21 Dakgoot met luchtdichte aansluiting en overlap onderdakfolie

Case 4: Zelfdragend dakelement met multiplex bekleding en minerale wol (Unilin)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Boekentoren is tijdelijk buiten gebruik
Doelstelling	Renovatie sheddak leeszaal Boekentoren
Locatie	Centrum Gent
Schaal	
Geometrie	 10 – 25m
Wetgeving - locatie	

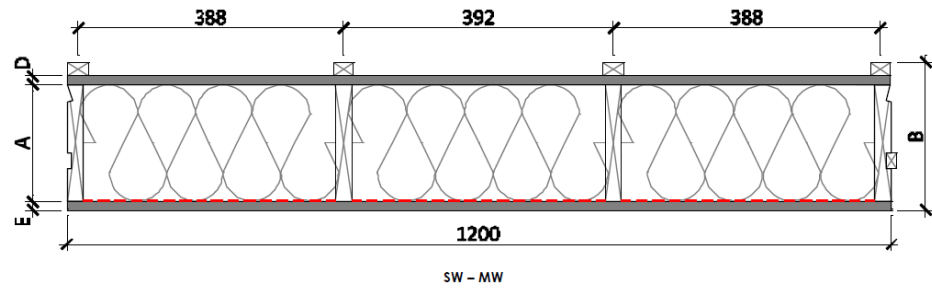
Gevel

Draagstructuur	n.v.t.
Vlakheid	Sheddaken
Lay-out	Horizontaal
Toestand openingen	Volledige vervanging sheddaken
Repetitiviteit	 9 dakvlakken
Maatafwijking	Niet bekend
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet bekend
System Ventilatie	Niet bekend

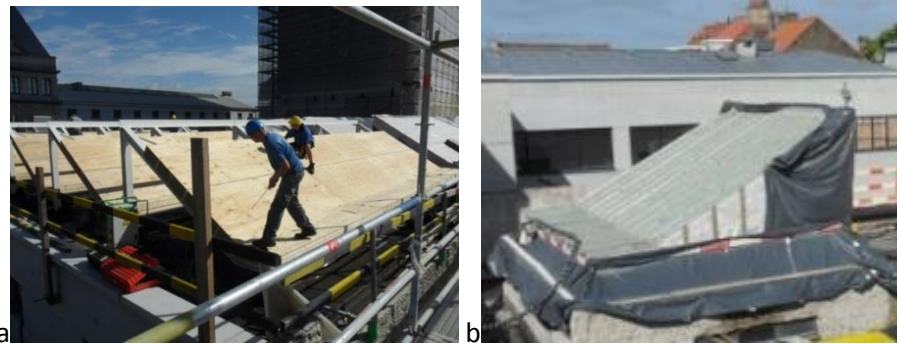
Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	R: 2.90 m²K/W (isolatiedikte: 120mm) tot 5.00 m²K/W (isolatiedikte 220mm)
Aandachtspunten	Schroefverbinding door de houten ribben op de staalstructuur
Isolatie	Minerale wol: $\lambda_d = 0.037 \text{ W/mK}$
Vlak dampscherm	Dampscherm met minimale $s_d \geq 50 \text{ m}$
Vlak luchtdichtheid	Binnenkant wordt geverfd, voegen worden dan luchtdicht afgewerkt met afdekprofiel
Vlak waterdichtheid	Buitenzijde paneel: langsvoeugen gedicht met elastisch polyurethaanschuim. Onderdak en zinken dakbedekking (aangebracht na afloop afbraakwerken boekentoren)
Verankeringen en verbindingen	Houten ribben aan de rand van het paneel zijn voorzien van een sponning, waar de panelen met een schroefverbinding aan elkaar bevestigd worden
Draagstructuur	Schroefverbinding op stalen gordingen, maximale ondersteuningsafstand 3200 mm (twee steunpunten)
Gewicht	
Stijfheid systeem	4 Houten ribben
Brandreactie	Multiplex: D-s2, D0
Akoestische maatregel	Geluidsisolatie verhogen door de binnenplaat afwerking ontkoppeld te bevestigen (WTCB Contact 26 -2010/2)
Oppervlakte	Breedte: 800/1200 ± 3 mm Maximale lengte: 8 m ± 15 mm
Richting	Horizontaal (geen tengellatten)
Dikte	Multiplex boven- en onderplaat: 12 mm Isolatiediktes: 120 – 145 – 172 – 196 – 220 mm
Schaal	9 sheddaken boven leeszaal boekentoren
Schildeel	Dak
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Nee
Uitbreiding?	Nee
Installatie werf	Kraan en folie om panelen te beschermen tegen brokstukken door afbraakwerken aan de boekentoren
Werken binnen?	Schilderwerken om de binnenkant luchtdicht te maken
Bron	(ATG 14/1545, 2014)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

De boekentoren in Gent wordt grondig gerestaureerd. Boven de leeszaal komt een lichte dakconstructie met stalen gordingen en SIP's met minerale wol van Unilin (Figuur 22). Op deze constructie wordt later een folie, tengellaten en een zinken dakbedekking geplaatst. Dit werd voorlopig uitgesteld om schade –door vallende betonstukken van de afbraakwerken aan de boekentoren- te vermijden.



Figuur 22 (a) SIPs met minerale wol als scheddaken voor de leeszaal van de boekentoren (b) tijdelijke afdekking met folie tegen regen

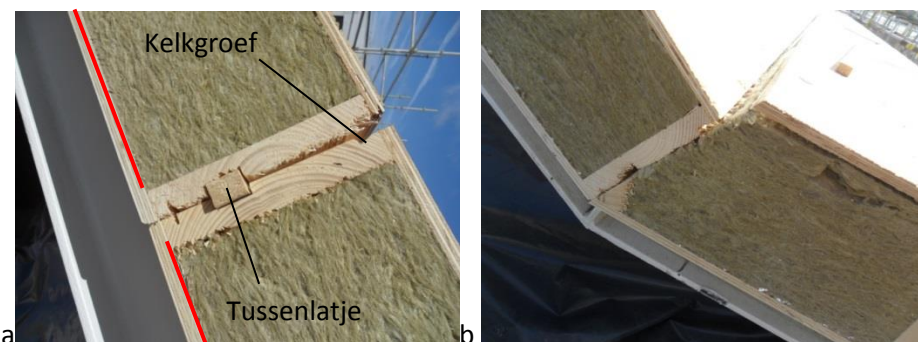
Deze SIP-elementen worden standaard voorzien van tengellaten, maar deze zijn hier weggelaten omdat voor een horizontale plaatsing gekozen werd. In dat geval raad het ATG-attest aan om een onderdakfolie te voorzien. De bovenplaat moet dan ook minimum 7 mm dik zijn om de tengellaten in-situ te kunnen vastschroeven (ATG 14/1545, 2014).

LAGENOPBOUW

De dakpanelen van Unilin bestaan uit:

- Een multiplex plaat
- Dampremmende folie (rode lijn, Figuur 23a)
- Minerale wol met dwarsverstijvers
- Een multiplex plaat

De langse voeg is voorzien van een tussenlatje voor de structurele verbinding en een kelkgroef.



Figuur 23 (a) Langse voeg tussen twee SIPs met tussenlatje in een sponning in de houten dwarsverstijvers (b) Knik in de constructie zonder tussenlatje

De aannemer gaf aan dat de binnenkant nog beschilderd wordt. Op dat moment worden de voegen aan de binnenkant ook luchtdicht afgewerkt.

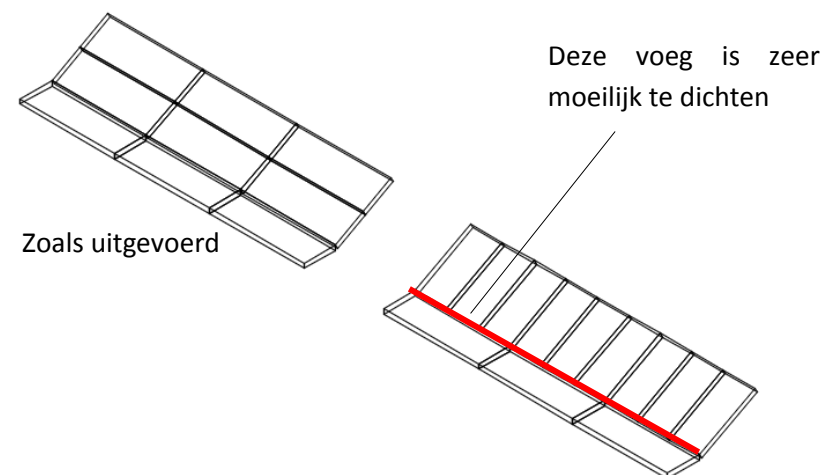
De voegen in de langsrichting worden structureel met een tussenlatje verstevigd (Figuur 23a). Na het plaatsen van het ene paneel, wordt het latje erin geklopt. Daarna wordt het tweede paneel ertegen geplaatst en vastgeschroefd. De kelkgroef wordt opgevuld met PUR na de plaatsing.

In de knik is echter geen tussenlatje geplaatst (Figuur 23b). Het is niet duidelijk of de panelen in de knik structureel verbonden zijn. De aannemer gaf aan dat hier een extra kritiek punt zit voor waterinfiltratie bij een zinken dak. Er zal dus extra aandacht besteed moeten worden aan dit punt bij het plaatsen van de dakbekleding.

VERBINDING MET DE STAALCONSTRUCTIE

De panelen zijn horizontaal geplaatst, evenwijdig met de nok (Figuur 24). Afgaande op de grootte van de staalconstructie was het ook mogelijk om de SIP's verticaal te plaatsen, met geïntegreerde tengellatten. Volgens het ATG is de afstand tussen de twee steunpunten van het paneel beperkt tot 3.2 m, indien het dak een eigengewicht heeft van 0.5 kN/m² en bij een dakhelling van 40° (ATG 14/1545, 2014).

Bij een verticale plaatsing waren echter meer panelen nodig, waardoor er meer voegen in de dakconstructie zouden aanwezig zijn. De aansluiting in de knik zouden met verticale SIP's ook moeilijker te dicht zijn. Er zou dan een voeg met dwarsverstijvers (langse voeg) tegen de kopse kant van een paneel terechtkomen. Het is onmogelijk om deze voeg structureel te verbinden.



Figuur 24 Horizontale plaatsing (links, 9 panelen) vs. verticale plaatsing (rechts, 12 panelen)

Een tweede reden om geen tengellatten en afwerking te integreren, was het hoge risico op beschadiging. Op het moment van de plaatsing van de SIP's, waren de afbraakwerken aan de gevel van de boekentoren volop aan de gang. Er was een risico op neervallende brokstukken die de dakafwerking zou kunnen beschadigen. Dit wou de hoofdaannemer absoluut vermijden.

Dit neemt niet weg dat de SIP's na plaatsing zo snel mogelijk beschermd moeten worden tegen de regen. De voegen, sparingen en nok moeten dus zo snel mogelijk na plaatsing gedicht worden. De panelen werden voorzien van een folie om de hele constructie tegen regen te beschermen in afwachting van de definitieve bekleding (Figuur 22b) (ATG 14/1545, 2014).


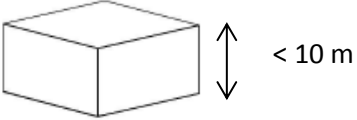
De panelen werden vastgeschroefd aan de staalstructuur (Figuur 25), maar die was daar niet op voorzien. Het oppervlak van de stalen liggers was nl. behandeld met een brandwerende coating, waardoor het heel veel moeite vergde om gaten te boren voor de schroeven. Dit toont aan dat er bij de productie van de staalstructuur onvoldoende rekening gehouden werd met de verdere opbouw in houten SIP's, waardoor de plaatsing onnodig moeizaam verliep.




Figuur 25 De SIP-panelen werden vastgeschroefd aan de stalen structuur

Case 5: Zelfdragend wandelement met OSB-3 en dampopen houtvezelplaat, minerale wol (Unilin)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	
Doelstelling	Bouw vakantiehuis
Locatie	Waimes
Schaal	
Geometrie	
Wetgeving - locatie	Verkevelingsvoorschriften


Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	Vlak
Lay-out	n.v.t.
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	Modulair woningontwerp Maatgeving gebaseerd op afmeting panelen
Maatafwijking	n.v.t.
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	n.v.t.
Systeem Ventilatie	Niet geïntegreerd in gevelpanelen, wel in houtskelet elementen die de binnenwanden vormen

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	R: 2.90 m²K/W (isolatiedikte: 120mm) tot 5.00 m²K/W (isolatiedikte 220mm)
Aandachtspunten	Schroefverbinding aan buitenste houten regels
Isolatie	Minerale wol (0.037 W/mK)
Vlak dampscherm	OSB-3 binnenplaat en getapete voegen
Vlak luchtdichtheid	OSB-3 binnenplaat en getapete voegen
Vlak waterdichtheid	Dampdoorlatende uitstijvingsplaat van houtvezel
Verankeringen en verbindingen	Schroefverbinding op houten stijl- en regelwerk
Draagstructuur	Houtskelet
Gewicht	
Stijfheid systeem	Tussenribben in de panelen
Brandreactie	Multiplex: D-s2, D0
Akoestische maatregel	Suggesties voor hoge akoestische prestaties van lichte wanden WTCB Contact 37 (2013/1) en WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	Breedte: 1200 ± 3 mm Maximale lengte: 8 m ± 15 mm
Richting	Mengeling
Dikte	OSB-3 binnenplaat: 18 mm Houtvezelplaat: 22 mm Isolatiediktes: 120 – 145 – 172 – 196 – 220 mm
Schaal	1 woning
Schildeel	Opake geveldelen
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Nee
Uitbreiding?	Nee
Installatie werf	Lichte bouwkraan en plaats om panelen te stockeren
Werken binnen?	Luchtdicht tapen naden en volledige binnenafwerking
Bron	(ATG 14/1545, 2014)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

'SweetHomeSystems' is een bouwbedrijf dat woningen aanbiedt met één duidelijke bouwmethode: houtskeletbouw met houten SIP-elementen voor de wanden en het dak. Het bedrijf biedt 12 vaste types woningmodellen aan, maar de klant kan ook een specifiek ontwerp aanbrenge dat aangepast wordt naar deze prefab bouwmethode.

Doordat de aannemer enkel deze bouwmethode aanbiedt, wordt het potentieel van deze prefab bouwmethode volledig benut. Klanten kiezen bewust voor deze bouwmethode door voor deze aannemer te kiezen. De aannemer op zijn beurt heeft de techniek volledig onder de knie. Daarnaast geeft hij aan dat deze bouwmethode 2 tot 3 maal minder tijd vergt dan een traditionele bouwwijze, waardoor de bouwheer de periode van bv. dubbele huur kan beperken.

Het project bevindt zich in Sourbrodt in Waimes en betreft een vakantiehuis met twee bouwlagen (Figuur 26). Op 10 dagen tijd werd het houtskelet en de wand- en dakelementen van de hele woning geplaatst. Daarna volgde het plaatsen van de ramen, luchtdicht tapen van de naden en de gevelafwerking. Door als basismateriaal voor hout en lichtgewicht SIP's te kiezen, volstaat één lichte bouwkraan om de panelen te plaatsen.



Figuur 26 Aanzicht van de woning op dag 2 sinds de start van de montage op de funderingsplaat

LAGENOPBOUW

SweetHomeSystems maakt gebruik van wandpanelen die Unilin speciaal voor dit bouwsysteem ontwikkelde. Deze wandpanelen bestaan uit (Figuur 27a):

- Een luchtdichte OSB-plaat
- Minerale wol
- Dampdoorlatende uitstijvingsplaat op basis van houtvezel

Voor de dakelementen werden openschalige elementen gebruikt met polyurethaan (Figuur 27b). Aan de onderkant is een OSB-plaat voorzien, op de langrichting zijn drie kepers voorzien om de dakbedekking op te bevestigen.



Figuur 27 (a) Unilinpanelen met rotswol voor de wand (b) Openschalige dakelementen UNIPUR SPAN die in Waimes werden als dakbedekking (Unilin, 2016)

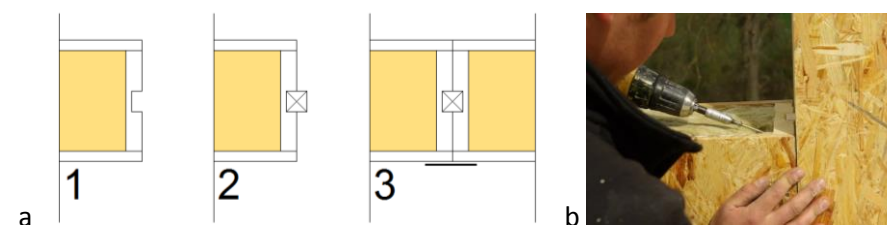
STABILITEIT

Het houten frame zelf bestaat uit houten gelamineerde kolommen en balken die met een zwaluwstaartverbinding verbonden worden (Figuur 28). Deze elementen werden op voorhand op maat gesneden en kwamen kant-en-klaar aan op de werf. De binnenwanden bestaan uit een houten roostering met een OSB-plaat, eveneens op voorhand samengesteld. Door de OSB kunnen in een latere fase gemakkelijk leidingen worden geboord.



Figuur 28 Gelamineerde houten balken en liggers als draagstructuur. De binnenwand bestaat uit een houten roostering met OSB-plaat, eveneens geprefabriceerd

De voeg tussen twee verticale panelen werd structureel met een tussenlatje verstevigd. Na het plaatsen van het ene paneel, werd het latje erin geklopt (Figuur 29a). Daarna werd het tweede paneel ertegen geplaatst en vastgeschroefd (Figuur 29b). De naden tussen de panelen werden later aan de binnenkant afgetapet.



Figuur 29 (a) Werkwijze verbinding panelen (b) Montage met schroefverbinding (SweetHomeSystem, 2014)

AANSLUITING OP ANDERE GEBOUWCOMPONENTEN

Voor de plaatsing op de betonnen vloerplaat, werd een stelregel geplaatst. Tussen deze stelregel en de funderingsplaat werd een EPDM folie bevestigd om het opstijgen van capillair vocht in het hout te voorkomen (Figuur 30). Later werden de naden tussen de funderingsplaat en de SIP's op de stelregel gedicht met polyurethaanschuim.



Figuur 30 Plaatsing op de stelregel


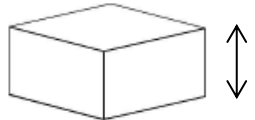
Ten slotte zijn er aan de buitenkant nog plaatsen waar de ruimte tussen de panelen opgevuld werden, ter hoogte van de kolommen in het houtskelet (Figuur 31). Eerst werd een afwerkingsplaat geplaatst en daarna werden er houtvezels ingeblazen.



Figuur 31 Holtes ter hoogte van de gelamineerde houten kolommen die later nog worden opgevuld

Case 6: Zelfdragend wand- en dakelement met PUR en twee multiplexplaten (Unilin)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Nieuwbouw woning Bouwheren huurden ondertussen
Doelstelling	Snelle en gemakkelijke opbouw woning
Locatie	Centrum Lokeren
Schaal	 Eén bouwlaag, 12 x 12 m
Geometrie	 < 10 m
Wetgeving - locatie	Ingesloten perceel, stedenbouwkundige voorschriften laten bouwzone van 12 op 12 m toe


Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	Vlak
Lay-out	Verticaal
Toestand openingen	Nieuwbouw: = afmetingen als wandelementen
Repetitiviteit	Ontwerp en maatvoering woning gebaseerd op UNIPUR dakelement van 1200 mm breed
Maatafwijking	n.v.t.
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet in gevelelementen
Systeem Ventilatie	Systeem C

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	R = 7.95 m ² K/W
Aandachtspunten	Schroefverbinding
Isolatie	PUR
Vlak dampscherm	Multiplexplaat binnenkant en luchtdichte veer (zowel de binnen- als buitenplaat zijn dampdicht)
Vlak luchtdichtheid	Multiplexplaat binnenkant en luchtdichte veer
Vlak waterdichtheid	EPDM folie achteraf aangebracht
Verankeringen en verbindingen	Schroefverbinding op houten skeletstructuur
Draagstructuur	Houten skeletstructuur
Gewicht	
Stijfheid systeem	Tussenlatten en multiplexbeplating
Brandreactie	Multiplex: D-s2, D0
Akoestische maatregel	Suggesties voor hoge akoestische prestaties van lichte wanden WTCB Contact 37 (2013/1) en WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	Breedte: 1200mm ± 3 mm Verdiepingshoog (Max lengte tot 8 m ± 15 mm)
Richting	Verticaal
Dikte	12 mm multiplexplaat 180mm PUR ± 5mm 18 mm multiplexplaat
Schaal	Eengezinswoning, 12 x12 m
Schildeel	Wand en dak
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Nee (maar schrijnwerk in dezelfde maatvoering als panelen)
Uitbreiding?	Nee
Installatie werf	Kraan
Werken binnen?	Niet noodzakelijk voor de luchtdichting (enkel kopse voegen)
Bron	(ATG 14/2538, 2014) (Van Den Bosch, 2016) (Roof Belgium, 2016)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

Wie het volle potentieel uit prefab bouwen wil benutten, vertrekt bij voorkeur van het prefab element zelf om de constructie te ontwerpen. In dit project werd bewezen dat dit ook goedkoop en snel kan. De bouwheren bedachten samen met ingenieur-architect Toon Vermeir een woning waarvan de wanden en het dak met éénzelfde type sandwichpaneel gebouwd werden. Deze panelen konden gemakkelijk vastgeschroefd worden aan een houten draagstructuur (Figuur 32). Op die manier waren de bouwheer en architect in staat om de woning zelf op te bouwen, op twee weken tijd.



April 2016



September 2016

Figuur 32 Aanzicht van de woning in april 2016 (Van Den Bosch, 2016) en in september 2016

De eengezinswoning ligt in de Lokerse binnenstad. Door de stedenbouwkundige voorschriften was een bouwzone van slechts 12 op 12 m beschikbaar. Daarnaast kozen de opdrachtgevers van in het begin voor prefab elementen, omwille van de hoge bouwsnelheid. In het prille begin werd gedacht aan containers om de woning mee op te trekken. De architect had echter meer ervaring met houten sandwichpanelen (E-Cube, eigen woning), waardoor hij de opdrachtgevers kon overtuigen om voor hun woning ook lichtgewicht sandwichpanelen te gebruiken.

De maatvoering in de woning werd volledig gebaseerd op de afmetingen van het SW HPUR dakelement van Unilin. De woning bestaat uit drie delen, waarvan één deel op het zuidwesten met de leefruimte en keuken (Figuur 33), één centraal deel met de technische ruimte, badkamer, bureau, polyvalente ruimte en een deel op het noordoosten met 3 slaapkamers.



Figuur 33 Zicht op het zuidwestelijke deel van de woning, met de keuken en leefruimte

De opdrachtgevers konden met behulp van familie, vrienden en de architect de volledige ruwbouw op 2 weken tijd realiseren. De wanden en panelen zelf werden op 3 dagen gemonteerd.

Nog enkele weetjes:

- De prijs van de woning bedroeg 109 €/m² all-in (btw. Zonnepanelen, technische installaties, schrijnwerk, voor een woonoppervlak van 144 m²)
- De draagstructuur bestaat uit gelamineerde balken en kolommen
- De technieken en de panelen blijven zichtbaar, wat zorgt voor een snelle timing.
- De woning is voorzien van een groendak met zonnepanelen.
- Warmtepomp Lucht-Water.
- Ventilatiesysteem C+ van Renson.
- Aluminium schrijnwerk met 4-seizoensbeglazing, U = 1.0 W/m²K.
- In oktober 2016 komt er nog een afwerking met leistenen aan de buitenkant.
- De opdrachtgevers konden 2 maanden vroeger verhuizen dan voorzien, dankzij deze snelle bouwmethode.

De enige elementen die niet door de opdrachtgevers uitgevoerd werd, was:

- De algemene funderingsplaat
- De PUR gietvloer
- Schrijnwerk
- Roofing (Opdrachtgevers hielpen wel bij de aannemer)

LAGENOPBOUW

Voor zowel de wanden als het dak werden SW HPUR dakelementen van UNILIN gebruikt. Deze hebben een standaardbreedte van 1200 mm en bestaan uit:

- 12 mm multiplexplaat
- 18 cm PUR
- 18 mm multiplexplaat

De voegen zijn voorzien van een uitzaagde uitsparing voor de plaatsing van de luchtdichte veer en een extra keperlatje (Figuur 34). Op die manier ging de montage van de panelen zeer vlot en kon deze volledig manueel verlopen. De voeg tussen de wand- en dakpanelen werd gedicht met een cellenband.




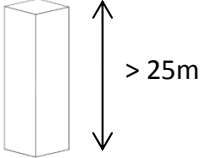
Figuur 34 Boven: uitsparing voor de keperbalkjes Onder: Luchtdichte veer (houtvezelplankje met PVC-foam).

De luchtdichte veer werd veelvuldig getest in het Testcentrum voor Gevelelementen, waaruit bleek dat de luchtlekkage door dit voegsysteem verwaarloosbaar klein is.



Lees er meer over in het PRO³-Onderzoeksrapport 'Lucht- en waterdichtheid van prefab elementen'.

Case 7 Houtskelet-gevelement voor hoogbouw (Jonckheere Projects, Bureau Bouwtechniek)

Gebouw-aspect

Gebouw	
Uitvoeringstijd	
Doelstelling	Dunne gevelementen met een hoge thermische weerstand Gebouw wordt verwarmd met restwarmte servers
Locatie	Technologiepark Zwijnaarde
Schaal	 12 verdiepingen
Geometrie	 > 25m
Wetgeving - locatie	Niet bekend

Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	Vlak
Lay-out	Horizontaal
Toestand openingen	Nieuwbouw
Repetitiviteit	
Maatafwijking	n.v.t.
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet bekend
Systeem Ventilatie	Systeem D

Prefab-aspect

	
Thermische prestatie	Houtfractie: 28.05%, o.a. door extra stijlwerk aan schrijnwerk
Aandachtspunten	Houten stijlen en regelwerk Beglazing en extra stijlwerk onder schrijnwerk
Isolatie	Rotswol ($\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$)
Vlak dampscherm	
Vlak luchtdichtheid	Binnenplaat ($\mu=185$) + alle naden aftapen in-situ
Vlak waterdichtheid	Folie aan de buitenzijde (in-situ)
Verankeringen en verbindingen	L-profielen met schroefverbinding tussen betonnen structuur en houten gevelement Schroefverbinding tussen panelen onderling
Draagstructuur	Gordijngewel
Gewicht	
Stijfheid systeem	Uitstijvende dampdichte binnenbeplating
Brandweerstand	Maatregelen EI 60 (zie tekst)
Akoestische maatregel	Suggesties voor hoge akoestische prestaties van lichte wanden WTCB Contact 37 (2013/1) en WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	Hoogte: 3835 mm (hoger bij gelijkvloers en eerste verdieping). Lengte: 5579 mm
Richting	Horizontaal
Dikte	220 + 2 x panelen
Schaal	Datacenter UGent, Toren
Schildeel	Gevel
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Nee (door praktische en financiële overwegingen aannemer)
Uitbreiding?	
Installatie werf	Speciale transportroute voor de grotere panelen voor het gelijkvloers en de eerste verdieping (elk een grote plafondhoogte)
Werken binnen?	Alle naden aftapen
Bron	(De Preter, BB, 2017) (Unilin, 2015) (EVR Architecten, 2017)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

Voor het nieuwe kantoor-, labo- en datacenter op de Technologicampus van UGent, werden houtskeletelementen als gevelementen gebruikt voor de zijgevels. iGent was een ambitieus project op vlak van energieverbruik: de verlieswarmte van de servers in het datacenter zou gebruikt worden om het hele gebouw van warmte te voorzien. Met houten gevelementen kan een relatief dunne bouwschil gecreëerd worden die toch een voldoende hoge thermische weerstand heeft.

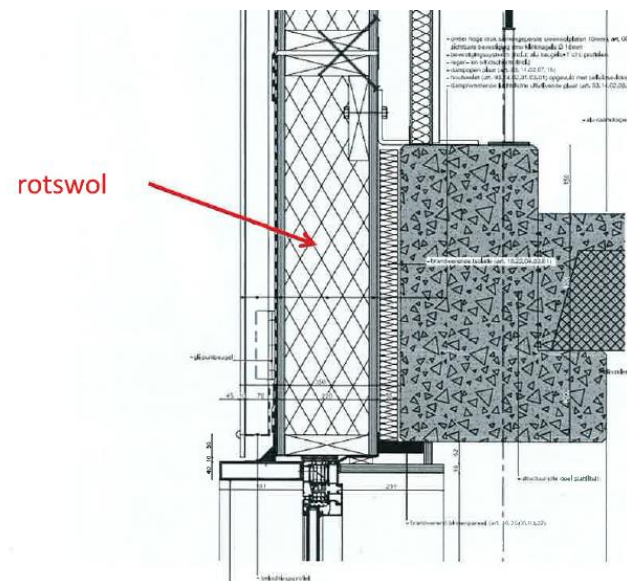
LAGENOPBOUW PREFABELEMANT

De houten prefab elementen zijn van binnen naar buiten als volgt opgebouwd:

- Uitstijvende luchtdicht plaatmateriaal met $\lambda=0.13$ W/mK en transparant dampscherm $\mu = 185$ (Unilin, BioSpan Vapourblock, 2014)
- 220 cm rotswol / stijl- en regelwerk
- Dampopen plaat

De volgende zaken werden in-situ voorzien.

- Regen- en windscherm (in-situ)
- Bevestigingssysteem (in-situ)
- Onder hoge druk samengeperste steenwolplaten als gevelbekleding (10 mm) (in-situ)



Figuur 35 Typesnede (De Preter, BB, 2017)

De binnenbeplating moest luchtdicht zijn, maar ook stijf genoeg om voldoende stijfheid te bieden aan de houten gevelementen (Unilin, 2015).

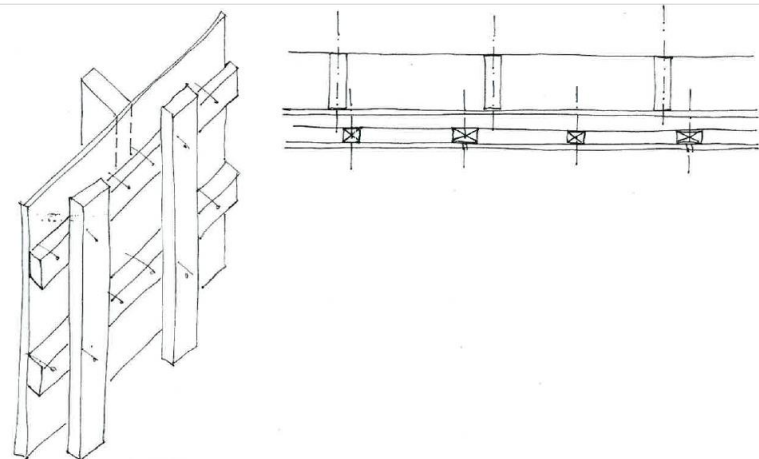
Als isolatie werd oorspronkelijk aan cellulose gedacht, omwille van het ecologisch aspect. Er werd echter gevreesd dat er brandoverslag over

de verdiepingen mogelijk was via de houtskeletelementen. Brandtesten wezen echter uit dat dit risico met rotswol niet bestaat. Daarom werd er uiteindelijk voor rotswol gekozen als isolatiemateriaal, ondanks dat rotswol een lagere thermische weerstand heeft dan cellulose (De Preter, BB, 2017).

IN SITU GEVELAFWERKING EN SCHRIJNWERK

Om het volle potentieel uit prefab elementen te halen, is het aangeraden om ook de gevelafwerking en ramen te integreren in het paneel. Bij iGent speelde echter de esthetiek van de gevel een doorslaggevende rol in de keuze om de gevelafwerking en raampartijen toch in-situ te doen. Door het uitgelijnde ontwerp lieten de toleranties –opgelegd door de architect- niet toe om de gevel en het schrijnwerk volledig prefab uit te voeren.

Wat echter pas tijdens de technische uitwerking naar boven kwam, was dat het voorgestelde verankeringsysteem voor de gevelplaten niet afstemde met het hout- en regelwerk in de prefab houtskeletmodule. De ritmiek van de gevel liet niet toe dat er verankerd zou worden ter hoogte van het stijl- en regelwerk. Daarom werden nog een aantal pistes uitgewerkt om voldoende verankeringspunten te voorzien. Uiteindelijk werden extra horizontale en verticale houten balken aangebracht op de buitenbeplating om de gevelbekleding te kunnen verankeren. Daarbij moesten de horizontale balken afgeschuind worden om stagnatie van water te vermijden.

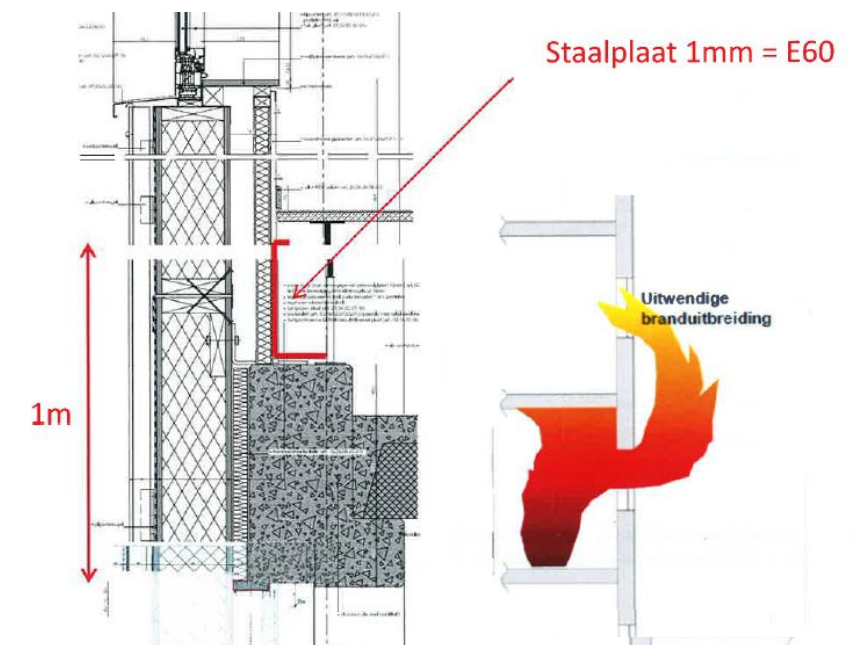


Figuur 36 Draagstructuur gevelbekleding (De Preter, BB, 2017)

Naast de esthetiek, heeft de aannemer vaak praktische en financiële bezwaren die verhinderen dat de gevelafwerking geïntegreerd wordt. Geïntegreerde ramen kunnen beschadigd geraken of er is een leverancier die de ramen goedkoper in-situ kan plaatsen. Ook bij de producent van de prefab elementen kunnen er juridische redenen zijn om ramen niet te integreren. Als het schrijnwerk tijdens de prefabricatie van het paneel beschadigd geraakt, is niet duidelijk of de leverancier van het schrijnwerk of de producent van de houten gevelementen verantwoordelijk is.

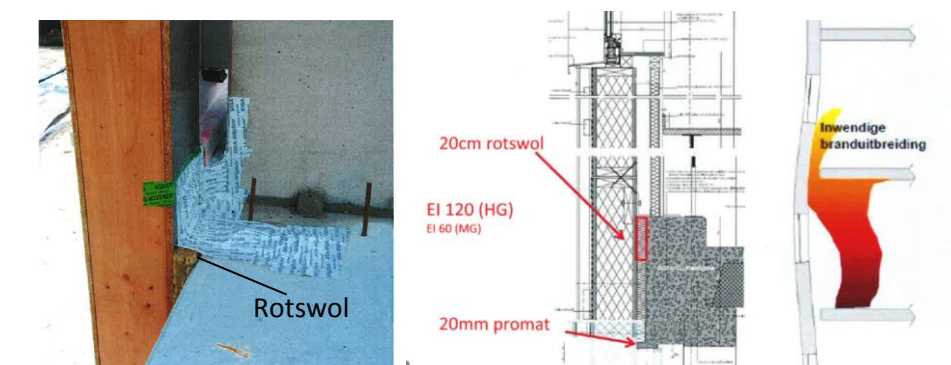
AANSLUITING ANDERE ONDERDELEN GEBOUW – BRANDVEILIGHEID

De aansluiting tussen de compartimentsvloer en het gevelement moet een brandweerstand E160 hebben (Eeckhout & Martin, 2015), m.a.w. het aansluitingsdetail moet gedurende 60 minuten vlammen en warmte van de brand tegenhouden. Om uitwendige branduitbreiding te vermijden werd een staalplaat van 1mm aan de binnenkant bevestigd. Het houten gevelement vormt ook een borstwering van min. 1 m hoog. Zoals hoger vermeld is deze opgevuld met rotswol, waardoor brandoverslag via het gevelement ook uitgesloten is.

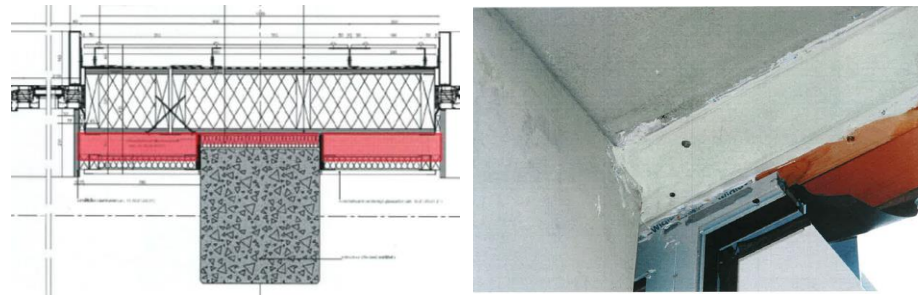


Figuur 37 Maatregelen tegen uitwendige branduitbreiding (De Preter, BB, 2017)

Om inwendige branduitbreiding te voorkomen, wordt standaard een strook rotswol geplaatst als brandstop (zie Figuur 38). Bijkomend werden afdekprofielen en brandwerende verf van Promat aangebracht om vlamtransport langsheen de kolom te vermijden (Figuur 39).



Figuur 38 Rotswol tussen het houten gevelement en de vloerplaat om inwendige branduitbreiding te vermijden (De Preter, BB, 2017)



Figuur 39 Brandwerende plaat en verf ter hoogte van de kolom om inwendige branduitbreiding te verhinderen (De Preter, BB, 2017)

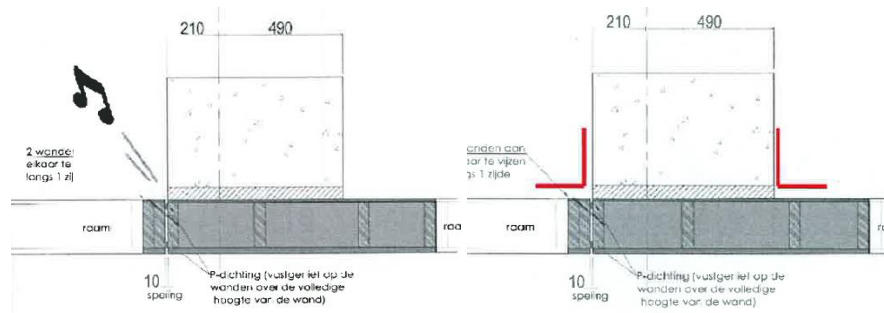
LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

De waterdichtheid werd volledig in-situ opgelost. De waterdichtingslabben werden in-situ rondom het schrijnwerk aangebracht (Figuur 40). Daarna werd de regen- en winddichte folie voor het hele geveleppvlak aangebracht.



Figuur 40 Waterdichtingslabben volgens de onderaannemer (De Preter, BB, 2017)

Voor de luchtdichtheid werden de voegen aan de binnenkant afgetapet. Dit was volgens het studiebureau een zeer tijdrovende manier, maar nog altijd de meest betrouwbare. Rubberen dichtingsystemen werden tijdens de technische uitwerking overwogen, omdat deze geïntegreerd kunnen worden in het houten prefab systeem. Er werd echter gevreesd voor 'fluitende luchtlekken', waardoor de voegen uiteindelijk in-situ afgetapet werden.

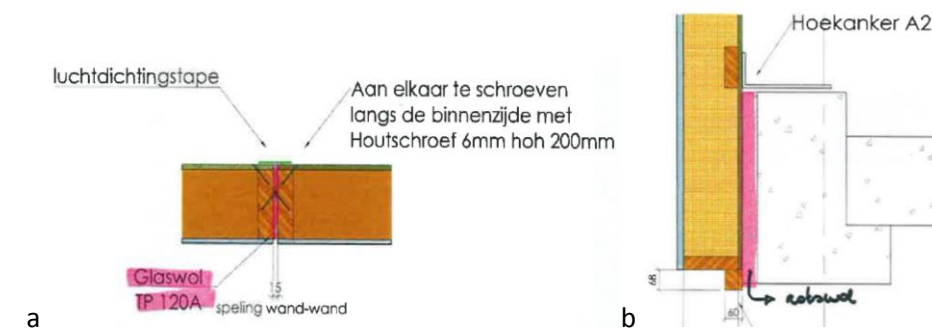


Figuur 41 Vergelijking tussen rubberen dichtingsystemen (links) en tape (De Preter, BB, 2017)
De uitvoering met tape toont dat er geen aandacht besteed werd aan de bereikbaarheid van de voegen, waardoor de tape deels op de kolommen moet bevestigd worden

TOLERANTIES

Een belangrijke parameter in de keuze van een luchtdichtingsmateriaal is de tolerantie op de voeg. In dit project werden de panelen langs de binnenzijde via de voeg aan elkaar geschroefd (Figuur 42) waardoor de voeg een breedte van 15 mm nodig had. Tussen de panelen werd glaswol aangebracht om een koudebrug te vermijden.

Ter hoogte van de vloeraansluiting, werd een speling van 50 mm voorzien om rotswol te kunnen plaatsen als brandstop (zie hoger).



Figuur 42 (a) Aansluiting tussen twee panelen (b) aansluiting met de vloerplaat (De Preter, BB, 2017)

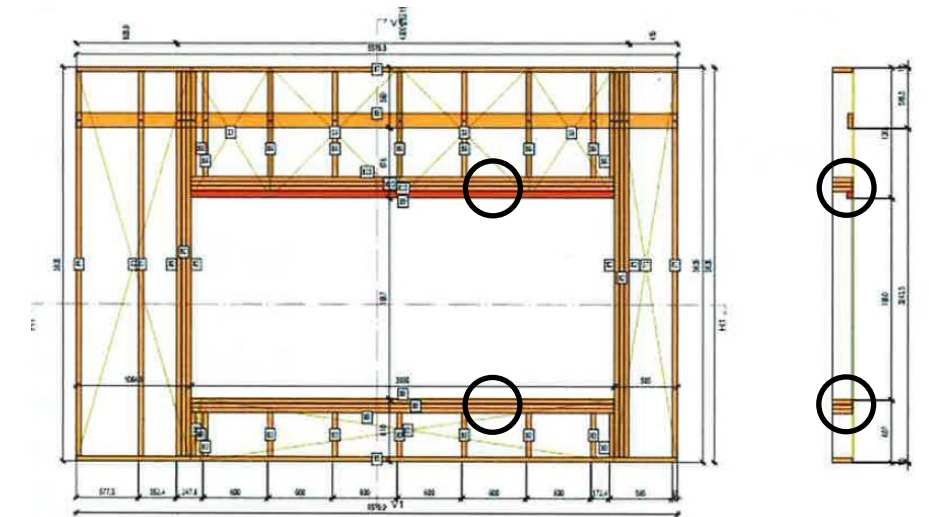
Op sommige punten was de tussenafstand tussen de dragende structuur en het gevelement echter te klein. Hierdoor werd de tape langs de omtrek van het gevelepaneel op de dragende structuur geplakt. (zie bv. ook Figuur 41). Indien de tussenruimte groter was geweest, was de voeg op Figuur 41a gemakkelijker te bereiken van binnenuit. Een bredere tussenruimte (> 2 cm) kan je nog opvullen met rotswol. Bij een voeg onder 2 cm tussen de structuur en het houten gevelement is dit niet mogelijk. In dit geval was het dus beter geweest om een grotere tussenruimte te hebben tussen de kolom en het houten gevelement.



Figuur 43 Uiteindelijke uitvoering met luchtdichte tape. Op sommige plekken was de tussenruimte te groot om goed af te plakken, maar te klein om extra isolatie te voorzien (rechts) (De Preter, BB, 2017).

PANEELMAAT EN -DIKTE

In het ontwerp werden grote raamoppervlakken voorzien. Door het gewicht van het grote raamoppervlak is er meer stijl- en regelwerk vereist om de overspanning in het houtskeletpaneel te kunnen maken (Figuur 44). Door de grotere houtsecties bestaat het paneel voor 28.05% uit hout en zal U_{eq} stijgen (De Preter, BB, 2017). Volgens het studiebureau waren de panelen dan ook beter 5 cm dikker uitgevoerd om het verlies aan thermische weerstand te compenseren.


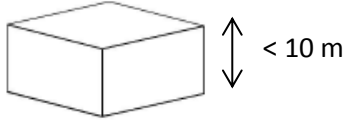


Figuur 44 Stijl- en regelwerk van het houten gevelement (De Preter, BB, 2017)

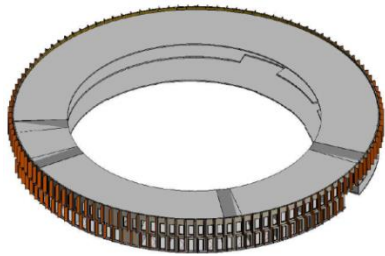
Idealiter is een paneel gemaakt op verdiepingshoogte. In de iGent-toren had het gelijkvloers en eerste verdieping echter een grotere plafondhoogte dan standaard. Het is uiteraard mogelijk om panelen nog hoger te maken, maar dan wordt het transport moeilijker en duurder. Voor dit project moest een speciale route uitgestippeld worden om de hoge panelen voor de onderste bouwlagen op de werf te krijgen.

Case 8: Houtskelet-gevelement voor laagbouw (Jonckheere Projects, Algemene Bouwwerken Maes)

Gebouw-aspect

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Bouw hotel met zorg Bouwtermijn: 20 januari 2017 – 20 januari 2018
Doelstelling	max. K40 (Wetgeving 2015)
Locatie	Zuienkerke, goed bereikbaar vanaf snelweg Capaciteit: 92 gasten
Schaal	 2 bouwlagen met 35 tweepersoonskamers op de eerste verdieping, 11 tweepersoonskamers op het gelijkvloers
Geometrie	 < 10 m
Wetgeving - locatie	Niet gekend


Gevel

Draagstructuur	Stijve vloerplaten in beton met stijve wanden
Vlakheid	n.v.t.
Lay-out	
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	Hotelkamers: Een type gevelpaneel
Maatafwijking	± 2 cm tussen de vloerplaten en de gevelpanelen
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	Nieuwbouw
Voegen bestaand gebouw	Nieuwbouw

Technieken

Gebruik Technieken	Niet in het paneel
Systeem Ventilatie	Systeem D

Prefab-aspect

	
Thermische prestatie	0.25 W/m²K* (h.o.h. 600 mm) excl. voorzetwand met 6 cm glaswol ($\lambda = 0.037$ W/mK)
Aandachtspunten	Stijl en regelwerk (houtfractie) extra stijlwerk aan vin gevel, schrijnwerk en verankering
Isolatie	Rotswol ($\lambda = 0.035$ W/mK)
Vlak dampscherm	Geïntegreerd dampscherm houtskeletelement
Vlak luchtdichtheid	Geïntegreerd dampopen folie buitenoppervlak
Vlak waterdichtheid	Verankering aan onderste en bovenste vloerplaat, linker- en rechterkant Zelfdragend paneel aan stijve vloerplaat in beton
Verankeringen en verbindingen	
Draagstructuur	
Gewicht	
Stijfheid systeem	Houtvezelcementplaat Cetris 12
Brandreactie	Houtvezelcementplaat A2, s1-d0
Akoestische maatregel	Geluidwerendheid houtvezelcementplaat: $R_w = 31$ dB Suggesties voor hoge akoestische prestaties van lichte wanden WTCB Contact 37 (2013/1) en WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	8.22 m² (verdiepingshoog) en 16.44 m² (twee verdiepen hoog)
Richting	Verticaal
Dikte	240 mm (excl. gevelbekleding)
Schaal	46 kamers voor 92 gasten
Schildeel	Gevel
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Nee
Uitbreiding?	n.v.t.
Installatie werf	Verplaatsbare stelregel, Hoogtewerker, Kraan, Stelling om de gevel te plaatsen
Werken binnen?	Luchtdichte afwerking voegen, installatie schrijnwerk en voorzetwand (Cembrit NV, 2014) (Jonckheere Projects, 2017) (Polo Architects, 2017)
Bron	

*Berekening in Trisco, schrijnwerk buiten beschouwing gelaten

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

In Zuienkerke wordt op één jaar tijd een hotel met zorg gebouwd. Dit project is een klassiek 4 sterrenhotel dat bijzondere aandacht besteedt aan mensen met een beperking. Voor rolstoelgebruikers die een mobiel bovenlichaam hebben streeft men naar 99% zelfstandigheid en zijn 36 tweepersoonskamers voorzien. Voor mensen met grotere beperkingen worden 10 hoge zorgkamers voorzien.

Het gebouw bestaat uit twee bouwlagen. Op het gelijkvloers zitten gemeenschappelijke ruimtes, op de eerste verdieping bevinden zich hoofdzakelijk hotelkamers. Deze functie zorgt ervoor dat de gevel een zeer repetitief uiterlijk krijgt. Er werden slechts twee types prefab elementen geproduceerd: Verdiepingshoge elementen en elementen van twee verdiepen hoog. De architecten kozen voor houten gevelelementen omwille van de natuurlijke en rustige uitstraling (Polo Architects, 2017).



Figuur 45 Maquette van het hotel met zorg (Polo Architects, 2017)

LAGENOPBOUW

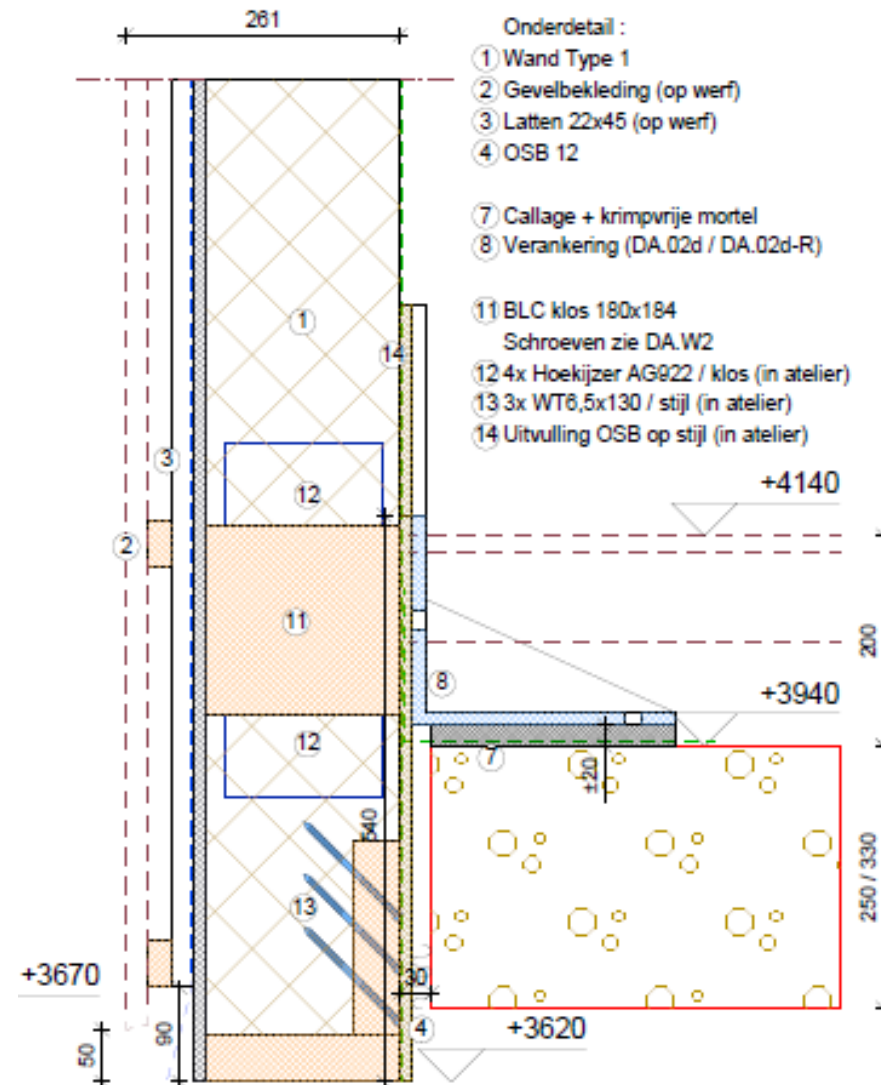
Het gevelelement bestaat van binnen naar buiten uit (Figuur 46):

- Luchtdichte folie
- Stijl- en regelwerk (SLS 45 x 184 met h.o.h. 600 mm) en rotswol (45 kg/m³, $\lambda = 0.035$ W/m²K)
- Cementgebonden houtvezelplaat, 12 mm ($\lambda = 0.215$ W/mK)
- Dampopen folie

In het houten gevelelement komen meerdere dwarse verstevigingen voor, bv. aan het schrijnwerk (Figuur 47). Daardoor hebben de panelen een hogere U-waarde dan 0.24 W/m²K. Lokaal aan de verankering is een houten klos aangebracht om voldoende stabiliteit te bieden. Hierdoor wordt de zone aan het anker in EPB als een aparte zone ingerekend (Figuur 46).

De te hoge U-waarde wordt in-situ opgelost door een voorzetwand te plaatsen met 6 cm glaswol (0.037 W/m²K), aan de verdiepingshoge elementen. De houtskeletelementen die 2 bouwlagen hoog zijn, hebben relatief gezien een lagere houtfractie. Daardoor wordt daar een voorzetwand van 40 mm geplaatst om aan een voldoende lage U-waarde te komen. Naast de thermische impact, wordt de voorzetwand ook geplaatst om de geluidisolatie van de gevelelementen te verhogen.

Aan de boven- en onderkant van het binnenoppervlak zijn OSB-platen prefab aangebracht (Figuur 47b). Op die manier kan de rotswol tussen het element en de verdiepingsvloer voldoende samengedrukt worden. Die rotswol wordt geplaatst om inwendige brandoverslag te vermijden. Daarnaast dient de OSB als een werkvlak om de verankering, de chape, de isolerende mortel (dak) en de dakbedekking te plaatsen.



Figuur 46 Detail verankering houtskeletelement aan de verdiepingsvloer (Jonckheere Projects, 2017)



Figuur 47 Gevelelement van buitenaf, binnenkant.

Er werd gekozen voor een cementgebonden houtvezelplaat met brandreactie A2,s1-d0 om te voldoen aan de Europese richtlijnen voor houten gevelbekleding. Volgens die normen moet achter de geventileerde spouw een plaat met minimum deze brandreactie geplaatst zijn, met een minimum dichtheid van 10 kg/m³ (2006/213/EG, 2006).

VERDELING UITVOERING BUITENSCHIL

In het project zijn de buitenschil-werken als volgt opgedeeld:

- Jonckheere Projects staat, naast de productie van de prefab gevelelementen, in voor de installatie en lucht- en waterdichte bevestiging van de elementen aan de ruwbouw en het plaatsen van de gevelbekleding;
- De raamleverancier installeert in-situ het aluminium schrijnwerk, verzorgt de luchtdichte aansluiting van het schrijnwerk en plaatst dampopen regenfolie rond de ramen;
- De voorzetwanden worden geplaatst door de onderaannemer die ook instaat voor de gipskartonwanden en scheidende wanden binnen;

De hoofdaannemer (Algemene Bouwwerken Maes) overwoog om het schrijnwerk te integreren in de houten gevelelementen. De leverancier van de raamprofielen vreesde echter dat er te grote vervormingen van het raamprofiel zouden optreden tijdens het transport. Daardoor zorgt de leverancier van de raamprofielen zelf voor de in-situ installatie van het raam. Op Figuur 47 is het prekader te zien waar de raamprofielen zelf later tegen bevestigd zullen worden. Het prekader is bevestigd aan de houten gevelelementen met vier hoekprofielen. Onderaan is een strook zwarte dampopen folie te zien, die in-situ geïnstalleerd werd door de raamleverancier.

De gevelafwerking bestaat uit een houten belatting die in-situ wordt geplaatst. Indien dit prefab zou geplaatst zijn, is het risico te groot dat de uitlijning van de latten niet zou kloppen. Daarnaast wordt bij iedere raamopening een vin geplaatst als zonnewering (Figuur 48). Ook hier was even overwogen om dit deels prefab te plaatsen, maar door de driehoekige langwerpige vorm zouden de panelen te veel plaats innemen tijdens het transport.



Figuur 48 (a) Beeld van de vinnen aan de gevel (Polo Architects, 2017) (b) Planfiguur met aanduiding van de vinnen (Jonckheere Projects, 2017)

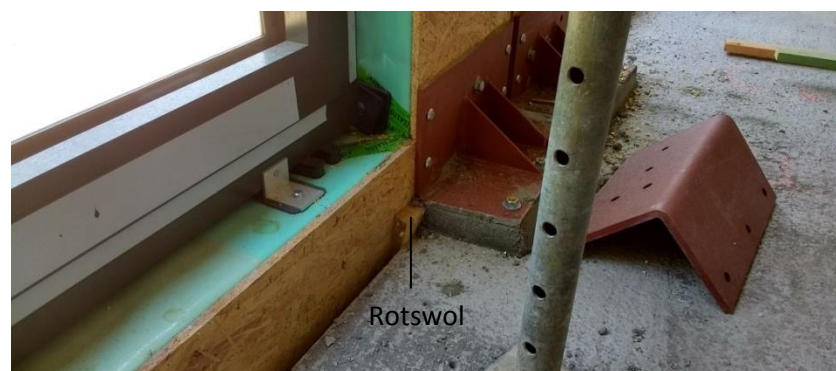
AANSLUITING AAN ANDERE GEBOUWONDERDELEN

Zowel aan de verdiepings- als aan de dakvloer werd een strook rotswol voorzien om inwendige brandoverslag te vermijden. Op het plan is tussen de

panelen en de vloerrand een voeg van 3 cm voorzien waardoor er gemakkelijk een strook rotswol in geplaatst kan worden. In de ruwbouw zijn de toleranties echter ± 2 cm waardoor er heel smalle voegen ontstaan. Op de smalle plaatsen werd een brandwerend schuim aangebracht (Figuur 49). Ter hoogte van het anker zit ook een strook rotswol (Figuur 50). Hier moet de verankering R60 beschermd zijn, omdat deze eis ook voor lage gebouwen geldt (Eeckhout & Martin, 2015). De rest van die voeg werd later opgevuld met rotswol of brandwerend schuim.



Figuur 49 Aansluiting tussen het paneel en de dakplaat met minerale wol en PUR



Figuur 50 Strook rotswol onder het anker, tussen de vloerplaat en het HSB-paneel. De hele voeg wordt later nog opgevuld met brandwerend schuim om de aansluiting EI60 te krijgen

Om de plaatsing te vergemakkelijken, is een verplaatsbare stelregel voorzien (Figuur 51). Deze bestaat uit een houten plank met twee schoren, die verplaatst worden van zodra het gevelement verankerd is. De stelregel werd uitgelijnd door Jonckheere Projects. Volgens de aannemer is dit een zeer nauwkeurige plaatsingsmethode. De ankers kunnen hierdoor geplaatst worden na positionering van het paneel, waardoor er minder kans is op schade aan het prefab paneel door de plaatsing.



Figuur 51 Verplaatsbare stelregel op schoren

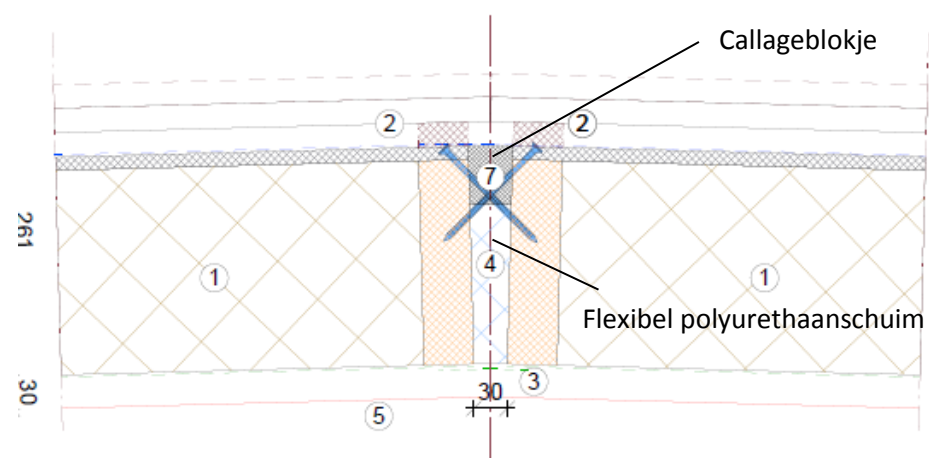
LUCHT-EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN EN SCHRIJNWERK

Zowel de dampdichte als dampopen folie zijn tijdens de fabricage aangebracht en zijn over de rand van het prefab element geplooid. Ter hoogte van het schrijnwerk zijn ze verbonden met tape (Figuur 52a en b). Dit is om schade tijdens het transport zoveel mogelijk te beperken. Hier en daar raakte de dampdichte folie beschadigd aan de hoeken. Dit wordt tijdens het in-situ dichten van de voegen nagezien en hersteld door de producent van de gevelementen (Jonckheere Projects).



Figuur 52 (a) De dampopen en dampdichte folie zijn samengetapet om de folies te beschermen tijdens transport. (b) Panelen tijdens transport

Aan de buitenkant wordt de voeg afgedicht met een geschaafde houten keper (callage) die diagonaal vastgenageld wordt. Over de callage wordt een overlappend regenscherm geplaatst door de producent van de gevelementen (Figuur 53). Door de callage kan het overlappend regenscherm op een effen oppervlak aangebracht worden. Daarnaast kunnen de houtskeletelementen zo structureel samenwerken.



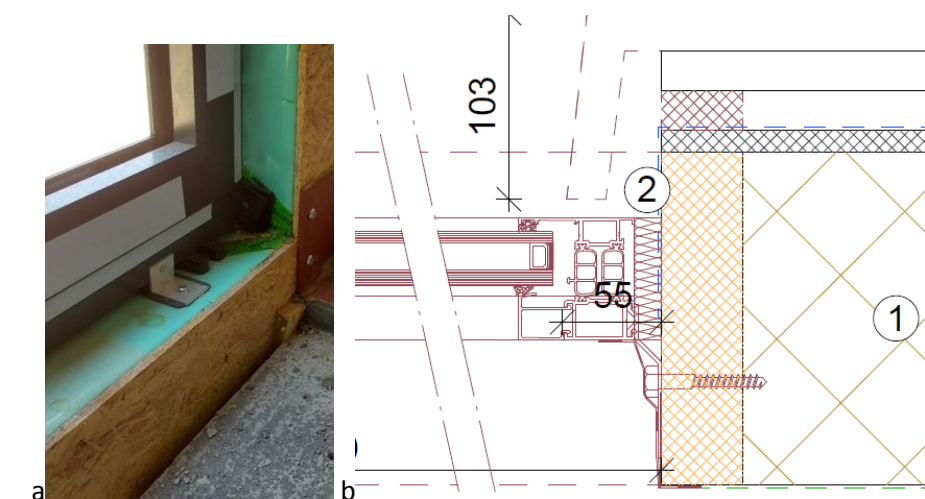
Figuur 53 Detailtekening voeg (Jonckheere Projects, 2017)

In de voeg wordt een flexibel polyurethaanschuim aangebracht. De voegen (ong. 3 cm breed) worden aan de binnenkant afgetapet. Om alle voegen optimaal te dichten, werd ervoor gezorgd dat de voegen overal goed bereikbaar zijn (Figuur 54). Voor de zekerheid zou de aannemer nog een luchtdichte coating willen aanbrengen ter hoogte van de verankeringen, de vloeraansluitingen en de voegen. Volgens de producent van de gevelementen zou de opvulling met flexibele PUR echter volstaan voor een goede luchtdichtheid.



Figuur 54 De voegen zijn bereikbaar om ze in-situ te dichten

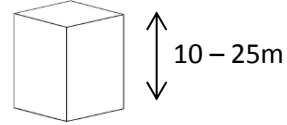
Het schrijnwerk wordt langs de buitenkant waterdicht aangesloten met een overlappende regenfolie die in-situ geplaatst werd door de raamleverancier (Figuur 47). De holte tussen het schrijnwerk en de dagkant in het prefab paneel wordt door de raamleverancier opgevuld met een flexibel polyurethaanschuim (Figuur 55). Daarna wordt er dampopen folie rondom het raamkader geplaatst en tegen de dampopen folie op het gevelement verkleefd. Ten slotte plaatst de producent van de gevelementen de gevelbekleding (dubbel latwerk en gevellatten) op de regenfolie.



Figuur 55 (a) Alu-prekader zit klaar voor de rest van het raamprofiel (b) De voeg tussen het raamprofiel en de dagkant wordt opgevuld met flexibel PUR-schuim door de leverancier van het schrijnwerk

Case 9: Houtskelet gevelement met schrijnwerk en akoestische veerregels (Machiels Building Solutions)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Ziekenhuissite: hinder tot minimum beperken → termijn van 12 maanden
Doelstelling	Flexibele en snelle bouwmethode om te anticiperen op toekomstige fusie ziekenhuis
Locatie	Centrum Mol, Heilig Hart Ziekenhuis
Schaal	Nieuwbouw met 5 bouwlagen
Geometrie	 10 – 25m
Wetgeving - locatie	

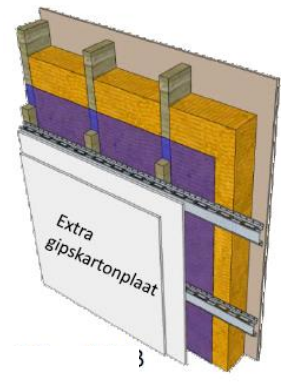
Gevel

Draagstructuur	Betonstructuur met dragende kolommen en stijve kern
Vlakheid	Vlakke gevel
Lay-out	Horizontaal
Toestand openingen	Ramen werden geïntegreerd om termijn van 3 weken voor de gevel te halen
Repetitiviteit	Alle gevels gelijk – vezelcementplaten met spouw 
Maatafwijking	Afwijking afstand vloerplaat-gevelement opvangen met strook rotswol
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Afzonderlijke verwarming per lokaal (standaard 21°C) Integratie in verhoogd plafond (ruimte 40 cm)
Systeem Ventilatie	Ventilatie met warmterecuperatie

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	Max. $U_{eq} = 0.236 \text{ W/m}^2\text{K}^*$ (h.o.h. 600mm, volle plaat zonder schrijnwerk) stijl- en regelwerk standaard 45 x 190 mm (minimum)
Aandachtspunten	Stijl en regelwerk (houtfractie), extra stijlwerk aan schrijnwerk
Isolatie	Rotswol (45 kg/m ³ , $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$)
Vlak dampscherm	Gewapende PE- folie aan de binnenkant
Vlak luchtdichtheid	Gewapende PE- folie aan de binnenkant
Vlak waterdichtheid	Tape op de binnenkant van de voegen, rotswol in de voeg Dampopen zwarte folie met overlapping
Verankeringen en verbindingen	Verankering aan de vloerplaat
Draagstructuur	Elementen zijn afzonderlijk verankerd
Gewicht	Geïntegreerd schrijnwerk
Stijfheid systeem	Vezelcementplaat 10 mm ($\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$) Indien hogere windbelasting of bevestiging gevel onafhankelijk van stijl- en regelwerk: 12 mm- 16 mm 18 mm
Brandreactie	Dubbele gipskartonplaat en rotswol in het gevelement en tussen vloer en paneel Houtvezelcementplaat (Duripanel) : B,s1-do
Akoestische maatregel	Veerregels aan de binnenkant waarop de gipskartonplaat bevestigd wordt (massa-veer + ont koppeling) Zie ook WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	Verdiepingshoog (3.5 m)
Richting	Horizontaal
Dikte	190 x 45 mm stijl en regelwerk (berekening U-waarde)
Schaal	1 ziekenhuisgebouw van 5 bouwlagen
Schildeel	Gevel
Integratie HVAC	Neen
Integratie ramen?	Ja
Integratie gevel	Neen, dampopen folie verbinden voor waterdichtheid langs buiten Verticale belatting in-situ te plaatsen
Uitbreiding?	Nieuwbouw
Installatie werf	BIM model voor hele nieuwbouw – noodzaak omdat de technische installaties in een plafondhoogte van 40 cm moesten geplaatst worden
Werken binnen?	Luchtdicht aftapen en plaat in gipskarton als binnenafwerking
Bron	(Scheurs, 2016) (Machiels Building Solutions, 2016) (Dillen Bouwteam, 2016)

* Berekening in Trisco, Paneel van 3 op 6 m, schrijnwerk buiten beschouwing gelaten

TOELICHTING

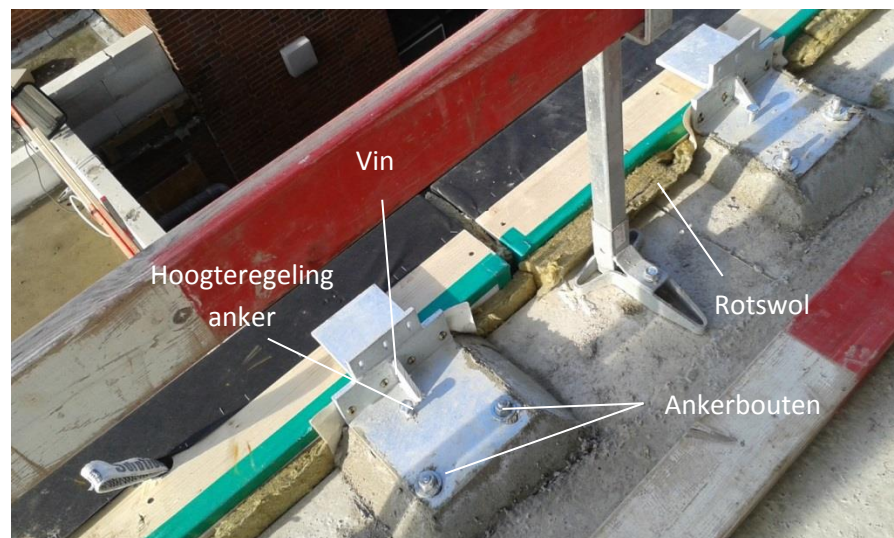
KEUZE PREFABCONCEPT

Het Heilig Hart Ziekenhuis in Mol stelde een timing van 12 maanden voorop om de volledige nieuwbouw op te trekken. Dit had als bedoeling om de hinder op de site tot een aanvaardbare termijn van 1 jaar te brengen. Daarnaast nam het aandeel technieken in het ziekenhuis een grote hap in van de tijdbesteding, waardoor de gebouwschil op een korte periode moest opgetrokken worden.

Door de keuze voor een prefab-houtskeletelement met geïntegreerde ramen werd de uitvoeringstermijn voor het wind- en waterdicht krijgen van de schil beperkt tot 3 weken.

ONTMOETINGSLAAG PREFAB-BESTAANDE STRUCTUUR

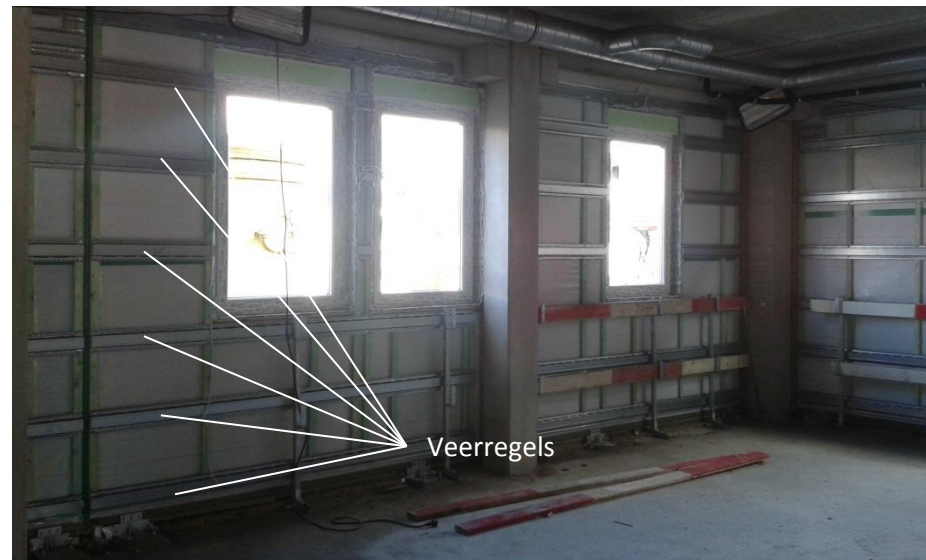
Tussen de vloerplaten en de houtskeletpanelen werd een laag rotswol geplaatst (Figuur 56). Deze stroken dienden voornamelijk als brandstop tussen de bouwlagen maar ook als akoestische barrière. Er zitten ook stroken rotswol tussen de betonkolommen en de houten gevelpanelen om een akoestische onderbreking te creëren.



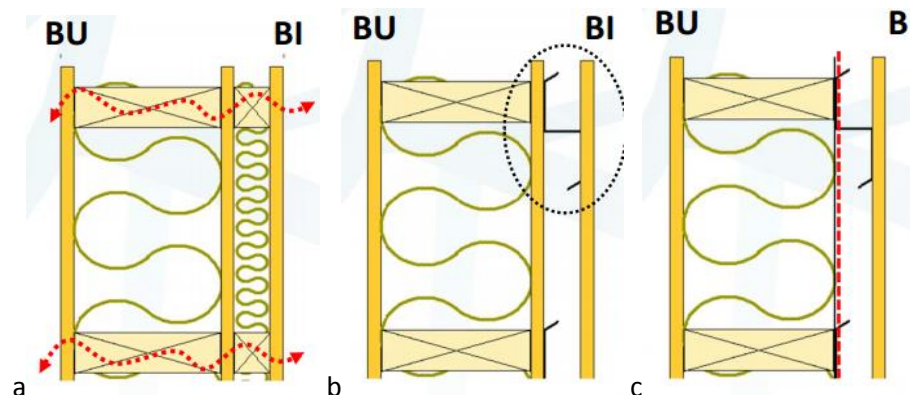
Figuur 56 Verankerung met stelschroeven en rotswolstrook tussen de vloerplaat en het paneel

LAGENOPBOUW

Aan de binnenkant van het houtskeletelement is een dampdichte gewapende PE folie voorzien (Figuur 57). Daarop werden veerregels aangebracht tijdens de prefabricatie. In-situ werd nog een gipskartonplaat geplaatst op de veerregels om een hogere geluidsisolatie te bereiken. Op die manier wordt een massa-veer-massa systeem gecreëerd, met het gevelement en de gipskarton binnenplaat als massa en de veerregels als veer. Er werd voor veerregels gekozen omdat rechtstreekse geluidsoverdracht op die manier vermeden wordt (Figuur 58). Met deze opbouw halen de houten gevelementen gemakkelijk een geluidsisolatie van 50 dB (rW + Cr) en meer (Ingelaere B., 2015).



Figuur 57 Binnenkant van het houtskelet-paneel, met PE-folie (wit) als dampscherm en veerregels prefab aangebracht



Figuur 58 (a) $R_{ats} = 39$ dB (b) $R_{ats} = 43$ dB (c) $R_{ats} = 54$ Db (deze laatste oplossing is hier toegepast) (Wuyts, 2017)

Normaliter wordt de binnenaafwerking (rotswol en gipskarton) niet prefab voorzien, omdat dit traditioneel gezien pas na de vloerwerken wordt geplaatst. Afhankelijk van de aanpak van de aannemer, valt de binnenaafwerking van de panelen onder de gevelbekleding of wordt deze pas geplaatst als de vloer gelegd is.

Als stijve buitenplaat voorziet MBS standaard een vezelcementplaat van 10 mm dikte. Als er echter hoge windbelasting voorkomt (bij hoge gebouwen) wordt uitzonderlijk een plaat van 12mm voorzien. Als de gevelbekleding rechtstreeks op de vezelplaat bevestigd wordt, worden diktes van 16mm of 18 mm voorgesteld.

STABILITEIT

De gevelpanelen zijn onafhankelijk van elkaar verankerd aan de vloerplaat, omwille van de brandveiligheid. De ankers zijn uitgerust met een regelschroef om de hoogte in te stellen. De houten gevelementen zijn aan de bovenkant bevestigd aan de ankers met een schroefverbinding, aan de onderkant dragen ze af op de verankerung. Om het moment op het anker te kunnen opvangen, is een verstijvende vin aangebracht in het anker (Figuur 56).

AANSLUITINGEN ANDERE ONDERDELEN GEBOUW

De onderste gevelpanelen werden geplaatst op een houten stelregel, ondersteund door cellenbeton-metselwerk. De houten stelregel was horizontaal uitgelijnd, zodat de plaatsing van de panelen vlot verliep (Figuur 59).



Figuur 59 Stelregel in hout met beton-metselwerk tegen de kolommen.

LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

De horizontale en verticale voegen tussen de houtskeletpanelen werden aan de binnenkant afgetapet. De holte tussen de voegen (± 2 a 3 cm) werd opgevuld met rotswol. Om ter hoogte van de verankering een solide dichting te voorzien, werd de tape daar op voorhand aangebracht (Figuur 60). Na de plaatsing van het bovenste paneel wordt nog een stuk tape over het anker gekleefd om luchtlekken rondom de verankering te vermijden. Bij het ontwerp van de panelen werd erop gelet dat de voegen zo veel mogelijk bereikbaar bleven om de tape optimaal te kleven.



Figuur 60 Tape achter de ankers

Voor de waterdichting werden de panelen uitgerust met dampopen zwarte folie aan de buitenkant. De kleur werd gekozen omdat de folie deels zichtbaar blijft na plaatsing van de geventileerde gevel. Per paneel zit de dampopen

folie naar binnen geplooid (Figuur 61) maar deze voeg werd later met een tape afgedicht.



Figuur 61 Voeg tussen twee panelen met de dampopen folie naar binnen geplooid


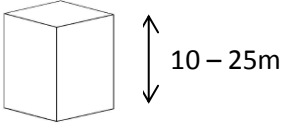
Aan de hoeken werd met een overlap gewerkt (Figuur 62b). Ook de latjes om in latere fase de gevelbekleding (cementplaten) aan te bevestigen werden prefab voorzien. De voegen werden in een latere fase met overlappende folie gedicht. De raamaansluiting (Figuur 62) werd met een tape afgedicht omdat deze veel gemakkelijker hecht op de dampopen folie dan een EPDM-slab.





Figuur 62 Buitenkant HSB-panelen met dampopen folie en geïntegreerde ramen. De horizontale latten zijn afgeschuind om waterstagnatie te vermijden

Case 10: Metalen sandwichpaneel met PIR (Gijbels)

Gebouw-aspect

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Nieuwbouw
Doelstelling	Polyvalente bedrijfsruimtes en opslagplaatsen Mogelijkheid om van functie (opslag, kantoor of showroom) te veranderen
Locatie	Afrit 16 aan de E17 Gent - Antwerpen
Schaal	
Geometrie	
Wetgeving - locatie	


Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	Nieuwbouw
Lay-out	Verticaal
Toestand openingen	Nieuwbouw
Repetitiviteit	
Maatafwijking	Nieuwbouw
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	Nieuwbouw
Voegen bestaand gebouw	Nieuwbouw

Technieken

Gebruik Technieken	Kantoorruimtes
Systeem Ventilatie	D

Prefab-aspect

	
Thermische prestatie	$U_{100mm} = 0.24 \text{ W/m}^2$
Aandachtspunten	Tand- en groef voeg met verborgen verbinding
Isolatie	PUR of PIR
Vlak dampscherm	Binnenoppervlak en zwelband in de tand-en-groef voeg
Vlak luchtdichtheid	Buitenvlak, verborgen verbinding, zwelband in de voeg en driuplijs onderaan
Vlak waterdichtheid	Buitenvlak, verborgen verbinding, zwelband in de voeg en driuplijs onderaan
Verankeringen en verbindingen	Verborgen verbinding met staalschroef bovenaan en onderaan paneel
Draagstructuur	Zelfdragend op substructuur
Gewicht	
Stijfheid systeem	Verzinkte staalplaat binnen- en buitenblad
Brandreactie	Ds3d0 (PUR), Bs2d0 (PIR)
Akoestische maatregel	Suggesties voor hoge akoestische prestaties van lichte wanden WTCB Contact 37 (2013/1) en WTCB Contact 46 (2015/2)
Oppervlakte paneel	Min lengte 2.5m, Max 13m Breedte: 1 m
Richting	n.v.t.
Dikte	100 mm
Schaal	Industriële gebouwen
Schildeel	Gevel en dak (andere variant op geometrie paneel)
Integratie HVAC	Neen
Integratie ramen?	Neen
Uitbreiding?	Ja
Installatie werf	Mobiele kraan, hoogwerker
Werken binnen?	Neen
Bron	(Jorside, 2015)

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

Vastgoedontwikkelaar Futurn trekt een gebouw op dat bestaat uit 23 units die alle uiteenlopende functies die een bedrijf of KMO nodig heeft, kan huisvesten. De constructie moest dus ruimte bieden voor kantoren, showrooms, opslagruimtes, vergaderruimtes, enz. die verhuurd kunnen worden aan bedrijven. Op het moment van de bouwphase waren niet alle units verhuurd of verkocht, waardoor het niet zeker was in welke unit er uiteindelijk kantoorunits (met schrijnwerk) of opslagplaatsen (opake delen) gingen komen. Er werd gekozen voor een staalstructuur met SIP's in een stalen bekleding, die gemakkelijk te demonteren zijn indien er wijzigingen aan de functie komen.



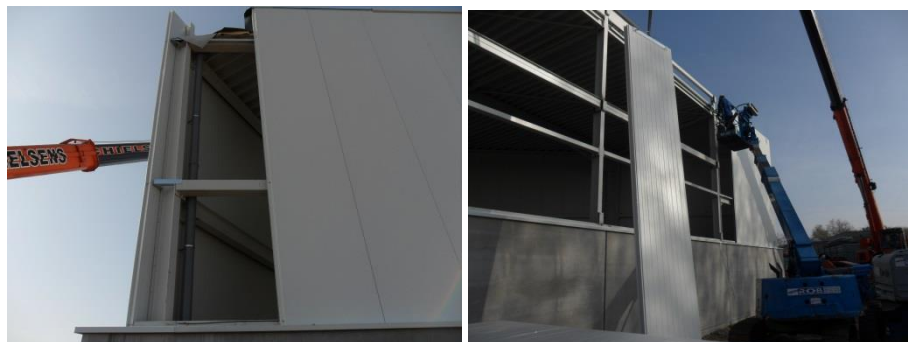
Figuur 63 Staal skelet met betonnen SIP's (Futurn, 2017)

LAGENOPBOUW

Het SIP-paneel bestaat uit (van buiten naar binnen) uit:

- Stalen buitenplaat van 0.6 mm dikte
- Polyurethaan isolatie (Ds3d0) van 100 mm
- Stalen binnenplaat met een witte interieurcoating

De panelen werden verticaal geplaatst en overspanden zo twee bouwlagen (Figuur 64). Het gelijkvloers werd geïsoleerd met beton SIPs. Ieder paneel is 1m breed. Op de sandwichpanelen komt nog een lamellenstructuur, zodat de gevel visueel één geheel blijft. Daarom zijn hier en daar stukken uit de SIP's gezaagd waarin een kunststofplaatje geplaatst werd (Figuur 65).



Figuur 64 Verticale panelen die ongeveer 2 bouwlagen hoog zijn



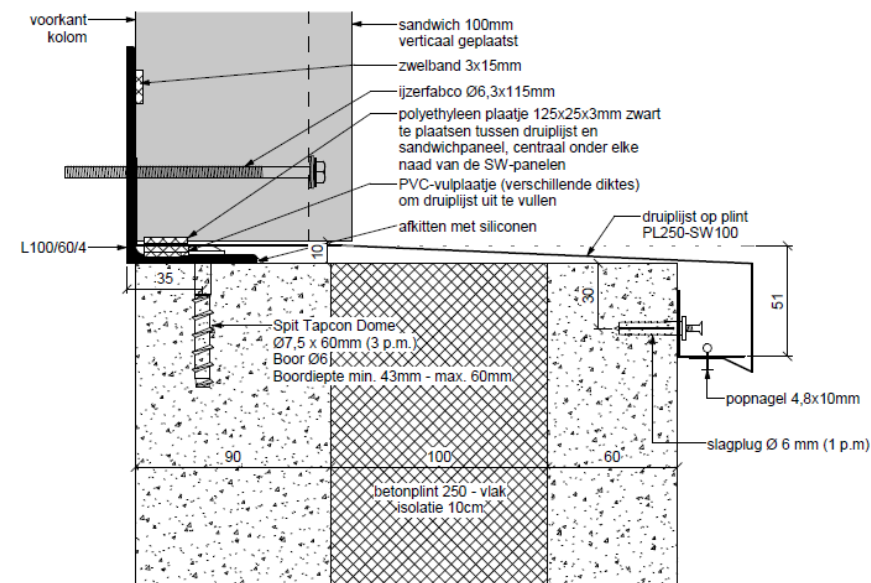
Figuur 65 Kunststofplaat voor verankering lamellen gevel

AANSLUITINGEN AAN HET STAALSKELET

De SIPs worden in de voeg tegen het staalskelet geschroefd (Figuur 66). Op die manier zit er elke meter een schroefverbinding. Onderaan worden de panelen bevestigd tegen een L-profiel, dat verankerd zit in de bovenkant van de beton SIP's (Figuur 66, Figuur 55). Omdat er nog kans is op waterinfiltratie in de voeg, is onderaan een druiplijst voorzien (Figuur 61).



Figuur 66 Schroefverbinding in de voeg (verborgen verbinding)



Figuur 67 Detailtekening van de aansluiting onderaan, met druiplijst voor geïnfiltreerd water

AANSLUITING EN BRANDVEILIGHEID

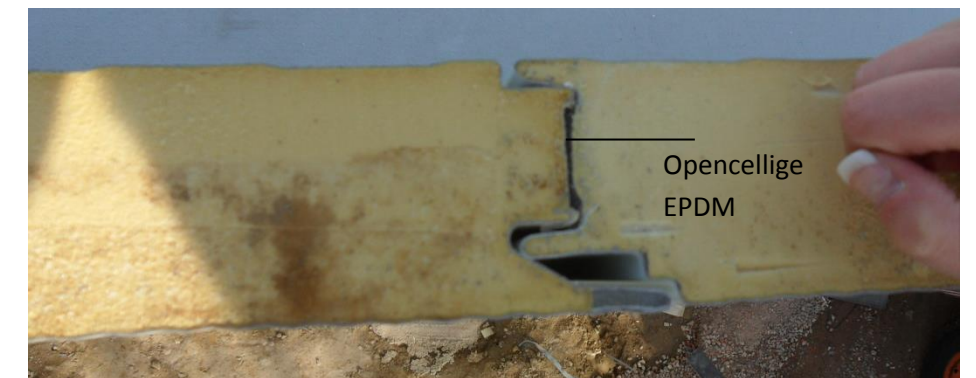
Om de stabiliteit te garanderen tijdens een brand, zijn er extra brandmuren in beton voorzien die over de hele hoogte van het gebouw doorlopen (Figuur 68a). Om de SIP's te bevestigen aan het betonpaneel, zijn omegaprofielen voorzien (Figuur 68b).



Figuur 68 (a) Doorlopende betonsip als brandmuur (b) Omegaprofiel aan de buitenkant van de betonsip om de sandwichpanelen aan te bevestigen

LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

De SIP's worden verbonden met een tand-en-groef systeem, waarin opencellige EPDM tussen geklemd is (Figuur 69).




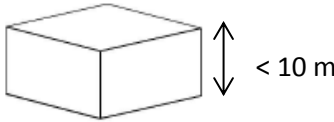
Figuur 69 Tand-en-groef verbinding tussen twee panelen met opencellige EPDM die samengedruwd wordt

Dit tand-en-groef systeem met EPDM-strook werd vergeleken met een tand-en-groef systeem met PU-dichtingsband in Testcentrum voor Gevelelementen. Uit de testen bleek dat er nog een extra dichting nodig is (bv. met tape) om de voeg 100% luchtdicht te krijgen. Daarnaast is er ook kans op waterinfiltratie in de voeg, waardoor onderaan de tand- en-groefverbinding een opening moet voorzien zijn om geïnfiltreerd water te laten wegvloeien.



Lees er meer over in het PRO³-Onderzoeksrapport 'Lucht- en waterdichtheid van prefab elementen'.

Case 11: SIP's in architectonisch beton en PIR (Loveld)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	
Doelstelling	Bouw van een duurzaam tramdepot (TramStore21)
Locatie	Ukkel, groot bouwterrein (plaats voor stockage en kanteling elementen)
Schaal	 <p>Hal vooraan met SIP's in architectonisch beton</p>
Geometrie	 <p>< 10 m</p>
Wetgeving - locatie	Nieuwbouw


Gevel

Draagstructuur	 <p>Dragende structuur met prefab kolommen en balken</p>
Vlakheid	Vlakke gevel
Lay-out	Verticaal
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	 <p>Zuidkant bestaat uit SIP's in architectonisch beton met een gordijngewel tussen de panelen</p> <p>Over de hoogte: gelijk materiaal</p>
Maatafwijking	Enkele cm's, op te vangen met kitvoeg (buitenkant) en opgrouting (binnenkant)
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet gekend
Systeem Ventilatie	Niet gekend

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	0.22 W/m ² K *
Aandachtspunten	Verankering in RVS tussen bladen
Isolatie	9 cm PIR ($\lambda = 0.022$ W/mK)
Vlak dampscherm	Binnenblad (18 cm gewapend beton) en opvulling voeg met cementspecie
Vlak luchtdichtheid	Binnenblad (18 cm gewapend beton) en opvulling voeg met cementspecie Voeg tussen SIP en vloerplaat met PUR
Vlak waterdichtheid	Buitenblad (9 cm architectonisch rood beton) en elastische kitvoeg op een rugvulling
Verankeringen en verbindingen	Onderlinge verbinding via draaiwapening
Draagstructuur	Prefab betonkolommen en ter plaatst gestorte liggers
Gewicht	574 kg/m ² *
Stijfheid systeem	Betonbladen en RVS-verankering tussen de bladen
Brandreactie	A1
Akoestische maatregel	
Oppervlakte paneel	Hoogte: 7.7 m op stroken van 1, 2 of 3 m
Richting	Verticaal (Horizontale levering, kanteling via hijsogen aan de korte zijkant)
Dikte	36 cm
Schaal	Depot voor tramstellen, 1 grote hal
Schildeel	Gevel
Integratie HVAC	Neen
Integratie ramen?	Neen
Uitbreiding?	n.v.t.
Installatie werf	Kraan om de panelen te kantelen en te plaatsen
Werken binnen?	Opgrouten binnenkant voor luchtdichtheid voeg
Bron	(Febelarch, 2010)

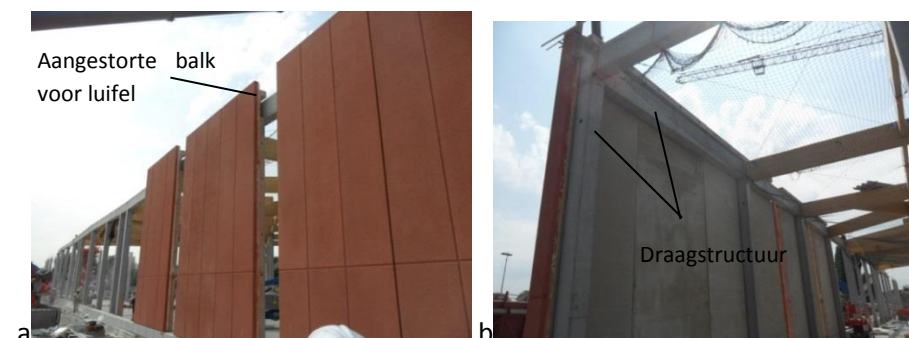
* Handmatig berekend, zonder invloed RVS ankers

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

De MIVB wil met de bouw van de tramstelplaats Marconi een voorbeeld stellen op vlak van duurzame ontwikkeling. Een van de manieren om dit te concretiseren is door het gebruik van onderhoudsarme bouwmaterialen, zoals SIP's in architectonisch beton voor de gevelbekleding.

Helaas werden de betonnen SIP-elementen behandeld als een in-situ gevelbekleding, waardoor het volle potentieel van het prefab element niet benut werd. De grote oorzaak hiervan is dat het gebouwontwerp op een in-situ manier uitgedacht werd, waardoor prefab elementen ook op een in-situ manier geplaatst werden. Zo werden de betonsandwichpanelen tegen de kolommen en liggers gemonteerd (Figuur 70), terwijl een dikker binnenspouwblad van de betonelementen (+ 3 cm) het gebruik van kolommen eenvoudigweg had kunnen vermijden. Hierdoor had de bouwkraan op een veel efficiëntere manier en in een kortere periode gebruikt kunnen worden.



Figuur 70 (a) Zaken die prefab voorzien konden worden op het paneel, werden in-situ aangebracht (b) Draagstructuur werd apart geplaatst

ONTMOETINGSLAAG PREFAB-BESTAANDE STRUCTUUR

Er is geen rotswolstrook tussen het prefab element en de draagstructuur aangebracht omdat hier geen specifieke brandeisen gelden. Het gebouw bestaat uit één grote ruimte waar een tramdepot zal ingericht worden. Voor dergelijke ruimtes zijn dan uiteraard geen maatregelen nodig om brandoverslag naar andere ruimtes te vermijden.

LAGENOPBOUW

Het betonpaneel bestaat van buiten naar binnen uit:

- 9 cm Architectonisch beton in een rode tint
- 9 cm PIR-isolatie
- 18 cm gewapend beton (zonder binnenafwerking)

Indien het binnenblad 21 cm dik was uitgevoerd i.p.v. 18 cm, waren de prefab kolommen op Figuur 70 overbodig geweest. De leverancier gaf aan dat het binnenblad van de betonelementen momenteel te dun is. Indien het paneel verkeerd gestockeerd wordt op de werf (bv. plat gelegd zoals op Figuur 71a) kan het paneel hol of bol komen te staan. Dit risico is groter bij vers gestorte betonsandwichpanelen.

Als verankering tussen het buiten- en binnenblad werden RVS spelden gebruikt, die de isolatielaag doorboren (Figuur 71b). In een ander project van de producent (Loveld) werd een passiefgebouw opgetrokken met beton SIP's met 24 cm PIR. Bij de EPB-berekening wordt de invloed van RVS-ankers ingecalculerd via de equivalente warmtedoorgangscoefficiënt (U_{eq}). Dit, en de hoge prijs, is één van de redenen waarom ankers met een thermische onderbreking minder toegepast worden. Aan de zijkant van de panelen waren hijsogen voorzien om de panelen te kantelen (Figuur 72).



Figuur 71 (a) Opbouw gevelpaneel (b) Typedoorsnede aan RVS-anker tussen binnen en buitenspouwblad



Figuur 72 Hijsogen aan de korte kant van het betonpaneel

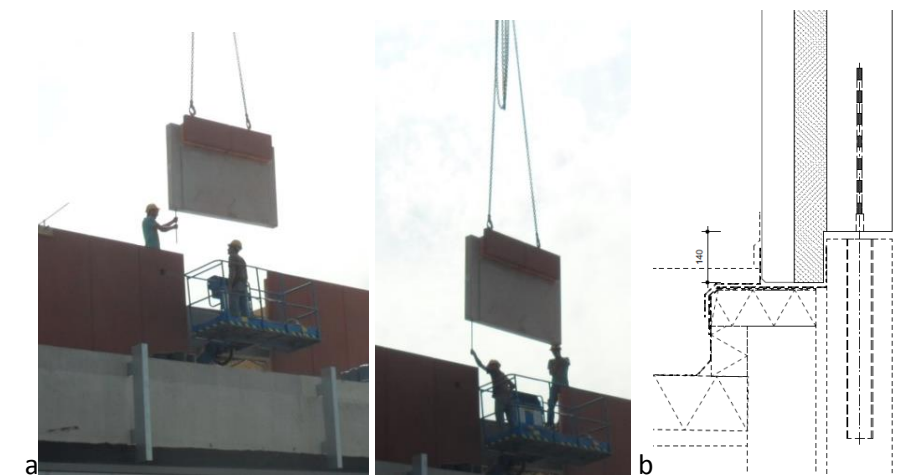
HVAC-CONCEPT

Er werd geen HVAC-apparatuur of leidingen geïntegreerd in de betonpanelen. Volgens de hoofdaannemer is dit praktisch onmogelijk, omdat op het moment van de uitvoering van de ruwbouw meestal nog geen beslissing genomen is over de locatie van toevoer- en afvoerleidingen.

Toch zou de integratie van HVAC in de toekomst gemakkelijker moeten zijn. Het gebruik van BIM is in opmars en indien voldoende speling voorzien wordt (± 2.5 cm) zou de integratie van elektrische leidingen mogelijk moeten zijn. In het Verenigd Koninkrijk is dit bv. wel al mogelijk, omdat ontwerpers door het BREEAM-eisenpakket al vroeg in de ontwerpfase verplicht zijn om na te denken over de locatie van HVAC, onderhoud van de gevel en de duurzame afbraak of aanpassingen van het gebouw.

STABILITEIT

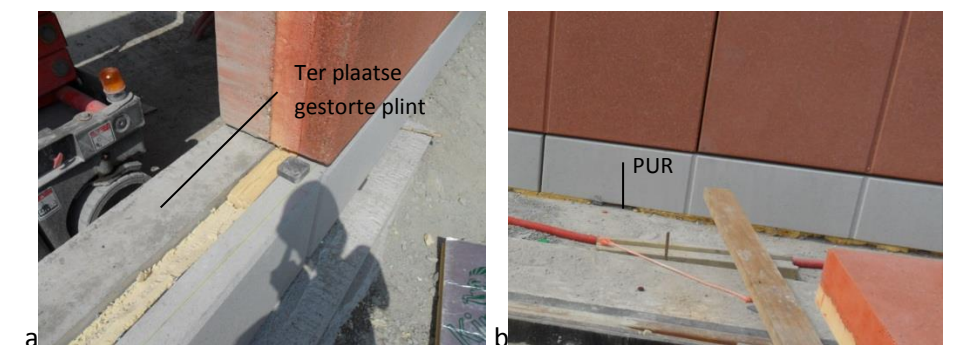
De panelen zijn onderling bevestigd met een draaiwapening. Daarbij worden wapeningsstaven aan de onderkant van het paneel ingedraaid vlak voor de plaatsing. Dit zorgt ervoor dat de plaatsing vlot verloopt (Figuur 73).



Figuur 73 (a) Gebruik van draaiwapening (b) Principe van draaiwapening. Het paneel met wapeningsstaven onderaan wordt op het onderliggende paneel geplaatst (in stippellijn)

AANSLUITINGEN ANDERE ONDERDELEN GEBOUW

Doordat het prefab betonpaneel aansluit op in-situ uitgevoerde onderdelen, zijn de toleranties onnodig groot. Zo is de plint onder de sandwichpanelen ter plaatse gestort (Figuur 74a). De voeg tussen de plint en de sandwichpanelen werd opgevuld met polyurethaan (PUR) (Figuur 74b). Er zijn echter ook delen van de gevel uitgevoerd met een gordijngewelstructuur. Het oneffen oppervlak van de in-situ gestorte plint zal daar grotere toleranties vergen van de gordijngewel. Aan de zijkant van de betonsandwichelementen zelf is ook geen voorziening aangebracht om de gordijngewels gemakkelijker te plaatsen. Dit had volgens de leverancier van de betonpanelen ook perfect prefab voorzien kunnen worden.



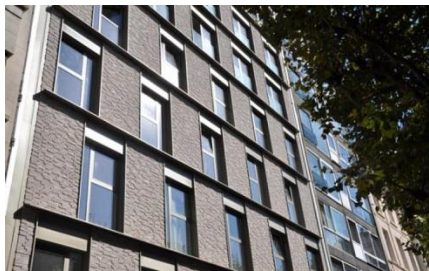
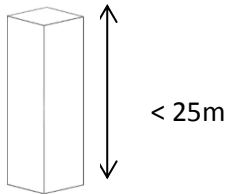
Figuur 74 (a) in-situ gestorte betonplint met oneffenheden (b) PU-dichting tussen prefab-betonplint en vloerplaat

LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

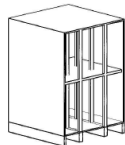
Om de voeg tussen de panelen lucht- en waterdicht te krijgen, wordt een eentrapsdichting met een elastische kitvoeg met rugvulling voorzien aan de buitenkant. Aan de binnenkant wordt de verticale voeg gecementeerd bij de afwerking. Om dit optimaal te doen werd de voeg zoveel mogelijk bereikbaar gelaten. Zo zit de voeg van de panelen bv. net naast een kolom (Figuur 70b). Horizontale voegen zijn er niet aan de binnenkant omdat het binnenblad over de hele hoogte doorloopt. De voeg tussen het sandwichpaneel en de vloerplaat wordt opgevuld met PUR en later met een flexibele kitvoeg afgewerkt.

Case 12: Houtskelet gevelement met schrijnwerk en steenstrips (Machiels Building Solutions)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	Binnen één academiejaar gebruiksklaar maken
Doelstelling	Studentenwoningen en -studio's
Locatie	Centrum Antwerpen (Franklin Rooseveltplein)
Schaal	
Geometrie	
Wetgeving - locatie	Geen rooilijnoverschrijding, beperking hinder plein (veel bushaltes)

Gevel

Draagstructuur	
Vlakheid	n.v.t.
Lay-out	Horizontaal
Toestand openingen	n.v.t.
Repetitiviteit	37 studentenstudio's
Maatafwijking	n.v.t.
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	n.v.t.
Voegen bestaand gebouw	n.v.t.

Technieken

Gebruik Technieken	Niet bekend
Systeem Ventilatie	Niet bekend

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	Max. $U_{eq} = 0.236 \text{ W/m}^2\text{K}^*$ (h.o.h. 600mm, volle plaat zonder schrijnwerk) stijl- en regelwerk standaard 45 x 190 mm (minimum)
Aandachtspunten	Stijl en regelwerk (houtfractie), extra stijlwerk aan schrijnwerk
Isolatie	Rotswol (45 kg/m ³) ($\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$)
Vlak dampscherm	Gewapende PE- folie aan de binnenkant
Vlak luchtdichtheid	Gewapende PE- folie aan de binnenkant
Vlak waterdichtheid	Tape op de binnenkant van de voegen, rotswol in de voeg Dichtingsband achter geventileerde gevel
Verankeringen en verbindingen	Verankering op de betonnen draagvloer
Draagstructuur	Houten zelfdragend gevelement tegen betonnen draagvloer en stijve kern
Gewicht	Max 2.5 ton per element (met schrijnwerk)
Stijfheid systeem	Houten stijl en regelwerk Uitstijvende buitenplaat in houtvezelcement ($\lambda = 0.35 \text{ W/mK}$)
Brandreactie	Rotswol in het gevelement en tussen gevelement en vloerplaat
Akoestische maatregel	Glaswol tussen kolom en paneel Zie WTCB Contact 2013/1 voor suggesties detailopbouw
Oppervlakte paneel	Verdiepingshoog
Richting	Horizontaal
Dikte	190mm dikte (stijl en regelwerk)
Schaal	Studentenresidentie met 37 units
Schildeel	Gevel
Integratie HVAC	Nee
Integratie ramen?	Ja, behalve op het gelijkvloers (hoger beschadigingsrisico) Integratie met aluminium dagkantsysteem
Uitbreiding?	Nieuwbouw
Installatie werf	Kraan en beperkte opslagruimte op openbare weg
Werken binnen?	Binnenoppervlak in-situ afwerken
Bron	(Van Den Bosch, Panelen Machiels Building Solutions met steenstrips bepalen uitzicht Roosevelt Square, 2016) (URSUS, 2016) (Urbicoon Urban Living, 2017)

* Berekening in Trisco, Paneel van 3 op 6 m, schrijnwerk buiten beschouwing gelaten

TOELICHTING

KEUZE PREFABCONCEPT

De studentenresidentie is gelokaliseerd in het centrum van Antwerpen, op een druk plein met bushaltes. De hinder voor de omwonenden en de gebruikers van het plein moest dus beperkt blijven. De bouwheer maakte van in het begin de keuze om prefab elementen te gebruiken. Naast de hinderbeperking, waren de hogere uitvoeringskwaliteit en de hogere thermische prestaties door het gebruik van houtskelet een doorslaggevende factor. Bovendien kunnen de prefab elementen gemakkelijk gedemonteerd worden, waardoor het gebouw in de toekomst snel van functie kan veranderen. Dit laatste aspect maakt het gebouw extra interessant voor toekomstige investeerders.

Door vanaf het prille begin aan een prefab-uitvoering te denken, kon het volle potentieel uit het HSB-gevelement gehaald worden.



Figuur 75 (a) Beeld van de site (b) Eindresultaat (Urbicoon Urban Living, 2017)

LAGENOPBOUW

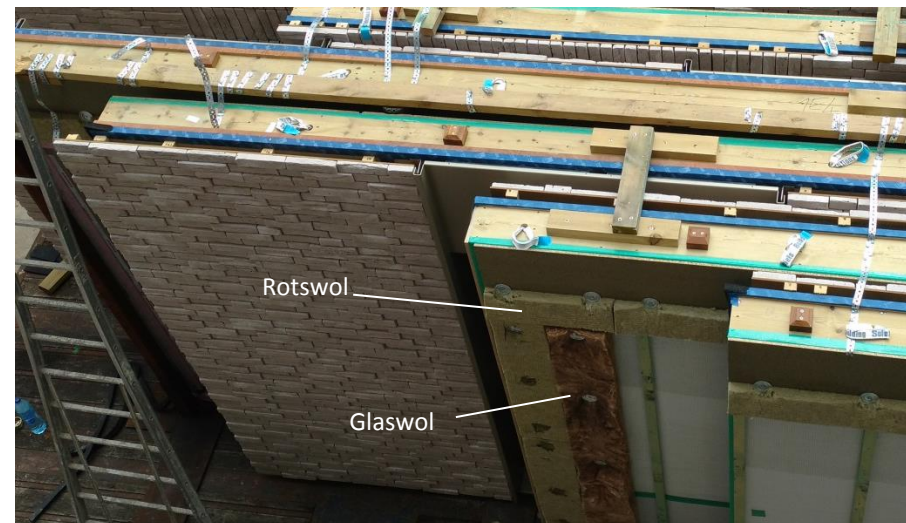
De houten gevelementen zijn als volgt opgebouwd (van binnen naar buiten) (Colson, 2016):

- Houten regelwerk (verduurzaamd grenen hout) voor de leidingspouw (45 mm)
- Dampdichte folie aan de binnenkant (wit)
- Rotswol 45 kg/m³ en houten stijl en regelwerk (45 x 190mm)
- Houtvezelcementplaat (16 mm)
- Geventileerde spouw met houten regelwerk
- Steenstrips (verkleefd op het plaatmateriaal)
- Geïntegreerd aluminium schrijnwerk (*behalve panelen op het gelijkvloers, achteraan) met prefab aluminium dagkanten

Als binnenafwerking wordt doorgaans een gipskartonplaat voorzien door de onderaannemer die instaat voor de binnenafwerking (vloer, gipswerk en beplating).

Het maximum gewicht per paneel werd beperkt tot 2.5 ton. Daarbovenop werd in zeer denses gebied gebouwd, waar weinig manoeuvreerruimte is voor de kraan (Figuur 75). Achteraan het gebouw, op het gelijkvloers, is er slechts 1.5 m afstand tussen de nieuwbouw en het nabijgelegen gebouw van twee bouwlagen (Figuur 77). Bijgevolg gebeurde de plaatsing van de 50

gevelementen aan 6 à 7 panelen/dag. Bekijk de plaatsing van de panelen via <https://www.youtube.com/watch?v=fAxqgm5k8HA>.



Figuur 76 Houten prefab elementen met gevelafwerking



Figuur 77 (a) Paneel met schrijnwerk (b) beperkte ruimte achteraan om panelen te manoeuvreren

De zones waar een regenwaterafvoerpijp komt en een aluminium gevelafwerking, werden eveneens niet prefab voorzien (Figuur 78). De gevelementen die tegen deze zones kwamen, werden prefab voorzien van een stuk EPDM folie. Dit wordt ook standaard voorzien op de onderste gevelementen (Figuur 80), om een waterdichte aansluiting met de fundering te maken.



Figuur 78 Uitsparingen voor de regenwaterafvoerbuïs en de aluminium bekleding

AANSLUITING OP DE DRAAGVLOER

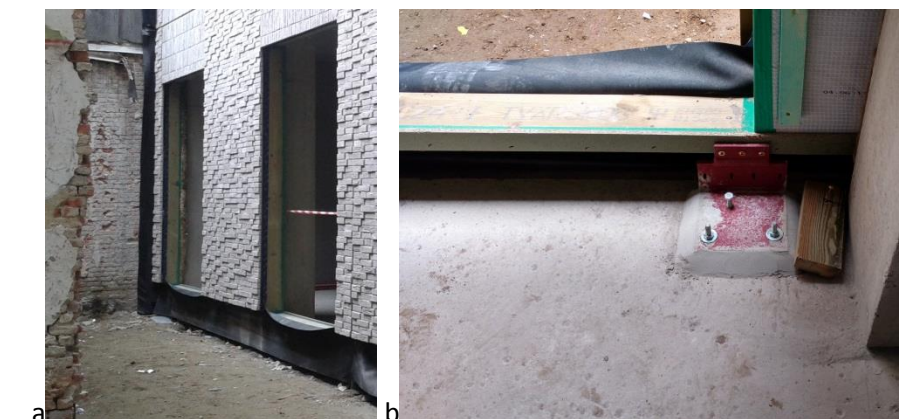
Net zoals in case 8, moet interne brandoverslag tussen het houten gevelement en de betonnen draagvloer vermeden worden. Daarbovenop bestaat dit gebouw uit 37 studentenstudio's, waartussen ook een akoestische

scheiding moet geplaatst worden. Daartoe is in-situ tussen de houten elementen en de dragende vloer een extra strook rotswol geplaatst bovenop de prefab geplaatst. Ter hoogte van de kolommen zit een strook glaswol. De horizontale strook rotswol verhindert inwendige brandoverslag, de verticale strook rotswol dient om een akoestische onderbreking te creëren tussen de studio's. Rotswol heeft op akoestisch vlak dezelfde prestaties als glaswol, maar is iets duurder in prijs. Daarom werd de rotswol enkel geplaatst waar dat nodig was om een brandstop te creëren (Figuur 76).



Figuur 79 Rotswol en glaswol bij de aansluiting tussen de houten gevelementen en de betonnen draagstructuur

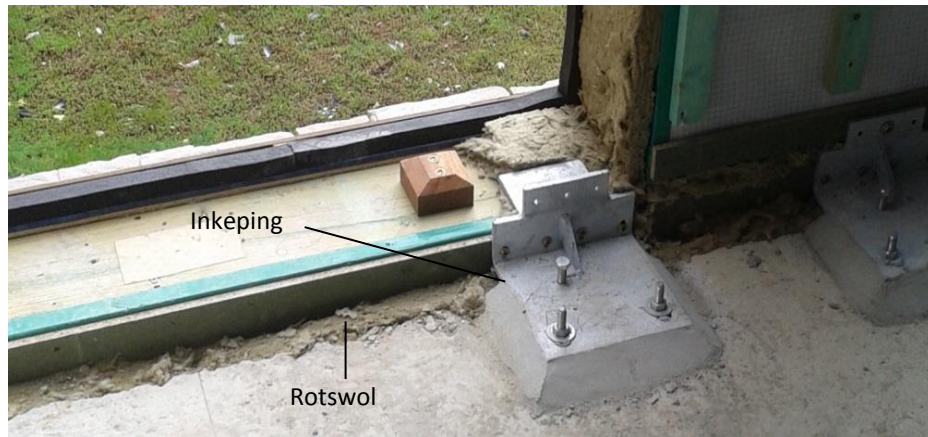
De gevelementen op het gelijkvloers zijn eveneens bevestigd met metalen ankers (Figuur 80).



Figuur 80 (a) EPDM folie onderaan de panelen op het gelijkvloers (b) de folie zit onder de stelregel

Om de thermische brug in de voegen te beperken –en ook om de ankers R60 te beschermen- werd rotswol in de voegen aangebracht (Figuur 81). Deze brandweerstand is verplicht voor alle gebouwhoogtes (Eeckhout & Martin, 2015).

Om een correcte tussenafstand te garanderen tussen het paneel en het vloerplaat, is in het betonanker een inkeping aangebracht (Figuur 81). Vanaf deze inkeping bedraagt de theoretische afstand tot het binnenoppervlak van het houten paneel exact 40 mm. De landmeter duidt de as waarop de ankers moeten komen aan, waarna de gevelbouwer de ankers positioneert op basis van die meting (Figuur 82). Op de draagvloer zelf zijn ook markeringen aangebracht die aanduiden welke punten op 500 mm liggen van het binnenoppervlak van het paneel.



Figuur 81 Verankering van het element met rotswol rondom om het anker EI60 te beschermen



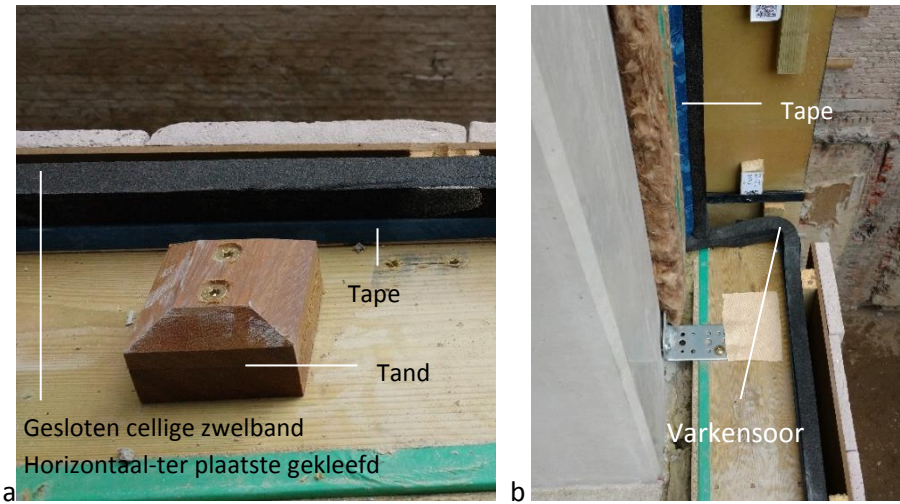
Figuur 82 Van de oranje markering tot het binnenoppervlak van het gevelement bedraagt de afstand exact 500 mm (Colson, 2016)

LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

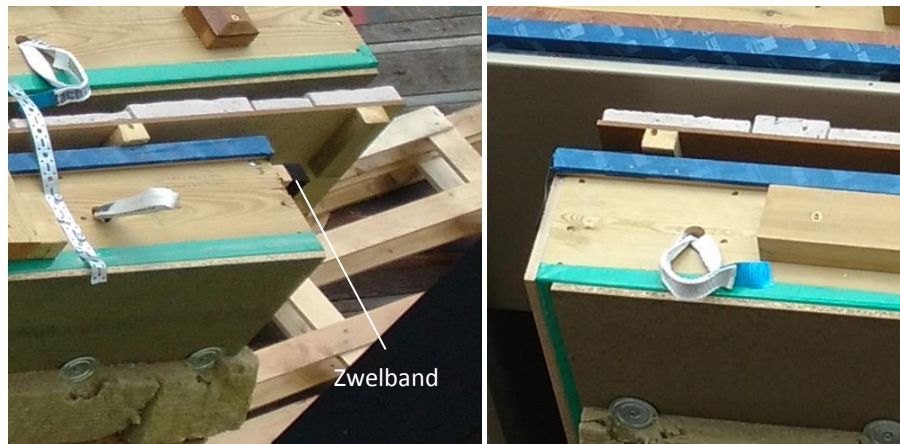
Voor de lucht- en waterdichtheid werd gebruik gemaakt van een geslotencellige dichtingsband. In de panelen werd een tand voorzien om het gevelement te begeleiden bij het plaatsen en zo te vermijden dat de dichtingsband schuin getrokken wordt tijdens de plaatsing. Daarnaast is aan beide kanten van de dichtingsband een tape aangebracht. Deze zorgt ervoor dat het houtoppervlak geëffend wordt waardoor er geen holtes in de dichtingsband ontstaan door uitstekende splinters of putten in het hout (Figuur 83).

De dichtingsband in de verticale voegen werden prefab voorzien, de dichtingsbanden in de horizontale voegen werden ter plaatste gekleefd. Aan de hoeken van de panelen werd een extra dichtingsband voorzien om dit kritiek punt waterdicht te krijgen (Figuur 83).

De voeg wordt afgeschermd van rechtstreekse regenival door de steenstrips, die de voeg van het houten gevelementen overlappen. Ook bij de horizontale voegen zit de dichtingsband volledig achter de steenstrips (Figuur 84).



Figuur 83 (a) Tand en geslotencellige EPDM, horizontale voeg (b) Hoekaansluiting met varkensoor in dichtingsband



Figuur 84 De dichtingsband in de voeg is beschermd door de steenstrip

Het gebruik van dichtingsbanden werd getest op lucht- en waterdichtheid. Verschillende types (geslotencellige-halfopen en open) en verschillende opstellingen (verticale voegen, kruisingen, hoeken) werden vergeleken.

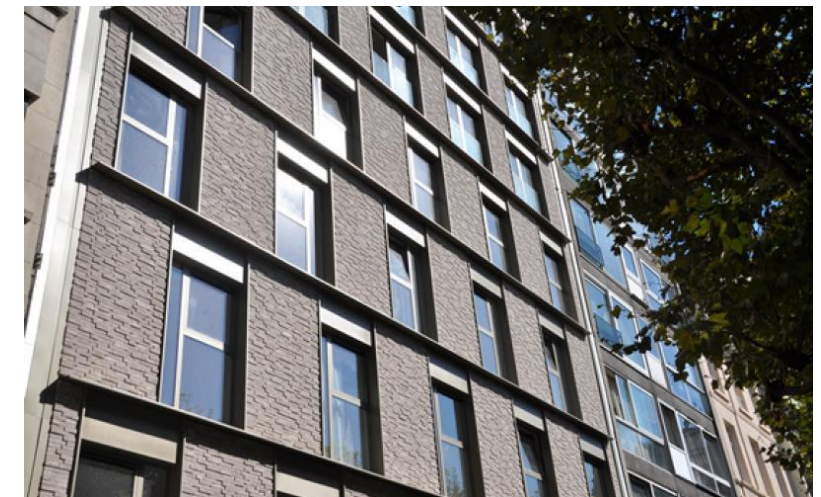
Lees er meer over in het PRO³-onderzoeksrapport 'Lucht- en waterdichtheid van prefab elementen'.

AANSLUITING NABURIGE GEVEL

In dit project werd het geveloppervlak op dezelfde lijn gezet als de gevels van de naburige gebouwen. Deze aansluiting tussen de nieuwe en naburige gevel is doorgaans ingewikkeld. Het oppervlak waartegen de nieuwe gevelementen moeten aansluiten is onregelmatig en bevat oude resten polyurethaan, elektrische bedrading en afgewerd metselwerk. Meestal kan niet anders dan een in-situ oplossing aangewend worden om de aansluiting te maken. In dit geval werden de randen afgedekt met een folie en werd een aluminium gevelbekleding aangebracht, die vertrekt vanaf de vezelcementplaat in de houten gevelementen.



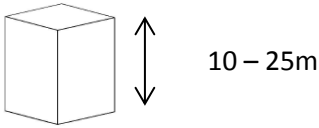
Figuur 85 Aansluiting met de burens vormden hier een extra uitdaging




Figuur 86 Eindresultaat (Urbicoon Urban Living, 2017)

Case 13: Industriële 3D prefab-modules met warmgewalst staal en geïntegreerde badkamers (ALHO)

Gebouw-aspecten

Gebouw	
Uitvoeringstijd	9 maanden
Doelstelling	Tussen april en oktober 2017 een rusthuis met 103 kamers bouwen
Locatie	Groot bouwterrein, aan rijksweg (+- 5 min van de E40)
Schaal	103 kamers, 3 verdiepingen, 5581 m ² = 113 modules
Geometrie	 10 – 25m
Wetgeving - locatie	Geen beperking

Gevel

Draagstructuur	Modules in staalskelet op elkaar gestapeld
Vlakheid	Vlakke gevel
Lay-out	Horizontaal
Toestand openingen	Schrijnwerk geïntegreerd in module
Repetitiviteit	 Westgevel Zuidgevel Gevelafwerking met crépi (witte delen) en steenstrips (rode delen)
Maatafwijking	Enkele cm's, op te vangen met in-situ gevelbekleding: steenstrips en 10 cm EPS
Wandopbouw +toestand (U, vocht)	Nieuwbouw, n.v.t
Voegen bestaand gebouw	Nieuwbouw, n.v.t.

Technieken

GebruikTechnieken	Badkamers volledig geïntegreerd, uitsparingen voor ventilatiekanalen voorzien
Systeem Ventilatie	Mechanische toe- en afvoer

Prefab-aspecten

	
Thermische prestatie	$U = 0.188 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{eq} = 0.227 \text{ W/m}^2\text{K}$ (DIN EN ISO 10211)
Aandachtspunten	10 cm minerale wol in de module 10 cm EPS in-situ aan de buitenkant van de module(*) *materiaal en dikte kunnen aangepast worden naargelang gewenste U-waarde
Isolatie	Minerale wol en EPS
Vlak dampscherm	PE-folie aan binnenkant + tape op de aansluiting tussen twee modules
Vlak luchtdichtheid	Steenstrips en crépi (gevelafwerking)
Vlak waterdichtheid	Steenstrips en crépi (gevelafwerking)
Verankeringen en verbindingen	Staalskeletconstructie, belasting via hoeksteunen Kolomvrije overspanning tot 8 m
Draagstructuur	Gestapelde modules
Gewicht	20 ton per module
Stijfheid systeem	Staalframe modules
Brandreactie	Brandwerende gipsceментvezelkartonplaat aan de binnenkant (Rf 60) + minerale wol (brandweerstandklasse A) 55 dB (zonder raam, van buiten naar binnen)
Akoestische maatregel	Kamers zijn akoestisch gescheiden door aparte chape per unit (zwevende vloer)+ontkoppeling wanden tussen units (57 dB)
Oppervlakte module	Kleinste module: 7 x 4m Grootste module: 20 x 4 m (beperking tot 21 m "convoi exceptionnelle")
Richting	n.v.t.
Dikte	125 mm (wanddikte module) + 118 mm (EPS en steenstrip)
Schaal	113 modules Maximum afmeting module: 21m (L) x 4,5m (B) x 3.65m (H)
Schildeel	Alles
Integratie HVAC	Badkamers en openingen ventilatiekanalen
Integratie ramen?	Ja
Uitbreiding?	Mogelijk (inkrimping ook)
Installatie werf	1 kraan + stellingen voor het afdichten voegen tussen modules en de plaatsing van EPS en steenstrips 9 vrachtwagens per dag voor de levering van de modules (tijdspanne levering en installatie: 1 maand)
Werken binnen?	Installatie ventilatiekanalen, verwarming, vloer, muur- en plafondafwerking
Bron	www.alho.com (geraadpleegd op 24/04) www.difni.de

TOELICHTING

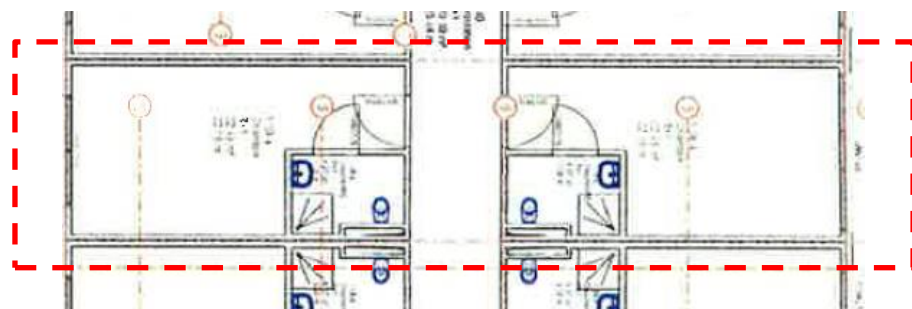
KEUZE PREFABCONCEPT

In Crisnée wordt op 9 maanden tijd een rusthuis met 103 kamers gebouwd. Deze strakke timing is enkel mogelijk met een integrale en geprefabriceerde bouwmethode. In dit project werden zowel het technisch ontwerp, als de engineering en het projectmanagement verzorgd door één en dezelfde partij: de producent van de 3D-modules. Deze integrale aanpak heeft een aantal voordelen:

- de planning is afhankelijk van slechts één partij;
- de prijs staat op voorhand vast;
- de bouwheer en architect hebben één aanspreekpunt (de producent) en worden op die manier ontzorgd.

Daarenboven zijn de modules zo ver mogelijk geprefabriceerd (zie verder), waardoor een nauwe controle mogelijk is op de uitvoeringskwaliteit, weersafhankelijk gewerkt kan worden (montage in de fabriek) en de werfduur veel korter is. De werfactiviteit is immers beperkt tot het plaatsen en afwerken van de 3D-modules (zie verder). Bij de plaatsing zijn de 3D-modules wind- en waterdicht waardoor de binnenkant direct afgewerkt kan worden. De kortere doorlooptijd en hogere afwerkingskwaliteit dragen ten slotte ook bij in de rendabiliteit van het project.

Het rusthuis in Crisnée zal uit 113 modules opgetrokken zijn, waarvan één standaardmodule een gang en twee kamers bevat met elk een uitgeruste badkamer (Figuur 87). Deze standaardmodule weegt ongeveer 20 ton.



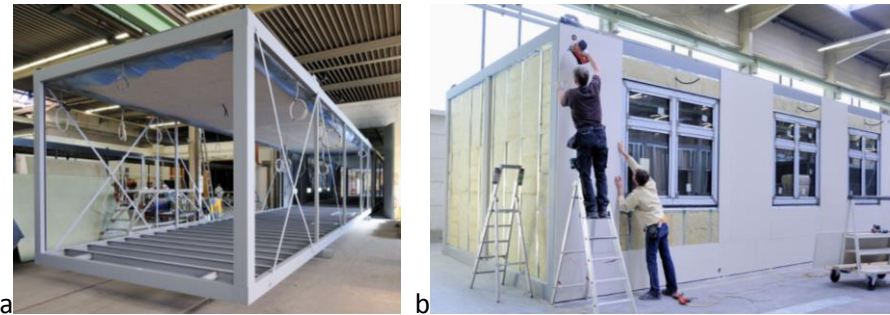
Figuur 87 1 Module bestaat uit een gang met twee kamers met uitgeruste badkamer

STABILITEIT EN LAGENOPBOUW

De modules zijn opgetrokken uit staalskelet (Figuur 88a). De verticale belastingen worden overgedragen op de kolommen in de hoeken, met een overspanning van 8m. De horizontale belastingen worden opgevangen door de stijve plafond- en vloerschijf (Figuur 88b). Het staalskelet wordt opgevuld met minerale wol (10 cm) met brandreactie A1 en aan de binnen- en buitenkant worden respectievelijk een dubbele brandwerende gipsceMENTvezelkartonplaat (Rf 60) (2x12.5 mm type GKF, Knauf) en een vochtwerende en waterdichte vezelcementplaat (1x 15 mm) aangebracht.

In-situ wordt nog een laag EPS van 10 cm met steenstrips (rode gedeelte gevels) en crépi geplaatst tegen de buitenbeplating. De modules kunnen met ieder licht gevelsysteem bekleed worden, de architect kan hierin vrij kiezen. Door het in-situ aanbrengen van de EPS is de koudebrug tussen de modules

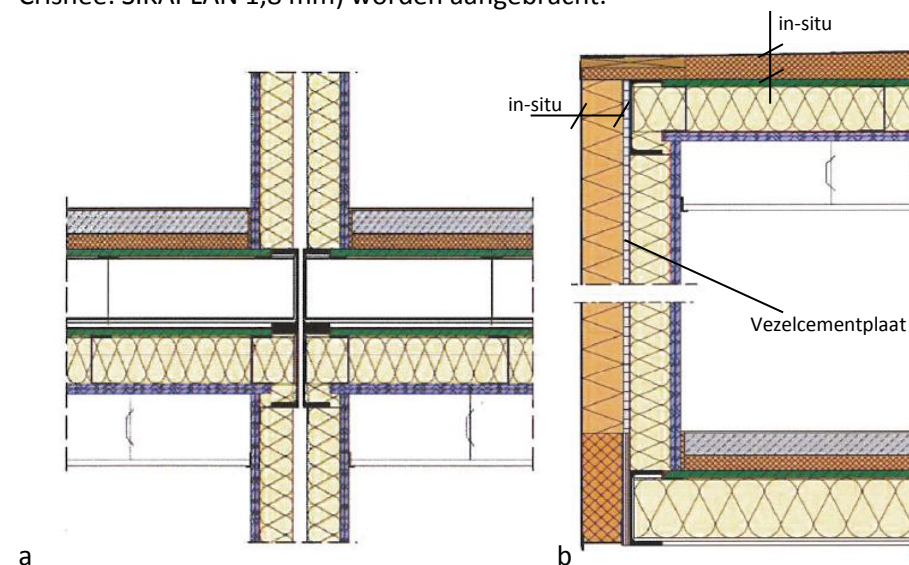
opgelost. In-situ wordt nog een bitumineuze laag aan de onderkant gebrand, om opstijgend vocht uit de grond te vermijden (Figuur 90). Er komt later nog een vochtwerende isolatie tegen die door de afwerking met steenstrips/crépi niet meer zichtbaar zal zijn.



Figuur 88 (a) Draagstructuur containermodule (b) Module met de isolatie en dampopen beplating (ALHO, 2017)

In de wanden die grenzen aan andere modules, is ook minerale wol geplaatst in het staalskelet. Tussen de modules zit een spouw, waardoor de wanden tussen de units ontkoppeld zijn (Figuur 89a). Door de minerale wol en de ontkoppeling wordt een geluidsisolatie van 57 dB gehaald tussen de units. Door de gipsvezelcementkartonplaten aan de buitenste zijden van de binnenwand te plaatsen, wordt de spouw vergroot en is de geluidsisolatie maximaal (Wuyts, 2017).

De hellingsisolatie en de dakafwerking worden in-situ ook voorzien door de producent van de 3D-modules zelf (Figuur 89b). De modules worden geleverd met bovenaan een afdichtingsmembraan in EPDM. De bovenkant vormt een vlak dakoppervlak waarop in-situ de hellingsisolatie en een dakmembraan (in Crisnée: SIKAPLAN 1,8 mm) worden aangebracht.



Figuur 89(a) Snede van de buitenwand met de dakopbouw (b) Aansluitingspunt van 4 modules.

Door de gevel- en dakafwerking in-situ uit te voeren, wordt de koudebrug ter hoogte van de naden tussen modules geëlimineerd. Het gevolg hiervan is dat er gedurende korte tijd stellingen nodig zijn om de isolatie, gevel- en dakafwerking aan te brengen. De gevelafwerking kan prefab worden aangebracht, maar dan moeten de voegen nog altijd in-situ gedicht worden. De doorlooptijd met stellingen is natuurlijk nog altijd minder lang dan bij traditionele bouwmethodes.



Figuur 90 In-situ aangebrachte bitumenlaag om vocht opstijging in de module vanuit de grond te voorkomen

In principe kan heel ver gegaan worden in de afwerking van een module. Dit is afhankelijk van de termijn van productie. Als er voldoende ruimte en tijd is in de fabricagehal, kan een volledig afgewerkte module voorzien worden. In dit project zijn de badkamers van de seniorenkamers volledig prefab geïntegreerd (Figuur 91). De uitsparingen voor ventilatie en elektriciteit werden ook prefab voorzien, maar de kanalen en leidingen zelf worden in-situ geïnstalleerd.

LUCHT- EN WATERDICHTHEID VAN VOEGEN

De voegen tussen modules worden aan de binnenkant afgetapet (Figuur 91b). Aan de buitenkant worden de voegen opgevuld met een kit (Figuur 92). Zoals hoger aangegeven worden de aansluitingsvoegen tussen de modules gedicht door in-situ de gevel- en dakafwerking aan te brengen.



Figuur 91 (a) Prefab badkamer (b) Voeg tussen containers



Figuur 92 Opvoegen voeg tussen modules

BINNENAFWERKING IN-SITU

In de modules zit een volledig uitgeruste badkamer (met vloer), maar de rest van de vloer, ventilatie, elektriciteit en binnenafwerking wordt ter plaatste geïnstalleerd. Er wordt per kamer in-situ een zwevende dekvloer voorzien. Op die manier wordt de geluidstransmissie tussen kamers langs de vloer vermeden. Door dit in-situ te doen, kan de vloerafwerking zelf toch doorheen de modules doorlopen, zodat de gebruiker van het gebouw niet het gevoel heeft dat het rusthuis een aaneenschakeling is van modules.

De afwerkingsmaterialen werden tijdens de productie op de juiste plaats gelegd en mee vervoerd in de modules. Op die manier worden zowel de modules als de nodige materialen in één beweging naar de werf getransporteerd.

MAATREGELEN TIJDENS TRANSPORT

Voor de montage is de module voorzien van een beschermde folie met schuine staalframestaven op de langse kanten. Dit is om vervormingen tijdens transport en montage te vermijden (Figuur 93).



Figuur 93 Tijdelijke versteviging (schuine schoren) om vervormingen tijdens transport en montage te vermijden

PRIJS

De prijs wordt berekend op basis van de bouw en het onderhoud van de constructie. De basiscriteria voor de geproduceerde modules is DIFNI (Duitse tak van de BREEAM certificatie), waar de prijs bekeken wordt op een termijn van 30 jaar (bouw 25%/prijs + 30 jaar onderhoud 75%/prijs). Daarnaast beoordeelt DIFNI projecten op andere aspecten zoals duurzaamheid, kwaliteit materialen, levensduur, levenscyclus, en de aanpasbaarheid wanneer de functie verandert.

Door de BREEAM certificatie is aangetoond dat dit bouwsysteem economisch gezien zeer interessant is: door de hoge uitvoeringskwaliteit, maar ook door het gemak van aanpassen. Indien er kamers teveel zijn, kan er gemakkelijk één weggenomen worden. Het materiaal van de weggehaalde container wordt dan gerecycled voor nieuwe modules.

ONTWERPAANPAK

Bij dit bouwsysteem is het van cruciaal belang om van bij het begin betrokken te zijn in het ontwerpproces. In de meeste projecten met deze modules is de bouwheer en architect van in het begin overtuigd van het potentieel. Specifiek voor dit project ambiëerden de bouwheer en architect een zeer strakke timing met een vaste eindprijs. De producent van de 3D-modules gaat zelf ook proactief tewerk. Wanneer de architect en bouwheer kiezen voor dit bouwsysteem, maakt de producent het bestek en de meetstaat op. Dikwijls wordt vertrokken van een traditioneel ontwerp dat omgezet wordt naar een opbouw met 3D-modules. Op die manier ontzorgt de producent de architect en bouwheer en wordt de keuze voor dit bouwsysteem gestimuleerd. Bij de uitvoering treedt de producent ook op als hoofdaannemer.

Daarnaast vormen de BREEAM criteria (DIFNI) het uitgangspunt voor het ontwerp, de productie en de prijsberekening. Wanneer in een (openbare) aanbesteding op basis van kwaliteitscriteria (via een puntensysteem, en niet louter op basis van prijs van de uitvoering) keuzes gemaakt worden, kan dit bouwsysteem toch als het meest gunstige aanzien worden.

Bibliografie

- 2006/213/EG. (2006). *Beschikking van de Commissie van 6 maart 2006, tot vaststelling van klassen van materiaalgedrag bij brand voor bepaalde voor de bouw bestemde producten voor houten vloeren en massief houten lambrisering en bekleding*. Brussel: Europese Commissie.
- ALHO. (2017, 05 2). *Alho Productie Module*. Retrieved from ALHO : <https://www.alho.com/nl>
- ATG 14/1545. (2014). Technische Goedkeuring ATG met Certificatie - Daken Houten Dakelementen voor hellende daken.
- ATG 14/2538. (2014). Technische goedkeuring ATG met Certificatie - Daken Houten Dakelementen voor hellende daken - Unilin SW SK/ SW HPUR/SW UNISUPUR.
- ATG 2968. (2015). Technische Goedkeuring ATG met Certificatie: Geprefabriceerde metselwerkwallen: Verbowand.
- Bouwen met staal. (2014). *Handboek Staalframebouw*. Zoetermeer.
- Cembrit NV. (2014). *Cetris Basis 200*. Cembrit NV.
- Colson, M. (2016, juni 9). BuildUp 2016 Akoestiek . *Machiels Building Solutions - Houtskeletbouw*.
- De Preter, BB, R. (2017). LABO-toren UGent - Hoogbouw en houtskeletbouw. Bureau Bouwtechniek.
- Dillen Bouwteam. (2016). *Nieuwbouw H. Hart Ziekenhuis* . Retrieved from Dillen.be: <http://www.dillen.be/referenties/zorgsector/nieuwbouw-h-hart-ziekenhuis>
- Eeckhout, S., & Martin, Y. (2015). Brandveiligheid van details een aansluitingen in gebouwen. *WTCB-Contact 2015/1*, p25-30.
- EVR Architecten. (2017, 09 18). *iGent*. Retrieved from <https://www.evr-architecten.be/architectuur/lab/>
- Febelarch. (2010). *Architectonisch beton - Gids voor architecten en voorschrijvers*. Tielt: Lannoo.
- Futurn. (2017, 05 3). *Businesspark 16*. Retrieved from Futurn homepage: <http://www.futurn.com/nl/projecten/businesspark-16/>
- Ingelaere, B. (2015). Akoestisch verbeterde oplossingen voor lichte gevelwanden. *WTCB-contact 2015/2*, 24-25.
- Ingelaere, B., Crispin, C., De Geetere, L., Van Damme, M., & Wuyts, D. (2012). Akoestische verbetering van de ruwbouw door middel van ontdebeldde gemene muren voor rijwoningen en appartementen. *WTCB-Dossiers 2012/2*, 20.
- Jonkcheere Projects. (2017). *Uitvoeringsdossier HSB elementen Zuienkerke*. Jonkcheere Projects.
- Joriside. (2015). *Catalogus 2015*. Joriside Group.
- Machiels Building Solutions. (2016). *Mol ZH H.Hartziekenhuis*. Retrieved from Machiels Building Solutions.be: <http://www.machielsbuildingsolutions.be/mol>
- Ploegsteert. (2016, Juni). Montagehandleiding Verbowand.
- Ploegsteert. (2016). Verbowand, infofiche.
- Ploegsteert. (2017). Lambdabloc Technische fiche.
- Polo Architects. (2017 , 08 18). *Zorghotel Rode Kruis Zuienkerke*. Retrieved from Polo Architecten: <http://www.polo-architects.be/nl/projecten/zorg/rode-kruis-zuienkerke>
- Recticel Insulations. (2015). L-ments Verwerkingsvoorschriften.
- Roof Belgium. (2016). Sandwich dakelementen als basis voor modulair bouwconcept. *Roof Belgium Mei 2016*, 10-11.
- Scheurs, J. (2016, 12 15). *Nieuwbouw AZ Mol. Snelle bouw, huiselijke sfeer*. Retrieved from Architectura.be: <http://www.architectura.be/nl/nieuws/15573/nieuwbouw-az-mol-snelle-bouw-huiselijke-sfeer>
- SweetHomeSystem. (2014). *SweetHomeSystem*. Retrieved 09 5, 2016, from <http://www.sweethomesystem.be/#!home/mainPage>
- Unilin. (2014). BioSpan Vapourblock.
- Unilin. (2015). BioSpan Vapourblock: Een ecologische bondgenoot voor houtskeletbouw.
- Unilin. (2016). *UNIPUR SPAN*. Retrieved 09 05, 2016, from <http://www.unilininsulation.com/be-nl/Producten/Isolerende-dakelementen/Openschalige-elementen-UNIPUR/Uitvoeringen/UNIPUR-SPAN>
- Urbicoon Urban Living. (2017). *Group Machiels en Urbicoon: een gouden samenwerking*. Retrieved from www.urbicoon.be: <https://urbicoon.be/group-machiels-en-urbicoon-gouden-samenwerking/>
- URSUS. (2016, juni 11). *Roundal dagkanten scoren in combinatie met systeembouw*. Retrieved from www.ursus.be: <http://ursus.be/nl/nieuws/detail/roundal-dagkanten-scoren-in-combinatie-met-systeembouw>
- Van Damme, M. (2009). Contactgeluidsisolatie van massie vloeren. *WTCB-Dossier 2009/3 - Katern nr.15*, 14.
- Van Den Bosch, M. (2016, juni 16). *Panelen Machiels Building Solutions met steenstrips bepalen uitzicht Roosevelt Square*. Retrieved April 28, 2017, from www.architectura.be: <http://www.architectura.be/nl/nieuws/13947/panelen-machiels-building-solutions-met-steenstrips-bepalen-uitzicht-roosevelt-square>
- Van Den Bosch, M. (2016, 07 14). *SW-HPUR-Dakelementen als basis voor een woning*. Retrieved 09 07, 2016, from <http://www.architectura.be/nl/nieuws/14042/sw-hpur-dakelementen-als-basis-voor-eeen-woning>
- WRAP. (2007). *Current Practices and Future Potential in Modern Methods of Construction*. UK, London: WRAP Waste and Resources Action Programme.
- WTCB. (2013). Akoestische isolatie in houtskeletbouw. *WTCB Contact 37 (2013/1)*, 16-18.
- WTCB TV 255. (2015). *Luchtdichtheid van gebouwen*. Brussel: Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het bouwbedrijf.
- Wuyts, D. (2017). Thema 1: Houten gevelementen - akoestische prestaties. *Innoveren met hout in een stedelijke omgeving (studieavond 8 juni 2017)* (p. 20). Brussel, Conferentie Bouw: WTCB.