



Losmaakbaar bouwen en
remontabel detailleren

Werken aan een toekomstbestendige gebouwvoorraad

Maart 2026



Losmaakbaar bouwen en
remontabel detailleren

Werken aan een toekomstbestendige gebouwvoorraad

Maart 2026

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Deel I:	6
Theorie, methodiek & strategie van losmaakbaarheid	
1. Een toekomstbestendige gebouwvoorraad	7
2. Het belang van losmaakbaar bouwen	9
3. Een haalbare en effectieve strategie	11
4. Omgaan met hergebruik in de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken	13
Deel II:	16
Catalogus losmaakbare details	
5. 22 Details met praktische oplossingen voor losmaakbaarheid	17
6. 11 Details uit de publicatie Losmaakbaar bouwen — Werken aan een toekomstbestendige gebouwvoorraad, 2024	66
7. 12 Details uit de Leidraad Losmaakbaar Detailleren, 2023	90
Verantwoording	115

Voorwoord

Voor u ligt de derde editie van de catalogus Losmaakbaar en remontabel detailleren. De eerste editie bevatte 12 details, de tweede voegde daar 11 nieuwe details aan toe. Dat de ontwikkelingen op het vlak van losmaakbaar bouwen snel gaan, blijkt uit het feit dat we deze derde editie in een jaar tijd met maar liefst 22 nieuwe details hebben kunnen uitbreiden. Samengevoegd bestaat de catalogus nu uit 45 details, bedoeld voor architecten, adviseurs en ontwikkelende bouwers die met losmaakbaar en remontabel bouwen aan de slag willen of daarmee bezig zijn. Ook het theorieel deel van de publicatie is flink geüpdatet met actuele inzichten.

De snelle toename van het aantal innovatieve oplossingen en producten laat zien dat er steeds meer aandacht is voor losmaakbaar en remontabel bouwen. Losmaakbaarheid staat aan de basis van discussies over levensduurverlenging, hergebruik en circulair slopen. Als onderdelen en materialen in een bouwwerk losmaakbaar zijn, kunnen ze idealiter zonder materiaal- en kwaliteitsverlies hergebruikt worden. Als je project goed scoort op de losmaakbaarheidsindex, kan dat een flinke duw in de rug zijn richting een lage MPG-score. En met de komst van de Europese Whole Life Cycle Rekenmethodiek komt er alleen maar meer aandacht voor hergebruik.

Niet gek dus dat veel ontwikkelaars, bouwers en fabrikanten/leveranciers hiermee aan de slag zijn. Een flexibel indeelbaar gebouw, voor meerdere functies geschikt, of een gebouw waarvan de installaties eenvoudig kunnen worden vervangen zonder schade aan schil of draagstructuur, levert milieuwinst op en past binnen een circulaire strategie. Maar vaak is niet helder wat die milieuwinst precies is. Zeker op de korte termijn. Tegelijkertijd zijn de voorbeelden van goede losmaakbare projecten dun gezaaid. Er is, kortom, nog veel te leren.

Voorwoord

Peter Kuindersma van Ingenii Bouwinnovatie werkte in 2023 aan de eerste editie van de catalogus. De laatste editie die u nu voor zich heeft, is gemaakt in opdracht van het Transitieteam Circulaire Bouweconomie en Lente-akkoord 2.0. In deze publicatie tref je de nieuwste inzichten die inspireren tot circulaire ambities. Ook de eerder gepubliceerde details zijn opgenomen in de bijlage waardoor een boekwerk met 45 details is ontstaan. De details zijn voorzien van een inleiding waarin de laatste inzichten op het vlak van losmaakbaarheid en herbruikbaarheid zijn verwerkt.

Uit de verzamelde details kan een aantal opvallende conclusies worden getrokken. Ten eerste is de wijze van losmaakbaarheid veelal bedacht vanuit de wens om slim te monteren. Er is in die gevallen niet specifiek nagedacht over hergebruik in de toekomst. Ook zijn er kanttekeningen te plaatsen over de praktische toepassing van sommige details. Knooppunten in bouwwerken moeten voldoen aan meerdere eisen, waaronder luchtdichtheid, esthetiek, waterbestendigheid en geluidsoverdracht. En die eisen zijn lastig te verenigen met de wens tot losmaakbaarheid.

Het goede nieuws: de losmaakbare oplossingen worden steeds beter. Maar er is nog veel te leren. Deze derde editie zal daarom wat ons betreft niet de laatste zijn. Suggesties voor nieuwe losmaakbare en remontabele oplossingen die aandacht verdienen in een vervolgonderzoek, ontvangen we dan ook graag. Ook suggesties voor verdere standaardisatie van detailleringen zijn welkom. Voor nu wensen we je veel leesplezier.

Sander Woertman
Programmameider Lente-akkoord 2.0

Arend Jan Overbeek
Transitieteam Circulaire Bouweconomie

Peter Kuindersma
Ingenii Bouwinnovatie

Deel 1

Theorie, methodiek & strategie van losmaakbaarheid



1. Een toekomstbestendige gebouwvoorraad

Nederland werkt aan een circulaire bouweconomie¹. Dat is een bouweconomie waarin afval niet bestaat. Het ideaal is, dat gebouwen een bron van componenten en grondstoffen vormen die je steeds opnieuw in een volgende levenscyclus kunt gebruiken. Losmaakbaarheid speelt daarin een belangrijke rol.

Waarden beschermen

Onder losmaakbaarheid verstaan we de mate waarin een object, op een bepaald schaalniveau, in volledige en originele staat demontabel is. En dat zonder afbreuk te doen aan de functie van het object, de verschillende onderdelen ervan of de aansluitende objecten². Materialen zijn zo gebruikt, dat je die tijdens of na de gebruiksfase van het gebouw eenvoudig en zonder schade kunt oogsten. Bestaande waarden (niet te verwarren met kosten) worden beschermd en hoogwaardig hergebruik wordt mogelijk. Je kunt de gebouwvoorraad zien als materiaaldepot.

Impact van losmaakbaarheid

Een schatting van de milieu-impact van de Nederlandse bouwsector komt uit op een materiaalgebruik van zo'n 17.600 kton per jaar en een aandeel van 11 procent van de nationale CO₂-uitstoot³. De verwachting is dat deze impact verder groeit wanneer de woningbouwproductie toeneemt.

De urgentie om het anders te doen neemt daarmee exponentieel toe: we willen meer woningen bouwen en we willen de milieu-impact reduceren. Liefst tot nul. Grondstofvoorraden zijn eindig en het gebruik ervan belast het leefmilieu onomkeerbaar. In het Nationale Programma Circulaire Economie wordt daarom ingezet op minimaal 15% hergebruik van materialen in 2035 voor alle bedrijfssectoren. Voor de bouw zou dat een ruime verdubbeling ten opzichte van de huidige situatie betekenen.

Om tot een oplossing te komen, waarin die 15% hergebruik in 2035 haalbaar is, is een trendbreuk nodig. We moeten anders gaan denken en doen. Het besef moet indalen dat bestaande gebouwen de voorraadschuur van de toekomst vormen. Slopen is oogsten. Duurzaamheid is

repareerbaarheid. Aanpasbaarheid is behoud. De opdracht van ontwikkelaars, ontwerpers, adviseurs en bouwpartijen is na te denken over reële toekomstscenario's en verdienmodellen die bij deze circulaire praktijk passen. Het doel is een toekomstbestendige gebouwvoorraad. In dat beeld speelt losmaakbaarheid een centrale rol.

Een complexe uitdaging

Eenvoudig is het niet, want gebouwen zitten complex in elkaar. In ieder gebouw zijn veel verschillende materialen en componenten verwerkt. Die hebben veelal verschillende technische, functionele en esthetische levensduren. Sommige gebouwdelen gaan eeuwenlang mee terwijl andere over tien jaar verouderd zijn. Bovendien wordt de milieu-impact van een gebouw niet alleen bepaald door het materiaalgebruik. Het gebruik van energie in de exploitatiefase heeft ongeveer evenveel impact. En soms vergt een hoge energieprestatie nu eenmaal extra materiaal.

¹ Zie: <https://www.nederlandcirculairin2050.nl/nationaal-programma-circulaire-economie/ncpe-2025>

² Zie: <https://circulairebouweconomie.nl/nieuws/circular-buildings-een-meetmethode-voor-losmaakbaarheid-v2-0-nu-online/>

³ Zie: <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/05/Advies-Effectiever-sturen-op-milieu-impact-in-de-bouw.pdf>



1. Een toekomstbestendige gebouwvoorraad

Voorschot op de toekomst

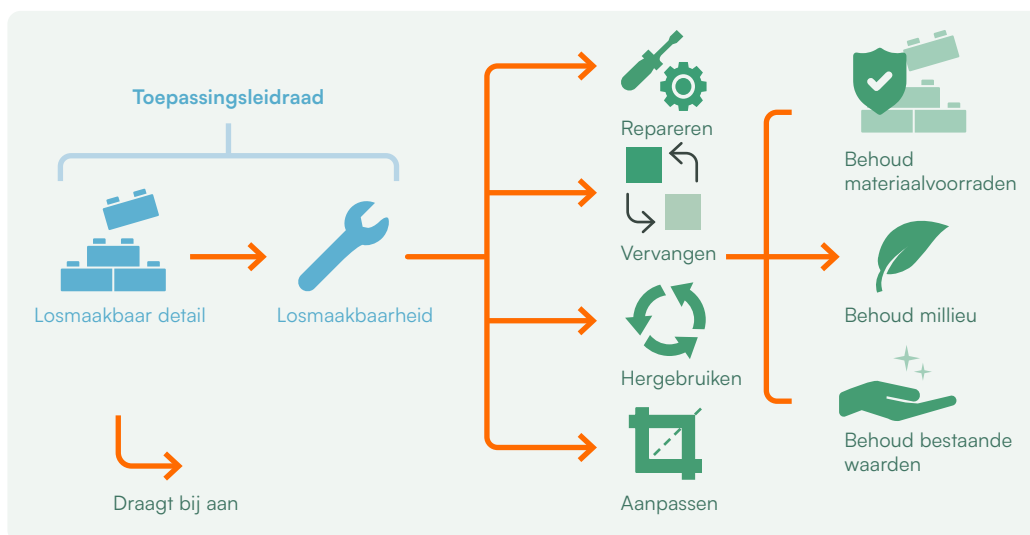
Losmaakbaarheid kan bijdragen aan circulaire doelstellingen, maar biedt daarvoor geen garantie. Daar komt bij dat circulariteit een voorschot op de toekomst impliceert: we investeren vandaag in ontwerp oplossingen om daar later, na de levensduur van een gebouwdeel, mogelijk de vruchten van te plukken. Een eenzijdige focus op losmaakbaarheid kan daardoor snel tot verkeerde beslissingen leiden. Om realistische en uitvoerbare keuzes te maken, die ook werkelijk bijdragen aan circulariteit, moet je continu blijven nadenken over toekomstscenario's en de rol die losmaakbaarheid van gebouwdelen in die scenario's kan spelen.

Toekomstbestendige gebouwvoorraad

De uitdaging om tot een circulaire bouweconomie te komen, kunnen we daarom zien als een uitdaging om tot een toekomstbestendige gebouwvoorraad te komen. Het gaat om gebouwen die we optimaal in stand kunnen houden doordat beheer en onderhoud makkelijk zijn en doordat we onderdelen kunnen repareren of vervangen, zonder de rest van het gebouw te beschadigen. Het gaat er ook om dat we gebouwen zonder materiaalverlies kunnen aanpassen aan veranderende functionele, technische en esthetische eisen.

2. Het belang van losmaakbaar bouwen

Een losmaakbaar ontwerp maakt het makkelijker de onderdelen van een gebouw te repareren of te vervangen, die elementen opnieuw te gebruiken of om een gebouw aan te passen aan nieuwe eisen en wensen. Makkelijk wil zeggen: zonder breken of zagen. Dat draagt vervolgens bij aan het behoud van materiaalvoorraden, het milieu en bestaande waarden.



Bron: Platform CB'23, Leidraad Losmaakbaar Detailleren, juni 2023.

Vier functies van losmaakbaarheid

In deze publicatie beschrijven we diverse detailoplossingen. Die oplossingen maken componenten en materialen losmaakbaar en soms ook remontabel. Ze zijn daardoor eenvoudig en zonder schade uit een gebouw weg te nemen en desgewenst weer terug te plaatsen. Daarmee kan losmaakbaarheid vier functies hebben:

1. Reparatie

Als materialen en componenten losmaakbaar zijn, maakt dat het beheer en onderhoud eenvoudiger. Je kunt gebouwdelen demonteren, eventueel terugsturen naar de fabriek, (laten) repareren en daarna remonteren. Dat beperkt kosten, materiaalgebruik en milieubelasting. Het vergroot de levensduur van een gebouw.

2. Vervanging

Als een element niet meer voldoet aan nieuwe technische, functionele of esthetische eisen, kun je het demonteren, zonder schade toe te brengen aan de rest van het gebouw en vervolgens vervangen door een element dat wel aan de nieuwe eisen voldoet.

3. Hergebruik

Als materialen en componenten na hun eerste levenscyclus zonder waardeverlies kunnen worden gedemonteerd, kun je die herstellen (indien nodig) en hoogwaardig hergebruiken. Als dat niet kan, is het misschien nog wel mogelijk om het bouwdeel te scheiden in zuivere grondstoffen waardoor recycling mogelijk is.

2. Het belang van losmaakbaar bouwen

4. Aanpassing

Als materialen en componenten losmaakbaar zijn, maakt dat een gebouw meer adaptief: het kan als geheel gemakkelijk worden aangepast aan nieuwe technische, functionele of esthetische eisen. De levensduur van het gebouw wordt langer, zonder verlies van waarden.

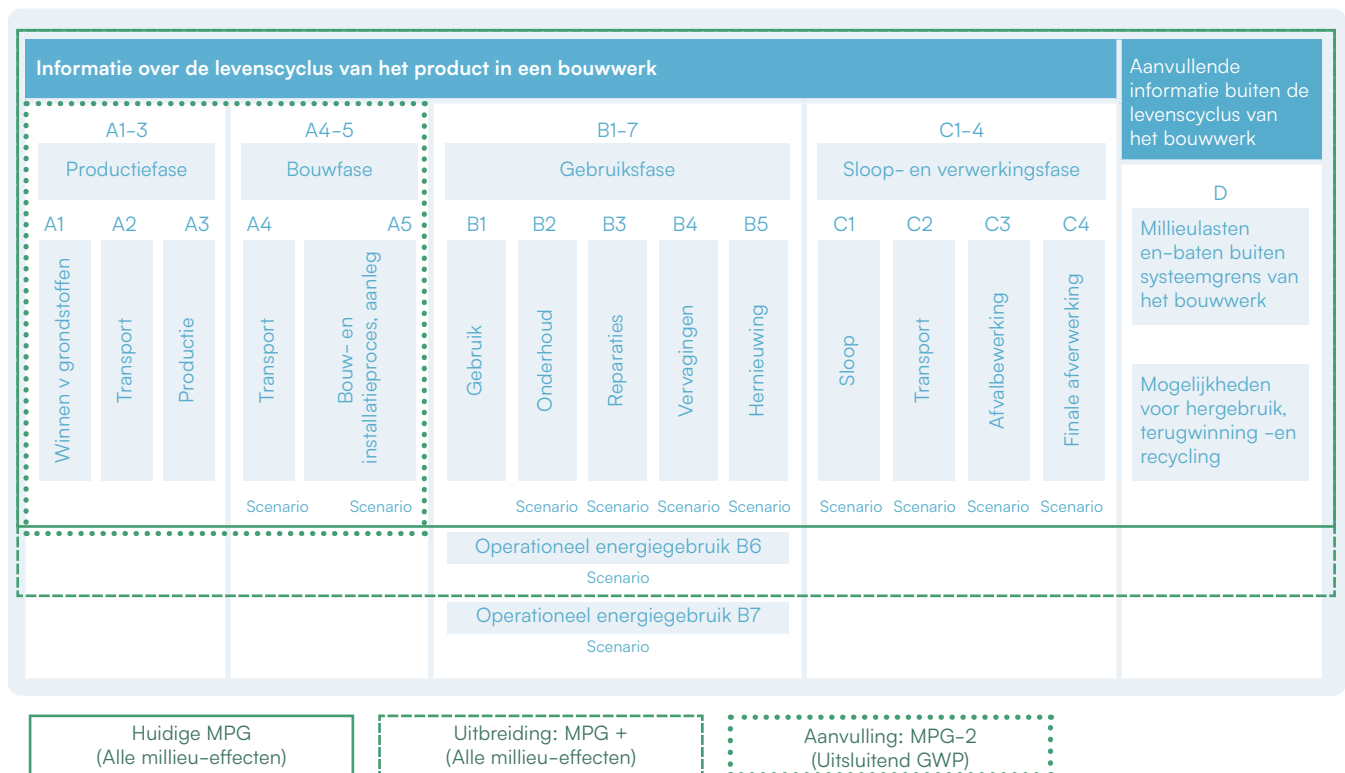
Circulaire doelen

Met deze vier functies draagt losmaakbaarheid bij aan drie doelen van circulair bouwen:

- Behoud van materiaalvoorraden (uitputting voorkomen)

- Behoud en verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving (het milieu)
- Behoud van bestaande waarden

De bijdrage aan het bereiken van deze circulaire doelen is per saldo positief. Dat is echter niet in alle fasen van de levenscyclus het geval. Per component of gebouwdeel kan dat verschillen. Een groot deel van de beloofde milieuwinst ligt in de toekomst. Het hangt van het toekomstscenario af of die winst ook daadwerkelijk kan worden geboekt. Er blijft daarom altijd een genuanceerde benadering nodig.



Bron: Stichting NMD

Levenscyclusfase	Losmaakbaarheid	Meer of minder milieu-impact?
A3	Bij productie is soms extra materiaal nodig voor een losmaakbare verbinding.	Soms meer
A5	Losmaakbare elementen kunnen eenvoudiger, met minder middelen worden gemonteerd.	Minder
B2 en B3	Onderhoud en reparatie zijn makkelijker en beter te doen.	Minder
B4 en B5	Vervangen en vernieuwen van losmaakbare elementen zijn eenvoudig en zonder schade mogelijk.	Minder
C3	Losmaakbare elementen moeten na hun levensduur meestal worden opgeknapt of gerepareerd.	Meer
D	Losmaakbare elementen kunnen na een eerste levenscyclus opnieuw worden gebruikt.	Minder

3.

Een haalbare en effectieve strategie

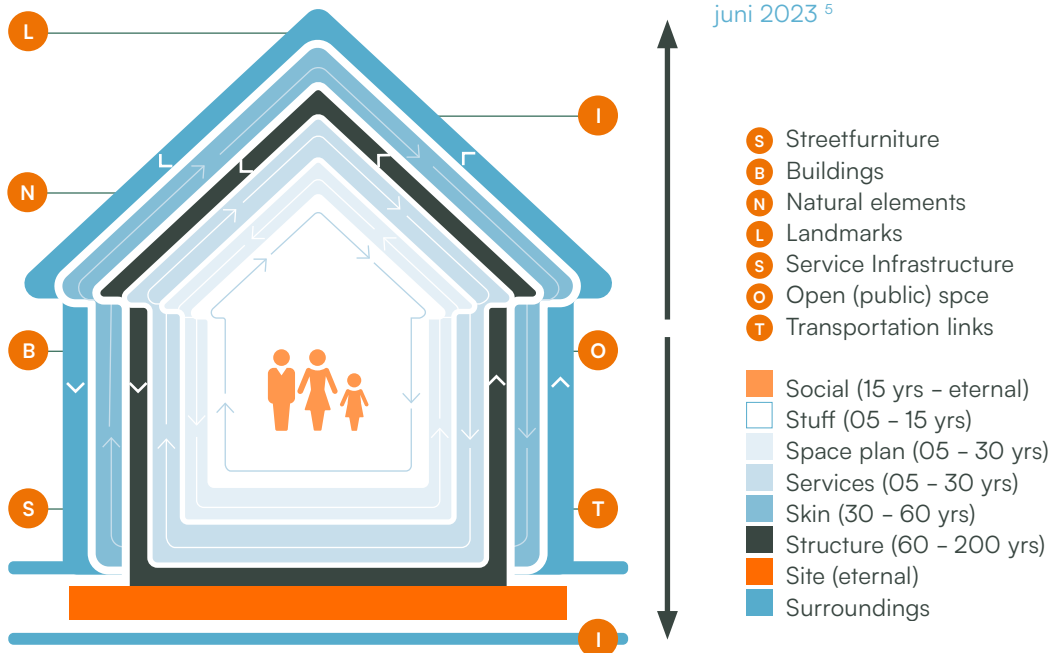
Losmaakbaarheid is een voorwaarde voor hoogwaardig hergebruik en behoud van waarde. Het is op zichzelf echter geen garantie voor circulariteit. Om de potentie van losmaakbaarheid ten volle te benutten, is het belangrijk doordacht te werk te gaan en de juiste keuzes te maken. Levensduren en niveaus van losmaakbaarheid zijn daarbij centrale begrippen.

Levensduren

In het denken over levensduren is het model van de Lagen van Brand⁴ een handig hulpmiddel. Het model laat zien dat iedere bouwlaag een andere verwachte levensduur heeft.

In zijn model maakt Brand een onderscheid in zes bouwlagen met verschillende verwachte levensduren.

Bron: CB'23, Leidraad Toekomstig hergebruik faciliteren, juni 2023⁵



Site	Ondergrond, fundering	Onbeperkt
Structure	Constructie, vloeren, dragende wanden	60 tot 200 jaar
Skin	Bekleding van gevels, inclusief ramen en deuren, dakbedekking	30 tot 60 jaar
Services	Installaties, leidingwerk	5 tot 30 jaar
Space plan	Indeling, niet-dragende tussenwanden, sanitair, keuken	5 tot 30 jaar
Stuff	Inrichting	5 tot 15 jaar

⁴ Zie: Stewart Brand; How Buildings Learn, What happens after they're built; London, 1994

⁵ Zie: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Toekomstig-hergebruik.pdf



3. Een haalbare en effectieve strategie

Sommige elementen veranderen tijdens de levensduur van een gebouw één of meerdere keren van functie en zijn daarom liefst maximaal losmaakbaar. Denk aan de inbouw. Andere veranderen niet of nauwelijks. Denk aan de bodem (site) en fundering (structure). Op de scheiding van levensduren zijn losmaakbare verbindingen (zonder hakken, breken, zagen of frezen) het meest relevant. Dan kan een component of gebouwdeel worden gedemonteerd zonder de rest van het gebouw te beschadigen.

Het gedemonteerde element kan worden gereviseerd (indien nodig) en hoogwaardig worden hergebruikt. Het model van Brand is overigens niet meer dan een denkraam. Ook binnen de door Brand gedefinieerde bouwlagen bestaan onderdelen met uiteenlopende levensduren.

Niveau van losmaakbaarheid

Voor een goed begrip is het daarnaast belangrijk vast te stellen op welk niveau losmaakbaarheid wordt gerealiseerd. Gaat het om een component (element), een product of om (losse) bouwmaterialen? Bij een geveldeel gaat het

om losmaakbaarheid van dit deel. Bij een kozijn om het product 'kozijn' of materiaal 'glas'. Bij tijdelijke woningbouw gaat het om losmaakbaarheid van complete modules.

In deze publicatie bespreken we losmaakbaarheid op het niveau van gebouwen, elementen, producten en materialen/grondstoffen met het oog op reparatie of vervanging van onderdelen, hergebruik en het kunnen scheiden in homogene grondstoffen bij einde (eerste) levensduur.

Losmaakbaarheid van grondstof tot gebouw

Niveau	Voorbeeld
Gebied	Losmaakbaarheid niet van toepassing (m.u.v. inrichting)
Complex	Losmaakbaarheid niet van toepassing
Gebouw	Woonmodules, flexwoningen
Element	Bijvoorbeeld een gevel-, dak- of vloercomponent
Product	Bijvoorbeeld kozijn, raam, deur, rooster, spouwmuurisolatie
Materiaal	Bijvoorbeeld isolatieplaat, houten regelwerk
Grondstof	Hout, staal, isolatievezel, grind, zand

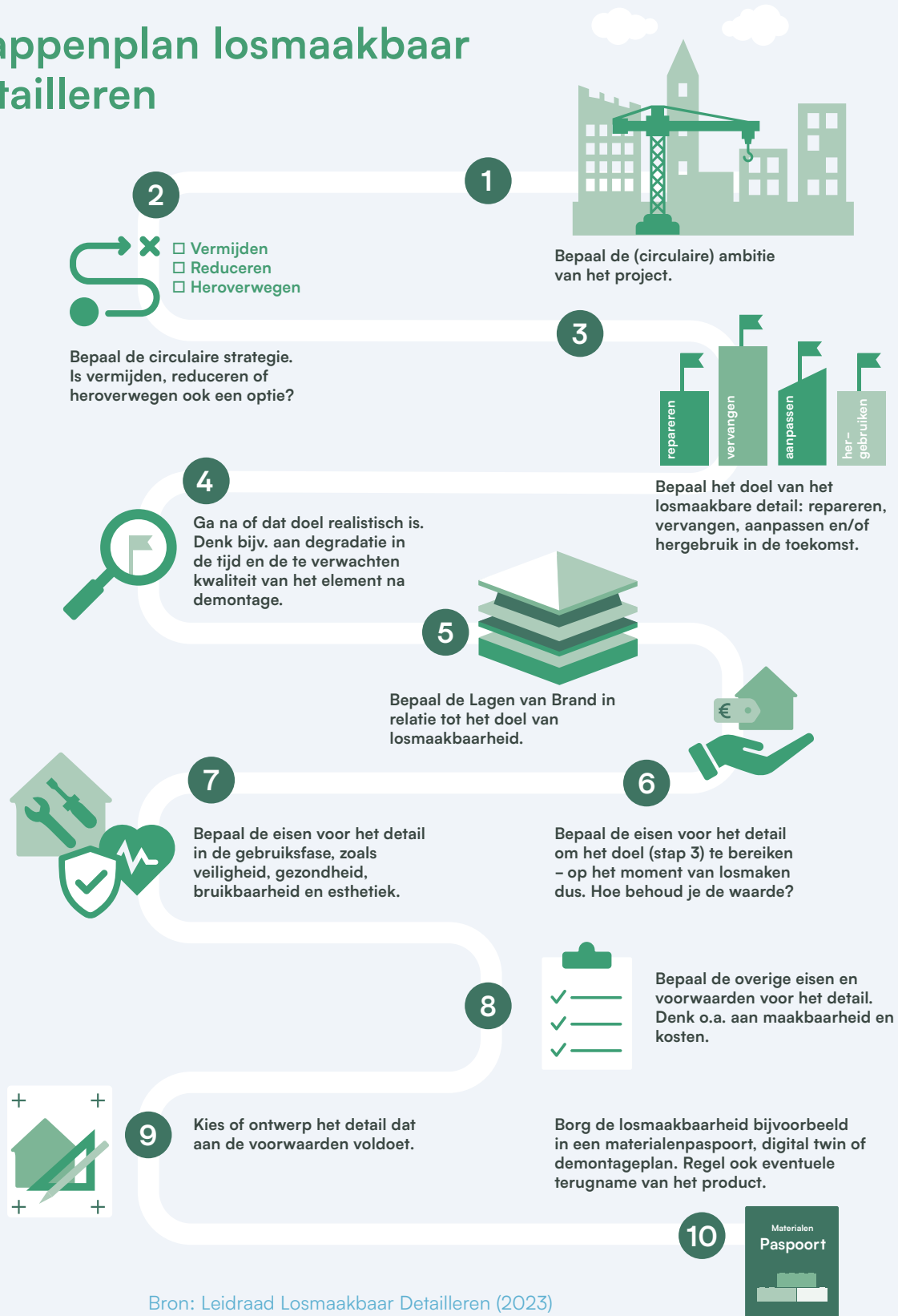
Stappenplan

Deze perspectieven zijn uitgewerkt in een stappenplan met aandachtspunten voor losmaakbaar detailleren in de Leidraad Losmaakbaar detailleren⁶. Dit stappenplan borgt dat het doel van losmaakbaarheid altijd in beeld blijft, namelijk vergroten van de mogelijkheden voor repareren, vervangen, aanpassen en hergebruik (in de toekomst).

⁶ Zie: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detailleren.pdf

3. Een haalbare en effectieve strategie

Stappenplan losmaakbaar detailleren





4.

Hergebruik in Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken

De Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken van de Nationale Milieudatabase (NMD)⁷ beschrijft hoe hergebruik (en losmaakbaarheid) meegewogen worden in milieuprestatieberekeningen, als onderdeel van een circulaire bouwpraktijk. Hergebruik wordt gedefinieerd als het één-op-één opnieuw gebruiken van bouwproducten of -elementen in dezelfde functie, al dan niet na refurbishment.

De methode onderscheidt twee vormen:

- onvoorzien hergebruik, dat betrekking heeft op producten die zonder vooraf plan een tweede leven krijgen en wordt gewaardeerd met een standaard hergebruikfactor (H-factor)
- voorzien hergebruik, waarin hergebruik vanaf ontwerp wordt gepland en gekwantificeerd wordt met een kwaliteitsfactor (K-factor) die de resterende kwaliteit van het product na eerste gebruik weerspiegelt.

Daarnaast benadrukt de toelichting het belang van losmaakbaarheid van bouwdelen — dat wil zeggen de mogelijkheid om producten te demonteren zonder ingrijpend sloopwerk. Dit bevordert hergebruik en leidt tot hogere hergebruikwaarderingen. Een losmaakbaar ontwerp ondersteunt circulaire strategieën zoals design for reuse en terugnamegaranties door fabrikanten, waarbij producten na gebruik worden teruggenomen en opnieuw ingezet of hoogwaardig gerecycled.

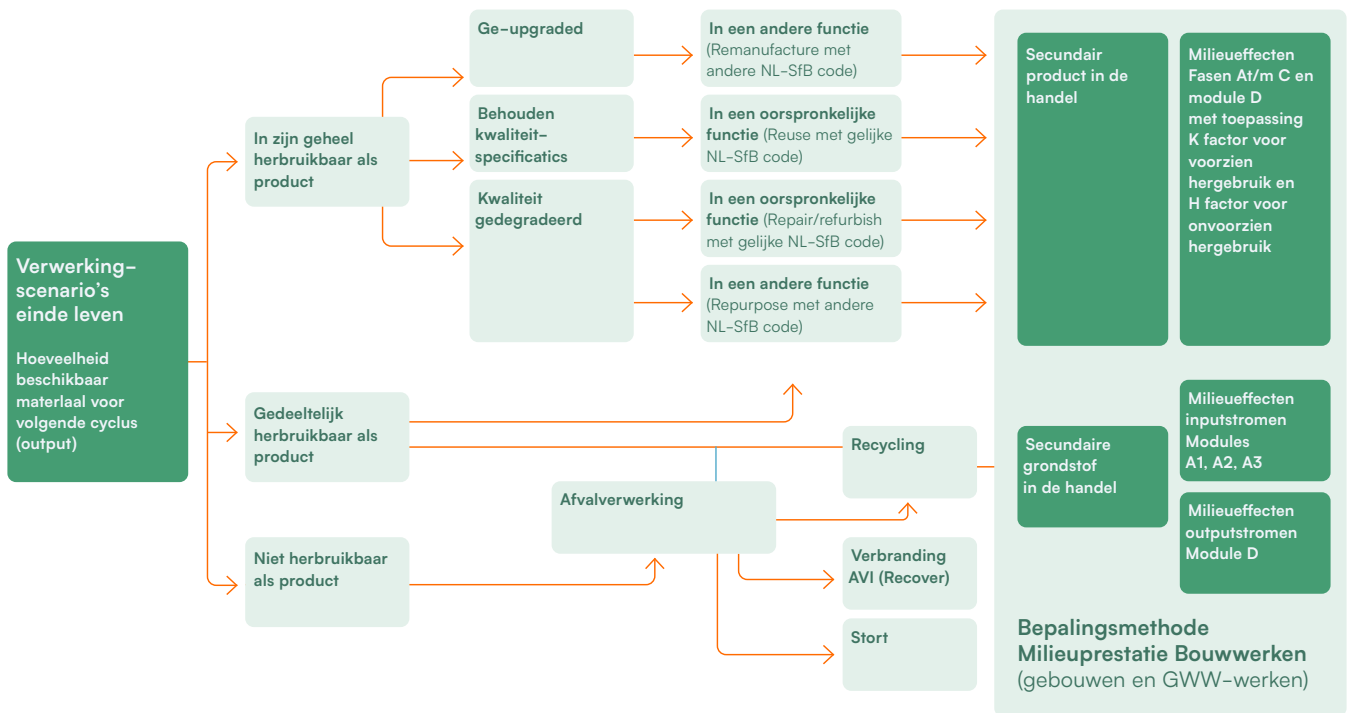
Door specifieke eind-van-levensscenario's te definiëren en deze mee te nemen in de milieu-analyse, biedt de Bepalingsmethode concrete instrumenten om hergebruik en demontabel ontwerp kwantitatief te integreren in de milieuprestatie-analyse van bouwprojecten en zo circulair bouwen te stimuleren.

Op de website van stichting NMD is een uitgebreide toelichting te vinden over hergebruik in de bepalingmethode, check <https://milieudatabase.nl/nl/milieuprestatie/circulair-bouwen/hergebruik-en-losmaakbaarheid-in-de-bepalingsmethode/>

⁷ De Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken is een uniforme meetmethode waarmee de milieuprestatie van een gebouw wordt berekend. De totale impact van alle gekozen materialen wordt inzichtelijk met de Milieuprestatie Gebouwen (MPG).

4.

Hergebruik in Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken



Figuur: overzicht van de verschillende verwerkingsscenario's. Bron: NMD

Uniforme meetmethode losmaakbaarheid

In 2021 is een uniforme meetmethode voor losmaakbaarheid in de bouw gelanceerd. De meetmethode geeft inzicht in de losmaakbaarheid per laag van Brand. Om vervolgens op gebouwniveau een score voor de losmaakbaarheidsindex te geven. Meer informatie over de uniforme meetmethode en de wijze van berekenen is te vinden op de website van Dutch Green Building Council, check <https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v2-0/>

Deel 2

Catalogus losmaakbare details



5. 22 nieuwe losmaakbare details

In deze update worden 22 nieuwe details beschreven waarmee gebouwdelen losmaakbaar in een gebouw kunnen worden verwerkt. In de Leidraad Losmaakbaar Detailleren (CB'23) zijn al eerder twaalf losmaakbare details beschreven. In de publicatie Losmaakbaar bouwen — Werken aan een toekomstbestendige bouwvoorraad (LenteAkkoord 2.0, 2024) zijn eerder 11 details beschreven. Samen met de in 2025 geanalyseerde details (22 stuks) vormen deze 45 details een catalogus, bedoeld voor architecten, adviseurs en ontwikkelende bouwers die met losmaakbaar en remontabel bouwen aan de slag willen of daarmee bezig zijn.

Losmaakbare details in deze publicatie

Deze publicatie vormt een aanvulling op de Leidraad (2023) en publicatie van LenteAkkoord 2.0 in 2024. Hierin beschrijven we de volgende 22 losmaakbare details. Deze zijn door de betreffende marktpartijen aangeleverd en toegelicht.

⁷ Zie: <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2022/05/Advies-Effectiever-sturen-op-milieu-impact-in-de-bouw.pdf>



5. 22 nieuwe losmaakbare details

Omschrijving detail		Leverancier / fabrikant
01	Prefab modulair (3d) betoncasco	Circle (CascoTotaal)
02	Dakvoetisolatie hellende (prefab) daken	Alert isolatie
03	Betonnen gevelsteen	Fassat / MBI
04	Houten binnenspouwblad in betonnen casco	WEBO
05	Binnenwandsysteem	JUUNOO
06	Verhoogde (computer)vloer	Maasdam (en Knauf)
07	Schiet-schroefnagels, mechanische bevestigingsmiddelen met een schroefvormig profiel	Paslode
08	Modulaire, remontabele badkamers	S-pod
09	Kanaalplaatvloer, aansluitend op hoedligger	Consolis VBI / PEIKKO
10	Prefab modulair betoncasco, voor milieustraten (afvalbrengrstations)	Modulo
11	Plat dak met EPS-isolatie en tweelaags bitumen dakbedekkingssysteem	Derbigum / Isobouw
12	Prefab modulair verankeringsystemen: kolom- en wandschoen	Hakron
13	Prefab verbinding voor wanden, vloeren, kolommen en liggers uit massief hout	Rothoblaas
14	Prefab modulaire staalconstructie: kolommen, liggers en verbindingen	Van Ee Staalspecialisten
15	Houten kozijnaansluiting op stelkozijn en bouwkundig kader	VAKO kozijntechniek
16	Geventileerde (biocomposiet) gevelbekleding	Fiberplast Group (RIWOOD)
17	Gietvloer	UZIN UTZ Group (Arturo)
18	Prefab HSB Toilet-Element met installaties	Trebbe
19	Stalen schroeffundering	Weenk Schroeffunderingen (WSF)
20	Ventilatiekanaal, modulaire bouw	Dyka
21	Funderingsblokken op basis van een PVC-recyclaat	GREEN Recycling Company (GRC)
22	Koudgevormde staalprofielen in modulair grid	Plexyz Global Innovations



5. 22 nieuwe losmaakbare details

De toelichting bij de details

De teksten zijn geschreven door Peter Kuindersma op basis van aanvullende informatie die door de leveranciers en bouwers is aangeleverd. Dit betreft de volgende punten:

-
- *Draagstructuur en omschrijving detail*
De draagstructuur is relevant voor de keuzes ten aanzien van losmaakbaarheid. Met de omschrijving van het detail wordt duidelijk wat voor soort detail het is en waar het detail in een gebouw kan worden verwerkt.
-
- *Layer Brand en niveau losmaakbaarheid*
Zie toelichting op pagina 11-12.
-
- *Reden losmaakbaarheid*
Dit geeft aan waarom betreffende partij voor losmaakbaarheid heeft gekozen: reparatie, vervanging, hergebruik of anders.
-
- *Keuzes losmaakbaarheid*
Specifieke keuzes die tijdens ontwerp of engineering van het betreffende detail zijn gemaakt.
-
- *Lessons learned*
Innoverende partijen doen voortdurend nieuwe kennis op. Het is belangrijk die kennis mee te nemen bij de verdere ontwikkeling van producten.
-
- *Uitdagingen*
Bij diverse details zijn er nog verbetermogelijkheden. Welke dilemma's zijn nog niet opgelost? Welke uitdagingen zijn er (nog)?
-
- *Extra materiaal nodig?*
Soms is extra materiaal nodig om bepaalde verbindingen losmaakbaar te maken. Het is belangrijk om dat te weten, omdat het de milieu-impact nu kan vergroten, ten gunste van milieuwinst later.
-
- *Schaduwkosten/MKI*
Wat is, indien bekend, de milieu-impact van het detail of gebouw waarin dit detail is opgenomen?
-

Innovaties gaan verder

De verzameling van in totaal 45 losmaakbare details (twaalf uit de Leidraad, elf uit de catalogus van 2024 en 22 aanvullend in 2025) is niet uitputtend. Dat kan ook niet. Innovaties gaan door en het corpus zal altijd blijven groeien. Het doel van deze publicatie is daarom tweeledig:

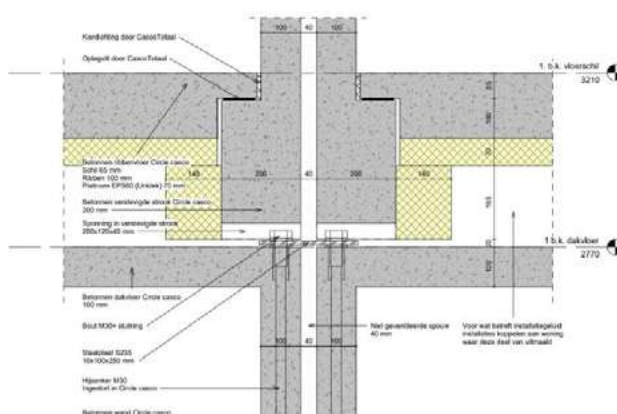
- Informeren over de stappen die nu al mogelijk zijn om losmaakbaar bouwen in de praktijk te brengen.
- Inspireren om losmaakbaarheid in te zetten als middel om de milieu-impact van het bouwen verder te reduceren.

De laatste twee details (21 en 22) in dit overzicht betreffen innovatieve oplossingen waar nog weinig of geen praktijkervaring mee is. De denkrichting in deze oplossingen vond de redactie dermate interessant dat ze toch zijn opgenomen in de catalogus.

Details, lessons learned en uitdagingen

01. Prefab modulair (3d) betoncasco

Draagstructuur	Prefab beton/CLT	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Prefab modulair (3d) betoncasco		
Niveau losmaakbaarheid	Modules (3d)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



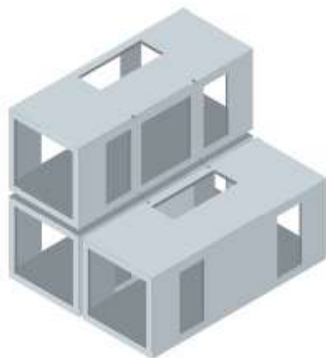
1: Casco Circle Living

2: Detail — horizontale koppeling tussen modules



3: Koppeling van de module aan de fundering

4: Horizontale koppeling tussen modules



5: Gestapelde modules

6: Horizontale koppeling tussen modules

Principes losmaakbaarheid betonnen casco's; bron: Circle, CascoTotaal



Details, lessons learned en uitdagingen

01. Prefab modulair (3d) betoncasco

Keuzes losmaakbaarheid	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	Losmaakbaarheid is in dit geval bedoeld om hergebruik in de toekomst mogelijk te maken. Deze modulaire casco's kunnen eenvoudig worden losgekoppeld, verplaatst en hergebruikt. Daarnaast maakt de wijze van verbinden het mogelijk om materialen efficiënt van elkaar te scheiden, waardoor hoogwaardige recycling haalbaar is wanneer hergebruik bij einde levensduur niet meer mogelijk is. Er is in deze situatie sprake van twee typen verbindingen: 1. Koppeling van de module aan de fundering gebeurt via een koppelplaat met een pin die in een aangegoten gat valt. Het gat wordt vooraf gevuld met beton of grout om de pin te fixeren. De module zelf is met bouten bevestigd en kan aan het einde van de levensduur losgeschroefd worden (zie figuur 3). 2. Koppeling tussen de modules (boutverbinding met stalenstrip) — dus met toegevoegd element (zie figuur 4, 5 en 6); Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de hijsankers die al in het casco zijn opgenomen.
Lessons learned	• De verbinding is bedoeld als droge verbinding binnen een prefab bouwsysteem. Er is eigenlijk nog weinig ervaring met het loshalen van dergelijk verbindingen na x jaar en het daadwerkelijk herplaatsen van de modules. • Casco's kunnen ook inclusief gevels worden hergebruikt. Gevels hoeven pas vervangen of verwijderd te worden zodra deze niet meer voldoen aan de eisen. • De dakisolatie binnen dit systeem is, in verband met transport, mechanisch verbonden met het casco en kan verwijderd worden zodra deze niet meer voldoet aan de eisen.	
Uitdagingen	• Beton is gevoelig voor scheurvorming bij hijsen of boren; hergebruik vereist zorgvuldige handling volgens voorschriften fabrikant. Er is een montagehandleiding beschikbaar. • Voor het hergebruik van de casco's, zullen gevels en daken eerst moeten worden verwijderd. Binnen dit systeem zijn de gevels met een losmaakbaar ophangstelsel verbonden. De dakbedekking en isolatie zal ter plaatse van de koppeling van casco's moeten worden doorgesneden	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er wordt gebruikgemaakt van mechanische verbindingen op twee punten — zie ook de beschrijving onder punt: 'keuzes losmaakbaarheid'. Om de losmaakbaarheid van het casco te realiseren zijn koppelstukken (connectoren), bouten/moeren en strippen nodig. De extra milieubelasting van deze onderdelen is beperkt om dat bij traditionele prefab betoncasco's ook al sprake is van vergelijkbare verbindingsmiddelen. Doordat de koppelplaten worden gebouwd in de hijsankers zijn geen bijkomende verankeringen nodig in het casco.	
Schaduwkosten/MKI	De milieubelasting van dit product is vooral toe te rekenen aan de productiefase van de casco's. Maar omdat het Circle concept is ontworpen voor volledig hergebruik, wordt de milieubelasting over de hele levensduur verminderd. Aan het einde van de gebruikscyclus kan het casco worden verwerkt tot betongranulaat, waarbij ook cement deels kan worden teruggewonnen. Dit teruggewonnen materiaal kan worden toegepast in nieuwe betonproducten, waardoor ook in deze fase de milieu-impact wordt beperkt.	
Overige opmerkingen	Circle betoncasco's kunnen naar wens uitgebreid, gecombineerd of verplaatst worden. Doordat Circle eenvoudig kan worden hergebruikt, behouden de modulaire betoncasco's een restwaarde. Hierdoor dalen de afschrijvingskosten op bouwprojecten.	



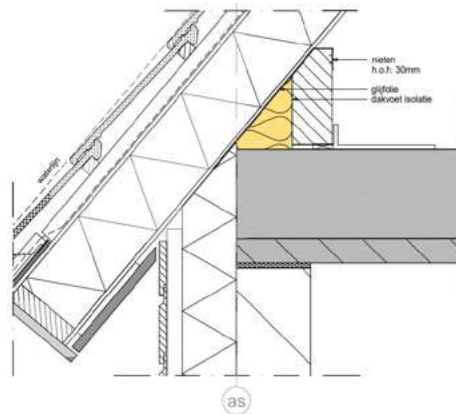
Details, lessons learned en uitdagingen

02. Dakvoetisolatie hellende (prefab) daken

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Dakvoetisolatie hellende (prefab) daken		
Niveau losmaakbaarheid	Product / materiaal		
Reden losmaakbaarheid	Hoogwaardige recycling		



Figuur 1 : Airtight — aansluiting op prefab dakelement



Figuur 2: Detail isolatiestrook dakvoet



Figuur 4: Airtight dakvoet isolatie

Principes Airtight Dakvoetisolatie — bron: Airtight Dakvoetisolatie - luchtdichte dakvoet van hellend dak



Details, lessons learned en uitdagingen

02. Dakvoetisolatie hellende (prefab) daken

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Direct integrale verbinding met pin (niet-verbinding: 0,60)	De AIRTIGHT dakvoet-isolatie is ontworpen voor een luchtdichte aansluiting, met behoud van losmaakbaarheid. Het product kan eenvoudig worden gemonteerd en gedemonteerd, zonder schade aan de omliggende elementen. Dit maakt het hergebruik van aangrenzende-elementen mogelijk en het product zelf (minerale wol / PE-folie) kan worden gerecycled. Het product wordt vastgenageld aan de achterzijde van de muurplaat / kantgording en valt daarmee onder de categorie directe integrale verbinding met nieten. Bij het verwijderen van de nieten tijdens demontage kan het product licht beschadigen
Lessons learned	- De isolatie wordt ingeklemd en bevat geen kit of schuim. Hierdoor is de verbinding eenvoudig demonteerbaar zonder vervuiling of schade (schone losmaakbaarheid = minder schade aan omliggende producten/elementen en hoogwaardiger reuse of recycling). - Het is mogelijk om een hoge luchtdichtheid te realiseren, terwijl de losmaakbaarheid behouden blijft (luchtdichtheidsklasse 4 volgens NEN-EN 12207). - Hoewel het product demontabel is, zorgt de toepassing van nieten voor een lagere losmaakbaarheidsscore. De nieten zijn nodig om het product goed op z'n plek te houden. - Mits onbeschadigd kan de ingesealde glaswolisolatie worden hergebruikt. - Integratie met prefab elementen vraagt slimme en eenvoudige detaillering. Systeemdenken is essentieel en losmaakbaarheid is alleen haalbaar als het detail goed ingegreent in de logica/logistiek van prefab industrie. - Aandacht voor montagevolgorde en positionering van de dakvoetisolatie: Het systeem vereist zorgvuldige plaatsing voor een goede luchtdichting én een demontabele aansluiting. Bij onjuiste montage (bijvoorbeeld onvoldoende compressie, onvoldoende overlap of beschadiging van de folie) kan de prestatie afnemen en kunnen er luchtlekkages ontstaan. Bij een eerste kennismaking is een instructie gewenst. Bovendien is er een duidelijk (taalafhankelijk) instructiefilm beschikbaar. In de praktijk blijkt dit goed te werken. - Gebruik van zwaardere, scheurvaste glijfolie, zodat de dakelementen nastelbaar zijn tijdens de montage — zonder dat de folie scheurt.	
Uitdagingen	Vrij wel geen praktijkervaring met hergebruik.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?		
Schaduwkosten/MKI	Er is nog geen officiële LCA-analyse gedaan.	
Overige opmerkingen	Voor de AIRTIGHT-producten is er bewust gekozen voor mono-materialen. - Glaswol (100% recyclebaar). - Eénkleurige, onbedrukte kunststoffolies. Deze zijn eenvoudig van elkaar te scheiden en geschikt voor bestaande én toekomstige recyclingstromen. Er is geen sprake van een terugnamegarantie. Wanneer er echter een einde levensscenario wordt gedeclareerd, is het voor de (prefab) bouwelementen waarin deze producten zijn toegepast mogelijk om een terugname- of hergebruikgarantie te bieden.	

Details, lessons learned en uitdagingen

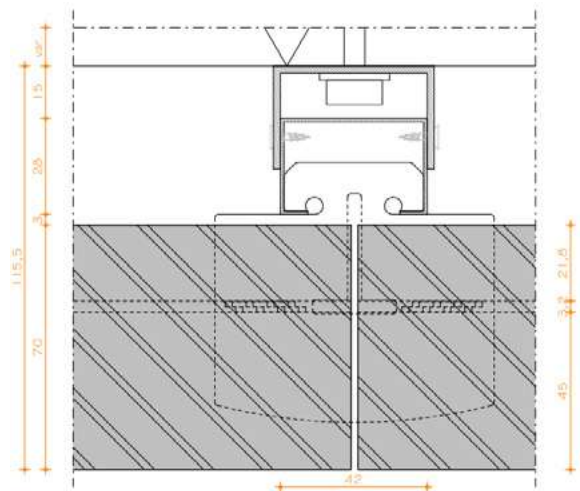
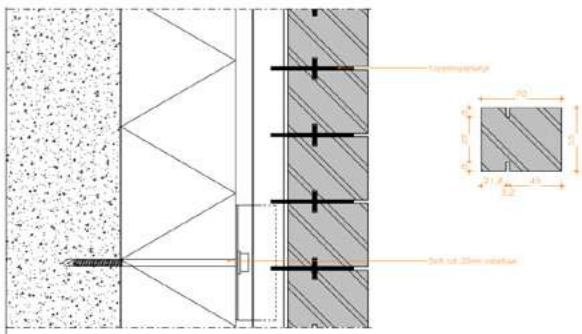
03. Betonnen gevelsteen

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Betonnen gevelsteen		
Niveau losmaakbaarheid	Product / materiaal		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use) en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



1: Gevelaanzicht betonsteen (MBI GeoStylstix)

2: Magnelis staalprofielen + koppelingsplaatje



3: Doorsnede betonsteen gevel

4: Koppelingsplaatje in Magnelis staalprofiel

Figuur 1 en 2: Gevelaanzicht; bron: Ingenii Bouwinnovatie

Figuur 3 en 4: Principes losmaakbaarheid betonsteen gevelsysteem; bron: Fassat



Details, lessons learned en uitdagingen

03. Betonnen gevelsteen

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Droge verbinding (1,00) op product niveau (betonsteen) Op element niveau (0,80): verbinding met toegevoegde	Het betreft hier een gevelsysteem van Fassat met MBI GeoStylistix (betonsteen). Losmaakbaarheid is bedoeld om hergebruik of hoogwaardige recycling in de toekomst mogelijk te maken. Er is in deze situatie sprake van twee typen verbindingen: 1. Koppeling tussen stenen, door een kunststof koppelingsplaat, zie figuur 3 en 4; 2. Koppeling tussen stenen en achterconstructie door de kunststof koppelingsplaat en het Magnelisstaalprofiel (zie figuur 4). De kunststof koppelstrip klemt in een sleuf die in de stenen is ingefreesd. Vervolgens worden de elementen spelingsvrij vastgezet in het verticale C-profiel dat daarachter zit. Deze Magnelis staalprofielen worden uitgelijnd en vastgeschroefd in de U-klemmen, die op de hardschuim spouwmuurisolatie of op HSB-elementen zijn geplaatst. De U-klemmen zelf worden met montagepluggen bevestigd aan de achterliggende dragende muur. N.b.: op de foto's is een systeem te zien zonder U-klemmen. De Magnelis staalprofielen zijn rechtstreeks op het HSB-element bevestigd.
Lessons learned	• Om met stenen droge verbindingen te realiseren, zijn altijd extra verbindingselementen nodig (meestal t.b.v. de stabiliteit), kunststof koppelings plaatjes. Dit zorgt weliswaar voor meer materiaalgebruik, maar maakt hergebruik van de stenen mogelijk. • Deze verbindingen zijn relatief eenvoudig, waardoor montage en demontage makkelijker verlopen. • De volledige scheiding van materialen maakt het systeem geschikt voor recycling en hergebruik. • Er is al ervaring met het loshalen van de stenen bij enkele proefmuren. De kunststof clips kunnen met een schroevendraaier eenvoudig worden losgewipt. • De kwaliteit (en plaats) van de zaagsnede in de stenen is een belangrijk aspect. Kwaliteitscontrole van de zaagsnedes is noodzakelijk. • Het systeem is geschikt tot maximaal twee bouwlagen.	
Uitdagingen	• Vanwege de verwachting van wat meer vochtdoorslag (door 'open' voegen) wordt geadviseerd een waterwerende/-afstotende isolatie in de spouw toe te passen — bijvoorbeeld een isolatie voorzien van een (alu) cachering. Bij hsb-elementen is vaak al een waterwerende folie of plaat aanwezig. • Verankering volgens advies constructeur. • De brandvoortplantingsklasse van het systeem (end-use) moet nog worden onderzocht. • Fassat werkt nog niet met een terugnamegarantie. Er is nog geen ervaring met de eventueel kwaliteitsverlies van stenen na x-jaar (het systeem is pas in 2025 op de markt gekomen).	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Binnen dit systeem worden kunststof clips toegevoegd. Het aantal/m ² is afhankelijk van de steenlengte. Gedacht moet worden aan 35–45 anker- of koppelingsplaatjes per m ² gevel.	
Schaduwkosten/MKI	De milieubelasting van dit product is vooral toe te rekenen aan de productiefase van de verschillende onderdelen. De betonstenen zijn ook met een recyclelaar (tot 60% re-use kernbeton) leverbaar. Daarnaast komt de milieu-impact van de kunststof verbindingselementen en eventuele spouwankers erbij. De milieu-impact van dit product / systeem is nog niet berekend. Dit product / het systeem is nog niet opgenomen in de NMD.	
Overige opmerkingen		



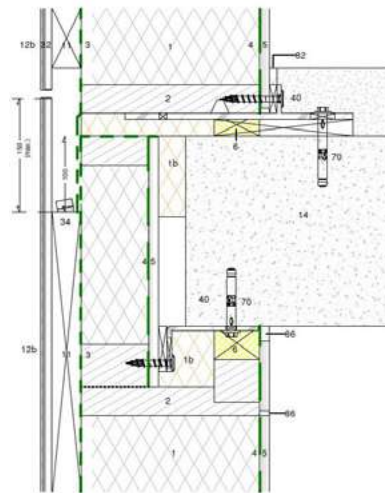
Details, lessons learned en uitdagingen

04. Houten binnenspouwblad in betonnen casco

Draagstructuur	Betonnen casco	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Houten binnenspouwblad in betonnen casco		
Niveau losmaakbaarheid	Element (2d)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use) en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken.		



1: HSB-element in fabriek



2: Doorsnede HSB-element met betoncasco.



Figuur 3: Plaatsing steigerloze HSB-elementen

Bronnen: Brochure WEBO Beng- NOM Element



Details, lessons learned en uitdagingen

04. Houten binnenspouwblad in betonnen casco

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Op Element niveau: Verbinding met toegevoegd element: schroeven(0,8)(	De HSB-elementen zijn met stalen verankeringen bevestigd aan het betonnen casco. Deze bevestigingen bevinden zich aan de boven- en onderzijde van het element en worden gerealiseerd met toegevoegde verbindingselementen (schroeven en bouten/moeren) De ankers worden vóór het plaatsen van de hsb-elementen aan het casco bevestigd. Daarna worden de elementen geplaatst en vastgeschroefd / vastgebout. Vervolgens wordt de plek van bevestiging met minerale wol gevuld en wordt een houten lat en binnenbeplating aangebracht. Om de verbindingen, bij vervanging of hergebruik, te kunnen bereiken, moeten eerst de dekvloer en een deel van de aftimmering tussen het HSB-element en de onderzijde van de vloer worden verwijderd. In de basis kunnen alle HSB-elementen uit het casco worden gedemonteerd en in de toekomst worden hergebruikt. Afhankelijk van de toegepaste materialen is ook de gevelbekleding geschroefd aangebracht, net als de spijkerregels die bevestigd zijn op de HSB-structuur.
Lessons learned	- Verdekte bevestiging aan de binnenzijde: Door het steigerloos-principe (gevelbekleding loopt voor de vloerrand langs) worden alle verbindingen aan de binnenzijde van het gebouw aangebracht. Het losnemen van de elementen is hierdoor eenvoudiger mogelijk zonder de buitenafwerking te beschadigen. - Flexibele gevelafwerking: Gevelbekleding en kozijnen zijn meestal ook geschroefd en de spijkerregels zijn demontabel bevestigd. - Toekomstgericht ontwerpen: Deze losmaakbare opbouw sluit aan bij circulaire bouwprincipes, met oog voor aanpasbaarheid, onderhoud, vervanging en het verlengen van de levensduur. - Voor demontage moeten eerst de dekvloer en omliggende elementen worden verwijderd (dus omgekeerde bouwvolgorde). De hoofd draagstructuur hoeft echter niet te worden gedemonteerd, wat onderhoud, flexibiliteit en aanpasbaarheid van de gevel vergemakkelijkt. - Het transport vindt plaats met stalen bokken, waar de elementen op zijn vastgezet. De elementen zijn tijdens transport afgedekt met folie/zeil. De doorstekende delen van de HSB-elementen zijn sterk genoeg voor het transport en hijsbewegingen. - De waterdichting in het verticale vlak ligt in één lijn en de overlap van de waterwerende en dampdoorlatende folie, in combinatie met de loketafwatering per bouwlaag (dit is een 'bakje' die per laag het water van de verticale koppelingen naar buiten afvoert), zorgt voor een goede waterdichting. - Naden tussen HSB-elementen en casco worden met (flex) PU-schuim gedicht. Naden kleiner dan 10 mm worden afgekit. Hiermee wordt een lage c-waarde (en lage qv;10) gerealiseerd. Voor het loshalen is dit nog niet de beste oplossing maar kit en PUR-resten kunnen eenvoudig worden verwijderd. Zonder deze materialen zijn vooralsnog de aansluitingen niet goed luchtdicht te krijgen.	
Uitdagingen	- Beperkte bereikbaarheid van de verbindingen: De verankering is vaak weggewerkt (bijvoorbeeld binnen in het element). Hierdoor zul je eerst de binnenafwerking moeten weghalen om bij de verbinding te kunnen. - Normaliter worden de HSB-elementen van onder naar boven gemonteerd en hebben de HSB gevelsluitende elementen een lange levensduur (50+ jaar) zodat tussentijdse vervanging niet nodig is. Echter de mogelijkheid van vervanging is er wel. Hier is echter nog maar beperkt ervaring mee.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Geen	
Schaduwkosten/MKI	Het product is (nog) niet opgenomen in de NMD. WEBO is hier wel mee bezig.	
Overige opmerkingen	De steigerloze HSB-elementen zijn met verschillende gevelafwerkingen leverbaar.	

Details, lessons learned en uitdagingen

05. Binnenwandsysteem

Draagstructuur	Betonnen casco	Layer Brand	SPACE PLAN
Omschrijving detail	Binnenwandsysteem		
Niveau losmaakbaarheid	Producten / materiaal		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use) en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



2



3



4



5

Figuur 1: Modules en panelen

Figuur 2, 3, 4 en 5: Onderdelen JUUNOO-systeem: koppeling, schroefpunten, tapes en quickspan



Figuur 6: Bevestiging panelen met tape

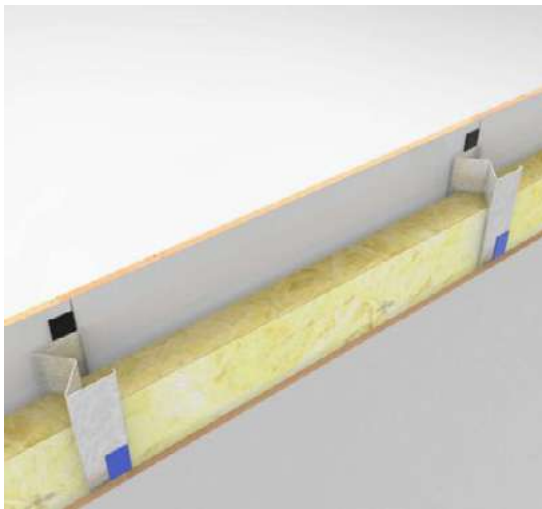


Figuur 7: Bevestiging panelen met schroeven

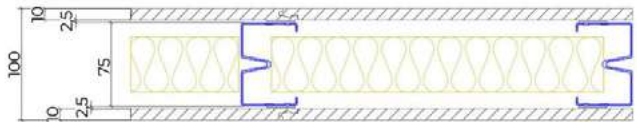


Details, lessons learned en uitdagingen

05. Binnenwandsysteem



Figuur 8: Doornede binnenwandsysteem



Figuur 9: Doornede binnenwandsysteem

Principes losmaakbaarheid binnenwand elementen; bron: JUUNOO

Keuzes losmaakbaarheid:

Type verbinding:

Verbinding met toegevoegde elementen (schroef) (0,80)

Op productniveau – klikverbinding panelen en JUUNOO tape (1,00)

Het JUUNOO binnenwand-systeem is bedoeld om circulair te zijn en hergebruik in de toekomst mogelijk te maken. De modules kunnen (met een terugkoopgarantie) na een eerste levensduur in nieuwe projecten worden hergebruikt. Verouderde panelen worden gerecycled tot materialen voor nieuwe panelen.

Het product is aanpasbaar aan installaties en verschillende vloeren/plafonds (zoals bijvoorbeeld een verhoogde vloer).

Er is in deze situatie sprake van 3 typen verbindingen voor de modules en 2 typen verbindingen voor de panelen:

1. Koppeling van de module aan de vloer/het plafond — met schroeven (zie figuur 3);
2. Koppeling van de module aan de vloer/het plafond — met JUUNOO tape (zie figuur 4);
3. Koppeling tussen de modules — met kliksysteem, schroeven en/of quickspan, dus met toegevoegd element (zie figuur 2 en 5);
4. Koppeling tussen panelen met kliksysteem en JUUNOO tape (zie figuur 6);
5. Koppeling tussen panelen met schroeven (figuur 7).



Details, lessons learned en uitdagingen

05. Binnenwandsysteem

Lessons learned	• Losmaakbaarheid is afhankelijk van de stabiliteit en integriteit van het product. In sommige situaties zijn schroeven meer geschikt, terwijl in andere gevallen JUUNOO-tape kan worden gebuikt. De bevestigingsmiddelen (schroef of tape) bepalen in hoeverre het product makkelijker of moeilijker los te maken is. • Voor sommige situaties, zoals een brandwerende wand, is er meer materiaal nodig en kan tape niet worden gebruikt (bijvoorbeeld meerdere lagen panelen die vasgeschroefd moeten worden). • Voorkeur is een bevestiging met tape. Echter bij deuren vindt de montage plaats met schroeven (i.v.m. de stabiliteit). De studs worden altijd aan het plafond (bandraster of bouwkundig) geschroefd. Deze elementen hebben meer stabiliteit nodig, wat alleen kan worden bereikt met schroeven. • Toepassing van meer tape betekent dat schade door schroefgaatjes in mes en groef wordt voorkomen en daarmee het hergebruikpotentieel van de panelen verbetert.
Uitdagingen	• Slijtage of beschadiging bij demontage: hoewel JUUNOO inzet op herbruikbaarheid, kunnen de mechanische verbindingen, panelen en frames onderhevig zijn aan slijtage bij frequente demontage. • Een uitdaging bij terugkoop is het behouden van de kwaliteit van de panelen. Dit vraagt om slimme keuzes voor montage en constructie. Minder schade, bijvoorbeeld door het gebruik van tape, betekent meer kans op hergebruik. Alleen panelen in goede staat worden teruggekocht. • JUUNOO heeft ervaring met hergebruik van de stalen studs (tot 30 keer herbruikbaar). • De clickpanelen kunnen een aantal keer hergebruikt worden. Dit hangt echter sterk af van hoe er met de clickpanelen wordt omgegaan. Toepassing van mdf-panelen en het mes- en groefstelsel is kwetsbaarder voor beschadigingen dan de stalen studs. • Indien de clickpanelen geschroefd worden bevestigd, i.p.v. met de JUUNOO tape, zal het aantal keren hergebruik dalen tot circa 5 x omdat de schroeven die in het mes worden geschroefd gaatjes achterlaten.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er wordt gebruikgemaakt van mechanische verbindingen/tape op drie punten (aan de vloer/plafond, tussen modules, panelen, deuren) — zie ook de beschrijving onder punt: 'keuzes losmaakbaarheid'.
Schaduwkosten/MKI	De milieubelasting van dit product is vooral toe te rekenen aan de productiefase van de verschillende onderdelen. Maar omdat het systeem is ontworpen voor volledig hergebruik en recycling, wordt de milieubelasting over de hele levensduur verminderd. De Milieukosten voor dit product zijn berekend en opgenomen in de NMD.
Overige opmerkingen	Dit binnenwandsysteem is anders dan de al bekende systemen. Door de losmaakbaarheid en het gebruik van dikker staal (staal is 33% dikker dan bij reguliere Metal Stud-profielen) ligt de initiële aanschaf hoger dan bij een traditionele Metal-Stud-wand. Na het eerste hergebruik wordt de wand echter al goedkoper en vaak ook voordeliger dan traditionele systeemwanden. Bij terugkoop wordt voor de beplating 10% van de waarde vergoed, 30% voor studs en 20% voor glas en pods. De teruggenomen producten worden gecontroleerd op herbruikbaarheid en moeten geschikt zijn voor verkoop als weedehands of gebruikt materiaal. De terugkoopwaarde ('buy-back') wordt altijd vermeld in de offerte, zodat vooraf duidelijk is tegen welke prijs de materialen kunnen worden teruggeleverd.

Details, lessons learned en uitdagingen

06. Verhoogde (computer) vloer

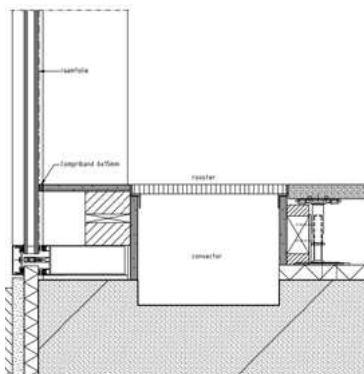
Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	SPACE PLAN
Omschrijving detail	Verhoogde (computer) vloer		
Niveau losmaakbaarheid	Product / element		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use), flexibiliteit, aanpasbaarheid en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



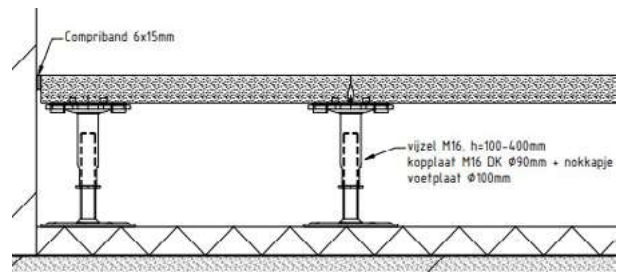
Figuur 1: Verhoogde vloer / vloertegel



Figuur 2: Verhoogde vloer



Figuur 3: Detail (aansluiting gevel) verhoogde vloer



Figuur 4: Doorsnede

Bronnen:

Figuur 2: Knauf DB Green

Figuur 1, 3 en 4: Detailboek Verhoogde vloer — Maasdam



Details, lessons learned en uitdagingen

06. Verhoogde (computer) vloer

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Op Element niveau: Lijm of chemische verbinding: (0,10) Op productniveau: (1,00) droogverbinding (Tussen panelen) en/of harde chemische verbinding (0,10)	De modulaire verhoogde (computer)vloer (Product Maasdam DB Green computervloer (produced by Knauf)) is specifiek ontworpen om eenvoudig demontabel te zijn, met het oog op hoogwaardig hergebruik, aanpasbaarheid en flexibiliteit. Eenvoudig onderhoud of vervanging en scheiding van producten/materialen (t.b.v. recycling) is mogelijk. De verhoogde vloer wordt geplaatst boven op de constructieve vloer. De vijzels (verstelbare dragers) worden altijd aan de ondergrond verlijmd, wat resulteert in een score van 0,10 op losmaakbaarheid (elementniveau). Ze kunnen echter met een hamer worden losgeslagen en zijn daarna recyclebaar. Op productniveau bestaat de vloer uit vloerpanelen en verstelbare vijzels (zie hiervoor figuur 4). Voor extra stabiliteit en afwerking worden ook randprofielen en afwerkstroken toegepast. De vloerpanelen liggen los tegen elkaar aan, dit betreft een droge verbinding (score 1,00), en zijn 100% recyclebaar (grondstof is homogeen calciumsulfaat).
Lessons learned	• Verhoogde vloerconstructie met droge verbinding tussen de panelen zorgt voor snelle en eenvoudige installatie en maakt eenvoudige toegang mogelijk tot de installaties in de ruimte eronder. • Beperkte impact bij aanpassing of vervanging, omdat delen vervangen kunnen worden zonder schade aan omliggende componenten	
Uitdagingen	De panelen liggen los en zijn uitneembaar, maar de vijzels worden nog wel vastgelijmd. Uitdaging is om die ook nog losmaakbaar te installeren. Hier is nog geen oplossing voor	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Geen	
Schaduwkosten/MKI	Het product is opgenomen in de NMD onder de titel: Maasdam Complete RAF System met nummer #nmd_95223 (30mm) en #nmd_201370 (36mm).	
Overige opmerkingen	Dit product is geschikt en getest in betonnen en houten gebouwconstructies op akoestiek, brand en belasting. Rapporten op aanvraag bij leverancier Maasdam.	

Details, lessons learned en uitdagingen

07. Schiet-schroefnagels, mechanische bevestigingsmiddelen met een schroefvormig profiel

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	STRUCTURE / SKIN / SPACE PLAN
Omschrijving detail	Schiet-schroefnagels, mechanische bevestigingsmiddelen met een schroefvormig profiel		
Niveau losmaakbaarheid	Product		
Reden losmaakbaarheid	De nagels kunnen worden losgeschroefd. Dit maakt losmaakbaarheid van de omliggende producten mogelijk		



Figuur 1: Schiet-schroefnagels in houten ondergrond



Figuur 2: Tacker



Figuur 3: Schiet-schroefnagels

Bron: Paslode



Details, lessons learned en uitdagingen

07. Schiet-schroefnagels, mechanische bevestigingsmiddelen met een schroefvormig profiel

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Op product niveau: met toegevoegde element (0,80)	Schiet-schroefnagels zorgen voor een mechanische verbinding. De schietnagels hebben een schroefprofiel wat demontage mogelijk maakt en daarmee vormt deze verbinding een goed alternatief voor situaties waarin omliggende producten (hout) behouden of hergebruikt / gerecycled kunnen worden. Ook het verwijderen van plaatmaterialen tijdens de onderhoudsfase wordt met deze schiet-schroefnagel vergemakkelijkt.
Lessons learned	• Tussenoplossing tussen nagelen en schroeven. Schiet-schroefnagels combineren snelheid (zoals nagels) met betere grip (zoals schroeven). Ze vormen een bruikbare tussenoplossing waar snelheid gewenst is en hergebruik (vervanging) ook mogelijk is. • Er is nog geen ervaring met hergebruik van plaatmaterialen die met deze nagels zijn vastgeschoten. Enkele prefab bedrijven gebruiken deze schroeven bij elementen voor natte ruimtes zodat ze tijdens het bouwproces de plaat er deels af kunnen halen voor aansluiting water, electra, e.d.	
Uitdagingen	• Beperkte losmaakbaarheid zonder schade: hoewel de nagels technisch los te schroeven zijn, is de kans op beschadiging (los van de schroefgaten) aanwezig. Voor het losschroeven wordt er op de tacker een rubber neusstukje geplaatst waardoor beschadiging van het omliggende materiaal vrijwel niet gebeurt. • De schiet-schroefnagels kunnen alleen met speciaal gereedschap (fabrikant-eigen) worden bevestigd. • Beperkte herbruikbaarheid van het bevestigingsmiddel zelf.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Geen	
Schaduwkosten/MKI	n.v.t.	
Overige opmerkingen	Meer informatie bij Paslode: https://www.youtube.com/watch?v=FQW8RhmbEYk	



Details, lessons learned en uitdagingen

08. Modulaire, remontabele badkamers

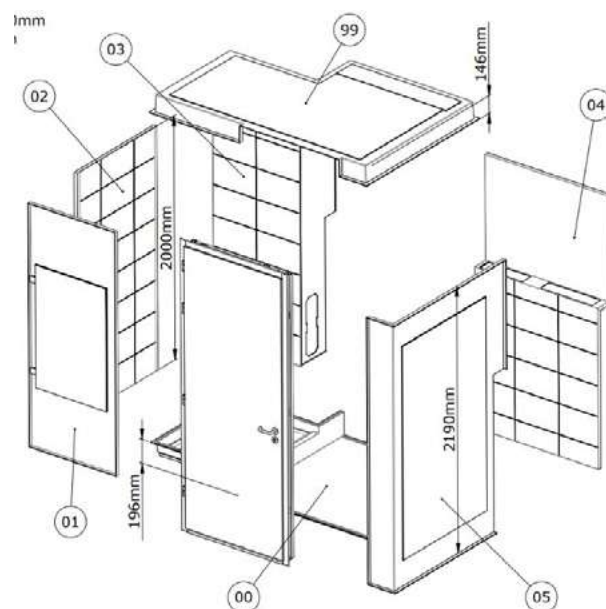
Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	SPACE PLAN / STUFF
Omschrijving detail	Modulaire, remontabele badkamers		
Niveau losmaakbaarheid	Element (2d) en module (3d)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use) en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



Figuur 1: S-pod module als geheel



Figuur 2: Installatie van elementen



Figuur 3: Elementen t.b.v. S-pod

Bron: S-pod Benelux, brochure en <https://s-pod.nl/>



Details, lessons learned en uitdagingen

08. Modulaire, remontabele badkamers

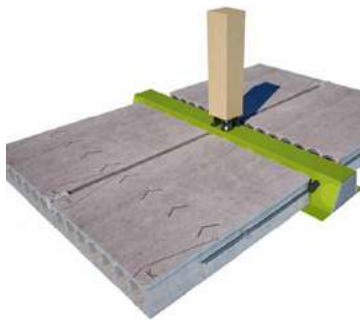
Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Op moduleniveau: droge verbinding: (1,0) Op elementniveau: (0,8) schroefverbinding	De prefab badkamerunits (S-pod) zijn specifiek ontworpen om demontabel te zijn, met het oog op hoogwaardig hergebruik in een ander project, eenvoudig onderhoud of vervanging en scheiding van producten/materialen ten behoeve van recycling. De modules (units) kunnen via de gevel worden geplaatst en daardoor volledig voorgeassembleerd worden aangeleverd. Er zijn geen verbindingsmiddelen nodig. Indien de gevel gesloten is kan plaatsing ook in delen geschieden. Op elementniveau (wanden, vloer, plafond) worden schroefverbindingen toegepast. Er worden aan de binnenzijde (afwerking) geen kitvoegen toegepast. Tussen de elementen wordt een dichtingsrubber toegepast. Aan de buitenzijde wordt S-pod afgewerkt met een metalstud voorzetwand of andere afwerkingsmaterialen.
Lessons learned	• De modules worden zonder kit, schuim of cement geplaatst. Hierdoor zijn ze in hun geheel demontabel voor hergebruik, verplaatsing of onderhoud. • De module is in z'n geheel demontabel, echter er moet wel rekening worden gehouden met de wijze waarop de voorzetwanden of afwerking wordt aangebracht. Het heeft de voorkeur om deze ook losmaakbaar op de module te brengen. • Het is essentieel om niet alleen te kijken naar de levensduur van de module als geheel (30 jaar), maar ook naar de onderhouds- en vervangingsstrategie van de deelcomponenten. Alleen dan kan losmaakbaarheid bijdragen aan circulariteit én functioneel behoud over 30 jaar.	
Uitdagingen	• De gebruikte afwerkingsmaterialen (tegels, folies, etc.) bepalen of ook de binnenafwerking circulair kan worden hergebruikt of gescheiden verwerkt. Dus de materiaalkeuze voor de binnenzijde beïnvloedt de totale milieupact. • Aansluitingen tussen de S-pod en de bouwkundige schil, evenals de overgangen tussen materialen binnen de unit (zoals vloerbak en wandpanelen), moeten zorgvuldig worden afgedicht; bij langdurige vochtbelasting of onzorgvuldige plaatsing kunnen kieren ontstaan die leiden tot waterinfiltratie en lekkages. In de detaillering van de S-pod is er een rubberdichting opgenomen.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Geen	
Schaduwkosten/MKI	Er is een officieel LCA-rapport (EPD) beschikbaar voor Franse markt (NF EN15804+A2/CN). Het product is nog niet in de NMD opgenomen. De losmaakbaarheid is volgens ISSO Rekenplatform 'Tool Losmaakbaarheid' op basis van de Meetmethodiek Losmaakbaarheid van DGBC, berekend op een waarde van 0,89.	
Overige opmerkingen	Er is aantoonbare ervaring met de terugname van eerder geplaatste prefab badkamers. Deze worden opgeknapt en opnieuw ingezet, wat bijdraagt aan een circulaire gebruikscyclus van het product.	



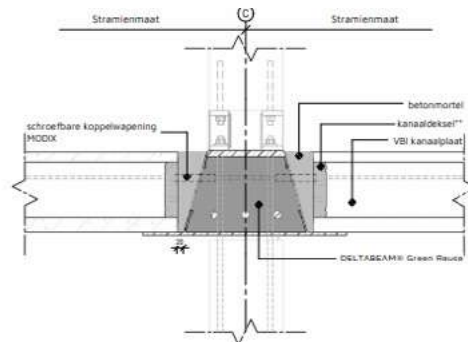
Details, lessons learned en uitdagingen

09. Kanaalplaatvloer, aansluitend op hoedligger

Draagstructuur	Stalen / houten kolommen en prefab betonvloer	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Kanaalplaatvloer, aansluitend op hoedligger		
Niveau losmaakbaarheid	Element		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



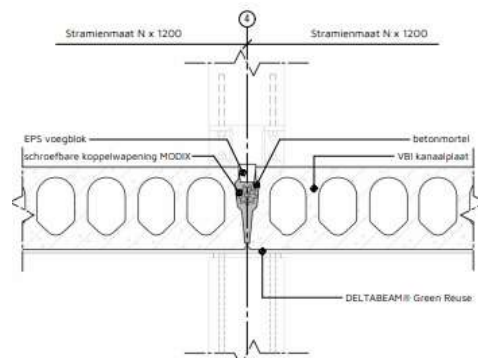
Figuur 1: Verdiepingsvloer aansluiting middenkolom 3d



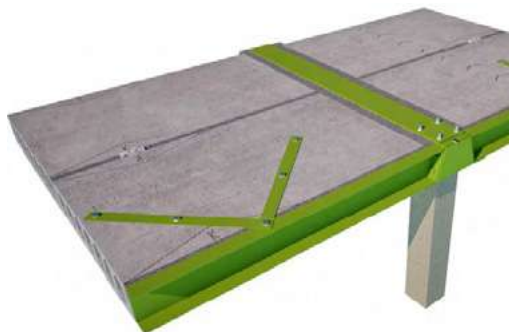
Figuur 2: Doorsnede vloeren-hoedligger



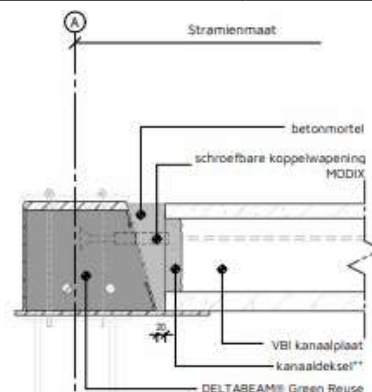
Figuur 3: Verdiepingsvloer



Figuur 4: Doorsnede kanaalplaatvloeren (kelk)



Figuur 5: Aansluiting vloer-gevelkolom



Figuur 6: Randaansluiting

Bronnen: VBI principedetails remontabel bouwen



Details, lessons learned en uitdagingen

09. Kanaalplaatvloer, aansluitend op hoedligger

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Op Element niveau: Verbinding met toegevoegde verbindingselementen, 0,80. (voegen worden afgestort met beton)	Het betreft hier een remontabele kanaalplaatvloer van VBI in een hoedligger van Peikko. De focus binnen deze detaillering ligt op hoogwaardig hergebruik van prefab betonvloeren. Er zijn 3 verbindingen: 1. Koppeling van de vloerelementen aan de stalen ligger: dit gebeurt door een droge oplegging en een koppelstaaf in de voeg tussen de elementen. 2. Koppeling tussen twee vloerelementen: voegvulling van beton zonder wapening. 3. Optioneel: koppeling van de vloerelementen ter plaatse van de langs- en kopgevel, om het vloerveld rondom op te sluiten ten behoeve van schijfwerking.
Lessons learned	- De vloer ligt zonder centreerstrip op de hoedliggers. De ruimte tussen plaatkop en de Deltabeam (van Peikko) wordt aangevuld met mortel. Ook de voegen tussen de vloeren worden afgestort. Ondanks dit beton kunnen de delen zonder noemenswaardige schade worden gescheiden. Zie het filmpje via: Circulaire proefopstelling VBI en Peikko succesvol geremonteerd – VBI. - Deze verbindingen zijn bedoeld om toekomstig hergebruik/demontage en remontage mogelijk te maken, maar niet voor het tussentijds uitnemen van vloerelementen. - Ontwerpen voor demontage en herbruikbaarheid moet vanaf het begin van het specifiek project het uitgangspunt zijn. - Modulaire maatvoering van vloervelden met volle plaatbreedtes (n x 1.200 mm) heeft de voorkeur. Dit zorgt voor optimale herbruikbaarheid en waardebehoud. - Voer geïntegreerde liggers torsiestijf uit, net als de verbinding met de kolommen. Gebruik voegmortel C12/15 of maximaal C20/25. De Deltabeam (van Peikko) is torsiestijf door de betonvulling. - Pas bij voorkeur geen kanaaldeksels toe maar dek de plaatkop af met vlak plaatmateriaal, zodat er geen beton in de kanalen loopt. Tenzij de hoofdconstructeur kanaaldeksels voorschrijft. - Werk de bovenzijde van de vloer bij voorkeur af met droge materialen. Druklaagloos construeren is voorwaardelijk voor herbruikbaarheid. Zie https://vbi.nl/wp-content/uploads/2025/07/ORL02-001-Druklaagloos_bouwen_utiliteitsbouw.pdf - Neem geen installatieleidingen in de vloer op. Het toepassen van een verhoogde (computer)-vloer is hier een goede oplossing. - Stem remontabele detailleringen en maatvoeringen vroegtijdig af met terzake kundige partijen zodat neuzen één kant op wijzen! - Realiseer je dat remontabel bouwen nieuw en anders is, zowel in ontwerp- als in bouwfase.	
Uitdagingen	- Verbinding tussen de elementen met betonmortel beperkt losmaakbaarheid nauwelijks: om de kanaalplaten ter plaatse van de voeg uit elkaar te halen, is een hydraulische spreader nodig. - Kanaalplaten opgesloten tussen dragende wanden of andere elementen: Hierdoor is loshalen complex zonder eerst andere delen, bij renovatie of transformatie, te demonteren. Dit maakt het systeem niet geschikt voor tussentijdse demontage van verdiepingsvloeren.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig. Er zal minder materiaal gebruikt worden, onder andere doordat er geen druklaag wordt toegepast en koppelingen minder beton vergen.	
Schaduwkosten/MKI	De milieukosten van VBI-vloeren staan in de NMD. EPD's zijn beschikbaar via de website van VBI.	
Overige opmerkingen	Volledige informatie beschikbaar via: https://vbi.nl/wp-content/uploads/2024/03/PDRB01-003-Principedetails_remontabel_bouwen-utiliteitsbouw.pdf	

Details, lessons learned en uitdagingen

10. Prefab modulair betoncasco, voor milieustraten (afvalbrengrstations)

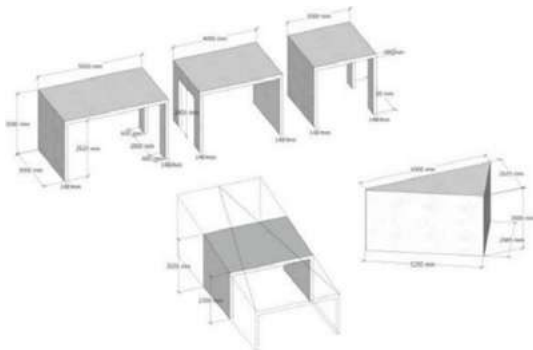
Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Kanaalplaatvloer, aansluitend op hoedligger		
Niveau losmaakbaarheid	Modules (3d)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (reuse) en om flexibel/snel te zijn in verschillende configuraties		



Figuur 1: Koppeling met de vloer-fundering



Figuur 2: Koppeling van U-modules tegen elkaar



Figuur 3: Varianten (configuraties)



Figuur 4: Koppeling van U-modules tegen elkaar



Figuur 5 - Toepassen van een rubber band (afdichting) tussen betonelementen



Figuur 6- Modulo elementen uit een bestaande constructie (KCA-depot) worden hergebruikt

Bron: Modulo Milieustraten (Prefab modulaire milieustraten - Modulo Milieustraten)



Details, lessons learned en uitdagingen

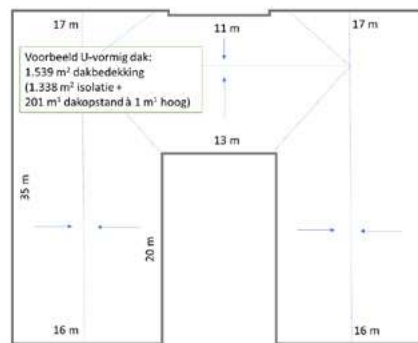
10. Prefab modulair betoncasco, voor milieustraten (afvalbrengstations)

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	De modulaire cascos (fabrikant Modulo) zijn specifiek bedoeld voor afvalbrengstations (milieustraten). De elementen zijn verkrijgbaar in verschillende hoogten tot 3 m en in diverse afmetingen: 3 x 3 meter, 3 x 4 meter, 3 x 5 meter en driehoeken (zie figuur 3). Het modulaire U-element kan op verschillende manieren en onder uiteenlopende omstandigheden worden samengesteld. Bij afvalbrengstations is het mogelijk om onder het bordes (verblijf)ruimtes te creëren, zoals bijvoorbeeld sanitair, voertuigstalling en werkplaatsen. Dit levert dubbel grondgebruik op. Bij deze modulaire casco's worden drie verbindingsmethoden in twee functies toegepast: • Koppeling met de vloer/fundering (zie figuur 1). De elementen worden niet aan de vloer gekoppeld. Er wordt alleen een afdichting aangebracht. • Plaatsing van de U-modules tegen elkaar (figuur 2 en 4) De koppeling tussen de elementen gebeurt met BTkoppelingen, bouten en (platen), waardoor het geheel volledig demontabel is en hergebruik mogelijk maakt. De losmaakbaarheidsscore van een Modulo-milieustraat is volgens de methodiek van de DGBC bepaald op 90%.
Lessons learned	• De verbinding is bedoeld als droge verbinding binnen een prefab bouwsysteem. • Voor waterafdichting wordt tussen de betonelementen een afdichtband (RubberElast®) toegepast. Dit band wordt bij montage van de elementen samengeperst door een spanverbinding (Zie figuur 5). • Aan de buitenzijde ontstaan tussen de onderlinge betonelementen verschillende voegen. Deze voegen worden afgekit. • Inmiddels hebben diverse demontages plaatsgevonden. Hieruit blijkt dat de elementen goed te demonteren zijn en in goede staat verkeren. Voorbeeld: twee circulaire en modulaire KCA-depots in Rotterdam zijn zes jaar na ingebruikname gedemonteerd en samengevoegd op een nieuwe locatie (zie figuur 6). • Voor meerdere gemeenten is onderzoek gedaan naar de verplaatsing van een volledige milieustraat naar een nieuwe locatie. De resultaten laten zien dat, dankzij standaardisatie, vrijwel alle elementen opnieuw kunnen worden toegepast in het nieuwe ontwerp. De overige elementen zijn beschikbaar gekomen voor inzet in een ander project. • Alle verbindingingsmiddelen en installaties zijn in zicht.	
Uitdagingen	• Beton kan gevoelig zijn voor scheurvorming bij hijsen of boren; Zorgvuldigheid is geboden bij het plaatsen en koppelen van de elementen zodat eventuele scheuren in het beton worden voorkomen.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er wordt gebruikgemaakt van mechanische verbindingen op twee manieren: 1. Koppeling met de heipaal: met behulp van bouten, schroeven en staalplaten. 2. Plaatsing van de U-modules tegen elkaar: de elementen worden met stalen BT- of bout-moerkoppelingen aan elkaar verbonden. Extra materiaal is hierbij beperkt. Het gaat om gangbare verbindingen bij prefab beton. De elementen worden niet aan de vloer gekoppeld; hier wordt uitsluitend een afdichting aangebracht	
Schaduwkosten/MKI	De milieubelasting van dit product komt met name door de grondstoffen (cement) productie. Door toepassing van ecogranulaat wordt de milieu-impact verlaagd. Omdat de Modulo-milieustraten zijn ontworpen voor volledig hergebruik, wordt de milieubelasting over de gehele levensduur gereduceerd. Het product is opgenomen in de Nationale Milieudatabase (NMD), met milieukosten (MKI A1) van € 132 bij een levensduur van 40 jaar.	
Overige opmerkingen	Volgens de methodiek van de DGBC behaalt een Modulo-milieustraat een losmaakbaarheidsscore van 90%. Dit zorgt voor een financiële restwaarde. Er geldt een inruilgarantie op de elementen. Elementen die bij aanpassing overblijven, worden opgenomen in de Re-use elementenpool en kunnen opnieuw worden toegepast in nieuwe projecten. De betonconstructie, opgebouwd uit betonelementen, voldoet aan een brandwerendheid van 60 minuten (WBDBO).	

Details, lessons learned en uitdagingen

11. Plat dak met EPS-isolatie en tweelaags bitumen dakbedekkingssysteem

Draagstructuur	Beton	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Plat dak met EPS-isolatie en tweelaags bitumen dakbedekkingssysteem		
Niveau losmaakbaarheid	Producten / materialen		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik (re-use) en hoogwaardige recycling in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



Figuur 1 (links): Dak voorzien van ballastlaag (grind) en zonnepanelen
Figuur 2 (rechts): Voorbeeld dak (schematisch)

Bron: Isobouw en Derbigum

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	Het platdak betreft hier een zogenaamd losliggend, geballast tweelaags bitumen dakbedekkingssysteem op een EPS – isolatiepakket. Losmaakbaarheid wordt hier toegepast op twee niveau's: 1) Voor de EPS-isolatie: om hoogwaardig hergebruik (isolatieplaat blijft isolatieplaat) en/of hoogwaardige recycling (insulation-to-insulation) mogelijk te maken 2) Voor het dakbedekkingssysteem: om hoogwaardigerecycling (roof-to-roof) mogelijk te maken. Hiervoor wordt het dakbedekkingssysteem vrijwel volledig losgelegd. Dit betekent dat op de dakbedekking een voldoende zware ballastlaag (grind / tegels) moet worden aangebracht. Doorgaans is dit een laag van 40 –60 mm afhankelijk van de ligging van het gebouw (windgebied, bebouwd/onbebouwd) en hoogte van de dakrand. Zowel de EPS-isolatieplaten als de dakbedekking liggen los. De EPS isolatie kan eenlaags met randspinning of tweelaags zonder (of met) randspinning gelegd worden. Beide lagen dakbedekking (onderlaag en toplaag) worden volledig aan elkaar verkleefd. Beide lagen worden in de toekomst dus als geheel van het dak verwijderd. Vanwege eisen voor brandveiligheid én eisen ten aanzien van het voorkomen van 'opwaaien van dakbedekking' wordt de dakbedekking tegen dakopstanden en rondom dakdoorbrekingen zoals daklichten en doorvoeren, altijd volledig verkleefd aan de verticale ondergrond (dus niet op de EPS-isolatie). Dit betreft slechts circa 13% van 1 m² dakvlak (o.b.v. het voorbeelddak in figuur 2). Dit deel van de dakbedekking zal laagwaardiger worden gerecycled. Er is namelijk sprake van niet-homogeen te scheiden materiaalstromen.
--------------------------------	---	---



Details, lessons learned en uitdagingen

11. Plat dak met EPS-isolatie en tweelaags bitumen dakbedekkingssysteem

Lessons learned	• Betondaken worden vaak voorzien van afschotisolatie. Het legplan is afgestemd op benodigd afschot én op vorm van het dak. Dit betekent dus dat platen in de toekomst alleen op vergelijkbare wijze kunnen worden herlegd. Doordat de afschotisolatieplaten gestandaardiseerd (afschot 15mm/m1 en dikte per 5 mm oplopend mogelijk) én gecodeerd zijn, is hergebruik in de toekomst realiseerbaar. Verdere standaardisering in afschotdiktes wordt door leverancier onderzocht. • Bij een tweelaags isolatiepakket wordt eerst een vlakke laag isolatie aangebracht. Hierop wordt de afschotisolatie aangebracht. In 1 m³ isolatie is 2/5 afschot en 3/5 vlakke plaat. • Bij zowel het aanbrengen van de isolatie als het demonteren na x jaar ontstaan beschadigingen (paswerk, doorvoeren en belopen dak). De verwachting is dat, ondanks deze beschadigingen, 67% van de EPS isolatie herbruikbaar is (o.b.v. het voorbeelddak in figuur 2). • Het niet-herbruikbare deel van de EPS-isolatie is wel tot 100% hoogwaardig recyclebaar naar nieuwe isolatieplaten. • Tussen 85 en 95% van de dakbedekking (o.b.v. het voorbeelddak in figuur 2) is hoogwaardig te recyclen. Dit is uiteraard afhankelijk van de detailleringen.
Uitdagingen	• Helaas kunnen de randstroken en stroken rondom dakdoorbrekingen nog niet volledig losmaakbaar worden gedetailleerd. Conflict tussen windbelasting / brandveiligheid en losmaakbaarheid is hier aanwezig. Details op dit gebied zitten nog in een eerste ideefase. • Hergebruik van isolatieplaten (als geheel) is naar verwachting goed mogelijk. Hoe hier omgegaan moet worden met certificering is nog onduidelijk (wordt nog door leverancier nader onderzoek naar gedaan). • Voor een maximaal % hergebruik zijn schadevrije demontage en transport van de betreffende producten essentieel. • Door te kiezen voor een losliggend dakbedekkingssysteem is een ballastlaag onvermijdelijk. Er zijn situaties denkbaar waarbij juist de dakbedekking (veelal met lichte kleur) niet mag worden afgedekt (i.v.m. koelend effect dakbedekking). Een losliggend systeem is dan niet meer mogelijk. Een partieel verkleefd/bevestigd systeem is dan het alternatief. Uiteraard heeft dit consequenties voor de losmaakbaarheid.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor een losmaakbaar losliggend geballast daksysteem. Het op deze wijze aanbrengen van dakbedekking is op zich al gebruikelijk in de bouw. Echter een ballastlaag is altijd nodig. Besparing van materiaal ten opzichte van een systeem zonder ballast komt door de stalen bevestigings (parkers / tules) voor dakbedekking én isolatiemateriaal die in dit geval zeer beperkt nodig zijn (normaal zeker 4-6 /m ²).
Schaduwkosten/MKI	De milieu-impact is niet in getal bepaald (zowel de IsoBouw producten als die van Derbigum staan wel in de NMD). De losmaakbaarheidsindex van het plat dak is bekend. Deze bedraagt: tussen 85 en 90% afhankelijk van de detailleringen.
	Er zijn geen extra kosten gemaakt (engineering, materiaal, etc) voor de realisatie van een dergelijke dakbedekkingssysteem. In het kader van TCO kan worden gemeld dat in de toekomst sprake is van vermindering van de stort/verwerkingskosten van de dakbedekking en isolatie en mogelijk is er ook sprake van een zogenaamde restwaarde.
Overige opmerkingen	Op de dakbedekking zit een terugnamegarantie. Het einde-levensduurscenario van EPS-isolatie zit, zonder hergebruik, op 65% hoogwaardige recycling (bron: Stybenex). Opmerking: Dakbedekking die volledig mechanisch bevestigd is (dus zonder grind ballastlaag) is ook goed te recyclen. De bevestigings, e.d. worden tijdens het recyclingproces verwijderd. Dit vergt uiteraard meer tijd (tijdens sloop) dan een losliggend geballast systeem zoals hier beschreven. Bovendien is hergebruik van isolatie niet goed meer mogelijk omdat alle isolatieplaten zijn geperforeerd.



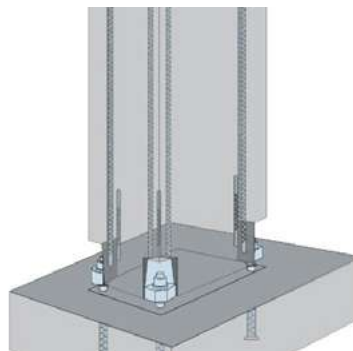
Details, lessons learned en uitdagingen

12. Prefab modulair verankeringsystemen: kolom- en wandschoen

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Prefab modulair verankeringsystemen: kolom- en wandschoen		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om flexibel/snel te kunnen monteren en hergebruik in de toekomst mogelijk te maken		



Figuur 1: Toepassing kolomschoen



Figuur 2: Detailaansluiting kolomschoen / kolom / vloer



Figuur 3: Toepassing kolomschoen



Figuur 4: Kolomschoen



Figuur 5: Wandschoen



Figuur 6: Toepassing wandschoen

Bron: Hakron



Details, lessons learned en uitdagingen

12. Prefab modulair verankeringssystemen: kolom- en wandschoen

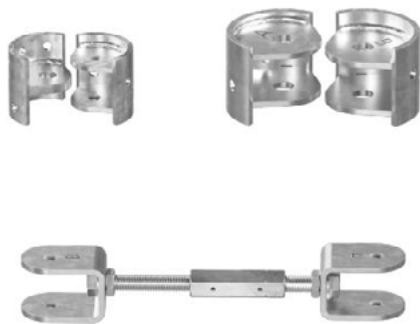
Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	De bout- en moerverbindingen maken het mogelijk om prefab elementen flexibel, nauwkeurig en snel te monteren. De elementen (kolommen en wanden) kunnen ook weer worden gedemonteerd zonder schade aan de hoofdconstructie. Deze verbindingsmethode bestaat uit instortvoorzieningen, draadeinden en boutverbindingen, waarmee het element aan de vloer(plaat), fundering of andere constructiedelen wordt bevestigd. Er wordt gebruikgemaakt van mechanische verbindingen op twee punten (2 producten): 1. Koppeling kolom met vloer(plaat) of fundering, met behulp van bouten (draadeinden) / moeren en staalplaten. 2. Koppeling tussen wandelementen met behulp van een wandschoen.
Lessons learned	• De toepassing van kolom- en wandschoenen kan leiden tot een compacter ontwerp van funderingen en vloerplaten, doordat krachten efficiënter en geconcentreerd worden overgebracht. Dit leidt tot besparingen in productie en materiaalgebruik, mits het ontwerp en de belasting dit toelaten. • Het ontbreken van wachttijd (er is namelijk geen sprake van het uitharden van betonmortel zoals bij traditionele bouw) leidt tot kortere bouw tijden en een efficiënter bouwproces. • Montage met bout-/moerverbindingen zorgt voor een hoge maatvastheid en herhaalbaarheid. Kolommen zijn na montage direct belastbaar, waardoor vervolgwerkzaamheden zoals het plaatsen van liggers en vloeren sneller kunnen worden uitgevoerd. Schoren is niet nodig. Dit bespaart tijd en materiaal. • De ruimte tussen onderkant kolom en onderliggend element moet aangegoten zijn — dit is constructief noodzakelijk. Kolomschoenen worden hiervoor na montage ondersabeld en/of aangegoten. • Indien gewenst kunnen moeren/bouten thermisch verzinkt worden aangeleverd zodat corrosie wordt beperkt.	
Uitdagingen	• De verbinding is bedoeld als droge verbinding binnen een prefab bouwsysteem. Er is eigenlijk nog geen ervaring met het loshalen van dergelijke verbindingen na x jaar. • Toegankelijkheid van de verbinding: – Bij demontage moeten vaak eerst andere bouwdeelen worden verwijderd om de verbinding bereikbaar te maken. Dit heeft invloed op de volgorde van demontage; – De bereikbaarheid van de moer-/boutverbinding van de kolomschoen wordt beïnvloed door de aanwezigheid en het type dekvloer. Voor een goede losmaakbaarheid en bescherming tegen corrosie is een droge, demontabele dekvloer aanbevolen. – De draadeinden én moeren worden meestal ook aangegoten met mortel (naast het ondersabelen). Door aanwezigheid van deze gietmortel is er bij de kolomvoet sprake van een verbinding die niet goed meer bereikbaar is. Constructief is echter het aangieten van de draadeinden en moeren niet noodzakelijk. Niet bekend is of het beton hier goed is weg te halen en of de moeren na x jaar nog zijn los te draaien. • Construeren met dergelijke verbindingsmiddelen vraagt aanvullende constructieve kennis (via leverancier vaak beschikbaar). • Aanvullende brandwerende bekleding is niet nodig mits de draadeinden en verbindingen met beton worden aangegoten. Helaas vermindert hierdoor de losmaakbaarheid. Zie ook voorgaand punt.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?		
Schaduwkosten/MKI	Omdat zowel de kolom- als wandelementen losmaakbaar zijn kunnen ze opnieuw worden gebruikt (na x jaar). Dit leidt tot een lagere MKI-waarde. De MKI-waarde (reductie) verschilt echter per type verbinding, toepassing en fabrikant. Momenteel zijn deze cijfers nog niet beschikbaar en er is nog geen EPD.	
Overige opmerkingen	De kolommen en wandelementen kunnen opnieuw gebruikt worden, met als gevolg een hogere restwaarde. Hier is nog geen praktijkervaring mee. Er is nog geen sprake van een terugnamegarantie die door leverancier wordt afgegeven.	



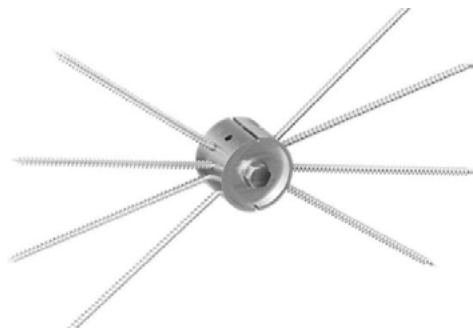
Details, lessons learned en uitdagingen

13. Prefab, demontabele verbinding voor: wanden, vloeren, kolommen en liggers uit massief hout

Dragstructuur	Massief hout	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Prefab, demontabele verbinding voor: wanden, vloeren, kolommen en liggers uit massief hout		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om flexibel en snel te kunnen monteren, demonteren en remonteren en om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



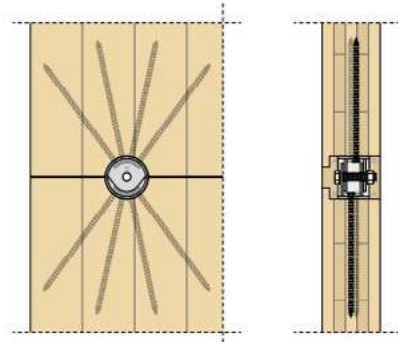
Figuur 1: Rothoblaas radial verbindingen



Figuur 2: Rotyhoblaas radial90



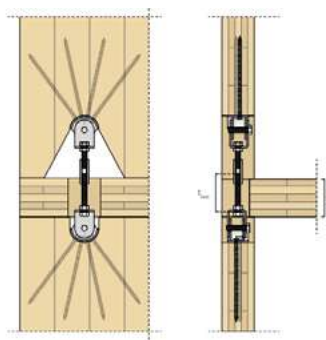
Figuur 3: Toepassing radial90



Figuur 4: Detail radial90



Figuur 5: Toepassing Radial-verbinding



Figuur 6: Detailtoepassing



Figuur 7: Verschillende toepassingen

Bron: Rothoblaas (Radial brochure)



Details, lessons learned en uitdagingen

13. Prefab, demontabele verbinding voor: wanden, vloeren, kolommen en liggers uit massief hout

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	Het RADIAL-verbindingssysteem van Rothoblaas biedt een mechanische oplossing voor het verbinden van houten prefab elementen zoals kolommen, liggers, vloeren en wanden. De verbinding bestaat uit metalen connectoren, pinnen en bouten en maakt het mogelijk om onderdelen zonder schade te monteren, demonteren en eventueel opnieuw te gebruiken.
Lessons learned	• De stalen verbindingsmiddelen kunnen in de fabriek worden gemonteerd, waardoor de montage op de bouwplaats wordt beperkt tot het vastzetten met een paar bouten. • De bevestiging gebeurt zonder lijm of natte verbindingen, wat bijdraagt aan de losmaakbaarheid en flexibiliteit van het systeem. Dankzij de verzonken plaatsing en de centrale borging kan de verbinding structurele belastingen opvangen. • Dankzij de verzonken bevestigingspunten is de verbinding ook onzichtbaar. Dit maakt het systeem geschikt voor esthetisch hoogwaardige houtconstructies (zichtwerk). • Daarnaast zijn ze geschikt voor gebruik in houtconstructies in een binnenklimaat met een beperkt of matig vochtgehalte	
Uitdagingen	• Toegankelijkheid van de verbinding: Bij demontage moeten vaak eerst andere bouwdelen worden verwijderd om de verbinding bereikbaar te maken. Dit heeft invloed op de volgorde van demontage. • De verbinding is geschikt voor toepassingen waarbij prefab elementen nauwkeurig gepositioneerd moeten worden en waar later onderhoud, vervanging of hergebruik gewenst is. • Beperkt toepasbaar bij zwaardere belasting of constructies waar zware brandeisen gelden. Hoewel het systeem voldoet aan Eurocode en brandklasse A1, moet in sommige situaties extra maatregelen genomen worden (zoals aanvullende verankering of bescherming tegen mechanische belasting of branddoorslag). • Het is mogelijk om het systeem te beschermen tegen brand door een niet-doorlopend gat te gebruiken. Zo blijft het massief houten paneel aan één kant ononderbroken. Aan de andere kant, moet dan wel een brandwerende plaat (beschermplaat) worden aangebracht. • Er is specialistische kennis nodig bij ontwerp en uitvoering met dergelijke koppel- en verbindingssystemen. Deze kennis is aanwezig bij betreffende leverancier. Voor wanden met massief hout (bijvoorbeeld CLT) in het zicht, zal aanvullend reken- en advies werk nodig zijn. • Indien er sprake is van een toepassing van deze verbinding in een luchtdichte scheidingswand zullen ter plaatse van deze verbinding aanvullende dichtingen (tape) moeten worden aangebracht. Ditzelfde geldt voor wanden waar eisen zijn gesteld aan de geluidisolatie.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er wordt gebruikgemaakt van mechanische verbindingen op twee punten (2 producten): 1. Koppeling met vloer en wandelementen, met behulp van bouten, schroeven en staalplaten. 2. Koppeling liggers en kolommen. Los van het Radial-systeem en de bijhorende bouten, zijn er geen bijkomende elementen nodig. Freeswerk dient tijdens productie in de fabriek (voor massief hout) te worden gemaakt.	
Schaduwkosten/MKI	Vanwege het demontabele karakter, met mogelijkheid tot hergebruik van bouwdelen, valt de milieu-impact van dergelijke constructies mogelijk lager uit. Momenteel zijn de cijfers met betrekking tot de milieu-impact (MKI) nog niet beschikbaar. Ook een EPD wordt nog aan gewerkt.	
Overige opmerkingen	• Er wordt geen gebruik gemaakt van zogenaamde financiële restwaarde. • Ook is er nog geen sprake van projecten met een terugnamegarantie die door leverancier is afgegeven. • Initieel is deze Radial-verbinding duurder dan standaard opwaaiankers. Het verschil wordt, volgens opgave van de fabrikant, terugverdiend op de bouwplaats, aangezien er minder manuren nodig zijn voor montage. Hier is bovendien nog geen rekening gehouden met de restwaarde van de constructie na demontage.	

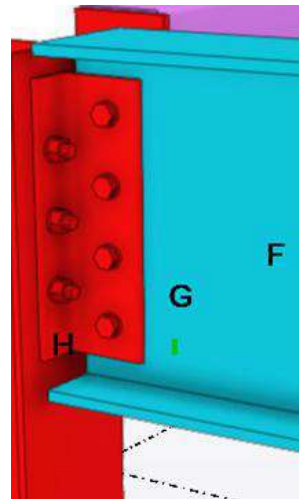
Details, lessons learned en uitdagingen

14. Prefab modulaire staalconstructie: kolommen, liggers en verbindingen

Draagstructuur	Gevel	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Prefab modulaire staalconstructie: kolommen, liggers en verbindingen		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om flexibel/snel te kunnen monteren. En hergebruik in de toekomst mogelijk te maken		



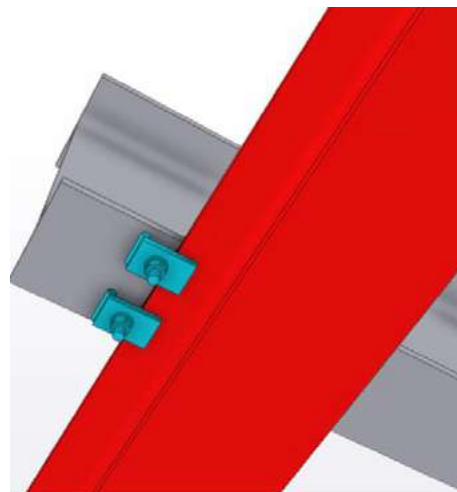
Figuur 1: EECULAIR verbindingen tussen balken



Figuur 2: Detailaansluiting



Figuur 3: EECULAIR verbindingen



Figuur 4 — Detailaansluiting

Bron: VAN EE Staalspecialisten — EECULAIR WHITE PAPER



Details, lessons learned en uitdagingen

14. Prefab modulaire staalconstructie: kolommen, liggers en verbindingen

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80) voor boutverbindingen en (0,10) voor lasverbindingen	De toepassing van bout- en moerverbindingen maakt het mogelijk om stalen onderdelen zoals kolommen en liggers flexibel, nauwkeurig en snel te monteren. Deze elementen kunnen ook weer worden gedemonteerd zonder schade aan het staal zelf of aan de rest van de constructie. De verbindingen bestaan doorgaans uit platen, bouten en moeren waarmee de onderdelen aan elkaar en aan andere constructiedelen zoals vloeren worden bevestigd
Lessons learned	• Aanpassingen (flexibiliteit en adaptiviteit) aan en demontage van de staalconstructie is mogelijk zonder schade aan aangrenzende elementen. • Door prefabricatie in de werkplaats wordt de maatvastheid verhoogd, worden bouwfouten verminderd en wordt de losmaakbaarheid op termijn bevorderd. • Niet alle verbindingen worden per definitie 'losmaakbaar' uitgevoerd. Lasverbindingen worden in sommige situaties bij voorkeur toegepast: bijvoorbeeld bij complexe vormen, hoge belastingen of om gewicht te besparen. Door alleen boutverbindingen toe te passen, zijn meer hoekstalen en dergelijke nodig. Dit verhoogt het totaal gewicht met een aantal procenten. • Bij boutverbindingen is er sprake van lagere initiële kosten dan bij lasverbindingen. • Verbindingen zijn vaak projectspecifiek, maar door toepassing van standaard verbindingen, gestandaardiseerde componenten en een gestandaardiseerd proces wordt de compatibiliteit en uitwisselbaarheid tussen projecten en leveranciers vergroot. EECULAIR heeft z'n eigen standaard verbindingen per branche en per productlijn. • Bij lasverbindingen is specifieke kennis en ervaring nodig t.b.v. het laswerk (denk aan laskwalificaties). Bij bout-/moerverbindingen is dit niet het geval. • Bij toepassing van bouten/moeren moet rekening worden gehouden met voldoende werkruimte voor het vastdraaien. • Indien zogenaamd donorstaal (staal uit een ander gebouw) wordt toegepast is vaak iets meer tijd aan de voorkant nodig om staal te kunnen oogsten. • Sommige constructeurs van opdrachtgevers hebben weinig ervaring met circulair staal. Investeren in het circulaire proces is hier nodig. • Gelaste verbindingen versus bouten/moeren (op hoofdlijnen): – Gelast kies je als je absolute stijfheid, sterkte of esthetiek nodig hebt en remontage niet van belang is. – Gebout kies je als je flexibiliteit, demontage, hergebruik en circulaire waarde wilt behouden.	
Uitdagingen	• Extra maatregelen (zoals brandwerende bekleding of actieve bescherming) kunnen nodig zijn om aan de brandveiligheidseisen te voldoen. Dit heeft invloed heeft op de losmaakbaarheid en toegankelijkheid van de verbindingen. • Corrosie bij verbindingen kan ontstaan door bijvoorbeeld vocht of door toepassing in buitencondities. Dit bemoeilijkt het loshalen van de onderdelen. • Bouten en moeren kunnen losraken. Periodiek onderhoud/inspectie nodig. • Esthetisch soms minder fraai door zichtbare platen en boutkoppen.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Voor deze verbindingstechniek is geen extra materiaal nodig.	
Schaduwkosten/MKI	• Boutverbindingen dragen bij aan een lagere MKI-waarde door hergebruik van onderdelen. • Door een combinatie van boutverbindingen en minder lasverbindingen, besparen we ook benodigde kilo's staal. • Het product EECULAIR is opgenomen in de NMD.	
Overige opmerkingen	Geen.	



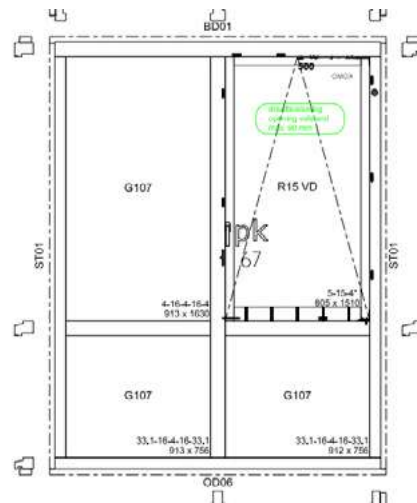
Details, lessons learned en uitdagingen

15. Houten kozijnaansluiting op stelkozijn en bouwkundig kader

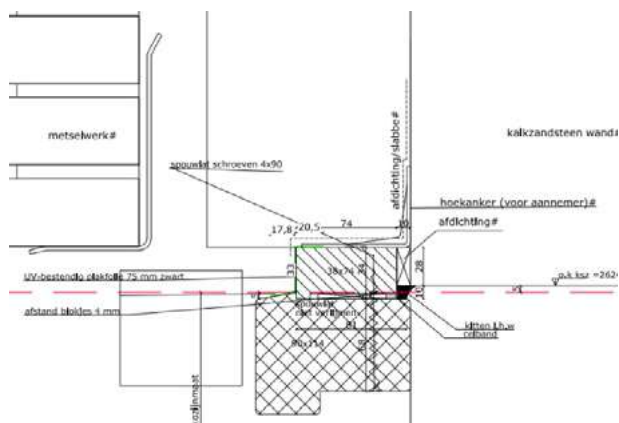
Draagstructuur	Gevel	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Houten kozijnaansluiting op stelkozijn en bouwkundig kader		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om flexibel/snel te kunnen monteren. Om het kozijn in de toekomst eenvoudig te vervangen, onderhouden of hergebruiken		



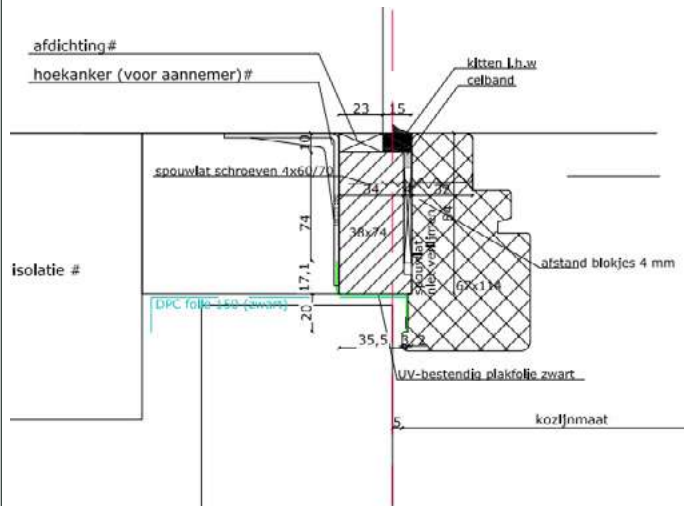
Figuur 1: Productie kozijnen (inclusief stelkozijn)



Figuur 3: Aanzicht



Figuur 6: Detail bovendorpel



Figuur 4: Stijlaansluiting

Bron: VAKO



Details, lessons learned en uitdagingen

15. Prefab modulaire staalconstructie: kolommen, liggers en verbindingen

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	Het betreft hier een houten kozijn dat vanaf de binnenzijde mechanisch is bevestigd (met schroeven) op een houten stelkozijn. Het kozijn wordt in de fabriek op het houten stelkozijn bevestigd — hierna wordt het glas geplaatst. Het stelkozijn wordt onderdeel van de bouwkundige constructie en wordt bevestigd op het binnenspouwblad. Tussen het stelkozijn en het kozijn is een ruimte vrijgehouden, waarin de dichtingen zijn aangebracht. Deze opbouw maakt het mogelijk om het kozijn los te halen zonder schade aan de gevel.
Lessons learned	• Bevestiging vanaf de binnenzijde zorgt ervoor dat het kozijn losmaakbaar is van de rest van de gevel. Daardoor is het makkelijker om het te plaatsen, los te halen of te repareren zonder iets te beschadigen. • De losmaakbaarheid is relatief eenvoudig, met standaard schroefverbindingen. Uiteraard moeten deze schroeven wel zoveel mogelijk toegankelijk zijn. • Voor het demonteren van het kozijn zal, bij vast glas, eerst het glas moeten worden gedemonteerd. Bij natte beglazing zal dit leiden tot beschadigingen vanwege de bevestiging van de glaslatten en kitdichting rondom. Het heeft dan ook de voorkeur om in deze situatie te kiezen voor droge beglazing.	
Uitdagingen	• Herstel van de dichting is noodzakelijk na demontage van het kozijn. Dit vereist aandacht bij onderhoud of hergebruik. • Een uitdaging is de bereikbaarheid van de schroeven waarmee het kozijn aan het stelkozijn is bevestigd. Bij vast glas zijn de schroeven alleen na het verwijderen van de glaslatten bereikbaar. Droge beglazingssystemen hebben derhalve de voorkeur. • Om het kozijn waterdicht aan te sluiten op het stelkozijn is af fabriek een EPDM-strook aangebracht op het kozijn. Deze wordt op de bouw verkleefd tot over het stelkozijn. Hierna kan pas de gevelafwerking (metselwerk) worden aangebracht. • Indien ná demonteren van een kozijn een tweede kozijn in het oude stelkozijn wordt geplaatst, dan zal een goede waterdichting (waterdicht band) aan de buitenzijde moeten worden aangebracht. Een EPDMkleefstrook kan dan niet meer omdat het metselwerk op dat moment al aanwezig is.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze losmaakbare verbinding.	
Schaduwkosten/MKI	Momenteel zijn deze cijfers (milieukosten van een dergelijk kozijn) nog niet beschikbaar in de NMD en er is nog geen EPD.	
Overige opmerkingen	Geen	



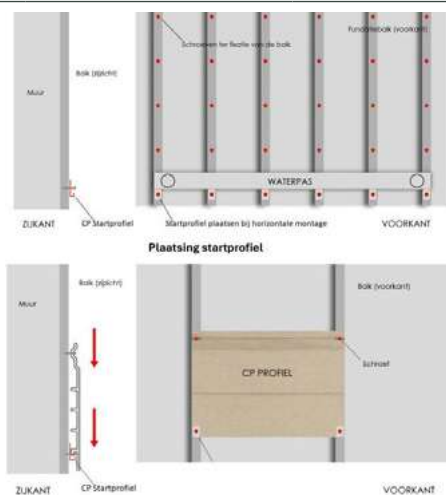
Details, lessons learned en uitdagingen

16. Geventileerde (biocomposiet) gevelbekleding

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand:	SKIN
Omschrijving detail	Geventileerde (biocomposiet) gevelbekleding		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om snel te kunnen monteren. Om de gevelbekleding in de toekomst eenvoudig te vervangen, onderhouden of hergebruiken.		



Figuur 1: Gevelpanelen - vooraanzicht



Figuur 3: Montage met schroeven



Figuur 2: Gevelpanelen - zijaanzicht



Figuur 4: Clipmontage

Bron: Brochure RIWOOD



Details, lessons learned en uitdagingen

16. Geventileerde (biocomposiet) gevelbekleding

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	De gevelbekleding (RIWOOD) is gebaseerd op biocomposiet op basis van rijstvlies, calciet en gerecycled PVC. Het betreft hier zogenaamde profielplanken. Het systeem is toepasbaar als geventileerde gevelbekleding. De profielen kunnen op verschillende manieren worden bevestigd, afhankelijk van het type profiel: • Massieve profielen: mechanisch bevestigd met matte, kleurgecoate schroeven of onzichtbaar met RVS- of kunststofclips. • Holkamer profielen: mechanisch bevestigd, om lengtescheuren door te strak aangedraaide clips of schroeven te voorkomen. • Rabat profielen: bevestigd met specifieke schouderschroeven in sleufgaten voor fixatie. Alle mechanische bevestigingen zijn droog en demontabel, waardoor de profielen zonder schade kunnen worden verwijderd of hergebruikt.
Lessons learned	• De gestandaardiseerde profielmaten en bevestigingswijze bevorderen de uitwisselbaarheid en maken het systeem flexibel inzetbaar, zowel bij horizontale als verticale montage, op een geventileerde spouw. • Clipmontage (zie figuur 4) maakt onderhoud en vervanging van delen eenvoudig. • Alle RIWOOD-materialen kunnen worden teruggenomen voor herverwerking, mits schoon en vrij van verontreinigingen zoals spijkers of lijmresten. Na retourname wordt het materiaal gesorteerd, gereinigd en gegraneleerd. Het granulaat wordt vervolgens als toeslagmateriaal gebruikt in nieuwe productiepartijen.	
Uitdagingen	• Zowel de profielen als de achterconstructie zijn in basis herbruikbaar. Hier is echter nog geen praktijkervaring mee omdat de gevelpanelen doorgaans een lange levensduur hebben en dus nog niet 'vrij komen' bij demontage/sloop. Wel is er ervaring met terugname van zaagresten en het recyclen tot toeslagmateriaal in nieuwe producten. • Een uitdaging is de doorontwikkeling van biobased of gerecyclede bevestigingsmiddelen die niet alleen aan de duurzaamheidseisen maar ook aan de gestelde brandeisen voldoen. • Opzetten van een producenten-/terugnameprogramma voor secundair materiaalgebruik. Dit is al in uitvoering, maar kleinschalig. • Borging van losmaakbaarheid in materiaal- en demontagepaspoorten. Er is nu nog geen demontagehandleiding — deze wordt in 2026 verwacht.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze losmaakbare schroefverbinding. Bij de clipverbinding kunnen de kunststof clips als extra materiaal worden gezien.	
Schaduwkosten/MKI	Voorlopige MKI-waarde (module A1—A3) ≈ 0,8 €/kg exclusief achterconstructie (op basis van interne (producenten) LCA, 2025). EPD en opname in de Nationale Milieu Database (NMD) voorzien in 2026. De productie gebeurt bij voorkeur op maat om materiaalverlies en bouwafval te beperken.	
Overige opmerkingen	RIWOOD FR is in eindtoepassing (END-USE) getest volgens EN 13501-1 en behaalt Bs3-d0 voor open gevelsystemen (PK holkamer; PP massief 12 en 20 mm) en voor gesloten horizontale gevels (CP). De verticale gesloten uitvoering is geclassificeerd als C-s3-d2. Het materiaal is onderhoudsarm (alleen esthetisch onderhoud) en recyclebaar (wordt gegraneleerd en als toeslagmateriaal toegevoegd in productie).	



Details, lessons learned en uitdagingen

17. Gietvloer

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand:	SPACE PLAN
Omschrijving detail	Gietvloer		
Niveau losmaakbaarheid	Product		
Reden losmaakbaarheid	Om de vloer zonder schade te verwijderen en de materialen te recycleren of hergebruiken		



Verwijderen (demontage) van de vloer (bron: Arturo ReleaseFloor).

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Zachte Chemische verbinding (0,2)* De hechting ontstaat tijdelijk door verdamping en uitharding van de primer, zonder blijvende chemische binding. De lagen zijn nadien droog te scheiden.	De Arturo ReleaseFloor is zo opgebouwd dat elke laag zijn eigen functie behoudt en weer te scheiden is. De vloer bestaat uit drie lagen: • een 2-componenten dispersieprimer, • een polyurethaan schraplaag • en een decoratieve gietvloerafwerking. De primer in combinatie met de polyurethaan schraplaag zorgen voor de losmaakbaarheid van de gietvloer. De losmaakbaarheid zit in de overgang tussen primer en schraplaag: deze vormt een reversibele, zachte hechting die sterk genoeg is voor gebruik, maar bij verwijdering droog kan worden losgetrokken. Bij 'demontage' (verwijdering) van de gietvloerafwerking en schraplaag blijft de dispersieprimer in tact. Deze kan tot drie keer worden hergebruikt. De dispersieprimer kan alleen worden verwijderd door 'opschuren' van de vloer. Omdat er geen lijm of cementgebonden materialen worden gebruikt, kan de vloer zonder schade aan de ondergrond (bijvoorbeeld de dekvloer) worden verwijderd en de vrijkomende materialen kunnen vervolgens worden gerecycled tot een nieuwe vloerafwerking.
-------------------------	--	--



Details, lessons learned en uitdagingen

17. Gietvloer

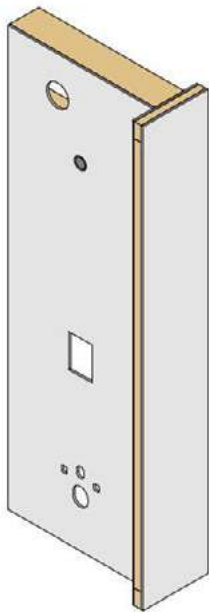
Lessons learned	• Het systeem is geschikt voor snelle en lichte renovaties, omdat er geen chemische hechting, harde lijm of beton wordt toegepast. Niet geschikt voor zware industriële vloeren of locaties met hoge puntlasten. • De gietvloeren kunnen tientallen jaren blijven liggen (in theorie 60 jaar), eventueel tot end-of-life van het gebouw (de technische levensduur is vergelijkbaar met traditionele gietvloer). Een gietvloer kan ook eenvoudig door onderhoud (aanschuuren en nieuwe toplak) weer levensduurverlengend worden toegepast. Op het moment dat de vloer niet meer mooi wordt gevonden (esthetisch, of andere toepassing gewenst), kan deze dus eenvoudig worden verwijderd. • Het aanbrengen van deze vloerafwerking is als een traditionele gietvloer, dus zonder extra training of hulpmiddelen. Uiteraard met de juiste producten die door leverancier zijn voorgeschreven. • De losmaakbaarheid van de Arturo ReleaseFloor ontstaat niet door een specifieke verbinding, maar door de manier waarop de primer en schraplaag op elkaar reageren. De materialen zijn zo ontwikkeld dat ze tijdens gebruik goed hechten, maar later onder gecontroleerde omstandigheden, zonder schade van elkaar kunnen worden gescheiden. • Restmateriaal wordt als vulstof (circa 30%) toegepast in nieuwe vloeren. Tevens kan het granulaat (recyclaat) gebruikt worden als instrooi materiaal, om te komen tot een decoratief uiterlijk. • De ontwikkeling op het gebied van innovatie en duurzaamheid is altijd de weg van de lange adem. Ontwikkeling van dit systeem heeft enkele jaren geduurd.
Uitdagingen	• Verwijderingsproces (van afwerking en schraplaag) vereist het gebruik van de juiste machines (zie foto's) en een zorgvuldige uitvoering. Alhoewel het 'loshalen' van de vloerafwerking met een zogenaamde 'stripper' gewenst is, is het handmatig loshalen ook mogelijk. • Bij een onjuiste verwijdering kan de primer beschadigen of restmateriaal ongeschikt worden voor recycling. • Fabrikant neemt de vloeren terug indien deze goed en dus 'schoon' verwijderd worden (geen resten van de primer). • Controle bij hergebruik: de herkomst en samenstelling van de verwijderde vloer moeten aantoonbaar zijn om recycling mogelijk te maken. Dit kan door middel van een terugnamecertificaat. • Ervaring met terugname: Op dit moment zijn er nog geen grote projecten terug gekomen (aangezien gietvloeren lang blijven liggen is de verwachting dat dit op korte termijn ook niet zal gebeuren. De ervaring met het reeds verwijderde materiaal, dat is teruggekomen, is positief. • Bij beschadiging van de ondervloer (primer), kan deze worden opgeschuurd en opnieuw gelakt — daarna kan er een nieuwe gietvloer op worden aangebracht.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Ja, deels. De schraplaag (in combinatie met de primer) vormt het extra materiaal dat nodig is om de losmaakbare verbinding tot stand te brengen. Extra materiaal ten opzichte van een meer traditionele gietvloer is beperkt.
Schaduwkosten/MKI	Geen publieke LCA of MKI-data beschikbaar. Leverancier werkt momenteel aan de LCA (en EPD) van het product. Leverancier werkt met terugnamegarantie mits de opdrachtgever (locatie waar de vloer ligt) of de klant kan aantonen dat het om de vloer van de fabrikant gaat. Bij oplevering wordt een certificaat overhandigd aan zowel de klant als de opdrachtgever zodat dit te herleiden is. De verwijderde vloer wordt teruggenomen en verwerkt tot granulaat wat vervolgens weer te gebruiken is in nieuwe gietvloeren. Kosten en planning: installatie duurt meestal één dag langer en is iets duurder (circa 2–5 % hogere materiaalkosten) ten opzichte van vergelijkbare niet los te maken gietvloeren. De vloer zal het echter in de toekomst besparen, immers, de vloer blijft in tact en hoeft bij renovatie niet opnieuw geëgaliseerd te worden. De meerprijs voor materiaal en arbeid wordt bij vervanging terugverdiend.
Overige opmerkingen	Geen.



Details, lessons learned en uitdagingen

18. Prefab HSB T-Element met installaties

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand:	SPACE PLAN
Omschrijving detail	Prefab HSB T-Element met installaties		
Niveau losmaakbaarheid	Module (3D)		
Reden losmaakbaarheid	Snelle prefab montage, om hergebruik (re-use) in de toekomst makkelijk mogelijk te maken (eenvoudige scheiding van grondstofstromen) en om tussentijdse vervanging te faciliteren		



Figuur 1 en 2: Toiletmodule (bron: Trebbe).



Details, lessons learned en uitdagingen

18. Prefab HSB T-Element met installaties

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80)	Het betreft hier een zogenaamd 3d-Toiletelement bestaande uit een tweetal hsb-elementen. Het Toiletelement is met enkele schroeven bevestigd vanuit de achterzijde (meterkast/leidingkoker). Opmerking: "Het 3d HSB toiletelement wordt veelal gecombineerd met een prefab trapmodule en meterkast". Het leidingwerk is aangesloten via losmaakbare koppelingen. De keuze voor losmaakbaarheid is bewust en maakt deel uit van een benadering waarin drie kernprincipes samenkomen: 1. Prefab-integratie: Het element wordt volledig geprefabriceerd, waardoor de werkzaamheden op de bouwplaats aanzienlijk worden verminderd. Dit resulteert in een hogere kwaliteit en een kortere bouwtijd. 2. Biobased materiaalgebruik: Constructie op basis van houtskeletbouw (HSB) in combinatie met gipsvezelplaten. Dit draagt bij aan een lagere milieu-impact en een circulaire bouwstrategie. 3. Losmaakbaarheid en herbruikbaarheid: - De verbindingen zijn demontabel, wat flexibiliteit biedt bij sloop, maar ook bij tussentijdse verbouwingen. - Het element is ontworpen met één gestandaardiseerde afmeting, afgestemd op de Bbl-eisen voor toiletruimtes. - Hierdoor kan het element eenvoudig opnieuw worden ingezet in andere projecten, wat bijdraagt aan een circulaire economie. De 3d-module wordt koud tegen de bouwmuur of binnenwand geplaatst en daarna vastgeschroefd aan bouwmuur (schroeven) en tegen plafond en op vloer (met hoekankers). De installaties in het element zijn d.m.v. losmaakbare verbindingen weer los te maken. Via achterzijde (meterkast/leidingkoker) is het inbouwframe tijdens de levensduur bereikbaar (via een luikje).
Lessons learned	• Doordat het bedrijf werkt met verschillende installateurs is een universele oplossing nodig. De wateraansluiting is de grootste uitdaging, doordat je waterleidingsystemen (standaard koppeling met draad versus perskoppeling) niet makkelijk met elkaar kan combineren. Voor de riolering wordt gebruik gemaakt van een steek-mofverbinding. • Het product moet zo universeel mogelijk gemaakt worden. De oplossing voor de ene woning, is echter niet meteen de oplossing voor de andere woning. Klantspecifieke wensen zorgen helaas vaak voor aanpassing van deze 'standaard' module.	
Uitdagingen	• Standaardisatie en verduurzaming laten aansluiten in de koopsector is een uitdaging. In de koopsector krijg je een scala aan mogelijkheden (wensen), zoals andere ruimtelijke wensen en keuze sanitair. • Bij een toilet-inbouwframe zijn de afvoer en wateraansluitingen universeel ongeacht het merk. Maar de grootte en vorm bedieningsknop (horizontaal / verticaal) zorgt voor verschil in aansluiting. • Losmaakbare wateraansluitingen vinden installateurs nog wel een uitdaging. De muurplaat kent een universele oplossing met draad. Echter vanwege het risico op lekkages zijn installateurs hier soms niet zo happig op. Alternatief is een zogenaamde perskoppeling echter deze kent weer een andere aansluiting.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze verbinding. Deze verbindingstechniek is bij prefab constructies al gebruikelijk.	
Schaduwkosten/MKI	Van dit product is geen LCA beschikbaar. Er is dus geen productkaart in de NMD.	
Overige opmerkingen	Geen.	



Details, lessons learned en uitdagingen

19. Stalen schroeffundering

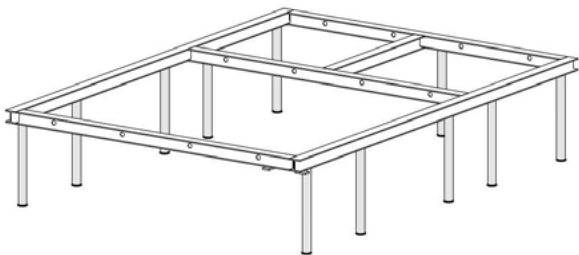
Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand:	STRUCTURE / SITE
Omschrijving detail	Stalen schroeffundering		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om snel te kunnen monteren en om de funderingspalen in de toekomst uit de grond te halen en te kunnen en hergebruiken (re-use)		



Figuur 1: Stalen schroefpalen (bron: BuildinG)



Figuur 2: Aanbrengen schroefpalen (bron: BuildinG).



Figuur 3 en 4: Starterswoning op terrein bij BuildinG te Groningen (Zernike). Toepassing schroeffundering met stalen randbalk. (Bron: BuildinG)



Details, lessons learned en uitdagingen

19. Stalen schroeffundering

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegde element (0,8)	De fundering (WEENK Schroeffundering, WSF) bestaat uit stalen schroefpalen die in de grond worden gedraaid. Ze dienen als draagpunten voor lichte en tijdelijke constructies, zoals veranda's, tiny houses of modulaire gebouwen. Opmerking: <i>Deze schroeffundering wordt binnen een onderzoeksproject bij BuildinG toegepast als fundering onder een tijdelijke woning.</i> Elke paal heeft aan de onderzijde een schroefvormige punt waardoor deze eenvoudig in de grond gedraaid kunnen worden. Bovenaan de paal is een flensplaat bevestigd waarop een stelvoet of drager wordt gemonteerd. Door deze mechanische koppeling ontstaat een volledig droge en losmaakbare verbinding. Hierdoor is hergebruik van onderdelen mogelijk. De palen kunnen eenvoudig worden uitgedraaid en opnieuw worden gebruikt. Dankzij de standaardafmetingen en verwisselbare stelplaten zijn onderdelen uitwisselbaar en nastelbaar
Lessons learned	- Bij snelle bouwmethodes en bij lichte constructies is de mechanische bevestiging van de schroeffundering een groot voordeel: er wordt geen chemische verbinding gebruikt, zoals beton, lijm of mortel. - De onderdelen worden droog gemonteerd en kunnen daardoor later eenvoudig weer worden losgedraaid of hergebruikt. Hergebruik is haalbaar wanneer de bovenbouw eerst wordt verwijderd.	
Uitdagingen	- Dit funderingssysteem wordt vaak voor vakantiewoningen en tiny-houses toegepast. Voor reguliere woningen (nog) niet. Reguliere woningen hebben een levensduur van 50-100 jaar. Het is de vraag of deze fundering voor deze levensduur geschikt is. - Beperkingen bij zware belasting: niet geschikt als primaire fundering voor massieve (zware) betonconstructies. - De keuze voor dit funderingstype is sterk afhankelijk van het type project (belasting) en ondergrond. Uitvoerig (grond-mechanisch) onderzoek voor de toepassing van dit systeem is noodzakelijk. Draagkracht bodem en indraaidiepte verschillen per locatie (en bodemvariatie); vereist altijd grondonderzoek zoals sonderingen. Ter info: Een paal rond 114 mm kan ongeveer 60 kN opnemen mits de punt in een draagkrachtige laag wordt geplaatst. - Corrosiegevoeligheid vooral bij langdurig vochtige of zure gronden; goede verzinking en afwatering zijn cruciaal. - Hergebruik (tweede leven) van deze schroefpalen is afhankelijk van de aantasting (corrosie) en beschadigingen. Dit zal altijd nader onderzocht moeten worden, alvorens tot hergebruik wordt overgegaan. Ervaring die er met hergebruik is betreft schroefpalen die tot maximaal 20 jaar in de grond hebben gezeten. - De koppeling tussen het stalen frame en de kopplaat van de paal gebeurt d.m.v. kikkerplaten. Bij trek op de paal of hoge horizontale belastingen moet dit detail worden aangepast.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Geen.	
Schaduwkosten/MKI	Er is door WEENK (WSF) een LCA-analyse uitgevoerd.	
Overige opmerkingen	Voor meer informatie zie: https://schroeffundering.nl/prefab-modulair-bouwen/ https://www.building.nl/ https://abtwassenaar.nl	

Details, lessons learned en uitdagingen

20. Demontabele verbinding ventilatiekanaal, modulaire bouw

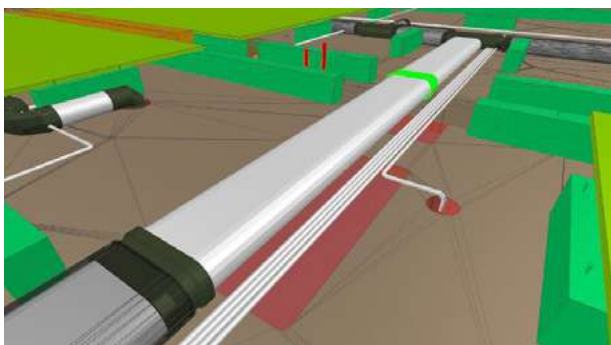
Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand:	SERVICES
Omschrijving detail	Demontabele verbinding ventilatiekanaal, modulaire bouw		
Niveau losmaakbaarheid	3d-modules		
Reden losmaakbaarheid	Om flexibel en snel te kunnen monteren, demonteren en remonteren en om hoogwaardig hergebruik (re-use) in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



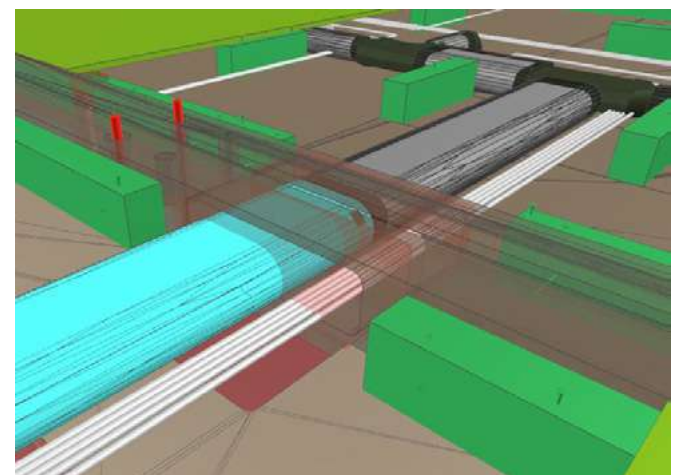
Figuur 1: DYKA AIR Steekmof verbinding t.b.v. ventilatie (bron: DYKA)



Figuur 2: Geïsoleerde DYKA AIR Steekmof verbinding t.b.v. ventilatie (bron: DYKA/Element Air/MOOS)



Figuur 3: Steekmof verbinding t.b.v. ventilatie in modulaire bouw (bron: DYKA/Element Air/MOOS)





Details, lessons learned en uitdagingen

20. Demontabele verbinding ventilatiekanaal, modulaire bouw

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met ring en knelstuk	De steekmof is een verbinding die gebaseerd is op een verbinding met een rubber ring (manchet) en DYKA AIR kanaal/knelstuk. Het betreft hier een volledig 'droge' verbinding. In basis is deze verbinding bedacht om snel te kunnen monteren en het koppelen van de verschillende prefab sets. Bij demontage is deze verbinding eenvoudig los te halen. Juist bij prefab modulaire bouw biedt deze oplossing meerwaarde, mede omdat er kleine toleranties zijn op te vangen in het hulpstuk
Lessons learned	- Een luchtkanaalsysteem behoort luchtdicht te zijn. Doorgaans worden (kunststof) kanaalkoppelingen afgeplakt of verlijmd om een hoge mate van luchtdichtheid te garanderen. Bij de ontwikkeling van een losmaakbare koppeling is veel aandacht besteed aan deze luchtdichting. - Losmaakbare koppelingen in de installaties mogen tijdens het gebruik van het gebouw niet losschieten. In de eindsituatie is er vrijwel geen sprake van 'beweging' van de verbinding tussen twee woonmodules. - De nauwe passing zorgt voor een stevige verbinding. Hierom wordt door de fabrikant het gebruik van glijmiddel aanbevolen. In het hulpstuk is er voldoende ruimte voorzien voor de lengte buis, waardoor minimale toleranties onder normale omstandigheden kunnen worden opgevangen. - Het is belangrijk om bij toepassing van dergelijke verbindingen na te denken over de ruimte die nodig is om te monteren en te demonteren — zeker bij modulaire bouw. Er moet dus ruimte zijn om de leiding in het hulpstuk te plaatsen. - Door gebruik te maken van de rubberring verbinding kun je toleranties opvangen in de XYZ-richting. Toleranties die men kan overbruggen: 30 mm in de breedte (bovenaanzicht) en 10 mm in de hoogte (zij aanzicht). Voor een soepele verbinding is aanschuiven van de buis en het gebruik van glijmiddel op het manchet aanbevolen. - Kleine ruimtes: door de rubber ring is schuiven van dit hulpstuk makkelijker dan bij de lijmvariant, waardoor werken in kleinere ruimte makkelijker wordt. - DYKA AIR is makkelijker toepasbaar bij temperaturen <5° (onder de 5 graad wordt lijmen afgeraden).	
Uitdagingen	- Instructies: het is belangrijk dat de gebruiker (in dit geval de modulaire bouwer) goed de installatievoorschriften leest en toepast. - Omgaan met toleranties: ondanks dat er toleranties kunnen worden opgevangen is dit niet eindig.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze verbinding. De rubberring verbinding vervangt de lijmverbinding.	
Schaduwkosten/MKI	Nationale Milieu Database (NMD): DYKA AIR is opgenomen in de NMD. Dankzij de levensduur van het systeem van 100 jaar en de gebruikte grondstoffen is er een MKI A1 van € 0,231 en een MKI A2 van € 0,340.	
Overige opmerkingen	- Door gebruik te maken van deze rubberring verbinding stelt het de modulaire bouwer in staat om de modules eenvoudig te koppelen en op een later moment weer te demonteren zodat de modules elders geplaatst kunnen worden. - Op dit moment zijn deze koppelstukken gebruikt voor het koppelen van ventilatie in prefab sets. In modulaire bouw worden vanaf Q1 2026 de eerste ervaringen opgedaan. - De brutoprijs voor dit hulpstuk kent een factor twee. De lagere arbeids- en lijmkosten zorgen ervoor dat het hulpstuk uiteindelijk kostenneutraal blijft. - Het hulpstuk kan zowel in de houtbouw als ook in de betonbouw gebruikt worden, bijvoorbeeld bij het koppelen van vloerdelen.	



Details, lessons learned en uitdagingen

21. Funderingsblokken op basis van een PVC-recyclaat

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand:	STRUCTURE / SITE
Omschrijving detail	Funderingsblokken op basis van een PVC-recyclaat		
Niveau losmaakbaarheid	Element 2D		
Reden losmaakbaarheid	Om snel te kunnen monteren en om de funderingsblokken in de toekomst eenvoudig te kunnen verplaatsen en hergebruiken (re-use)		



Figuur 1, 2 en 3: Starterswoning op terrein bij BuildinG te Groningen (Zernike). Prefab funderingsblokken (fabrikant GREEN Recycling Company) o.b.v. een kunststof recyclaat (bron foto's: Ingenii Bouwinnovatie).

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: 1. Droog verbinding (1,0) 2. Verbinding met toegevoegde element (0,8)	GRC-blokken zijn prefab funderingsblokken gemaakt van bijna 100% gerecycled PVC, afkomstig uit post-consumer bronnen zoals elektrische kabelmantels. De blokken zijn massief, modulair toepasbaar en vormen een alternatief voor traditionele betonfunderingen, met name bij tijdelijke, lichtgewicht of circulaire bouwtoepassingen. Het betreft een fundering op staal, dus zonder palen.
-------------------------	---	---



Details, lessons learned en uitdagingen

21. Funderingsblokken op basis van een PVC-recycalaat

Keuzes losmaakbaarheid:	Opmerking: De GRC-blokken worden binnen een onderzoeksproject bij BuildinG voor het eerst toegepast als fundering. Er is, voor zover bekend, nog geen ervaring met deze toepassing. De standaardafmeting van elk blok is $l \times b \times h = 1500 \times 750 \times 750$ mm. Binnen dit onderzoeksproject zijn blokken met een hoogte van 400 mm toegepast. Bovendien is de tweede laag blokken voorzien van een vlakke bovenzijde. De blokken vormen gezamenlijk een doorlopende funderingsbalk en moeten met behulp van stalen verbindingen (stalen buis, draadeinden, moeren, e.d.) aan elkaar worden bevestigd (zie foto's). Er zijn vier soorten verbindingen te onderscheiden: 1. Onderzijde: droog geplaatst op een drukverdelende laag bovenop verdicht zand; 2. Tussen de blokken: onderling mechanisch verbonden met stalen buis, stalen draadeinden, platen en moeren. 3. Bovenzijde: bovenop de kunststof blokken wordt tweelaags kalkzandsteen gemetseld. 4. Verankering van de houtskelet opbouw. Deze kan worden geschroefd (of voorzien van chemische ankers).
Lessons learned	• De combinatie van droge plaatsing, mechanische koppeling en standaard formaat blokken maakt hergebruik van de blokken technisch goed mogelijk. • Hergebruik is haalbaar wanneer de bovenbouw eerst wordt verwijderd. De kalkzandsteen kimlaag is gemetseld waardoor in basis een 'chemische verbinding' ontstaat. Echter dit tweelaags kalkzandsteen kan eenvoudig worden weggehaald zonder dat de GRC-blokken beschadigd raken. • Omdat de huidige blokken nu nog standaard aan de onderzijde voorzien zijn van holtes moeten de blokken op kunststof rijplaten worden geplaatst. Onder de rijplaten moet een draagkrachtige laag aanwezig zijn. Hiervoor kan eventueel een laag verdicht zand worden aangebracht. • Om eventuele beweging tussen de blokken te voorkomen, worden stalen verbindingsmiddelen toegevoegd, waardoor de fundering als één geheel functioneert. Opmerking: Uit een test blijkt dat de toegepaste verbindingsmiddelen nog niet tot voldoende stijfheid leiden. Bij een fundering waarbij puntlasten uit de bovenbouw over de lengte van de balk verdeeld moeten worden is dit een aandachtspunt. Verhogen van de stijfheid kan door een grotere diameter buis te kiezen of de vrije ruimte rond de buis aan te gieten met gietmortel. Nadeel is dat het systeem dan niet meer volledig droog en eenvoudig demontabel is.
Uitdagingen	• Dit type fundering is nog in de onderzoeksfase. Resultaten zullen uit moeten wijzen in welke vorm en bij welke projecten/bouwwijzen deze fundering opschaalbaar is. Vooral nog lijkt het erop dat dit type fundering alleen kan worden toegepast bij relatief draagkrachtige ondergrond in combinatie met een lichte bovenbouw. • De GRC-blokken zijn voor het eerst toegepast als fundering. Zaken als, uitloging en hergebruik in de toekomst moeten nog nader worden onderzocht. • De funderingsblokken hebben een standaard maat. Er is nog niet veel variatie mogelijk terwijl de bouwpraktijk dit wel vereist. Voor een andere maatvoering (of andere vormen) zijn nieuwe mallen benodigd.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	De funderingsblokken zijn massief uitgevoerd (behoudens een paar holle ruimten). De GRC-blokken zijn aan elkaar bevestigd met stukken (stalen) buis, draadeinden, staalplaten en moeren. Dit kan als 'extra' materiaal worden beschouwd.
Schaduwkosten/MKI	Er is nog geen LCA-analyse uitgevoerd. Binnen het onderzoeksproject bij BuildinG wordt in 2026 deze LCA-analyse afgerond.
Overige opmerkingen	Voor meer informatie zie: https://greenrc.nl/wij-verkopen-kunststof-grc-blokken/ https://www.building.nl/ https://www.abtwassenaar.nl



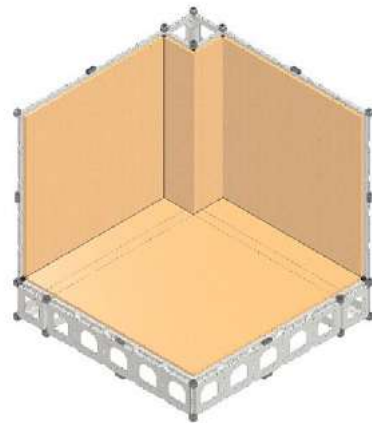
Details, lessons learned en uitdagingen

22. Koudgevormde staalprofielen in modulair grid

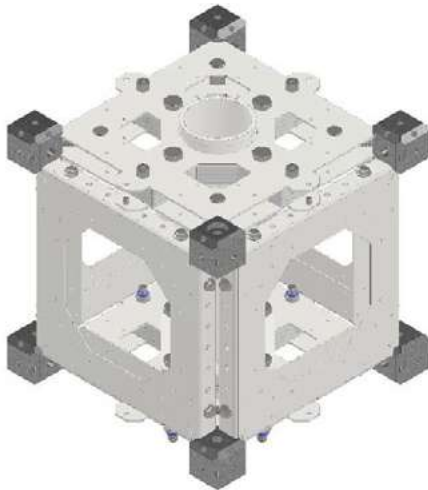
Draagstructuur	Staal	Layer Brand:	STRUCTURE
Omschrijving detail	Koudgevormde staalprofielen in modulair grid		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen 2d		
Reden losmaakbaarheid	Om efficiënt te kunnen monteren, demonteren en remonteren en om hoogwaardig hergebruik (re-use) in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken		



Figuur 1: Draagstructuur met manifold, samengestelde hoofdliggers, kolom met ombouw, gridcel vloer, enkelvoudig frame gevel en herbruikbare EPDM afdichtingsprofielen voor luchtdichte afwerking



Figuur 2: Dezelfde draagstructuur als figuur 1, afgewerkt met modulaire panelen en stroken die na wegnemen de koppeling van een dubbele gevel of een systeemwand mogelijk maakt



Figuur 3: Manifold voor de koppeling van de samengestelde liggers, de kolom, de in hoogte verstelbare aansluiting voor de fundering en de gevelconstructie



Figuur 4: Manifold met de kolomaansluiting middels een gedeelde klemconus en een overschuiflens en een in hoogte verstelbare ondersteuning naar de fundering



Details, lessons learned en uitdagingen

22. Koudgevormde staalprofielen in modulair grid



Figuur 5: Hoek vloergrid verbonden aan basisknoop met de mogelijkheid om een opzetstuk te plaatsen voor de koppeling van een systeemwand, orthogonaal of desgewenst schuingeplaatst



Figuur 6: Knoop met opzetstuk verdraaid t.b.v koppeling schuine systeemwand



Figuur 7: Opbouw vloergrid prototype



Figuur 8: Dakconstructie met manifold, samengestelde liggers en tussenliggend grid

Bron: Plexyz Global Innovations B.V.



Details, lessons learned en uitdagingen

22. Koudgevormde staalprofielen in modulair grid

Keuzes losmaakbaarheid:	Type verbinding: Verbinding met toegevoegd element (0,80) (bouten/moeren)	Het PLEXYZ-bouwsysteem is een modulair dragend systeem. Deze 3D-draagstructuur bestaat uit demontabele en remontabele elementen met fixatiepunten waarmee ook door derden aangeleverde elementen kunnen worden bevestigd. Het hart van dit systeem is een 3D-grid opgebouwd uit koudgevormde staalprofielen, met moduulmaten van bijvoorbeeld 200, 250 of 300 mm. Vanuit een basismodule bouw je verder in X-, Y- en Z-richting. De knopen vormen verbindingselementen die de liggers opnemen. Dankzij schuine kanten (chamfers) zijn de onderdelen eenvoudig te monteren. De samengestelde liggers worden verbonden met de manifold (figuur 3 en 4) waarin een conisch sluit mechanisme is geïntegreerd t.b.v. de bevestiging van de kolommen. De verbindingen zijn zo ontworpen dat ze de speling in het systeem opheffen op het moment dat de bout wordt aangedraaid. Hierdoor ontstaat een starre verbinding die trek-, druk- en momentbelastingen kan opnemen.
Lessons learned	Het modulaire draagsysteem is toepasbaar in o.a. de volgende situaties: • optoppen appartementengebouwen; • mantelzorgwoningen, tiny houses, tijdelijke bouw, modulaire kantoorunits; • verhoogde vloeren in combinatie met systeemwanden; • exposities en standbouw. Lessons learned en kenmerken van dit bouwsysteem zijn: • Modulair aanpasbaar in 3D, zonder het genereren van afval, omdat elkelement, inclusief de afdichtingsprofielen herbruikbaar en remontabel is; • Maakt parametrisch ontwerp mogelijk met geringe toleranties; • Grote mate van vormvrijheid. • Het lichte en sterke ruimtevakwerk voor de draagconstructie maakt het bouwsysteem aardbevingbestendig. • Er zijn meerdere prototypes gebouwd, waarmee veel ervaring is opgedaan met zowel de montage als demontage. Met de huidige stand van de techniek is montage, demontage en remontage eenvoudig, zodanig dat iedereen met enige technische achtergrond het kan uitvoeren.	
Uitdagingen	• Samenwerking met architecten, constructeurs en producenten is cruciaal. De draagstructuur ligt vast. De afbouw, gevels, installaties, interieur — is een modulair ecosysteem dat daaromheen kan worden ontwikkeld. • Afhankelijk van de toepassing moet nog worden nagedacht over de bouwtechnische eisen zoals brandveiligheid, geluidisolatie, luchtdichtheid, e.d. Veelal zal de prestatie afhankelijk zijn van de afwerking / beplating, keuze isolatiemateriaal, e.d. • De montage- en demontage handleiding moet nog wel worden gemaakt.	
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Een draagconstructie van PLEXYZ voor een vloer is enkele keren lichter dan een massief betonnen vloer. Er is nog geen berekening gemaakt om HSB en andere staalframe bouwsystemen met dit systeem te vergelijken. De hoeveelheid materiaal hangt af van de geometrie van een woning en het aantal bouwlagen.	
Schaduwkosten/MKI	Een LCA-analyse is nog niet uitgevoerd. Hier wordt momenteel aan gewerkt.	
Overige opmerkingen	Het PLEXYZ-bouwsysteem zal initieel duurder zijn dan andere bouwsystemen die al langer op de markt zijn. Opschaling van fabricage zal de kostprijs omlaag brengen. Daarnaast zullen de elementen een relatief hoge restwaarde behouden, hetgeen het bouwsysteem uiteindelijk goedkoper kan maken. Het modulaire systeem is nog niet gecertificeerd maar al wel in een pilot (binnentoepassing) gerealiseerd.	



6. 11 Details uit de 2024 publicatie

In de publicatie **Losmaakbaar bouwen — Werken aan een toekomstbestendige gebouwvoorraad (LenteAkkoord 2.0, 2024)**⁸ zijn 11 details opgenomen. De details zijn aangeleverd door de betreffende marktpartijen en in de Leidraad voorzien van een toelichting en tekeningen.

Uit de Leidraad van LenteAkkoord 2.0 (11 details)

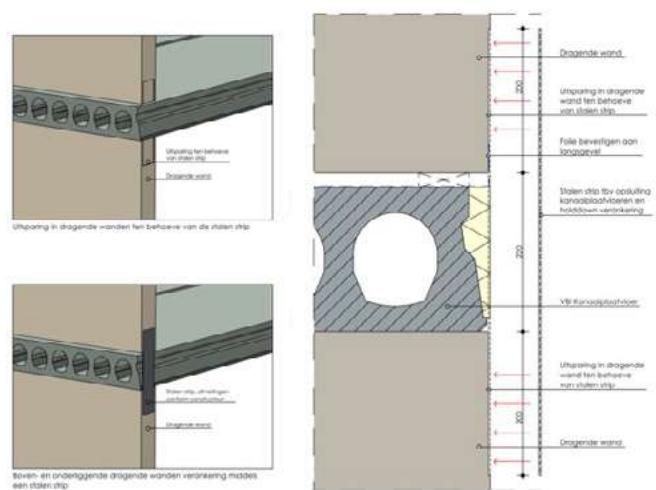
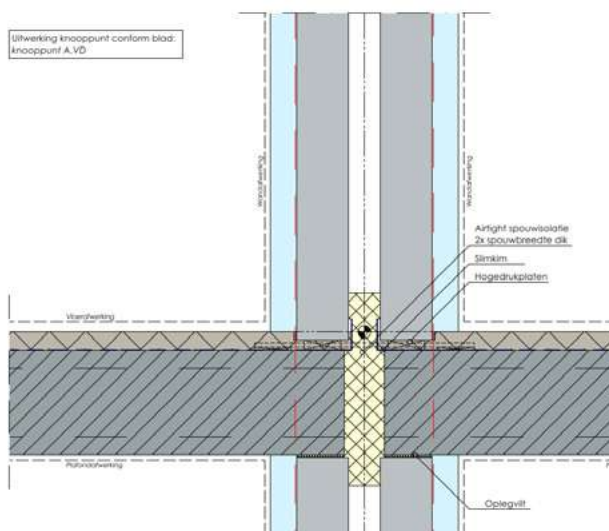
L.01	Kanaalplaatvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden/ CLT	Consolis VBI
L.02	Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen	Machiels Building Solutions nv.
L.03	Streenstrips op een HSB-element	Fassat
L.04	Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)	Rothoblaas
L.05	Stalen vliesgevel	Jansen AG
L.06	Prefab betonnen wandaansluitingen	Leviat Halfen
L.07	Geventileerd keramisch gevelsysteem op HSB-elementen	Aberson
L.08	Prefab betonnen binnenwand in aansluiting op prefab gevel	Hakron
L.09	Integraalvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden	Rap Wonen/Ouwehand
L.10	Integraalvloer en installaties	RAP Wonen/Ouwehand
L.11	Draagstructuur betonnen kern — houten (Glulam) liggers	Rothoblaas

⁸ Zie: <https://www.lente-akkoord.nl/uploads/LA-Losmaakbaar-detaileren-Werken-aan-een-toekomstbestendige-gebouwvoorraad-19-09-24.pdf>

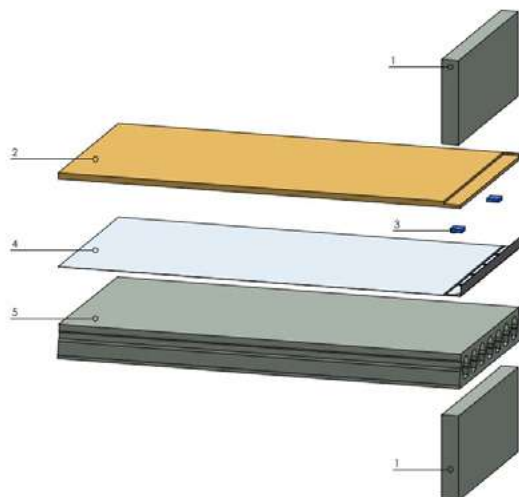
Details, lessons learned en uitdagingen

L.01 Kanaalplaatvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden/CLT

Dragstructuur	Prefab beton/CLT	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Kanaalplaatvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden/CLT-woningbouw (grondgebonden)		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



Bron: Consolis/VBI: Demontabele vloer



- Aansluiting A, verdieping**
Demontabele natte knoop
VBI kanaalplaatvloer met steenachtige dragende wand
- 1 Steenachtige dragende wand
 - 2 Anhydrietvloer voor ondervloeren dragende wand
 - 3 Stelblokken
 - 4 VBI Stimkim met folie, tegen het hechten en wegvloeien van de anhydrietvloer
 - 5 VBI A200 Kanaalplaatvloer



Bron: Consolis / VBI: Slimkim (onderdeel demontabele vloer)

Keuzes losmaakbaarheid

Om een kanaalplaatvloer remontabel te gebruiken worden een aantal eisen gesteld. Het is belangrijk om natte verbindingen zoals aanstorten te voorkomen. Bij een kanaalplaatvloer houdt dit onder andere in dat er geen druklaag wordt toegepast. Ook de keltvoegvulling kan zich niet hechten aan de kanaalplaatvloer. Bij demontage moet de kanaalplaatvloer zonder beschadiging of waardeverlies uit het gebouw worden gehaald. Daarnaast moet de hoeveelheid verschillende types kanaalplaatvloeren worden beperkt. Bij kanaalplaatvloeren met standaard hoogtes, zijn deze beter inwisselbaar en kunnen knooppunten met standaard hybride aansluitingen worden gevormd.



Details, lessons learned en uitdagingen

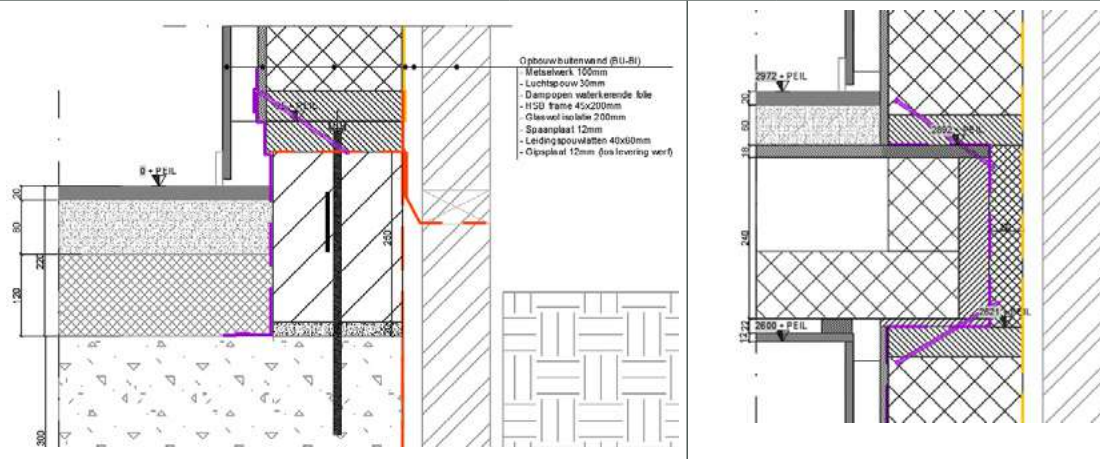
L.01 Kanaalplaatvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden/CLT

Keuzes losmaakbaarheid	Om een kanaalplaatvloer remontabel te gebruiken worden een aantal eisen gesteld. Het is belangrijk om natte verbindingen zoals aanstorten te voorkomen. Bij een kanaalplaatvloer houdt dit onder andere in dat er geen druklaag wordt toegepast. Ook de kelkvoegvulling kan zich niet hechten aan de kanaalplaatvloer. Bij demontage moet de kanaalplaatvloer zonder beschadiging of waardeverlies uit het gebouw worden gehaald. Daarnaast moet de hoeveelheid verschillende types kanaalplaatvloeren worden beperkt. Bij kanaalplaatvloeren met standaard hoogtes, zijn deze beter inwisselbaar en kunnen knooppunten met standaard hybride aansluitingen worden gevormd.
Lessons learned	- Modulaire maatvoering van vloervelden met volle plaatbreedtes (n x 1200mm) verdient de voorkeur vanwege optimale herbruikbaarheid en waardebehoud. - Keep it simple; de wet van de zwaartekracht leidt er toe dat oplettingen op zich (zonder extra koppelingen) stabiel zijn. - Ondanks dat de kanaalplaatvloer losmaakbaar/remontabel is, is hier bewust gekozen voor een anhydriet gietvloer. Droge dekvloeren blijken vooralsnog niet industrieel, zijn bewerkelijk en kostbaar. Voordelen van een gietdekvloer zijn: - arbotechnisch verantwoord, - kan dun en naadvrij worden aangebracht (precies de goede hoogte (laser)), - overbrugt hoogteverschillen, - is krimpvrij, heeft hoge druk-/trek-/buigtreksterkte, - bedt leidingwerk netjes in, - luchtdicht, - relatief lage milieulast. Vooralsnog lijkt dit de beste dekvloerkeuze voor dit remontabele concept. - Zie voor meer informatie het VBI-document: "Details voor grondgebonden remontabele rijtjeswoningen".
Uitdagingen	- Afdekking dwars- en langssleuven in verband met intrappen. - Sleuf- en vloerafwerking zodanig dat de leidingen onbeschadigd uitgenomen kunnen worden (ondanks dat giervloer is aangebracht). - 6 lagen model van Stewart Brand in de bouwknoepen toepassen. Dus meer scheiden van de layers. - Van 2D knoop (detail) naar 3D knoop (systeem).
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Vergelijking massief/gietbouw versus hol/remontabel construeren: - In het geval van een remontabele kanaalplaatvloer is geen druklaag nodig; - Aanvullend zijn enkele koppelstrips/ankers noodzakelijk (zie details).
Schaduwkosten/MKI	De milieu-impact is die van de gezamenlijke vloeronderdelen afzonderlijk: vloerplaat, voegvulling, leidingen, kim, folie, gietdekvloer. De kracht is dat alles retour genomen kan worden: geen vermenging van grondstoffen, waardoor herbruikbaar/recyclebaar.
Overige opmerkingen	De milieu-impact is bekend en nog aan verbetering onderhevig. Voor meer informatie: www.vbi.nl.

Details, lessons learned en uitdagingen

L.02 Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen

Dragstructuur	HSB	Layer Brand	STRUCTURE/SKIN
Omschrijving detail	Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



Bron: Machiels Building Solutions nv.

Keuzes losmaakbaarheid	Er is niet specifiek voor losmaakbaarheid gekozen. In deze details is gekozen voor het gebruik van zoveel mogelijk circulaire materialen binnen de HSB-elementen (wanden, vloeren en daken). Deze elementen kunnen snel gemonteerd en gedemonteerd worden. De losmaakbaarheid is hier gerealiseerd door traditionele schroefverbindingen. Deze schroeven zijn van binnenuit geplaatst. Het betreft hier een traditionele verbindingmethode binnen de HSB-methode. Voor afwerking (=maatwerk) en het wegwerken van leidingen is hier gekozen voor een leidingspouw die aan het prefab HSB-element is bevestigd. Hierop kan op de bouwplaats een gipsplaat worden aangebracht. De afwerking van de leidingspouw moet dus eerst (bij demontage) worden verwijderd voordat de schroefverbindingen in het HSB kunnen worden bereikt.
Lessons learned	Wanneer er geen gebruik wordt gemaakt van een leidingspouw, gaan de installaties in het HSB-element en is elke hollewanddoos en installatietechnische doorvoer een luchtlek. Er dient extra materiaal te worden toegevoegd in de vorm van een manchet om de doorvoeren weer luchtdicht te maken. Voor wat betreft hergebruik in de toekomst: - Bovenstaande bouwknopen kunnen maximaal 2 keer in elkaar worden gezet en uit elkaar worden gehaald voordat het hout te veel beschadigd is. - Voor veel toepassingen is één keer demonteren en weer monteren al voldoende. Met maar één à twee cycli is het niet nodig om extra materiaal (bijvoorbeeld verbindingsmiddelen) toe te voegen. - Mocht er bijvoorbeeld ontworpen worden voor een tijdelijke huisvesting, met gebouwen die meerdere keren verplaatst moeten worden, dan zijn er verschillende oplossingen om de knopen duurzamer (robuuster) te maken, door wel meer materiaal in de vorm van ankers toe te voegen. - Alhoewel in betreffende details is gekozen om van binnenuit te schroeven is het schroeven vanaf de spouwzijde ook mogelijk. Bij demontage zal dan uiteraard eerst het buitenblad (mw, beplating, etc.) moeten worden verwijderd. - Er is nog geen ervaring met demontage en remontage van HSB-elementen. Dit heeft twee redenen: 1) de vraag wordt (nog) niet gesteld en 2) de levensduur van gebouwen met deze HSB-elementen is circa 30-50 jr.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.02 Houtskeletbouw/houten binnenspouwbladen

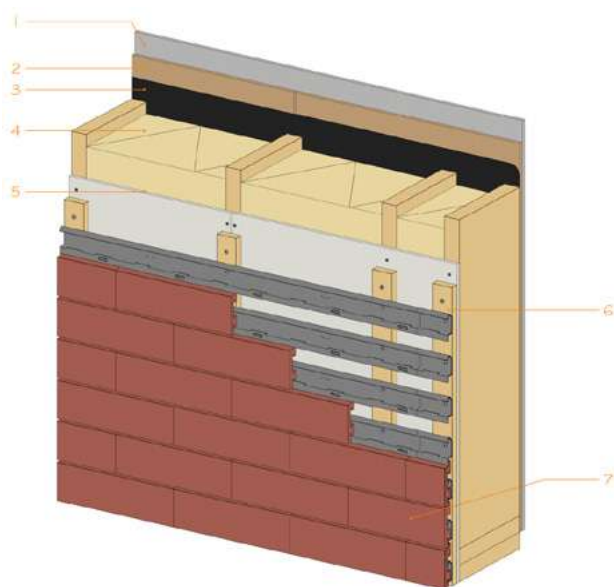
Uitdagingen	Deze knopen kunnen 1 à 2 keer uit elkaar gehaald worden en vervolgens weer in elkaar gezet. Wanneer er meerdere cycli gewenst zijn zal er naar bijkomende verankering moeten worden gekeken.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	In basis is geen extra materiaal nodig. Het betreft hier een traditionele verbindingstechniek. Indien de elementen meerdere keren worden gemonteerd en gedemonteerd zullen meerdere (nieuwe) ankers per verbinding moeten worden toegepast. Bij demonteren kan er namelijk sprake zijn van beschadiging van het hout ter plaatse van de verbinding.
Schaduwkosten/MKI	De 'standaard' HSB verbindingsmethodiek (schroeven) voegt qua milieu-impact niets extra's toe aan de knooppunten.
Overige opmerkingen	De HSB-elementen zijn vrijwel niet aan veroudering onderhevig. Er vindt geen degradatie van het bouwelement plaats en de elementen kunnen meerdere keren worden hergebruikt. De eventuele (financiële) restwaarde is sterk afhankelijk van wat je in de toekomst met de elementen kan doen. Ook is dit afhankelijk van het type gebouw en ontwerp. Vooralsnog is hier geen waarde aan te koppelen.



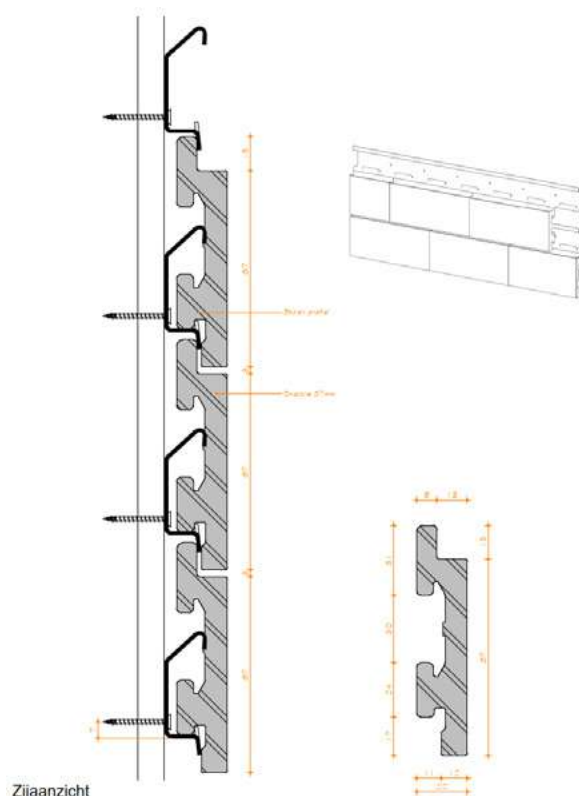
Details, lessons learned en uitdagingen

L.03 Streenstrips op een HSB-element

Dragstructuur	HSB	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Streenstrips op een HSB-element		
Niveau losmaakbaarheid	Product		
Reden losmaakbaarheid	Om vervanging tijdens levensduur mogelijk te maken (repair) Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



1. Gipsplaat, d=10mm
2. OSB, d=10mm
3. Dampremmende folie
4. HSB stiplen met cellulose isolatie, d=240mm
5. Magoxxplaat, d=4mm
6. Verticale houten regels, d=20mm, Max. h.o.b. 300mm
7. BrickTile 95 met C-profiel



Zijaanzicht

Bron: Fassat: NoviBrick BrickTiles

Keuzes losmaakbaarheid	Het betreft hier losmaakbare en remontabele keramische steenstrips die door middel van een strengpers met spuitmond zodanig zijn gevormd dat deze eenvoudig in een thermisch verzinkt staalprofiel (Magnelis) met lippen vastgeklit en geborgd kunnen worden. Deze draagregelprofielen kunnen worden door geschroefd in de stijlen van de HSB-constructie (h.o.h. 400 mm). Bij een constructieve wand van beton of kalkzandsteen worden na montage van de harde isolatieplaten verticale omegaprofielen op de isolatie aangebracht. Deze worden met montagepluggen door de isolatie in de achterwand bevestigd. Op de omegaprofielen worden vervolgens de montageprofielen gemonteerd.
Lessons learned	- Bij HSB-wanden en geschakelde/gestapelde woningen speelt de brandvoortplanting via de gevel (en spouw) en brandoverslag vrijwel altijd een belangrijke rol. Door toevoeging van een 4mm windstopper (in dit geval Magoxxboard) op de isolatie of op de HSB-wand kan worden voldaan aan de eisen. - Het uitvoeren van een windbelastingstest geeft zekerheid over de duurzame veiligheid (betrouwbaarheid) van het systeem.
Uitdagingen	Een uitdaging is alternatieve bekleding van de dagkanten, bijvoorbeeld door middel van een aluminium kader.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.03 Streenstrips op een HSB-element

Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	De draagregelprofielen zijn een belangrijk onderdeel van het gevelsysteem. Deze zijn herbruikbaar en/of recyclebaar.
Schaduwkosten/MKI	Nog niet bekend.
Overige opmerkingen	De keramische producten in dit systeem zijn uv-bestendig, onderhoudsvrij en de afname van esthetische kwaliteit is beperkt (weinig tot geen vervuiling). Dit systeem is ontwikkeld voor een lange levensduur. Het systeem is losmaakbaar en herbruikbaar. Er zijn nog geen terugnamegaranties afgesproken en/of restwaardecalculaties gemaakt.



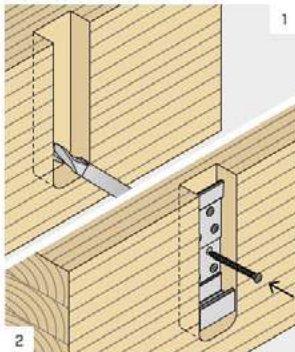
Details, lessons learned en uitdagingen

L.04 Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)

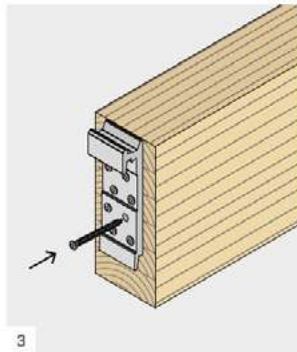
Dragstructuur	Hout	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)		
Niveau losmaakbaarheid	Product/element		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



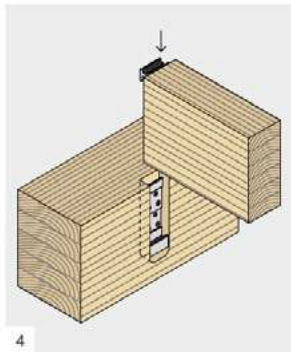
CONCEALED INSTALLATION



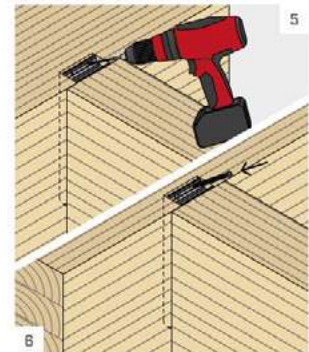
1
Carry out the grooving on the main element. Place the connector on the main element and fasten all screws.



2
Place the connector on the secondary beam and fasten all screws.



3
Hook the secondary beam fitting it from the top to the bottom.



4
It is possible to insert anti-slip screws without structural function, by drilling one or more holes Ø5 inclined at 45° in the upper part of the connector. A Ø5 screw must be inserted in the holes.

Bron: Rothoblaas: Lock T Timber

Keuzes losmaakbaarheid	Losmaakbaarheid bestaat hier uit toegevoegde verbindingsmiddelen (Lock T), schroeven en borgschroeven. De hoofdconstructie is losmaakbaar maar afhankelijk van de afwerkingen (voorzetwanden, dekvloeren, plafonds) zijn verbindingen en verbindingsmiddelen soms niet meer eenvoudig bereikbaar.
Lessons learned	- Afhankelijk van de toepassing gelden er aanvullende eisen voor bijvoorbeeld brand (ook bezwijken), geluid, e.d. Hiervoor zullen dan ook aanvullende maatregelen (bijvoorbeeld brandwerende banden) moeten worden getroffen. - Dergelijke verbindingen maken onderdeel uit van de totale draagconstructie en moeten daarom ook zo worden beoordeeld.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.04 Houten draagstructuur van wanden, balken (Glulam), vloeren (CLT)

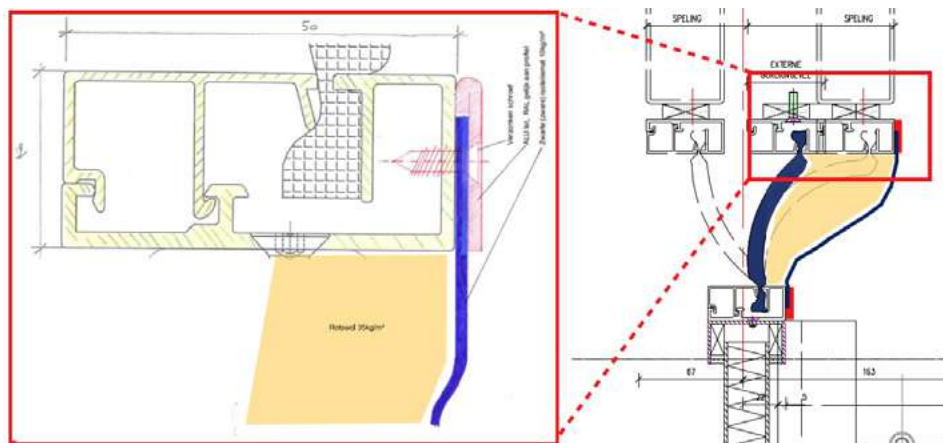
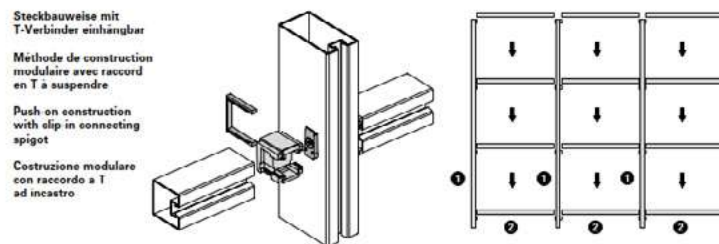
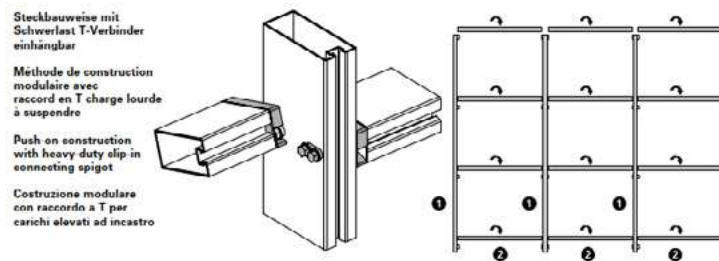
Uitdagingen	- Deze verbindingstechniek draagt geen horizontale belasting over. Men dient bijkomende ankers te gebruiken om schuifbelasting (indien van toepassing) op te vangen. - Niet compatibel met akoestische ontkoppelingsrubbers.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Nee.
Schaduwkosten/MKI	Geen informatie beschikbaar.
Overige opmerkingen	Het gebruik van aluminium maakt dat het soms duurder is dan de traditionele zwaluwstaartverbindingen. Het simpele design en extrusie minimaliseert echter deze kosten. Er is bijkomende verwerking in de fabriek nodig (freeswerk), maar meestal is dat minder complex dan bij houten zwaluwstaartverbindingen. Ondanks de soms hogere initiële kosten, is er toch een meerwaarde dankzij losmaakbaarheid. Het extruderen van aluminium maakt hergebruik van het element mogelijk, aangezien er geen lasnaden (en dus zwakke punten) zijn. Nader onderzoek is nodig om dat in een getal uit te drukken.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.05 Stalen vliesgevel

Draagstructuur	N.v.t.	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Stalen vliesgevel		
Niveau losmaakbaarheid	Product/element		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



Bron: Jansen



Details, lessons learned en uitdagingen

L.05 Stalen vliesgevel

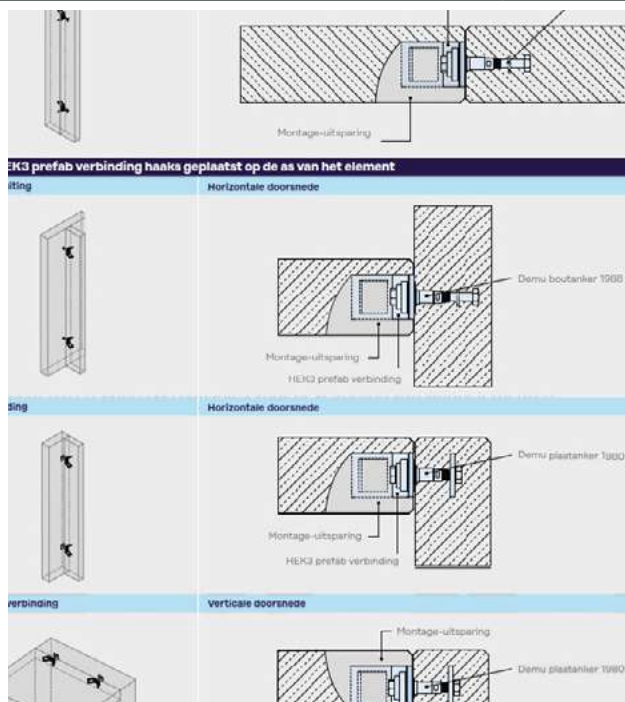
Keuzes losmaakbaarheid	Deze details zijn ontwikkeld voor het project Gare Maritime (https://www.gidsduurzamegebouwen.brussels/circulair-gevelsysteem-gare-maritime/omkeerbaar-ontwerpen). In plaats van alle verbindingen aan elkaar te lassen, werd ervoor geopteerd met verschillende gelaste elementen te werken. Die werden aangevuld met losse stijlen en regels waar de stabiliteit dat toeliet. Als resultaat zijn er diverse gevelconstructies geplaatst die in de toekomst kunnen worden gedemonteerd. Samen met de architecten en montagebedrijven werden alle stappen doorlopen die nodig zijn bij de demontage van het vliesgevelsysteem. De gedemonteerde mock-up van het gevelprofielsysteem voor Gare Maritime, werd daarna, zij het wat ingekort, hergebruikt in een ander project in Leiden. Voor de vliesgevel is voornamelijk gebruikgemaakt van schroeven en bouten. Het stalen vliesgevelsysteem Jansen VISS is losmaakbaar verbonden met de houten structuur en bestaande kappen. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende soorten demontabele verbindingen. Het gevelsysteem is zo ontworpen dat het onafhankelijk is van andere functies van het gebouw, zoals de structuur of het dak. Het gevelsysteem is met droge verbindingen aan de ruwbouw bevestigd. De aansluiting van het stalen vliesgevelsysteem op aangrenzende bouwdelen is uitgevoerd met een zogenaamde 'slabbe'. Deze is deels verkleefd (voor een goede luchtdichting) en deels geklemd aangebracht.
Lessons learned	De gevelelementen worden normaal in een door het ontwerp bepaalde sequentie gemonteerd. De demontagevolgorde wordt hierdoor ook bepaald. In een uitvoering van losse stijlen en regels kan hiervan worden afgeweken en kunnen losse elementen willekeurig worden vervangen. Deze aanpak vergt een nieuwe manier van ontwerpen, waarbij meer naar toekomstig flexibel gebruik van een gebouw wordt ontwikkeld. Hoewel hiernaar onderzoek wordt gedaan, blijven voorbeelden hiervan nog beperkt.
Uitdagingen	De (onder)aannemer heeft ervoor gekozen om op een aantal plekken de T-verbindingen te vervangen voor aangelaste U-profielen. De reden hiervoor was het versnellen van de bouwtijd. Het gevolg is dat de betreffende stijlprofielen minder goed te hergebruiken zijn.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig om deze losmaakbare verbindingen mogelijk te maken.
Schaduwkosten/MKI	De milieu-impact van dit systeem is aangetoond binnen de database van NIBE. De schaduwkosten van het systeem bedragen €1,72 voor een levensduur van 75 jaar.
Overige opmerkingen	Er zijn geen extra kosten voor dit project gemaakt. Gebruikelijke stappen zoals de engineering van de details en het maken van een mock-up zijn ondernomen.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.06 Prefab betonnen wandaansluitingen

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Prefab betonnen wandaansluitingen		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use) en om remontabel te kunnen bouwen		



Voor tijdelijke verbinding of eenvoudige demontage van gebouwen

- 1** Mortel spaarzaam aanbrengen op de zijkant van de uitsparing.
- 2** Betonnen vulblok aandrukken en oppervlakte glad strijken.
- 3** Bij demontage: Breek het vulblok open met geschikt gereedschap om de HEK3-verbinding vrij te maken.

Bron: Levia Halfen HEK3 prefab verbinding: Droge prefab boutverbinding met de HEK3 prefab verbinding: Figuur 1-3



Details, lessons learned en uitdagingen

L.06 Prefab betonnen wandaansluitingen

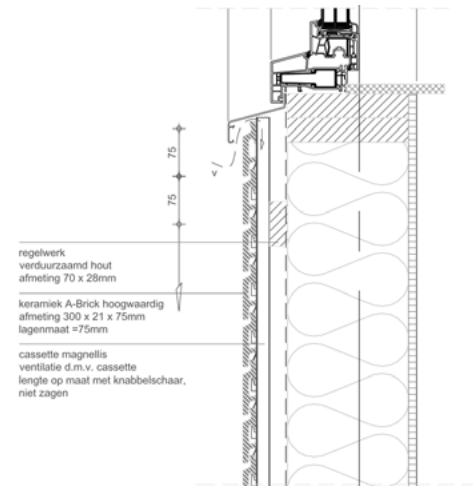
Keuzes losmaakbaarheid	De losmaakbaarheid is gerealiseerd door het instorten van een stalen verbindingsmiddel (hier Halfen HEK3 prefab verbinding van Leviaat) waarmee de betonnen prefab delen met een contravertanding en boutverbinding aan elkaar worden bevestigd. Elementen zijn eenvoudig met een steek/ringsleutel of momentsleutel te demonteren. De HEK3 prefab verbinding is inmiddels de derde doorontwikkeling van het principe waarmee Leviaat het mogelijk maakt prefab beton eenvoudig en droog te verbinden. Het grote voordeel is het direct belasten nadat de boutverbinding is aangedraaid. Bijkomend voordeel is dat de verbinding eenvoudig te demonteren is.
Lessons learned	- Geen mortel of laswerk nodig om verbinding te realiseren. - Tijds winst in montage doordat verbinding direct na montage is te belasten. - Doordat de prefab leverancier met standaard maatvoering werkt is de positie van de verbinding altijd op dezelfde maatvoering en eenvoudig terug te vinden. Hierdoor wordt demontage nog eenvoudiger. - Diverse woningbouwers hebben de montage en demontage van de HEK3 prefab verbinding succesvol toegepast (Voor de opleiding van monteurs wordt keer op keer dezelfde woning gebruikt).
Uitdagingen	- Vaak is het betoncasco een onderdeel van de hoofddraagconstructie en zal deze onder brandomstandigheden 60, 90 of 120 min beschermd moeten worden. Ook de verbinding tussen beide elementen zal gedurende deze tijd voldoende moeten worden beschermd; dit kan door: - Afwerken met standaard betonblokje. - Afwerken met mortel. - Om de verbinding af te werken wordt er een betonnen vulblok geplaatst (zie figuur 3). Deze wordt met mortel of kit verbonden aan het element. Dit blokje is te breken en te demonteren door een slag met de hamer. - Er dient rekening te worden gehouden met een 'droge' afwerking van de sparingen.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze verbinding. Deze verbindingstechniek is bij prefab constructies al gebruikelijk. Duurzame uitsparingsmagneten (voor in de fabriek) die keer op keer hergebruikt kunnen worden zijn beschikbaar. Hierdoor is er geen afval zoals hout, EPS of andere materiaal voor een uitsparing.
Schaduwkosten/MKI	Leviaat is als onderdeel van CRH en voortdurend bezig met duurzaamheid. Aanvullende informatie is te vinden op https://www.leviat.com/nl-nl/duurzaamheid of in het duurzaamheidsverslag van CRH. Door de mogelijkheid om meer prefab voor te bereiden in de fabriek worden transportbewegingen tot het minimum beperkt. Door het gebruik van duurzame magneten die telkens weer opnieuw kunnen worden gebruikt wordt afval vermeden. Er zijn geen MKI-berekeningen beschikbaar.
Overige opmerkingen	Ten opzichte van een traditioneel systeem worden tijdens de montage tijd en kosten bespaard. Door standaard uitsparingsmagneten kan de HEK3-uitsparing snel een eenvoudig in de mal worden geplaatst. Voor de kennismaking met het product heeft Leviaat een animatie ontwikkeld waarin het proces van plaatsen van de ankers in de mal t/m de montage van het element op de bouwplaats wordt uitgelegd. Tevens is er een applicatie beschikbaar welke is te downloaden onder de naam: Leviaat Halfen HEK3 AR. Meer informatie: https://www.leviat.com/nl-nl.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.07 Geventileerd keramisch gevelsysteem op HSB-elementen

Draagstructuur	n.v.t.	Layer Brand	SKIN
Omschrijving detail	Geventileerd keramisch gevelsysteem op HSB-elementen		
Niveau losmaakbaarheid	Product/systeem		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



Negge oplossing



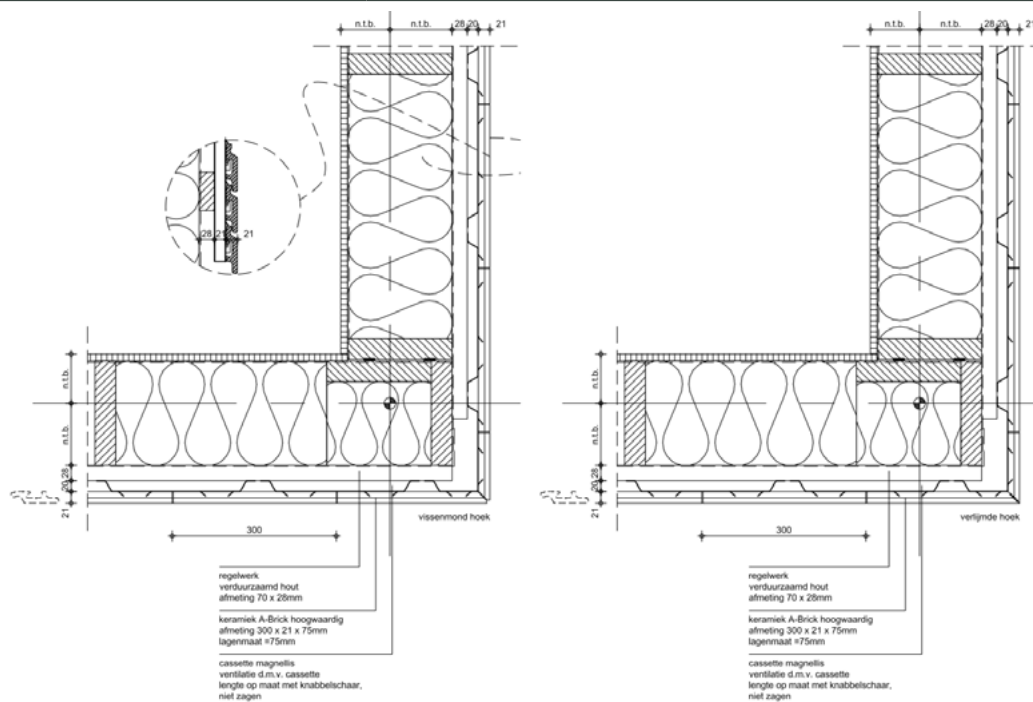
Hoekoplossing

Bron: Aberson: A-brick



Details, lessons learned en uitdagingen

L.07 Geventileerd keramisch gevelsysteem op HSB-elementen



Hoekoplossing met vissenmond (links) en verlijmd (rechts)

Bron: Aberson: A-brick

Keuzes losmaakbaarheid	De keramische steenstrips worden binnen dit systeem geklikt op metalen (Magnelis) cassettes. Daarmee zijn de steenstrips volledig mechanisch geborgd. Lijm of mortel is niet nodig. Dit systeem is volledig losmaakbaar.
Lessons learned	- De metalen cassettes (3000 mm hoog en in breedte variërend van 150–600 mm) worden met schroeven aan de bouwkundige ondergrond bevestigd. Zowel het aanbrengen als demonteren is eenvoudig. - Omdat dit systeem demontabel en ongevoegd is kan er beperkt regenwater achter het systeem komen. Daarom is er sprake van een geventileerd systeem (met openingen aan de onder- en bovenzijde van het gevelvlak). Door de sterke mate van ventilatie droogt de keramische strip snel. - Gevelsystemen o.b.v. strips die in een systeem worden geklikt zijn wat schadegevoeliger (t.o.v. traditioneel metselwerk) — er zal dus rekening moeten worden gehouden met de toepassing. - Vervanging van kapotte strips is mogelijk. - Bij toepassing op gebouwen nabij de kust (zoute omgeving) moet de achterconstructie uitgevoerd worden in RVS.
Uitdagingen	- Hanteer bij engineering de 'spelregels' van betreffende fabrikant. Denk hierbij aan: dilataties, maatvoering, ventilatie, staalkwaliteit. - Let op de maatvoering. Het corrigeren tijdens de bouw (montagefase) is vrijwel niet mogelijk.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	De metalen ondergrond (cassettes). Dit is onderdeel van het gevelsysteem.
Schaduwkosten/MKI	MKI = € 3,39 (conform NMD (CAT 1 kaart), maart 2024) (75 jr; /m ²) Opmerking: Verbeterde MKI wordt op dit moment berekend, naar verwachting einde Q2, 2024 beschikbaar. De verschillende materiaalstromen zijn door de losmaakbaarheid goed te scheiden, te hergebruiken en/of te recyclen.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.07 Geventileerd keramisch gevelsysteem op HSB-elementen

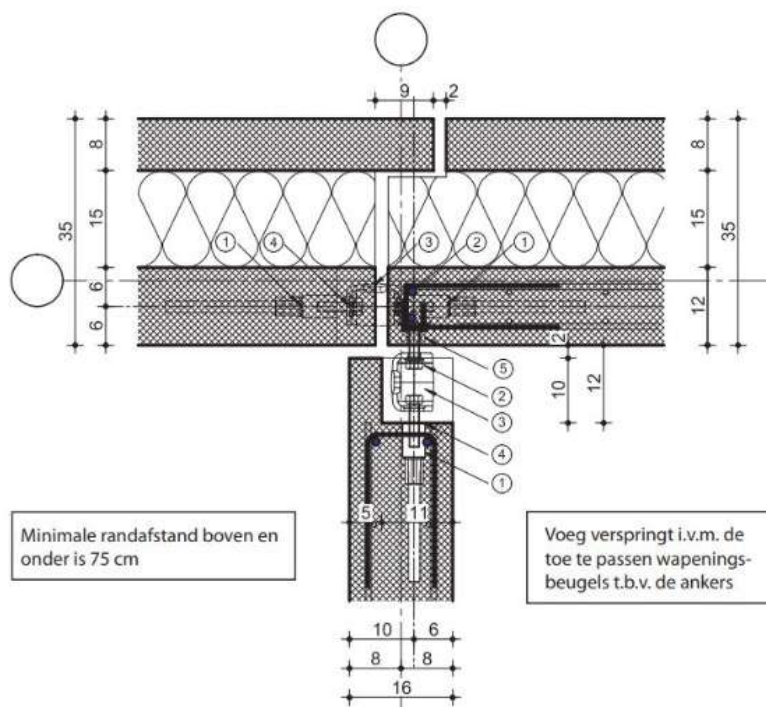
Overige opmerkingen	Zowel de cassette als steenstrips worden retourgenomen door middel van een retournamegarantie. Ook al het gezaagde/beschadigde materiaal wordt teruggenomen. Dit gevelsysteem kan ook worden toegepast op een steenachtig binnenspouwblad met spouwisolatie. Hiervoor zijn metalen brackets beschikbaar waaraan de metalen cassettes worden opgehangen. Zie voor meer informatie over dit systeem: www.aberson.nl/a-brick (Whitepaper 'Circulair, snel én keramisch bouwen — de facts en specs van A-brick')
---------------------	--



Details, lessons learned en uitdagingen

L.08 Prefab betonnen binnenwand in aansluiting op prefab gevel

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE/ SKIN
Omschrijving detail	Prefab betonnen binnenwand in aansluiting op prefab-gevel		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use).		



Bron: Abersson: A-brick



Details, lessons learned en uitdagingen

L.08 Prefab betonnen binnenwand in aansluiting op prefab gevel

Keuzes losmaakbaarheid	De losmaakbaarheid is hier gerealiseerd door het instorten van een stalen verbindingsmiddel (hier type Hakron – spanslot) waarmee de betonnen prefab delen met een boutverbinding aan elkaar worden bevestigd. Deze verbindingsstechniek bestaat al jaren en is in basis niet bedoeld geweest voor remontabel bouwen. Echter met enkele kleine aanpassingen zijn deze verbindingen na jaren toch weer eenvoudig los te halen.
Lessons learned	De verbinding (spanslot) is bedoeld als droge verbinding binnen een prefab bouwsysteem. Er is nog weinig ervaring met het loshalen van dergelijke verbindingen.
Uitdagingen	- Vaak is het betoncasco een onderdeel van de hoofd draagconstructie en zal deze onder brandomstandigheden 60, 90 of 120 minuten beschermd moeten worden. Ook de verbinding tussen beide elementen zal gedurende deze tijd voldoende moeten worden beschermd. - Er zijn geen “standaard” oplossingen voor het brandveilig afschermen van de verbinding tussen de elementen. Wanneer de sparing en het spanslot worden afgesmeerd met mortel is de eigenschap van de mortel bepalend. I.o.m. een brandadviseur moet dit detail worden beoordeeld. - Door toepassing van stuclagen is het erg lastig om deze verbindingsmiddelen weer terug te vinden. Een natte afwerking heeft dan ook niet de voorkeur. - Niet bekend is of de verbindingsmiddelen na jaren nog eenvoudig zijn los te draaien (door gebruik van mortel, e.d.). Hier zal nog ervaring mee moeten worden opgedaan.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Er is geen extra materiaal nodig voor deze verbinding. Deze verbindingstechniek is bij prefab constructies al gebruikelijk. Wel dient rekening te worden gehouden met een ‘droge’ afwerking van de sparingen.
Schaduwkosten/MKI	Hier is nog geen concreet getal aan te koppelen.
Overige opmerkingen	De grootste meerwaarde bij het spanslot is tijdbesparing bij montage van de elementen. Er wordt door betreffende leverancier onderzoek gedaan naar de losmaakbaarheid. Er is hiervoor al een experiment gedaan rondom losmaakbaar maken van het spanslot door eerst een op maat gemaakt stuk schuim in de sparing te steken en vervolgens af te smeren met mortel. Zo blijven de bouten vrij van mortel zodat de losmaakbaarheid beter te garanderen is.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.09 Integraalvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Integraalvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden (grondgebonden)		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use) en om de woningen te kunnen verplaatsen.		



Bron: Ouweland Bouw Groep b.v./RAP



Details, lessons learned en uitdagingen

L.09 Integraalvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden

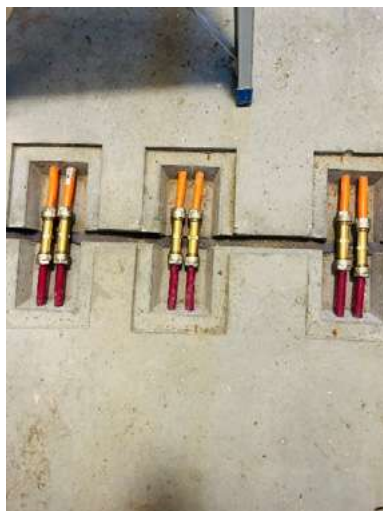
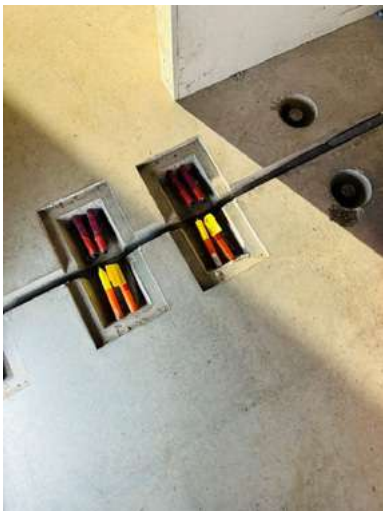
Keuzes losmaakbaarheid	Voor losmaakbaarheid is gekozen om hoogwaardig hergebruik in de toekomst mogelijk te maken en om de woningen (in 2D elementen) te kunnen verplaatsen. Hiermee wordt een lange levensduur voorzien. In de afbeelding is een remontabele verbinding te zien van de aansluiting van een VBI-integraalvloer op een prefab betonwand. <i>VBI-integraalvloer</i> De VBI-Integraalvloer is geschikt voor seriematige, grondgebonden woningbouw en is ontwikkeld voor het snel realiseren van geïndustrialiseerde nieuwbouwwoningen. De prefab geproduceerde vloeroplossing met een geïntegreerd trappgat bevat vooraf aangebrachte technische installaties en is aan de plafond- en bovenzijde direct klaar voor een versnelde afbouw. Hierdoor worden bouw-, coördinatietijd en bouwkosten aanzienlijk gereduceerd. Op de VBI-integraalvloer wordt geen dekvloer aangebracht. Voor meer informatie over dit type vloer: (https://vbi.nl/producten/integraalvloer-2/). Het stalen hoekijzer is vooraf bevestigd aan de instortvoorzieningen in de betonnen wand. Met bouten wordt de verankering bevestigd. Dit is een vrij traditionele bevestigingsmethodiek. Om de verbinding bereikbaar te houden wordt de sparing afgewerkt met een cementgebonden plaat. Deze wordt met egaline tegen wegschuiven geborgd maar kan later eenvoudig worden weggehaald.
Lessons learned	- Doordat hier gekozen is voor een integraalvloer moeten keuzes ten aanzien van installaties vroegtijdig in het ontwerpproces worden gemaakt (de vloer bevat vooraf aangebrachte technische installaties). - Maatvoering en toleranties vragen tijdens het ontwerp en op de bouwplaats veel aandacht. Maatafwijkingen kunnen namelijk niet meer eenvoudig worden gecorrigeerd. - De aansluiting van betonnen wanden op vloeren moeten luchtdicht worden uitgevoerd. Luchtdichtingsband (semi-gesloten cellen) is hiervoor tijdens de bouw als een strook op de betonwanden doorlopend aangebracht. Met name bij de hoeken (gevel/woningscheidende wand) vraagt dit tijdens de montage extra aandacht. - Het dichtingsband is aan één zijde voorzien van een glijfolie waardoor de betonnen elementen tijdens montage nog iets kunnen worden verschoven.
Uitdagingen	- Keuzes van materialen die het proces eenvoudig(er) maken. Denk hierbij aan een compriband dat geschikt moet zijn voor verschillende weersomstandigheden en moet blijven zitten tijdens montage. - Tolerantieniveau: afwijkingen kunnen tijdens de bouw moeilijk worden gecorrigeerd.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Ten opzichte van 'natte knopen in beton' is hier sprake van extra materiaal in de vorm van stalen hoekijzers, bouten, e.d.
Schaduwkosten/MKI	De demowoningen (RAP Wonen-concept) van Ouwehand Bouwen & Ontwikkelen, hebben een MPG van 0.5.
Overige opmerkingen	Er wordt momenteel door RAP Wonen vervolgonderzoek uitgevoerd en er worden (kosten)technische vergelijkingen gemaakt met andere gevelklaar projecten. Ook naar eventuele financiële restwaarde wordt gekeken.



Details, lessons learned en uitdagingen

L.10 Integraalvloer en installaties

Draagstructuur	Prefab beton	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Integraalvloer in combinatie met steenachtige dragende wanden (grondgebonden)		
Niveau losmaakbaarheid	Elementen (2D)		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use) en om de woningen te kunnen verplaatsen.		



Bron: Vloerverwarmingsleidingen, electra en ventilatie kanalen in een installatievloer: Ouwehand Bouw Groep b.v./RAP



Details, lessons learned en uitdagingen

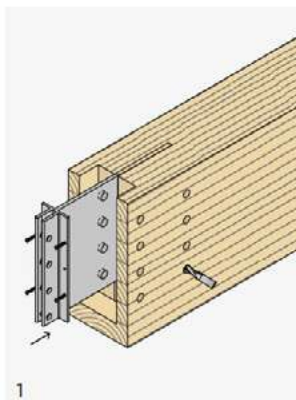
L.10 Integraalvloer en installaties

Keuzes losmaakbaarheid	Voor losmaakbaarheid is gekozen om hoogwaardig hergebruik in de toekomst mogelijk te maken en om de woningen (in 2D elementen) te kunnen verplaatsen. Hiermee wordt een lange levensduur voorzien. In de afbeeldingen is een drietal installaties (in een VBI-integraalvloer) te zien: 1) vloerverwarming (met vloerverwarmingskoppeling) 2) electra (stekkerbaar) 3) ventilatie (met een manchets) Om de verbindingen/koppelingen bereikbaar te houden worden de springen afgewerkt met een cementgebonden plaat. Deze wordt met egaline tegen wegschuiven geborgd maar kan later eenvoudig worden weggehaald. <i>VBI-integraalvloer</i> De VBI-Integraalvloer is geschikt voor seriematige, grondgebonden woningbouw en is ontwikkeld voor het snel realiseren van geïndustrialiseerde nieuwbouwwoningen. De prefab geproduceerde vloeroplossing met een geïntegreerd trapgat bevat vooraf aangebrachte technische installaties en is aan de plafond- en bovenzijde direct klaar voor een versnelde afbouw. Hierdoor worden bouwtijd, coördinatie tijd en bouwkosten aanzienlijk gereduceerd. Op de VBI-integraalvloer wordt geen dekvloer aangebracht. Voor meer informatie over dit type vloer: (https://vbi.nl/producten/integraalvloer-2/). Opmerking: Alhoewel hier bewust is gekozen om de 'installatielaag' (layer Brand: 'services') niet los te koppelen van de 'structure' zijn de verbindingen in de installaties dus volledig bereikbaar. Bij mogelijk hergebruik van de installatievloeren in de toekomst zullen de vloeren één-op-één worden hergebruikt (in vergelijkbare situatie). Aanpassing van de installaties in de vloeren is namelijk niet (zonder beschadigingen) mogelijk.
Lessons learned	- Doordat gekozen is voor een integraalvloer moeten keuzes ten aanzien van installaties (die in de vloer worden opgenomen) vroegtijdig in het ontwerpproces worden gemaakt. - Maatvoering en toleranties vragen tijdens het ontwerp en op de bouwplaats veel aandacht. Maatafwijkingen kunnen niet eenvoudig worden gecorrigeerd. - De manchetten voor de ventilatiekanalen moeten luchtdicht op de kanalen worden aangesloten. Dit verdient tijdens de montage extra aandacht. Luchtlekken in een dergelijk systeem leiden namelijk direct tot discomfort (lek/drukverlies). Manchetten zijn op maat (projectspecifiek) gemaakt. - Materiaalkeuzes overwegen en afstemmen op de remontabele bouwprincipes.
Uitdagingen	Omgaan met toleranties vanuit verschillende partners. Alles moet perfect op elkaar zijn afgestemd. Anders moeten er tijdens de montage nog handelingen plaatsvinden om die toleranties op te lossen.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Ten opzichte van het volledig instorten van installaties is hier sprake van extra materiaal in de vorm manchetten en vloerverwarmingskoppelingen.
Schaduwkosten/MKI	De demowoningen (RAP Wonen-concept) van Ouwehand Bouwen & Ontwikkelen, hebben een MPG van 0.5.
Overige opmerkingen	Er wordt momenteel door RAP Wonen vervolgonderzoek uitgevoerd en er worden (kosten) technische vergelijkingen gemaakt met andere gevelklaarprojecten. Ook naar eventuele financiële restwaarde wordt gekeken.

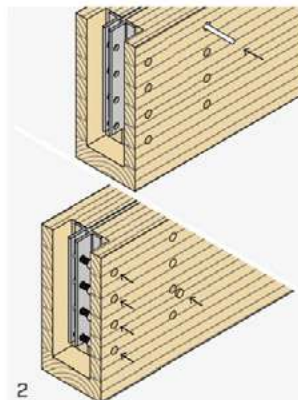
Details, lessons learned en uitdagingen

L.11 Draagstructuur betonnen kern — houten (Glulam) liggers

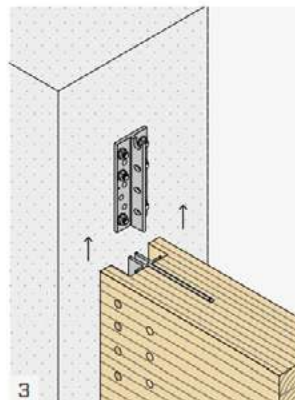
Draagstructuur	Hout/Beton/Staal	Layer Brand	STRUCTURE
Omschrijving detail	Draagstructuur betonnen kern — houten (Glulam) liggers		
Niveau losmaakbaarheid	Product/element		
Reden losmaakbaarheid	Om hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk te maken (re-use)		



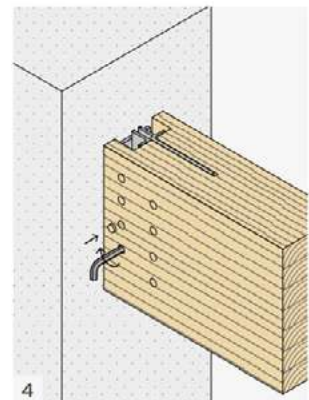
1
Carry out the grooving at partial height in the secondary beam and drill the holes for the MEGABOLT bolts (min. Ø25) and the STA dowels Ø16. Position the ALUMEGA JS connector on the secondary beam paying particular attention to the correct orientation with reference to the "TOP" marking on the connector. Fasten the Ø5 LBS positioning screws (optional).



2
Insert STA dowels Ø16 and then close with TAPS timber plugs. Insert the MEGABOLT bolts through the first core of the connector.



3
Place the ALUMEGA HP connector on concrete with INA threaded rods Ø12 and VIN-FIX resin, according to the installation instructions. Lift the secondary beam from the bottom upwards, and only screw the upper MEGABOLT bolt fully in when the ALUMEGA JS connector is positioned above the ALUMEGA HP connector.



4
Hook the secondary beam from top to bottom using the upper positioning countersink in the ALUMEGA HP connector. Fully screw in the remaining MEGABOLT bolts with a 10 mm hexagonal wrench and insert the TAPS timber plugs into the round holes.

Bron: Rothoblaas: Lock T Timber



Details, lessons learned en uitdagingen

L.11 Draagstructuur betonnen kern — houten (Glulam) liggers

Keuzes losmaakbaarheid	Losmaakbaarheid bestaat uit toegevoegde verbindingsmiddelen (ALUMEGA), schroeven en bouten. De hoofddraagconstructie is losmaakbaar maar afhankelijk van de afwerkingen (voorzetwanden, dekvloeren, plafonds, brandwerende bekledingen) zijn verbindingen en verbindingsmiddelen soms niet meer eenvoudig bereikbaar.
Lessons learned	- Dit systeem is geschikt om (zware) belastingen in alle richtingen op te vangen. - Tot 8 mm montagetolerantie waardoor hybride (hout-beton, hout-staal) constructies eenvoudiger te realiseren zijn. - Voor dit type verbinding is extra verwerking in de fabriek (freeswerk) nodig. - Afhankelijk van de toepassing gelden er aanvullende eisen voor bijvoorbeeld brand (ook bezwijken), geluid, e.d. Hiervoor zullen dan ook aanvullende maatregelen (brandwerende banden, akoestische rubbers, e.d.) moeten worden toegevoegd. - Dergelijke verbindingen maken onderdeel uit van de totale draagconstructie en moeten daarom ook zo worden beoordeeld. - De hoofddraagconstructie is in basis goed losmaakbaar. Afhankelijk van de afwerkingen (voorzetwanden, dekvloeren, plafonds, brandwerende bekledingen) zijn verbindingen en verbindingsmiddelen soms niet meer eenvoudig bereikbaar.
Uitdagingen	- De toepassing van dergelijke verbindingsmiddelen vraagt engineering en prefabricage. - Deze verbindingen/verbindingsmiddelen zijn vooral geschikt voor grote constructies — vaak U-bouw constructies.
Extra materiaal nodig om losmaakbare verbinding tot stand te brengen?	Nee.
Schaduwkosten/MKI	Geen informatie beschikbaar.
Overige opmerkingen	Dit systeem kan initieel duurder zijn dan de traditionele kolom-liggerverbinding (balkendragers). Het is echter belangrijk om de kosten per kN draagvermogen en de montagevrijheid te beschouwen. Voor dit type verbinding is extra verwerking in de fabriek (freeswerk) nodig. Ondanks de soms hogere initiële kosten, heeft deze detaillering toch meerwaarde dankzij de losmaakbaarheid. De twee elementen zijn met bouten vastgemaakt en zijn eenvoudig uit elkaar te halen. Ingebouwde toleranties maken dat de onderdelen tijdens de levensduur in het gebouw, weinig vervorming ondergaan en opnieuw kunnen worden gebruikt. Er is nader onderzoek nodig om deze meerwaarde ook in een getal te kunnen uitdrukken.



7.

12 Details uit de 2023 publicatie

De Leidraad Losmaakbaar Detailleren⁹ van CB'23 uit 2023 beschrijft de volgende twaalf losmaakbare details. De details zijn aangeleverd door de betreffende marktpartijen en in de Leidraad voorzien van een toelichting en tekeningen.

Uit de Leidraad van CB'23 (12 details)

BU.01	Betonnen binnenspouwblad met kozijn	Trebbe
BU.02	Houten kozijn	WEBO
BU.03	Dekvloer begane grond	ISSO
BU.04	Woningscheidende wand/gevel	ISSO
BU.05	Kunststof kozijn	Europrovyl
BU.06	Houten kozijn (KAPLA)	ISSO, SBR
BU.07	Draagconstructie staal, prefab betonnen kanaalplaatvloeren	VBI
BU.08	Draagconstructie staal, prefab holle staal/betonvloeren	Slimline
BU.09	Vloer begane grond Circl	BAM/Architecten Cie
BU.10	Gelamineerde houten kolom	Studio florisvanderkleij
BU.11	Gevelpaneel	Hilti Nederland/Eurofox
BU.12	Houten consoles	FLETTS

⁹ Zie: https://platformcb23.nl/wp-content/uploads/PlatformCB23_Leidraad_Losmaakbaar-detailleren.pdf

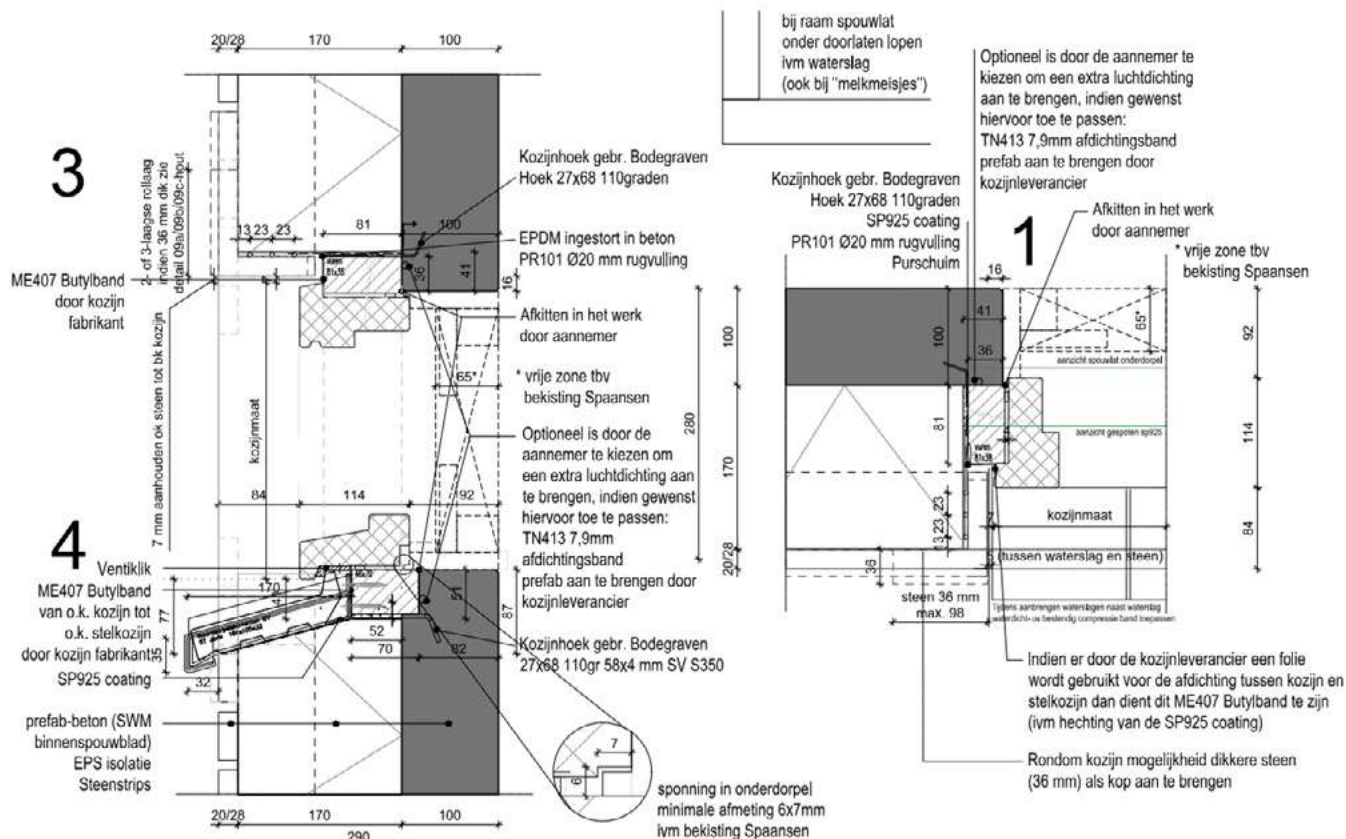


1.1.1

Betonnen binnenspouwblad met kozijn

Detailcode	BU.01
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Geveldetail langsgevel; losmaakbaar gevelkozijn in betonnen binnenspouwblad met isolatie en steenstrips
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: kozijn
Reden losmaakbaarheid	Bouwproduct: kozijn
Type verbinding	Schroef
Keuzes losmaakbaarheid	Er is gekozen voor een eenvoudig losmaakbaar kozijn. Hiervoor is een stelkozijn in het betonnen binnenspouwblad ingestort. Na realisatie van het betonnen element is het kozijn van buitenaf geplaatst. Bij de eerste montage wordt dit vanaf de buitenzijde geschroefd. Deze schroeven kunnen bij demontage van binnenuit doorgezaagd worden. Bij een volgende montage (remontage) zullen de schroeven van binnenuit aangebracht worden (eventueel achter een dopje). Kozijnen zijn afgelakt: voorkeur met extra lange levensduur (> 10 jaar).
Lessons learned	Om zo'n detail te maken, is engineeringscapaciteit nodig, want het stelkozijn moet vooraf luchtdicht in het beton worden opgenomen. Eerste projecten hadden geen butylband over de naad tussen kozijn en stelkozijn (aan de buitenzijde), wat lekkages veroorzaakte. Waterdichting is dus een aandachtspunt. Het kozijn detail kan ook gebruikt worden bij traditionelere gevels, in combinatie met een losmaakbare spouwlat met band en klemankers.
Mogelijke conflicten	Als afdichtingstechniek wordt voor de buitenzijde een butylband gebruikt, voor een gegarandeerde waterdichting. Omdat de butylband verklevend is aangebracht, wordt nog gezocht naar een alternatief en blijvend waterdichtend materiaal, liefst droog aangebracht. De uitdaging is dus een duurzame (lange duur) waterdichting die 'droog' (niet verklevend) kan worden aangebracht. Voor de binnenzijde (luchtdichting) wordt gebruikgemaakt van een kitvoeg. Met name de kitvoeg aan de binnenzijde heeft extra aandacht, omdat dit materiaal blijvend hechtend is aangebracht.
Bron	Trebbe

1.1.1 Betonnen binnenspouwblad met kozijn



Figuur 5 — Detail losmaakbaar gevelkozijn in betonnen binnenspouwblad

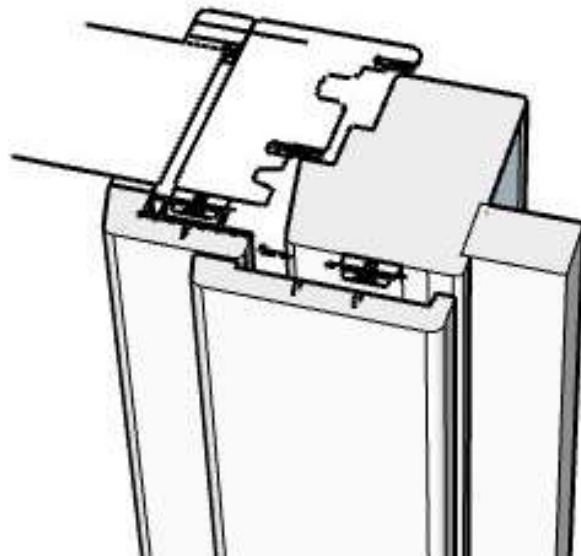


1.1.2 Houten kozijn

Detailcode	BU.02
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Kozijndetail
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: onderdeel kozijn
Reden losmaakbaarheid	Vervanging tijdens levensduur mogelijk maken.
Type verbinding	Klik
Keuzes losmaakbaarheid	Keuzes losmaakbaarheid In dit detail is gekozen voor het opdelen (binnen- en buitendeel) van het kozijn. Voordelen hiervan zijn: - vrije keuze in houtsoort voor binnen en buitendeel; - het binnendeel is beschermd waardoor minder duurzame houtsoorten lang kunnen worden behouden; - het binnendeel kan eenvoudig van geoogst hout worden gemaakt. - Het schilderen van de buitenzijde is mogelijk, maar niet noodzakelijk (onbehandeld is ook mogelijk). Lessons learned Het kliksysteem moet zo worden ontwikkeld dat er geen water in groeven of sponningen van houten onderdelen kan blijven staan.
Lessons learned	Het kliksysteem moet zo worden ontwikkeld dat er geen water in groeven of sponningen van houten onderdelen kan blijven staan.
Mogelijke conflicten	-
Bron	WEBO



Figuur 6 — Totaalbeeld kozijn

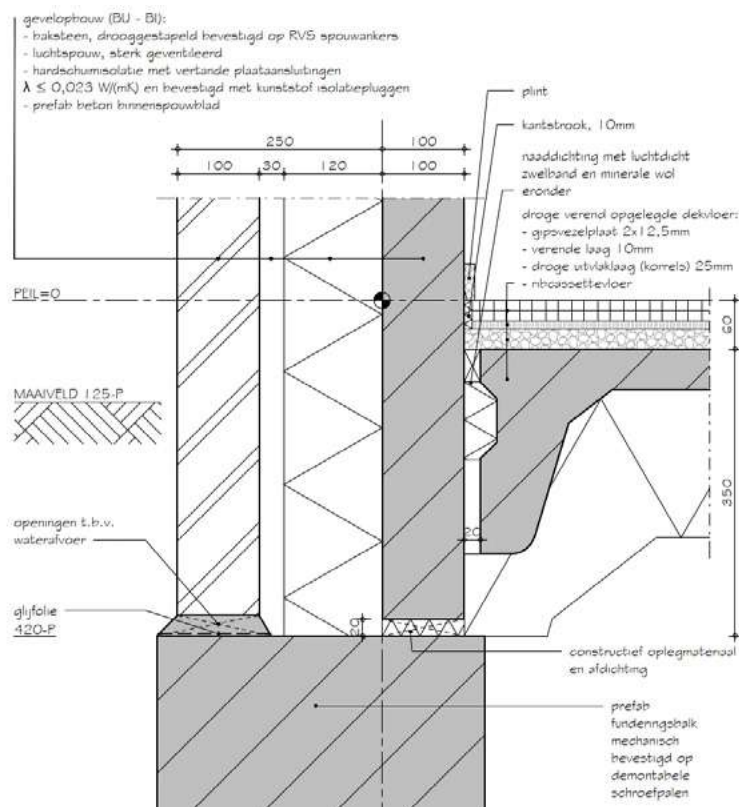


Figuur 7 — Kliksysteem kozijn



1.1.3 Dekvloer begane grond

Detailcode	BU.03
Laag van Brand	Space plan
Omschrijving	Vloerdetail – dekvloer
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: onderdeel dekvloer
Reden losmaakbaarheid	- Vervanging na einde eerste technische levensduur mogelijk maken. - Hergebruik in de toekomst mogelijk maken.
Type verbinding	Losliggend
Keuzes losmaakbaarheid	In dit detail is gekozen voor een 'droge' verend opgelegde dekvloer die volledig losligt. Onder de dekvloer is een droge uitvlaklaag (korrels) aangebracht. De naaddichting tussen de ribcassettevloer en het betonnen binnenspouwblad bestaat uit een (semi) geslotencelligband.
Lessons learned	Als de bewoner een vloerafwerking aanbrengt, kan de losmaakbaarheid van de ondervloer teniet worden gedaan. Een goede instructie (woonwenken) is daarom noodzakelijk. De dichtingsband tussen de ribcassettevloer en het betonnen binnenspouwblad moet onder voldoende compressie worden aangebracht. Door maatafwijkingen en steltoleranties sluit de band niet altijd goed waardoor het detail niet meer luchtdicht is. Strakke maatvoering is dus een voorwaarde.
Mogelijke conflicten	-
Bron	ISSO 2021 – 101.3.5.01.HB – 00 — Referentiedetail

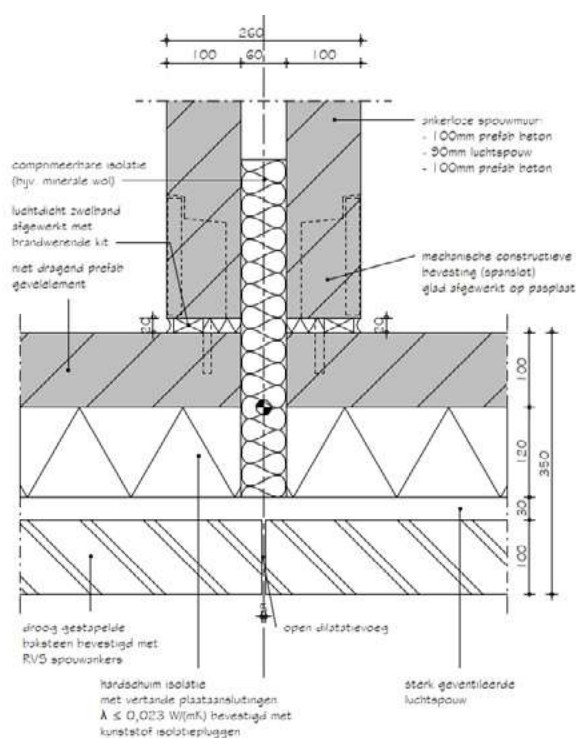


Figuur 8 — Dekvloer

1.1.4

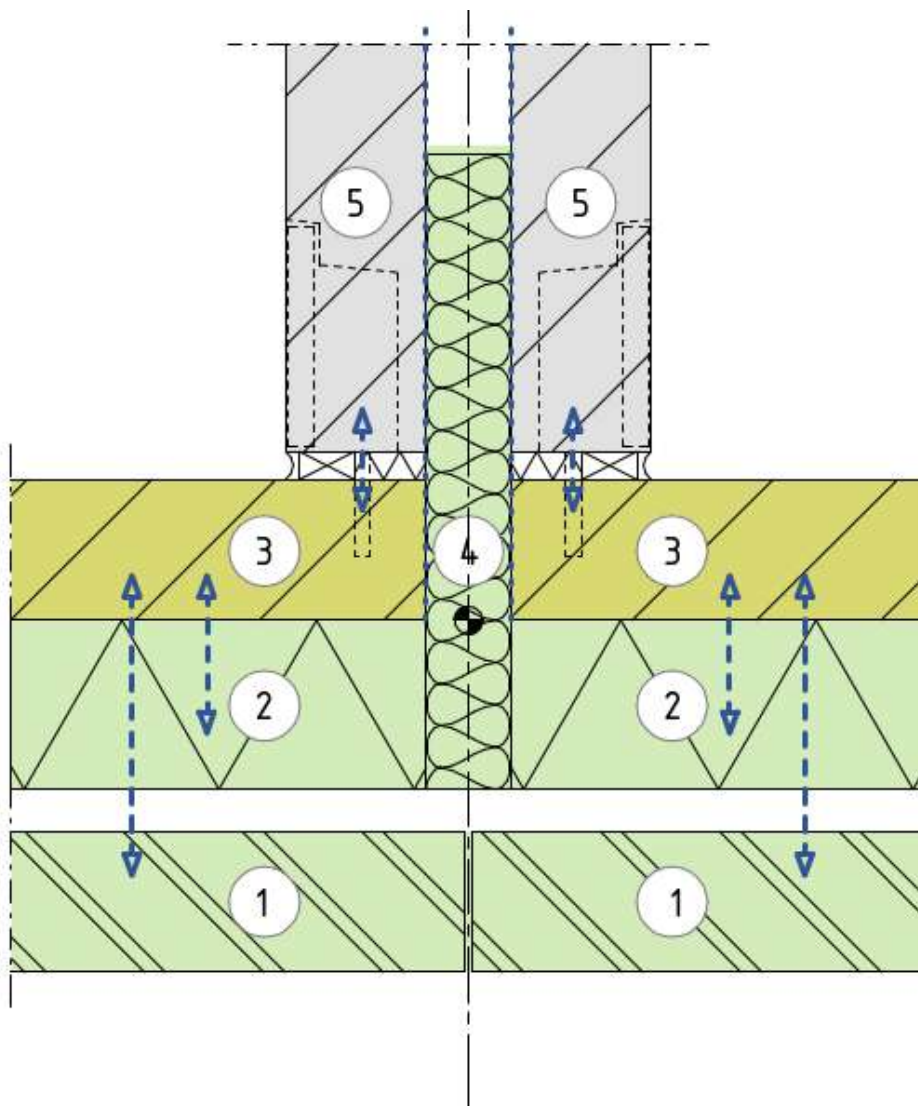
Woningscheidende wand/gevel

Detailcode	BU.04
Laag van Brand	Structure
Omschrijving	Woningscheidend — gevel: prefabbetonelementen
Niveau losmaakbaarheid	Element: onderdeel betonnen bouwmuur/binnenspouwblad
Reden losmaakbaarheid	Hergebruik in de toekomst mogelijk maken.
Type verbinding	Spanslot/bout
Keuzes losmaakbaarheid	Losmaakbaarheid is gerealiseerd door een spanslot. De betonnen woningscheidende wand is hierdoor losmaakbaar van het betonnen binnenspouwblad.
Lessons learned	–
Mogelijke conflicten	De losmaakbare verbinding (spanslot), en daarmee ook de sparing in het betonnen binnenspouwblad, wordt doorgaans afgesmeerd met mortel en de wanden worden gestuct en/of voorzien van behang. Hierdoor zijn de verbindingen op termijn niet meer 'vindbaar', tenzij de informatie digitaal wordt bewaard. Het is niet bekend wat de 'toestand' van de verbindingsmiddelen is na x jaar. Er is kans op roestvorming en aantasting van de schroefdraad (boutverbinding). Of het element in dat geval nog eenvoudig losmaakbaar is, is (nog) niet bekend. Voor een goede losmaakbaarheid moeten de elementen ook 3D worden beoordeeld, dus inclusief boven- en onderaansluiting (beganegrondvloer en verdiepingsvloer). Mogelijk worden hier verbindingen aangestort waardoor de losmaakbaarheid onvoldoende is gegarandeerd.
Bron	ISSO 2021 – 204.3.5.01.HB – 00 — Referentiedetail



Figuur 10 — Spanslot binnenspouwblad gevel (1)

1.1.4 Woningscheidende wand/gevel



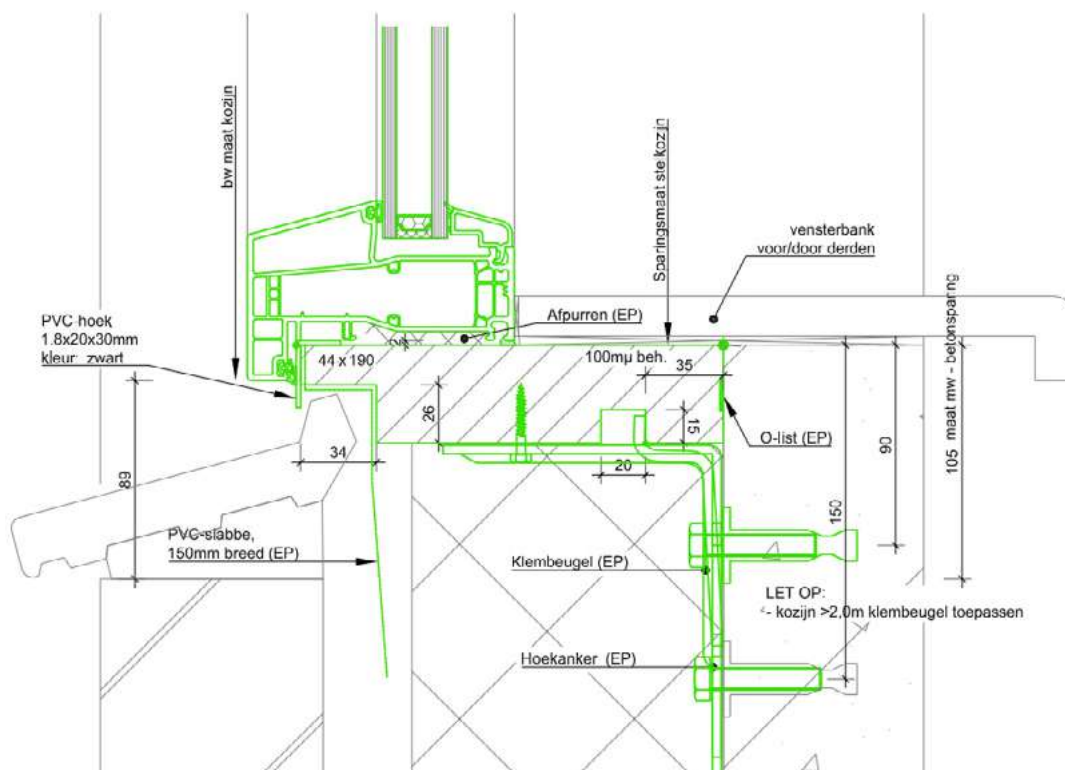
Figuur 11 — Spanslot binnenspouwblad gevel (2)



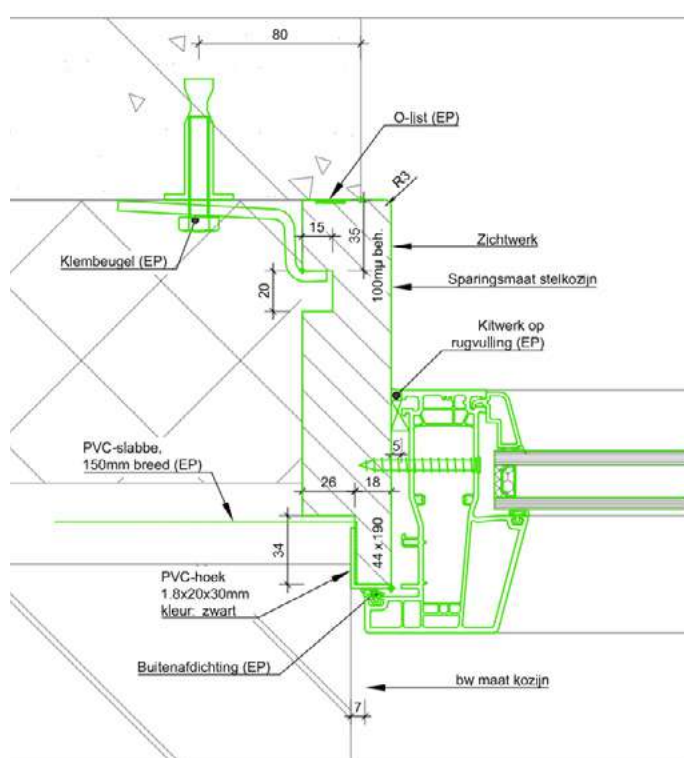
1.1.5 Kunststof kozijn

Detailcode	BU.05
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Geveldetail — kunststof kozijn op stelkozijn
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: kunststof kozijn en glas
Reden losmaakbaarheid	- Goede vervangbaarheid van onderdelen tijdens de levensduur (rubber, glas, panelen, roosters, hang- en sluitwerk). - Demontabel bij einde levensduur, als kunststof kozijn en glas en als compleet element. - Flexibiliteit en adaptief vermogen bevorderen.
Type verbinding	Schroef
Keuzes losmaakbaarheid	Het kunststof kozijn wordt met schroeven in de glassponning aan het stelkozijn vastgezet. Daarnaast zijn het glas, de panelen en de roosters 'droog' (met rubbers) aangebracht. Ook het hang- en sluitwerk is met schroeven aangebracht in de sponning van het kunststof kozijn (de zogeheten Euronood). Deze aansluiting is modulair, waardoor nieuw hang- en sluitwerk in de oude kozijnen kan worden opgenomen. Ook de rubberafdichtingen zijn losmaakbaar en vervangbaar. Aan het einde van de levenscyclus van het gebouw is het gevelement losmaakbaar als geheel kozijnelement (inclusief stelkozijnen) door het klemsysteem/schroefstelsel. Het assortiment glaslaten is groot, waardoor bij glasvervanging (na bijvoorbeeld 30 jaar) altijd een passende glaslat kan worden gevonden.
Lessons learned	-
Mogelijke conflicten	Steeds vaker worden kozijnen achter het metselwerk gedetailleerd (alleen glas in het zicht), waardoor demontage (zonder breekwerk aan omranding) lastiger wordt. Een losmaakbaar kozijn kan wel worden gemaakt, maar dan van binnenuit. Aftimmering is in dat geval ook gewenst. In dit geval is het verstandig de kozijnen stomp uit te voeren, dus niet met aanslag. Hierdoor blijft demontage van binnenuit mogelijk. Dit is wel lastiger, maar niet onmogelijk. Besteed in dat geval extra aandacht aan wind- en waterdichtheid vanwege de doorlopende naad. De aansluiting van de onderzijde van het kozijn op het stelkozijn wordt afgedicht met pur-schuim. Een alternatief hiervoor is een compriband (lieft niet verklevend aangebracht). In dat geval is het bij montage belangrijk te zorgen dat het band niet verschuift, zodat de luchtdichtheid is gewaarborgd.
Bron	Europrovyl

1.1.5 Kunststof kozijn



Figuur 12 — Geveldetail kunststof kozijn (1)



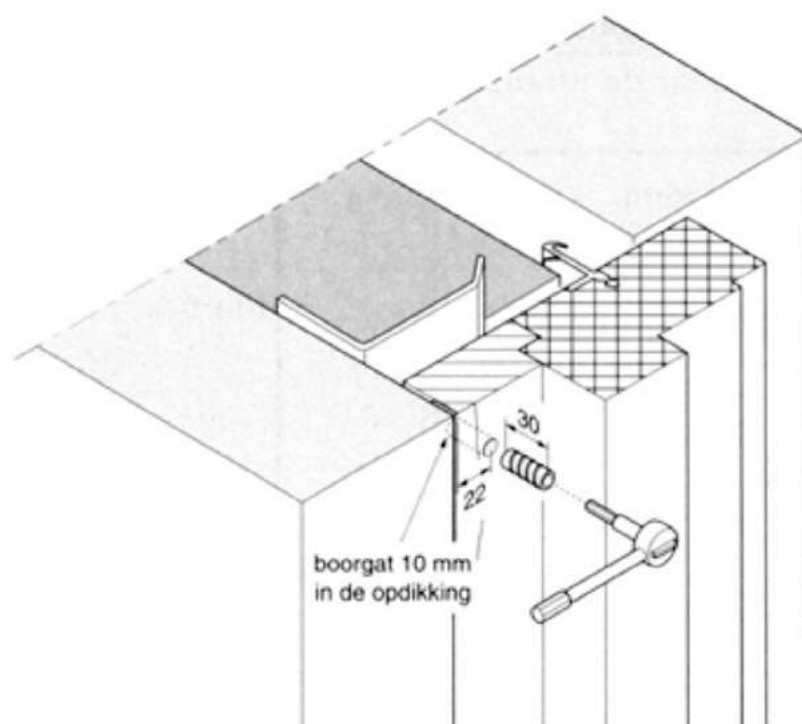
Figuur 13 — Geveldetail kunststof kozijn (2)



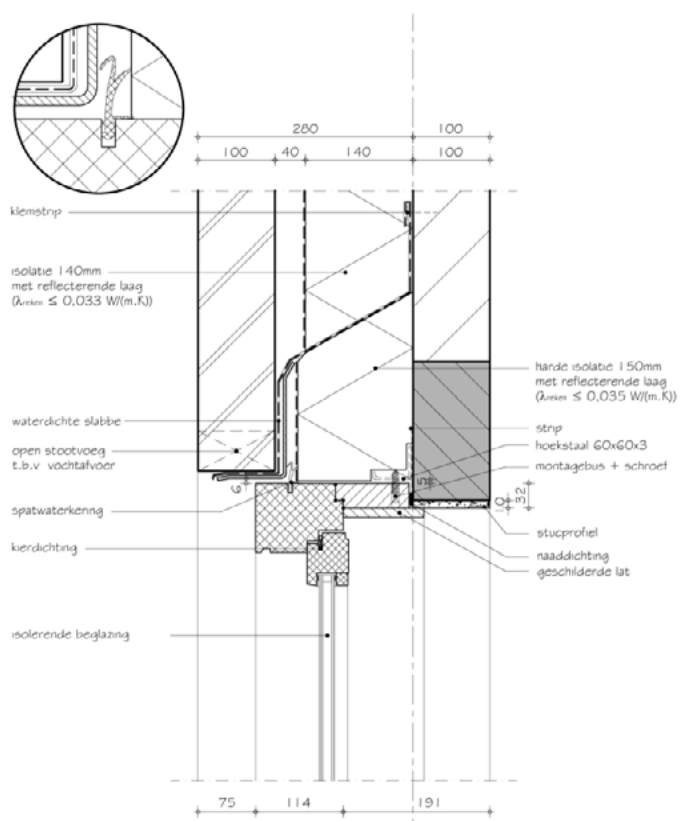
1.1.6 Houten kozijn (KAPLA)

Detailcode	BU.06
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Geveldetail — houten kozijn, KAPLA
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: houten kozijn
Reden losmaakbaarheid	- Vervanging na einde eerste technische levensduur mogelijk maken. - Hergebruik in toekomst mogelijk maken. - Flexibiliteit en adaptief vermogen bevorderen.
Type verbinding	Bout/inbus
Keuzes losmaakbaarheid	Het KAPLA-systeem (KAnt en klaar PLAatsen) is ontwikkeld om faalkosten (schades, vervuiling, e.d.) te voorkomen door een afgeschilderd/afgemonteerd kozijn zo laat mogelijk (na afronding van het voegwerk) te plaatsen. Hierdoor is het kozijn in een latere fase ook weer eenvoudig uit de gevel te demonteren.
Lessons learned	- Het KAPLA-systeem is vrij complex. Bij toepassing van dit kozijn is veel voorbereiding nodig. - Kozijnen worden vrij laat in het bouwproces geplaatst. Om toch tijdig de gevel te kunnen sluiten, zijn doorwerkramen e.d. noodzakelijk.
Mogelijke conflicten	Het KAPLA-principe is met name geschikt voor het op de bouwplaats plaatsen van kozijnen. Bij prefabgevelelementen waarbij de kozijnen al in de fabriek worden geplaatst, zijn de voordelen van het KAPLA-systeem beperkt. Bij prefabgevelelementen wordt namelijk vaak met een stelkozijn (ingestort) gewerkt.
Bron	ISSO, SBR publicatie Werken met KAPLA — detail 203.0.3.05 (rechts)

1.1.6 Houten kozijn (KAPLA)



Figuur 14 — KAPLA-systeem (1)



Figuur 15 — KAPLA-systeem (2)



1.1.7

Draagconstructie staal, prefab betonnen kanaalplaatvloeren

Detailcode	BU.07
Draagstructuur	Staalconstructie
Laag van Brand	Structure
Omschrijving	Draagconstructie staal/prefab betonnen kanaalplaatvloeren
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: prefabkanaalplaatvloeren
Reden losmaakbaarheid	Hoogwaardig hergebruik in de toekomst eenvoudig mogelijk maken.
Type verbinding	Verbinding met toegevoegd element
Keuzes losmaakbaarheid	Bij de liggers en onder de vloer moet de samenhangwapening (staaf met diameter rond 12 millimeter) in de voeg tussen de kanaalplaten worden aangebracht. Hierdoor is deze staaf bij demontage van het vloerveld verwijderbaar. De voegmortel is namelijk al losgekrompen bij het harden. De kanaalplaten kunnen bij demontage iets opgeschoven worden en na het verwijderen van (de resten van) de voegmortel met een montageklem worden uitgehesen. Kolommen moeten voor demontage per verdieping worden aangebracht (niet doorlopend) en met bereikbare en losmaakbare verbindingen aan de liggers worden vastgezet.
Lessons learned	- Ontwerpen voor demontage en herbruikbaarheid moet vanaf het begin het uitgangspunt zijn. - Modulaire maatvoering van vloervelden met volle plaatbreedtes (n x 1 200 mm) heeft de voorkeur. Dit zorgt voor optimale herbruikbaarheid en waardebehoud. - Voer geïntegreerde liggers torsiestijf uit, net als de verbinding met de kolommen. - Gebruik voegmortel C12/15 of maximaal C20/25. - Pas geen kanaaldeksels toe. Dek de plaatkop eventueel met vlak plaatmateriaal af, zodat er geen beton in de kanalen loopt. - Werk de vloer bij voorkeur af met droge materialen. - Neem geen installatieleidingen in de vloer op.
Mogelijke conflicten	De constructeur zal moeten rekenen aan de schijfwerking van de kanaalplaten zelf, dus zonder toepassing van een hechtende constructieve druklaag. Als die schijfwerking niet toereikend is, kan bijvoorbeeld met windverbanden de constructie aanvullend stabiel worden gemaakt.
Bron	VBI

1.1.7

Draagconstructie staal, prefab betonnen kanaalplaatvloeren



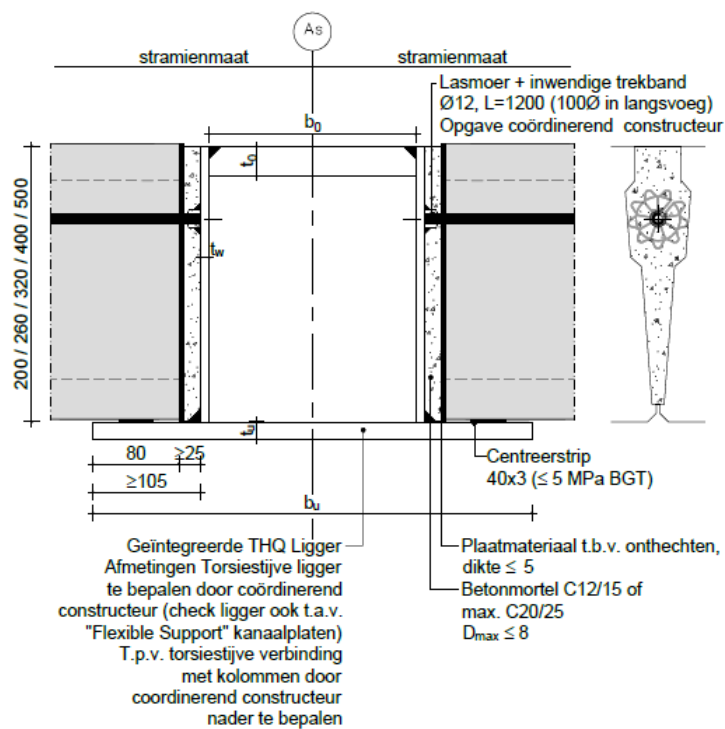
Figuur 16 — Betonnen kanaalplaatvloer (1)



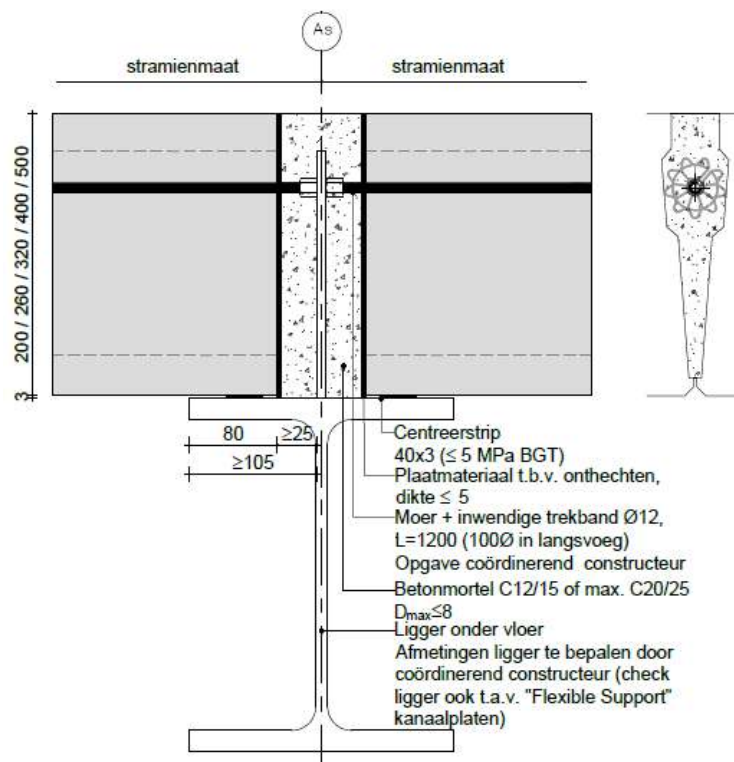
Figuur 17 — Betonnen kanaalplaatvloer (2)

1.1.7

Draagconstructie staal, prefab betonnen kanaalplaatvloeren



Figuur 16 — Betonnen kanaalplaatvloer (1)



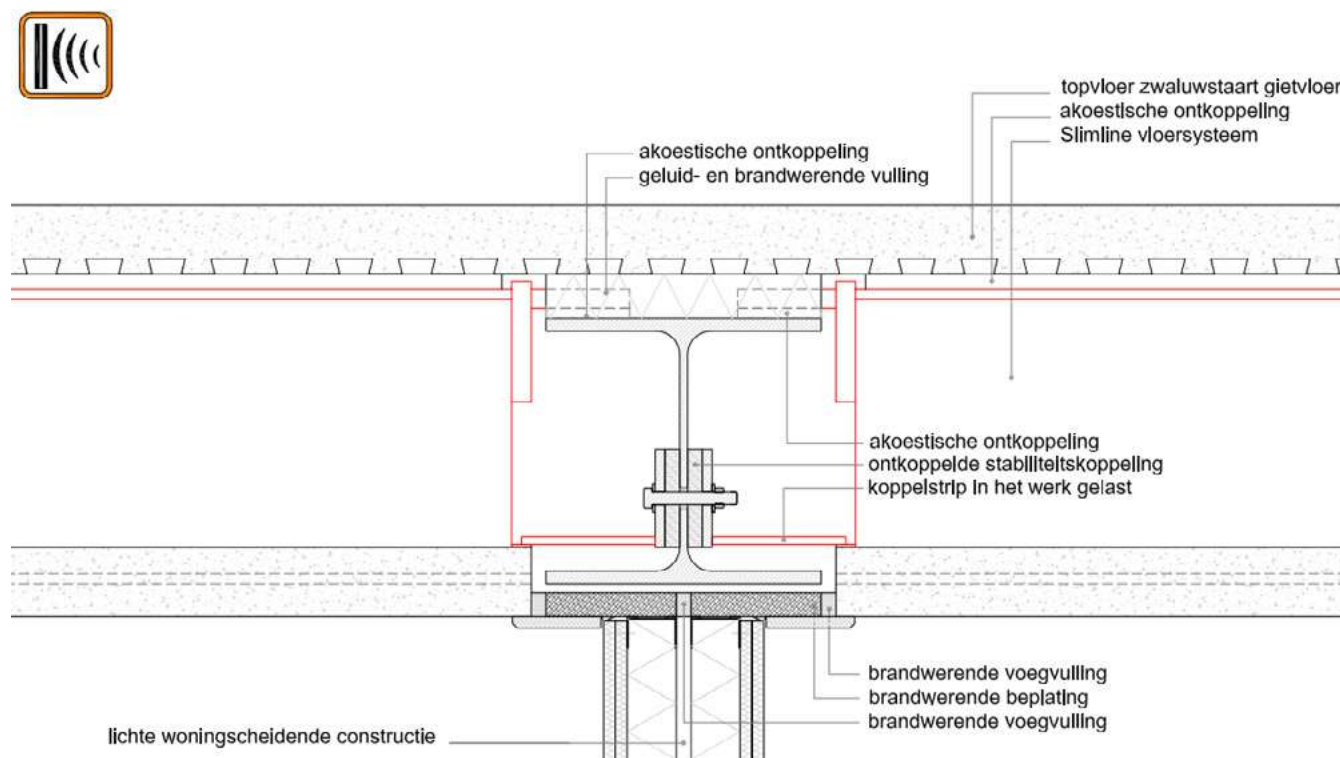
Figuur 17 — Betonnen kanaalplaatvloer (2)



1.1.8

Draagconstructie staal, prefab holle staal-/betonvloeren

Detailcode	BU.08
Laag van Brand	Structure
Omschrijving	Draagconstructie staal-/prefabbetonvloeren
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: holle staal-/betonvloeren
Reden losmaakbaarheid	- Hergebruik in de toekomst mogelijk maken. - Flexibiliteit en adaptief vermogen bevorderen.
Type verbinding	Bout
Keuzes losmaakbaarheid	Er is een boutverbinding gebruikt om akoestische woningscheidende vloeren te monteren en demonteren. Met deze bouwknop wordt de trillingsoverdracht voorkomen, waardoor de geluidsisolatie naar de aangrenzende woningen, bij een juiste uitvoering, voldoet aan de geldende eisen (Van der Zanden en Wesdorp, 2009)
Lessons learned	Akoestisch ontkoppelde constructies of alternatieven voor 'massa' zijn al vaker in de praktijk toegepast, met goede resultaten. Helaas worden er in de praktijk nog wel eens uitvoeringsfouten gemaakt, waardoor bijvoorbeeld de geluidsisolatie tegenvalt. Het is dus belangrijk dat partijen kennisnemen van de 'voorwaarden' van dergelijke systemen.
Mogelijke conflicten	-
Bron	Slimline



Figuur 20 — Staal-/prefabbetonvloer



1.1.9

Vloer begane grond Circle

Detailcode	BU.09
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Begane grondvloer — gebouw Cirl in Amsterdam
Niveau losmaakbaarheid	Bouwproduct: onderdelen in een begane grondvloer
Reden losmaakbaarheid	- Hergebruik in de toekomst mogelijk maken. - Het paviljoen (Cirl) kunnen demonteren in onderdelen en in zijn geheel opnieuw kunnen opbouwen.
Type verbinding	Losliggend
Keuzes losmaakbaarheid	Alle materialen in de beganegrondvloer zijn los gelegd. Hierdoor kan het paviljoen zo volledig mogelijk gedemonteerd worden en opnieuw worden opgebouwd (geheel, of gedeeltelijk in aangepaste vorm). Er is gekozen voor: - een waterdichte laag PE-folie gelegd op de houten ondervloer; - massa voor geluidsisolatie door hergebruikte betontegels in een zandbed; - kokosfilt om contactgeluid te reduceren; - een isolatielaag; - tweelaags warmtegeleidende folie; - twee lagen vezelcementplaat als onderlaag voor de afwerkvloer; - het grootste deel van de begane grond is afgewerkt met een hergebruikte parketvloer.
Lessons learned	In het zand gelegde gebruikte betontegels zijn een prima massalaag. Deze zijn ook handig tijdens de bouw als bescherming van de vloer. De lagen moeten wel goed drogen en worden gecontroleerd voordat de lagen erboven erop worden aangebracht. De opbouw van de beganegrondvloer is vrij arbeidsintensief en bevat veel materiaal. De vraag is dus of het niet 'met wat minder had gekund' (een slimmer ontwerp).
Mogelijke conflicten	-
Bron	BAM Advies en Engineering/Cirl (in samenwerking met Architecten Cie)



106



1.1.10 Gelamineerde houten kolom

Detailcode	BU.10
Draagstructuur	Gelamineerd houten spantconstructie
Laag van Brand	Structure
Omschrijving	Remontabele gelamineerd houten kolommen, met slisverbinding
Niveau losmaakbaarheid	Element: gelamineerde kolommen en wanden van kruislaaghout
Reden losmaakbaarheid	- Hergebruik op niveau element/bouwproduct in de toekomst mogelijk maken. - Adaptief vermogen (flexibiliteit), renovatie en onderhoud tijdens de levensduur mogelijk maken. - Het gebouw volledig kunnen herplaatsen ook in een eventueel andere functie.
Type verbinding	Bout/moer
Keuzes losmaakbaarheid	Uitgangspunt van het project was om de houten kolommen en wanden keer op keer inzetbaar te maken, en volledig aanpasbaar te maken qua maatvoering, functie en esthetiek. De kolommen en wanden zijn losmaakbaar en kunnen worden hergebruikt als kolom en/of wand. De kolom bestaat uit gelamineerde liggers die ook als ligger verlengbaar zijn. Om het gebouw optimaal remontabel te houden, zijn de schroeven, moeren en bouten in het zicht gelaten. Het gebouw kan voor 90 % meeverhuizen naar een andere locatie. Alleen de fundering en de betonnen grondplaat blijven achter. Bij de dragende lijnen van de bestaande fundering zijn stalen verbindingsplaten vastgezet op de constructieve betonvloer. Vervolgens is de vloerverwarming aangebracht waarover een cementdekvloer is gelegd. De stalen platen steken boven die dekvloer uit. Zo konden zowel de gelamineerde kolommen voor het skelet als de wanden van kruislaaghout met een slisverbinding worden bevestigd: een sleuf aan de onderzijde van het hout schuift over het staal en wordt dan met bouten vastgezet. Er is op de begane grond gekozen voor een 'droge' vloer. Op de eerste verdieping is een kruislaaghouten vloer geplaatst met daarboven een computervloer. Het voordeel daarvan is dat de bedrading en het leidingwerk altijd bereikbaar zijn.
Lessons learned	Dit project bouwt voort op het gedachtengoed van het bouwsysteem Hubbel, dat is gebaseerd op volledig aanpasbaarheid in maatvoering, functie en esthetiek. Met het bouwsysteem worden 'mobility hubs' gebouwd. Om dit door te ontwikkelen naar een kantoorgebouw in hout zijn harde beslissingen genomen, met als uitgangspunt: meer is minder. Gemaakte keuzes qua van losmaakbaarheid zijn: - CLT (kruislaaghouten vloer) en montagemateriaal is zichtwerk dat is geschuurd en behandeld met een zoutoplossing tegen het vergelen; - er is geen stucwerk, geen schilderwerk en er zijn geen binnenkozijnen en geen drempels. Buiten is onbehandeld Accoyahout toegepast en binnen voor de kasten en keukens (gekleurd) lijnzaadolie; - de plafondhoogte is 3,20 m zodat er ruimte is voor de computervloer en installaties, zoals 'fancoils' die zijn aangesloten op de warmtepomp; - toiletten zijn boven elkaar in een schacht aangelegd met flexibele leidingen; - er zijn geen schakelaars op de wanden, maar er is een RF-systeem voor de algemene verlichting. De kosten zijn gelijk aan traditioneel bouwen omdat: - de korte bouwtijd voor de constructie (vijf dagen) opweegt tegen de langere uitwerking in het beginstadium en de meerprijs voor CLT; - de korte montagetijd voor installaties opweegt tegen de langere voorbereiding voor de inzet van technische innovaties.
Mogelijke conflicten	Een adaptief gebouw (met losmaakbare onderdelen) is nog niet per definitie honderd procent duurzaam. Vanwege de complexiteit (er is veel glas in de gevels toegepast) is gekozen voor een dampdichte isolatie met PIR in plaats van biobased materiaal.
Bron	Ontwerp: Studio florisvanderkleij Constructeur: Soldig Timber. Project: Demontabele lantaarn, Amsterdam

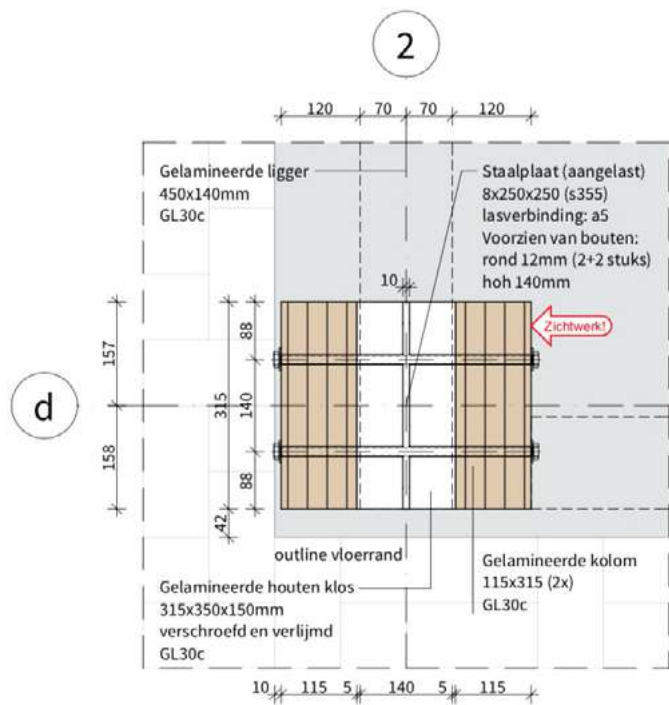
1.1.10

Gelamineerde houten kolom

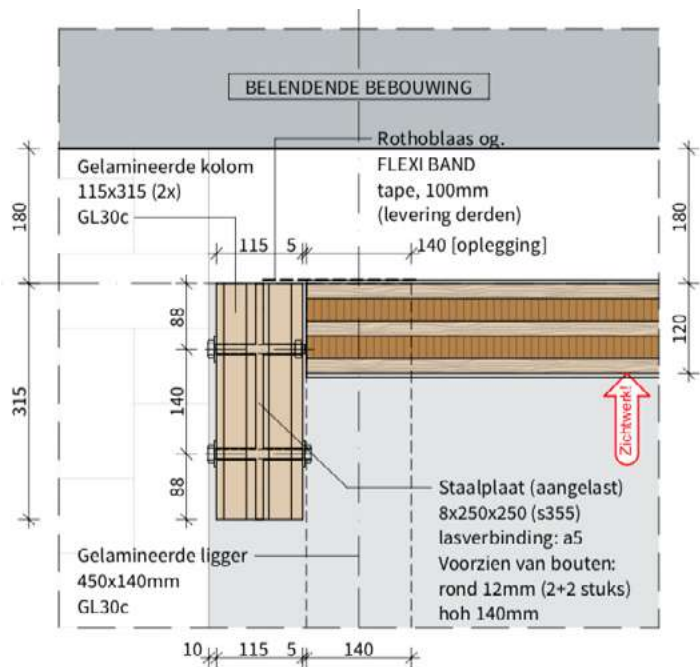


Figuur 21 — Gelamineerde houten kolom (1)

1.1.10
Gelamineerde houten kolom



Figuur 22 — Gelamineerde houten kolom (2)



Figuur 23 — Gelamineerde houten kolom (3)



1.1.11 Gevelpaneel

Detailcode	BU.11
Laag van Brand	Skin
Omschrijving	Geventileerde gevelbekleding met betonnen binnenspouwblad
Niveau losmaakbaarheid	Element: geventileerde gevel Product: panelen, profielen, beugels, betonschroefankers
Reden losmaakbaarheid	- Vervanging tijdens de levensduur mogelijk maken. - Vervanging na eerste technische levensduur mogelijk maken. - Hergebruik in de toekomst mogelijk maken.
Type verbinding	Bout-/schroefanker
Keuzes losmaakbaarheid	Het geventileerde gevelsysteem bestaat uit panelen, isolatie, profielen en beugels en kan op verschillende binnenspouwbladen worden bevestigd. De gevel bestaat uit losse onderdelen die kunnen worden verwijderd en hergebruikt. De geïsoleerde beugels worden met betonschroefankers direct op het binnenspouwblad bevestigd. Deze schroefankers kunnen worden verwijderd en elders worden hergebruikt.
Lessons learned	Weersinvloeden zullen effect hebben op de kwaliteit en esthetiek van de panelen. Hergebruik zal hiervan afhankelijk zijn. Nader onderzoek na de eerste levensduur is daarom noodzakelijk.
Mogelijke conflicten	Of onderdelen van de geventileerde gevel geschikt zijn voor gebruik in een tweede cyclus moet nog worden onderzocht. Het CE-gecertificeerd betonschroefanker kan nu al worden getoetst op geschiktheid op basis van nu aanwezige kennis. Een gecertificeerd toetsingskader voor bevestigingsmaterialen bestaat echter nog niet.
Bron	Hilti Nederland/Eurofox



Figuur 24 — Gevelpaneel (1)





1.1.12

Houten consoles

Detailcode	BU.12
Draagstructuur	Gelamineerd houten spantconstructie
Laag van Brand	Structure
Omschrijving	Aansluiting consoles
Niveau losmaakbaarheid	Element: gelamineerde kolommen en consoles
Reden losmaakbaarheid	- Hergebruik op het niveau van elementen of producten in de toekomst mogelijk maken.
Type verbinding	Schroef
Keuzes losmaakbaarheid	Het doel was het gebouw volledig losmaakbaar te maken, zodat alle losse (zoveel mogelijk pure) materialen separaat kunnen worden hergebruikt. De stalen koppelingen hebben een 'handje' bij de bovenzijde van de kolommen en hoeven dus niet gesteld te worden (alleen gemonteerd).
Lessons learned	- Bevestig consoles voor galerijen en balkons bij voorkeur als de gevelelementen (uitwendige hoeken) ook meteen geprefabriceerd zijn. - Hermontage is wellicht ook mogelijk. Hierbij is er wel extra aandacht nodig voor de schroefverbindingen (twee keer schroeven op dezelfde plek is niet optimaal). Te denken valt aan het toepassen van langere schroeven bij hermontage (af te stemmen met de constructeur).
Mogelijke conflicten	Gevelelementen tussen de consoles plaatsen is bij montage niet ideaal.
Bron	Houten Hotel Almere

1.1.12 Houten consoles



Figuur 28 — Aansluiting consoles (1)



Figuur 29 — Aansluiting consoles (2)

Verantwoording

Deze publicatie is een initiatief van de themagroep Losmaakbaarheid van Lente-akkoord 2.0 Circulair Industrieel Bouwen en het Transitieteam Circulair bouwen, in samenwerking met Ingenii Bouwinnovatie.

Lente-akkoord 2.0

NEPROM, Aedes, BNA, Bouwend Nederland, IVBN en WoningbouwersNL werken samen in het Lente-akkoord 2.0 Circulair Industrieel Bouwen. Ze doen dat in nauwe samenwerking met BZK. Het doel: de haalbaarheid en opschaalbaarheid van circulaire woningbouw vergroten aan de hand van praktijkervaringen van koplopers.

De praktijkgroep Losmaakbaarheid

Binnen het Lente-akkoord is een praktijkgroep, bestaande uit koplopers uit de bouwsector, betrokken bij onderzoek naar losmaakbaarheid. Deelnemers zijn Amvest, BPD, KlokGroep, TBI en Vesteda.

Transitieteam Circulaire Bouweconomie.

Eind 2018 is een Transitieteam Circulaire Bouw Economie (CBE) ingericht dat bestaat uit vertegenwoordigers van overheden en de bouw en GWW-sector. Het huidige Transitieteam werkt aan de opschaling van de initiatieven voor circulair bouwen.

Ingenii Bouwinnovatie

Ingenii Bouwinnovatie (een onderdeel van de Nieman Groep) zet innovatie in om maatschappelijke uitdagingen binnen de bouw op te lossen. Innovatie in de vorm van nieuwe producten, concepten of processen. Ingenii Bouwinnovatie adviseert de themagroep en heeft in opdracht van Platform CB'23, Lente-akkoord 2.0 en het transitieteam de afgelopen drie jaar 45 voorbeelden van losmaakbare details verzameld en beschreven. Bouwpartijen kunnen daarmee direct stappen in de goede richting zetten.

Redactie

Sander Woertman (Lente-akkoord 2.0)
en Peter Kuindersma (Ingenii Bouwinnovatie)

Tekst: Henk Bouwmeester

Uitgave: Lente-akkoord 2.0 / Transitieteam (2026)

Deze publicatie is een samenwerking van:
Lente-akkoord Circulair Bouwen
Transitieteam Circulaire Bouweconomie
Ingenii

Opdrachtgever
Lente-akkoord 2.0

Contactpersoon
Sander Woertman
s.woertman@neprom.nl

Ingenii Bouwinnovatie
Peter Kuindersma
p.kuindersma@ingeniibouwinnovatie.nl
&
Guilherme Ferreira
g.ferreira@ingeniibouwinnovatie.nl

Image credit omslag:
Plexyz modulair bouwsysteem. Copyright Lumiflex
Precision Engineering.