

Platform CB'23 – Leidraad

Losmaakbaar detailleren

Versie 1.0 – 29 juni 2023

Platform CB'23 – Toekomstig hergebruik



Deze leidraad is zorgvuldig opgesteld. Desondanks kunnen fouten en onvolledigheden niet worden uitgesloten. Deze leidraad mag gedeeld worden en de inhoud mag – met bronvermelding – gebruikt worden in afgeleide werken. Platform CB'23, de betrokken organisaties en leden van actieteams aanvaarden echter geen aansprakelijkheid verband houdend met dit document. Dat geldt ook bij directe of indirecte schade ontstaan door toepassing van dit document.

Voorwoord

We zijn met elkaar op weg naar een volledig circulaire economie. De ambitie is dat we dat moment in 2050 bereiken.

In de transitie van een lineaire naar een circulaire economie speelt de bouwsector een belangrijke rol. In een circulaire bouweconomie worden materialen en producten hoogwaardig hergebruikt en gerecycled. Dat draagt bij aan de drie doelen van circulair bouwen: het behouden van materiaalvoorraden, milieu en bestaande waarde. De huidige materiaaltekorten in de bouw onderstrepen de noodzaak voor de transitie.

Bouwproducten en elementen kunnen in de toekomst alleen worden hergebruikt als deze losmaakbaar zijn verbonden. Op dit moment is er vooral veel theoretische kennis van losmaakbaarheid. Er zijn veel methodieken beschikbaar om losmaakbaarheid te beoordelen, zowel in de B&U- als de GWW-sector. Ook is losmaakbaar ontwerpen 'op papier' goed mogelijk.

Losmaakbaar ontwerpen in de praktijk staat echter nog in de kinderschoenen. Bouwproducten en elementen worden in de praktijk vaak niet losmaakbaar ontworpen en gemaakt. Hoogwaardig hergebruik in de toekomst is daardoor een uitdaging.

Met deze Platform CB'23-leidraad willen we losmaakbaarheid in de praktijk verder vormgeven. Aan de hand van inzichten uit bestaande initiatieven rond losmaakbaarheid, projecten, praktijkervaringen en voorbeelddetails laten we zien dat echt losmaakbaar detailleren nu al mogelijk is. Daarmee willen we architecten, ontwerpers en ontwikkelaars inspireren om vaker losmaakbaar te bouwen. Tevens willen we ISSO en CROW uitdagen deze initiatieven verder te brengen. Dat kan door ze te beoordelen, door te ontwikkelen en waar mogelijk te standaardiseren of op te nemen als referentiedetails in handboeken.

Platform CB'23

Platform CB'23 (Circulair bouwen 2023) zet zich in voor afspraken over circulariteit in de bouw. Binnen het platform gaan betrokken partijen (onder meer marktpartijen, beleidsmakers en wetenschappers) in gesprek om tot gedragen afspraken te komen. Dat doen zij in verschillende actieteams. Deze leidraad is opgesteld door het actieteam *Toekomstig hergebruik*.

Voorzitter

Agnes Schuurmans

Coördinatoren

Annemarie Stap NEN

Suzanne Dietz NEN

Rapporteur

Arnaud Bom PgUp Tekst

Werkstudent

Zakaria Semlali NEN

Werkgroeptrekkers:

Emile Hoogterp, Ingenieursbureau Westenberg B.V.

Peter Kuindersma, Ingenii Bouwinnovatie

Werkgroepleden:

Ward de Hond, We-Boost

Floris van der Kleij, Aveco de Bondt

Stephanie Lamerichs, Witteveen+Bos

Leon Leenders, Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bv

Michel Platenburg, Ingenieursbureau Verhoeven en Leenders bv

Mike van Vliet, Alba Concepts

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
I Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Leeswijzer	7
2 Toepassingsgebied	8
2.1 Definities	8
2.2 Losmaakbare details	9
2.3 B&U en GWW	10
2.4 Bouwproducten en elementen	10
2.5 Voor architecten en opdrachtgevers	11
3 Stappenplan met aandachtspunten	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Stap 1: Bepaal de (circulaire) ambitie van het project	13
3.3 Stap 2: Strategie, kijk of vermijden, reduceren of heroverwegen mogelijk is	13
3.4 Stap 3: Bepaal het doel van het losmaakbare detail	13
3.5 Stap 4: Ga na of het doel realistisch is	13
3.6 Stap 5: Bepaal de lagen van Brand	14
3.7 Stap 6: Bepaal de eisen voor het detail op het moment van losmaken	14
3.8 Stap 7: Bepaal de eisen voor het detail in de gebruiksfase	15
3.9 Stap 8: Bepaal de overige eisen en voorwaarden voor het detail	15
3.10 Stap 9: Kies of ontwerp een detail dat aan de eisen voldoet	15
3.11 Stap 10: Borg de losmaakbaarheid	16
4 Principe (voorbeeld)details en aandachtspunten	17
4.1 B&U	17
4.1.1 Betonnen binnenspouwblad met kozijn	17
4.1.2 Houten kozijn	20
4.1.3 Dekvloer begane grond	22
4.1.4 Vloer begane grond Cird	24
4.1.5 Woningsscheidende wand/gevel	26
4.1.6 Kunststof kozijn	29
4.1.7 Houten kozijn (KAPLA)	32
4.1.8 Draagconstructie staal, prefab betonnen kanaalplaatvloeren	35
4.1.9 Draagconstructie staal, prefab holle staal-/betonvloeren	38
4.1.10 Gelamineerde houten kolom	40
4.1.11 Gevelpaneel	43
4.1.12 Houten consoles	45
4.2 GWW	47
4.2.1 Modulaire geluidsschermen	47
4.2.2 Enkelvoudige stalen voegovergang	50
4.2.3 Viaduct	53
5 Aanbevelingen	56
5.1 Inleiding	56
5.2 Projectteam: betrek alle partijen bij losmaakbaarheid	56
5.3 ISSO/CROW: ontwikkel losmaakbare details verder	56
5.4 NEN: standaardiseer losmaakbare details	56
5.5 Opleiders en professionals: ontwikkel lesmateriaal over losmaakbaar detailleren	57

Bijlage A	Voorbeeldprojecten	58
Bijlage B	Overzicht losmaakbare systemen (niet uitputtend).....	59
Bijlage C	Ervaringen uit projecten.....	62
Bijlage D	Sectorspecifieke aandachtspunten	64
Literatuur	67

I Inleiding

I.1 Aanleiding

Losmaakbaar bouwen is belangrijk in de circulaire bouwconomie. Losmaakbaar bouwen maakt bouwproducten en elementen gemakkelijker onderhoudbaar (repareerbaar, vervangbaar) en herbruikbaar in een volgende cyclus. Losmaakbaar bouwen kan ook het adaptief vermogen van bouwwerken vergroten. Daarmee kan een losmaakbaar ontwerp bijdragen aan de drie doelen van circulair bouwen (Platform CB'23 2022):

- het behouden van materiaalvoorraden (uitputting voorkomen);
- het behouden en verbeteren van de kwaliteit van de leefomgeving (het milieu);
- het behouden van de bestaande waarde.

Gelukkig wordt er al veel gesproken over losmaakbaarheid. Ook is er al veel kennis over hoe losmaakbaarheid gemeten en beoordeeld kan worden. Dit is onder meer uitgewerkt in de volgende publicaties:

- *Circular Buildings – meetmethodiek losmaakbaarheid, versie 2.0* (DGBC 2021);
- *Beoordelingsmethode Losmaakbaarheid in de GWW*. Een tool voor ontwerpers, voor het meten van losmaakbaarheid (Witteveen+Bos 2023).

Deze methodes om losmaakbaarheid te meten, worden al veelvuldig toegepast.

Deze publicaties gaan echter niet in op de praktijk van bouwkundige losmaakbare details, terwijl dat voor de ontwerpers en bouwers juist het belangrijkste onderwerp is. Het ISSO-rapport *Circulariteit in Referentiedetails* (ISSO, 2021) gaat wel in op losmaakbaarheid van bestaande details, maar niet op hoe die details qua losmaakbaarheid kunnen worden verbeterd. Het document is daardoor een goede aanzet, maar nog onvoldoende bruikbaar voor wie in de praktijk losmaakbaar wil ontwerpen en bouwen.

Deze leidraad gaat een stap verder en biedt concrete handvatten om losmaakbare details zo goed mogelijk te ontwerpen, zowel in de B&U- als de GWW-sector. Daarbij bouwen we voort op bestaande initiatieven, zoals de genoemde meetmethoden, het ISSO-rapport en de Platform CB'23-leidraden *Toekomstig hergebruik faciliteren* (2023) en *Circulair ontwerpen* (2021), die beide ingaan op losmaakbaarheid. Op deze manier zijn breedgedragen uitgangspunten geformuleerd.

Het doel van deze leidraad is om ontwerpers te stimuleren om losmaakbaar te detailleren. Daarom bevat de leidraad veel voorbeelddetails. Met deze leidraad willen we ook handvatten bieden aan opdrachtgevers die losmaakbaarheid willen stimuleren, bijvoorbeeld in uitvragen.

I.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het toepassingsgebied van deze leidraad, onder meer op basis van definities rondom losmaakbaarheid.

Hoofdstuk 3 bevat een stappenplan met aandachtspunten om een losmaakbaar detail te kiezen of te ontwerpen en de losmaakbaarheid te borgen.

Hoofdstuk 4 is het grootste hoofdstuk van deze leidraad. Het bevat vijftien voorbeelddetails ter inspiratie, zowel uit de B&U- als de GWW-sector, inclusief technische tekeningen.

Hoofdstuk 5 bevat aanbevelingen om het gebruik van losmaakbare details verder te brengen, bijvoorbeeld door deze te standaardiseren en kennis over losmaakbare details op te nemen in onderwijsprogramma's.

2 Toepassingsgebied

2.1 Definities

Er zijn veel termen en definities van losmaakbaarheid en daaraan gerelateerde begrippen in omloop. De definities die we in deze leidraad hanteren, zijn voor een groot deel gebaseerd op het Lexicon van Platform CB'23 (2020). In aanvulling hierop gebruiken we een aantal extra definities. Tabel I geeft een overzicht van deze definities.

Tabel I – Termen en definities

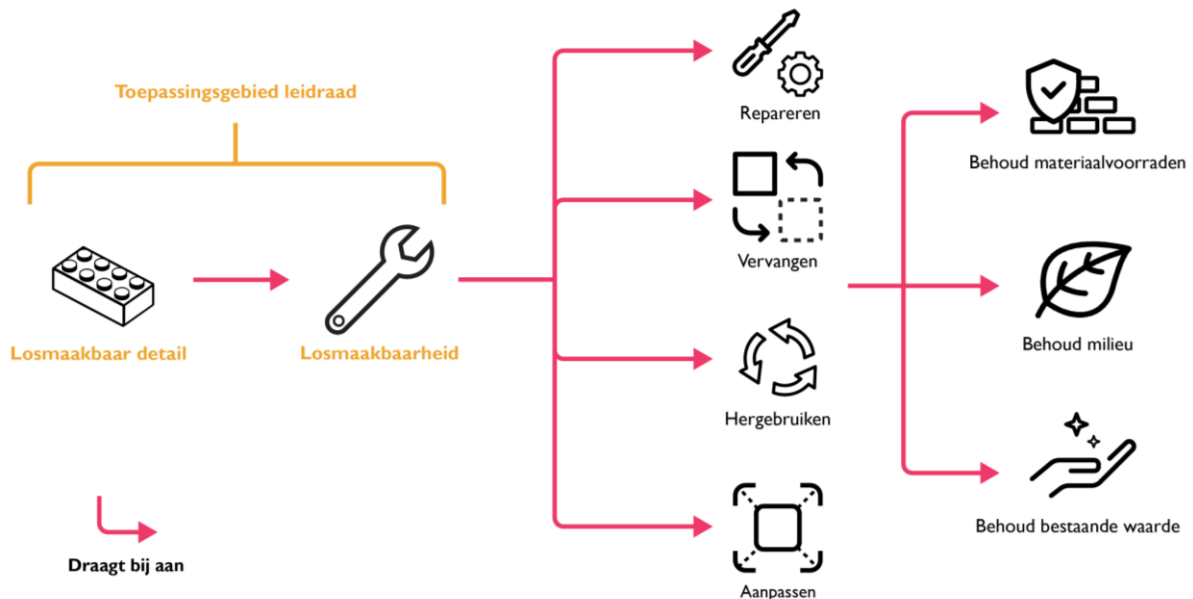
Term	Definitie	Bron
Adaptief vermogen	Het adaptief vermogen van een bouwwerk omvat alle eigenschappen die het mogelijk maken dat een bouwwerk op een duurzame en economisch rendabele wijze zijn functionaliteit behoudt gedurende zijn technische levensduur, evenals bij veranderende behoeften en omstandigheden.	Platform CB'23 2020
Demontabel en/of losmaakbaar	Een demontabel product is een product dat ontworpen is voor demontage. Demontage betreft het niet-destructief uit elkaar halen van een samengesteld bouwproduct of element.	Platform CB'23 2020
Hergebruik	Hergebruik is het opnieuw gebruiken van constructies, bouwproducten, elementen of bouwwerken in dezelfde functie, al dan niet na bewerking.	Platform CB'23 2020
Hoogwaardig hergebruik	Bij hoogwaardig hergebruik heeft het secundaire materiaal in beginsel dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijke (nieuwe of primaire) materiaal.	Platform CB'23 2020
Losmaakbaarheid	De losmaakbaarheid van een bouwwerk is de mate waarin het betreffende object in volledige en originele staat demontabel is op een bepaald schaalniveau, zonder afbreuk te doen aan de functie van het object, de verschillende onderdelen of aansluitende objecten, zodat de bestaande waarde van het object beschermd wordt en/of hoogwaardig hergebruik mogelijk is.	Gebaseerd op DGBC 2021 en Witteveen+Bos 2023
Ontwerp voor demontage (design for disassembly)	Ontwerp voor demontage is gericht op het zodanig ontwerpen van een samengesteld bouwproduct of element dat het niet-destructief uit elkaar gehaald kan worden, bij voorkeur op een eenvoudige wijze.	Platform CB'23 2020
Remontabel	Een remontabel product is een product dat ontworpen is voor demontage en daarna weer hoogwaardig kan worden hergebruikt. Een remontabel product is eenvoudig uit elkaar te halen (zie 'demontage') en eenvoudig weer in elkaar te zetten.	-

De definities laten zien dat losmaakbaarheid niet hetzelfde is als 'materialen oogsten'. Aan het einde van de levensduur van een bouwwerk kunnen materialen ook worden geoogst door deze door te zagen, te frezen of los te breken. Deze vormen van 'oogsten' kunnen bijdragen aan hergebruik (of

recycling) en de drie doelen van circulair bouwen, maar vallen buiten het toepassingsgebied van deze leidraad.

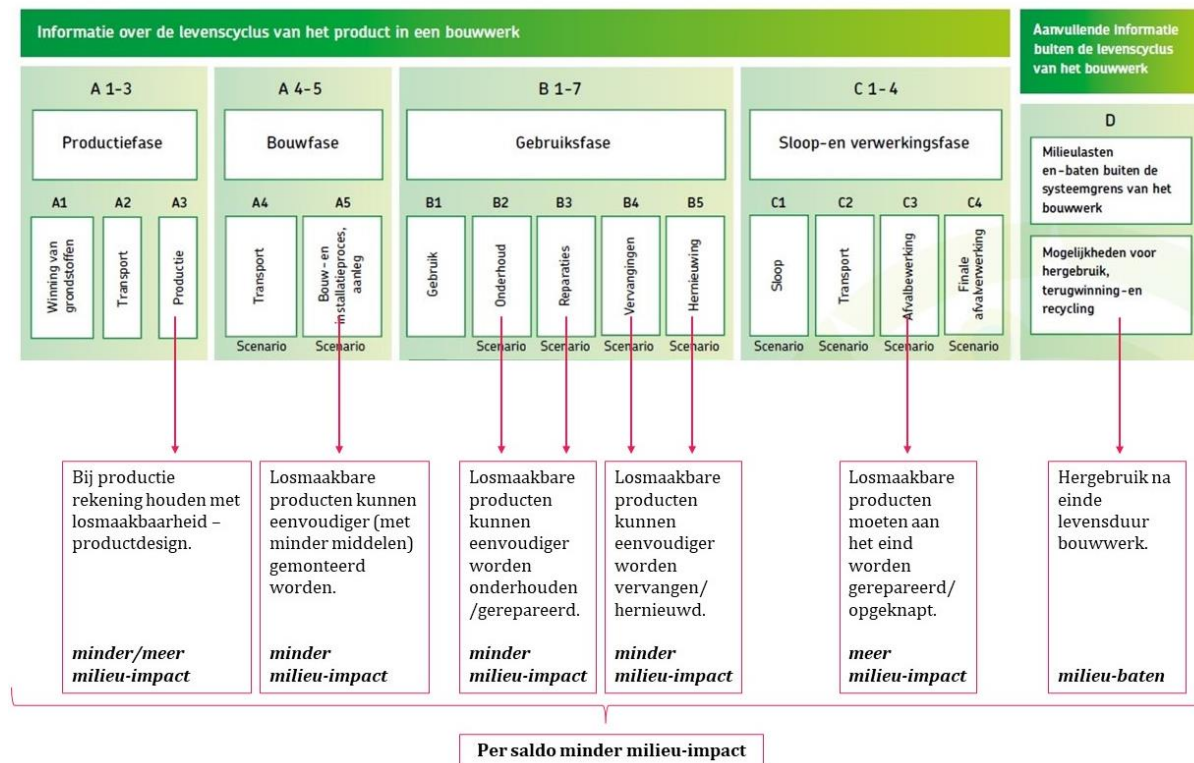
2.2 Losmaakbare details

Deze leidraad gaat alleen in op losmaakbare details en losmaakbaarheid. Losmaakbare details en losmaakbaarheid zijn in de circulaire bouw een middel, maar geen doel op zich. Losmaakbare details dragen bij aan losmaakbaarheid; losmaakbaarheid draagt bij aan reparerbaarheid, vervangbaarheid, herbruikbaarheid (idealiter keer op keer in meerdere cycli) en adaptief vermogen (aanpassen) en die dragen op hun beurt weer bij aan de drie doelen van circulair bouwen (zie figuur 1).



Figuur 1 – Toepassingsgebied leidraad

Figuur 2 toont op welk moment in de levenscyclus losmaakbaarheid gerelateerd is aan milieu-impact.



Bron: Stichting Nationale Milieudatabase 2022, bewerking Platform CB'23

Figuur 2 – Losmaakbaarheid gerelateerd aan milieu-impact per levenscyclusfase

Deze leidraad bouwt voort op meetmethoden voor losmaakbaarheid, maar biedt zelf geen nieuwe methode om losmaakbaarheid te meten. Deze leidraad gaat alleen in op hoe je losmaakbare details in de praktijk ontwerpt.

Deze leidraad gaat zowel in op details die losgemaakt worden tijdens de levensduur van een bouwwerk (voor reparatie of vervanging) als op details die losgemaakt worden aan het einde van de levensduur van een bouwwerk (voor bijvoorbeeld hergebruik).

2.3 B&U en GWW

De inzichten uit deze leidraad zijn zowel op de B&U- als de GWW-sector van toepassing. Bij het opstellen van deze leidraad was één van de subdoelstellingen om als sectoren van elkaar te leren. Bijlage D bevat een overzicht van de verschillen tussen de twee sectoren op het gebied van losmaakbaarheid.

2.4 Bouwproducten en elementen

Losmaakbaarheid kan op verschillende schaalniveaus een rol spelen. In deze leidraad beperken we ons tot de schaalniveaus 'bouwproduct' en 'element' uit de decompositie in NEN 2660-2 en het Framework Circulair Bouwen van Platform CB'23 (2019). Tabel 2 geeft dit weer. Er wordt dus niet ingegaan op de losmaakbaarheid van hele bouwwerken (verplaatsbaarheid). Ook wordt er niet ingegaan op de losmaakbaarheid op het niveau van materialen en grondstoffen, omdat hierbij details geen rol spelen en de losmaakbaarheid bijdraagt aan recycling in plaats van hergebruik.

Tabel 2 – Voorbeelden schaalniveaus B&U en GWW

Schaalniveau	Voorbeelden		Toepassings- gebied leidraad
	B&U	GWW	
Gebied	Losmaakbaarheid n.v.t.	Losmaakbaarheid n.v.t.	Nee
Complex	Losmaakbaarheid n.v.t.	Losmaakbaarheid n.v.t.	Nee
Bouwwerk	Woonmodules, flexwoningen	Viaduct, brug	Nee
Element	Gevel-, dak- of vloerelement	Brugdek, landhoofd	JA
Bouw-product	Kozijn, raam, deur, rooster, spouwmuurisolatie	Voorgespannen betonnen ligger, straatsteen, rioolbuis, leuning, damwand	JA
Materiaal	Isolatieplaat, houten regelwerk	Beton, staal	Nee
Grondstof	Hout, staal, isolatievezel, grind, zand	Zand, grind, cement, hoogovenslak	Nee

2.5 Voor architecten en opdrachtgevers

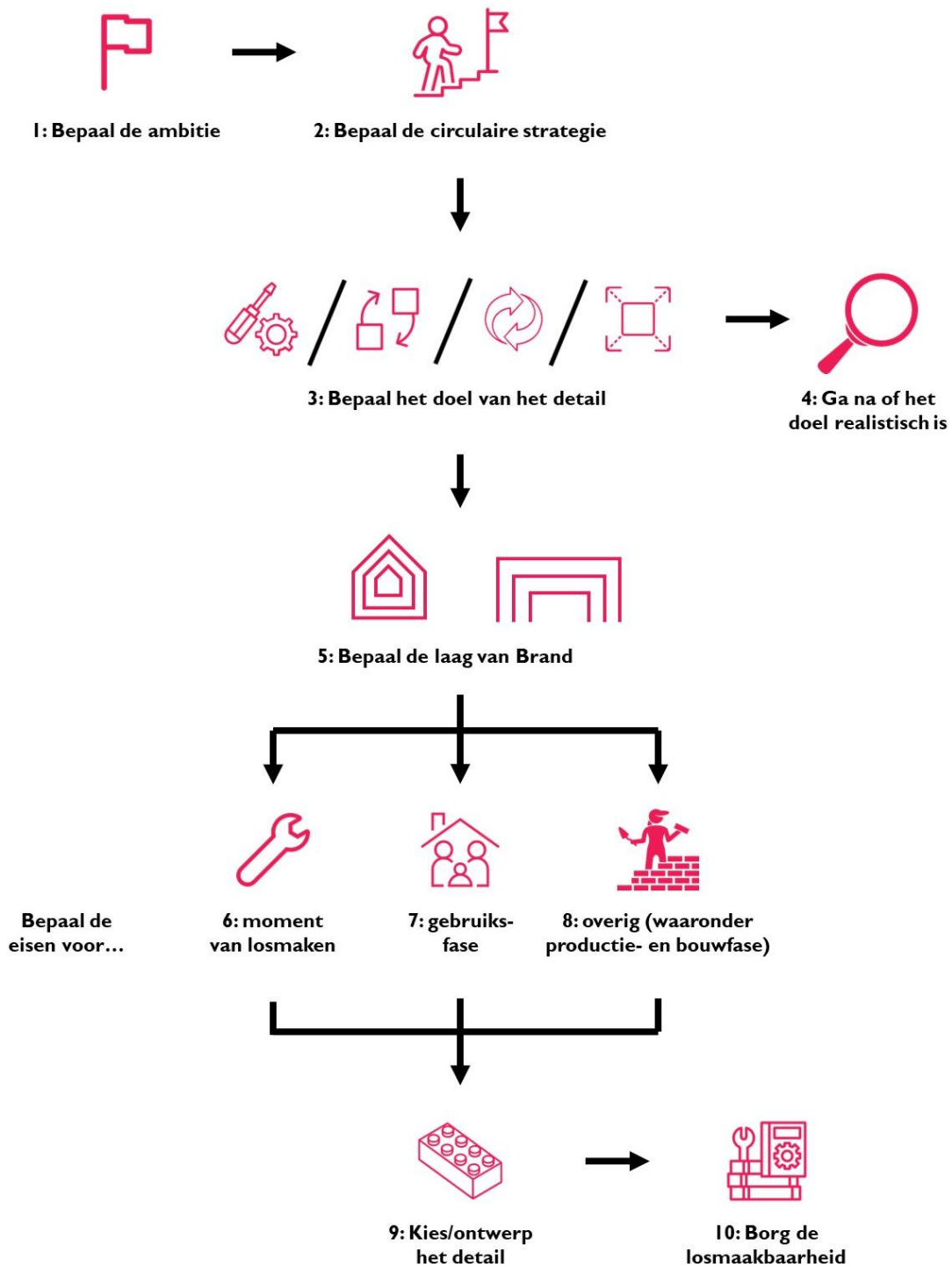
Deze leidraad is geschreven voor architecten en ontwerp- en ontwikkelteams die losmaakbare details willen opnemen in hun ontwerp. Deze leidraad is ook bedoeld voor opdrachtgevers die losmaakbaarheid willen stimuleren. Tevens willen we ISSO en CROW uitdagen deze initiatieven verder te brengen. Dat kan door ze te beoordelen, door te ontwikkelen en waar mogelijk te standaardiseren of op te nemen als referentiedetails in handboeken.

De leidraad is met name van toepassing op nieuwbouw. Ook kan de leidraad gebruikt worden bij renovatie en vervanging in bestaande bouw, als daarbij de mogelijkheid is om nieuwe details toe te voegen. De leidraad is niet expliciet geschreven voor slopers die losmaakbare details benutten.

3 Stappenplan met aandachtspunten

3.1 Inleiding

Als je een losmaakbaar detail wilt kiezen of ontwerpen, moet je daarvoor een aantal aandachtspunten in acht nemen. Dit hoofdstuk biedt daarvoor een stappenplan met tien stappen (zie figuur 3). Het stappenplan is bruikbaar voor onder meer architecten, ontwerpers, ontwikkelende aannemers en producenten/leveranciers.



Figuur 3 – Stappenplan losmaakbaar detailleren



3.2 Stap 1: Bepaal de (circulaire) ambitie van het project

Net als in elk project bepaal je bij een circulair project eerst de ambities. Vaak doe je dit op basis van je organisatievisie.

Bepaal ook het toekomstscenario voor het bouwwerk. Ambitie en toekomstscenario vormen samen de basis voor de circulaire strategie (zie 3.3).



3.3 Stap 2: Strategie, kijk of vermijden, reduceren of heroverwegen mogelijk is

Bij de tweede stap stel je de vraag met welke circulaire strategie de ambities het beste zijn te realiseren. Een losmaakbaar detail kan bijdragen aan de strategieën reparatiebaarheid, vervangbaarheid, herbruikbaarheid en adaptief vermogen (aanpassen). Maar voordat je uitgaat van één van die strategieën is het goed om de circulaire strategieën bovenaan de R-ladder te bekijken: vermijden (R0), heroverwegen (R1) en reduceren (R2).

Kijk bij deze stap ook naar andere maatregelen die de mate van circulariteit vergroten, zoals levensduurverlenging van het bouwwerk en het toepassen van secundaire of biobased materialen.



3.4 Stap 3: Bepaal het doel van het losmaakbare detail

In stap 3 bepaal je het doel van de losmaakbaarheid (zie 2.2). Mogelijke doelen van losmaakbaarheid zijn:

- repareren;
- vervangen;
- aanpassen;
- hergebruiken.

Bepaal ook op welk schaalniveau (bouwproduct of element, zie tabel 2 in 2.4) dit doel van toepassing is en op welk moment het behaald moet worden.



3.5 Stap 4: Ga na of het doel realistisch is

De volgende stap is om je af te vragen of het gewenste doel ook haalbaar en wenselijk is, los van de losmaakbaarheid. Houd hierbij rekening met:

- het moment waarop het bouwproduct of element losgemaakt wordt;
- de markt voor het (tweedehands) bouwproduct of element: is het bijvoorbeeld schaars en gangbaar?;
- de te verwachte functionele en technische eisen en wet- en regelgeving voor de relevante kenmerken van het bouwproduct op het moment van losmaken, bijvoorbeeld qua (standaard)afmetingen, constructieve veiligheid, waterdichtheid, gezondheid en esthetiek;
- de te verwachte kwaliteit van het bouwproduct of element (prestaties op relevante productkenmerken) op het moment van losmaken (dus na veroudering). Houd hierbij rekening met degradatie in de gebruiksfase, bijvoorbeeld door invloed van klimaat, weer en water en door belasting door gebruik. Houd ook rekening met onderhoud in de gebruiksfase;
- de manier waarop kan worden aangetoond dat het bouwproduct of element aan de eisen voldoet, bijvoorbeeld met metingen;
- de mogelijkheden om het bouwproduct of element (als geheel) uit een bouwwerk te halen nadat het is losgemaakt en te transporteren, rekening houdend met afmetingen, gewicht en

arbornormen. Een voorbeeld is dat een trap uit de woning te halen moet zijn, zonder dat daar rigoureuze maatregelen voor nodig zijn, zoals gaten zagen of de vloer verwijderen;

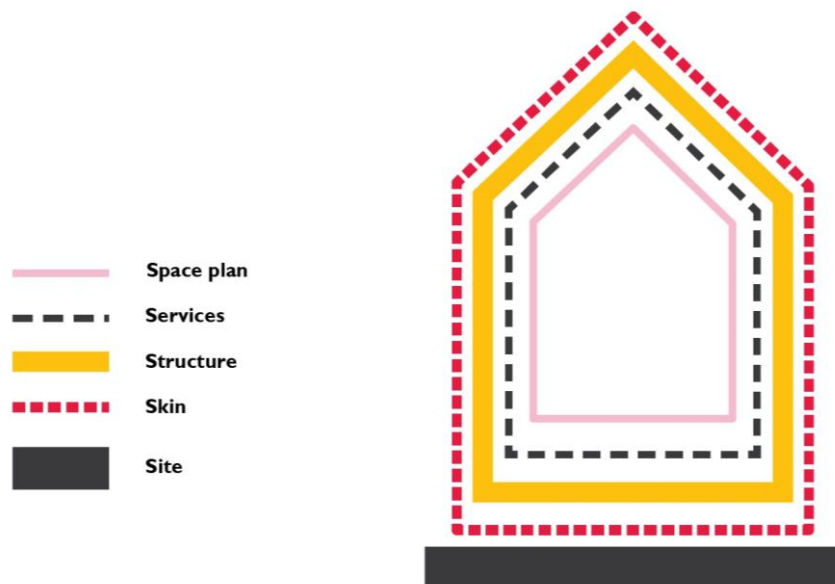
- de manier waarop het bouwproduct kan worden toegepast in een nieuw bouwwerk (remontabiliteit);
- vervangbaarheid in de praktijk versus theorie: het kostenaspect.

Een keurmerk of prestatieverklaring voor de volgende levenscyclus (zie Platform CB'23, 2023) kan bijdragen aan het onderbouwen dat een doel realistisch is.



3.6 Stap 5: Bepaal de lagen van Brand

Als het doel waaraan een losmaakbaar detail kan bijdragen, realistisch is, is de volgende stap om de levensduur te analyseren van het totale bouwwerk en van het bouwproduct of element dat losgemaakt moet worden. Dit is vooral van belang als onderdelen met een verschillende levensduur aan elkaar gekoppeld worden. In de B&U-sector helpen de lagen van Brand (layers of Brand) hierbij (zie figuur 4).



Bron: Platform CB'23 2022

Figuur 4 – Lagen van Brand

Bij levensduur is het van belang om uit te gaan van zowel de functionele als de technische levensduur. Als een bouwproduct of element technisch nog functioneert, maar niet meer aan de functionele eisen voldoet, is de functionele levensduur korter dan de technische. Dit kan een reden zijn om dit bouwproduct of element losmaakbaar te maken, zodat het eenvoudig vervangen of aangepast kan worden.

In de GWW-sector zijn levensduren niet eenvoudig in een vergelijkbaar model te vatten. Dit is geprobeerd in de *Leidraad meetmethode voor circulariteit* (Platform CB'23, 2020), maar het model blijkt op dit moment in de praktijk niet bruikbaar.



3.7 Stap 6: Bepaal de eisen voor het detail op het moment van losmaken

Ga in deze stap na wat er nodig is om het bouwproduct of element los te maken op het moment van reparatie, vervanging, hergebruik of aanpassing. Houd hierbij rekening met:

- de bereikbaarheid van de losmaakbare verbinding;
- de losmaakbaarheid bij 'doorkruisingen'. Een installatie kan bijvoorbeeld een losmaakbare constructie 'kruisen'. Als zo'n installatie zelf niet losmaakbaar is, is de constructie dat ook niet meer;
- of het element of bouwproduct losmaakbaar is zonder 'schade' en zonder 'kwaliteitsverlies'.
- de factoren die zorgen voor corrosie (aantasting) van een losmaakbare verbinding, zoals zoutbelasting (deze kunnen de keuze van metalen in de losmaakbare verbinding beïnvloeden);
- de beweging (vermoeiing) van een verbinding;
- hoe makkelijk en snel het product los te maken moet zijn. Denk hierbij aan de demontagetechniek (gangbaar gereedschap), maar ook aan hinder in de GWW-sector.

Formuleer op basis hiervan eisen voor het losmaakbare detail.



3.8 Stap 7: Bepaal de eisen voor het detail in de gebruiksfase

Formuleer vervolgens de eisen voor het losmaakbare detail in de gebruiksfase van het bouwwerk. Een losmaakbaar detail moet eenvoudig los te maken zijn, maar ook aan andere bouwtechnische, bouwfysische en functionele eisen voldoen. Een detail dat goed losmaakbaar is, maar niet luchtdicht, niet brandveilig en/of constructief onvoldoende betrouwbaar, wordt in de praktijk immers niet geaccepteerd.

Houd voor de gebruiksfase onder meer rekening met:

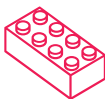
- constructieve veiligheid, betrouwbaarheid;
- waterdichtheid/uitspoeling, bijvoorbeeld bij voegovergangen (GWW);
- waterdichtheid, luchtdichtheid, brandwerendheid (B&U);
- gezondheid (stoffen en materialen in het detail);
- onderhoudbaarheid en bereikbaarheid;
- esthetiek (bijvoorbeeld: verbindingen en verbindingsmiddelen in het zicht of niet).



3.9 Stap 8: Bepaal de overige eisen en voorwaarden voor het detail

Bekijk vervolgens welke eisen en voorwaarden er voor het losmaakbare detail gelden, met name in de productie- en bouwfase. Denk hierbij aan:

- de ruimte: soms is er in een bouwwerk onvoldoende ruimte voor een losmaakbare oplossing;
- de maakbaarheid;
- de hoeveelheid materiaal en milieu-impact die nodig zijn om het detail te realiseren in verhouding tot de circulaire winst;
- de kosten;
- sectorspecifieke eisen (B&U of GWW) op basis van de tabel D.1 in bijlage D.



3.10 Stap 9: Kies of ontwerp een detail dat aan de eisen voldoet

De volgende stap is om daadwerkelijk een detail te kiezen of te ontwerpen dat aan alle eisen en voorwaarden uit stappen 6, 7 en 8 (3.7 t/m 3.9) voldoet. Uiteraard kunnen ook aanpassingen gedaan worden aan het ontwerp als het onmogelijk blijkt een passend detail te kiezen of te ontwerpen. Inspiratie voor details kan worden opgedaan in hoofdstuk 4.



3.11 Stap 10: Borg de losmaakbaarheid

Om de losmaakbaarheid niet te verliezen, aan het einde van de levensduur of tijdens de onderhoudsperiode, is het goed om informatie over het los te maken element of bouwproduct en het losmaakbare detail vast te leggen. Leg in ieder geval de volgende informatie vast:

- afmetingen en grenzen van het bouwproduct of element en het detail;
- materialen en onderdelen van het bouwproduct of element en het detail;
- overwegingen bij het ontwerp (zoals de circulariteitsstrategie);
- aandachtspunten bij demontage en eventuele remontage.

Sla deze informatie waar mogelijk op in een materialenpaspoort en/of demontageplan. Koppel het demontageplan eventueel aan het product om de kans te verkleinen dat het verloren gaat, bijvoorbeeld met een QR-code. Geef bij een demontageplan omschrijvingen op een gangbaar detailniveau die begrijpelijk zijn voor de persoon die gaat demonteren.

Houd het databeheer 'ABC' (Actueel, Betrouwbaar en Compleet) bij om dataverlies te voorkomen. Goed databeheer borgt dat bij wijzigingen/demontage de originele overwegingen nog beschikbaar zijn. Denk bij databeheer ook na over de manier van vastleggen. De gebruikte systemen/software moet na vele jaren nog te raadplegen en compatibel zijn. Bij het opvragen van areaalgegevens blijkt vaak dat oudere objecten op papier in een archief zijn opgeslagen, terwijl nieuwere objecten in digitale systemen zijn opgeslagen die niet meer leesbaar zijn.

4 Principe (voorbeeld)details en aandachtspunten

Op basis van het stappenplan uit hoofdstuk 3, bepaal je de eisen waaraan een losmaakbaar detail moet voldoen. Dit hoofdstuk toont ter inspiratie voorbeeldetails uit projecten. Bij het detail staat telkens waarom welke losmaakbaarheidskeuzes zijn gemaakt en wat hiervan de consequenties zijn. Ook 'lessons learned' en 'mogelijke conflicten' zijn beschreven. Voor details die nu niet losmaakbaar zijn, is aangegeven hoe dat in de toekomst beter kan worden gerealiseerd.

4.1 gaat in op B&U-details. 4.2 gaat in op GWW-details. In Bijlage B zijn losmaakbare systemen weergegeven.

4.1 B&U

4.1.1 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

- Vervanging tijdens levensduur mogelijk maken.
- Bijkomend voordeel: hergebruik bij einde levensduur.

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).

Bij remontage in een prefabgevel wordt de aansluiting gemaakt met een kroonband in de kozijnspanning. Hier is al ruime ervaring mee.

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 kozijndetail kan ook gebruikt worden bij traditionelere gevels, in combinatie met een losmaakbare spouwlat met band en klemankers.

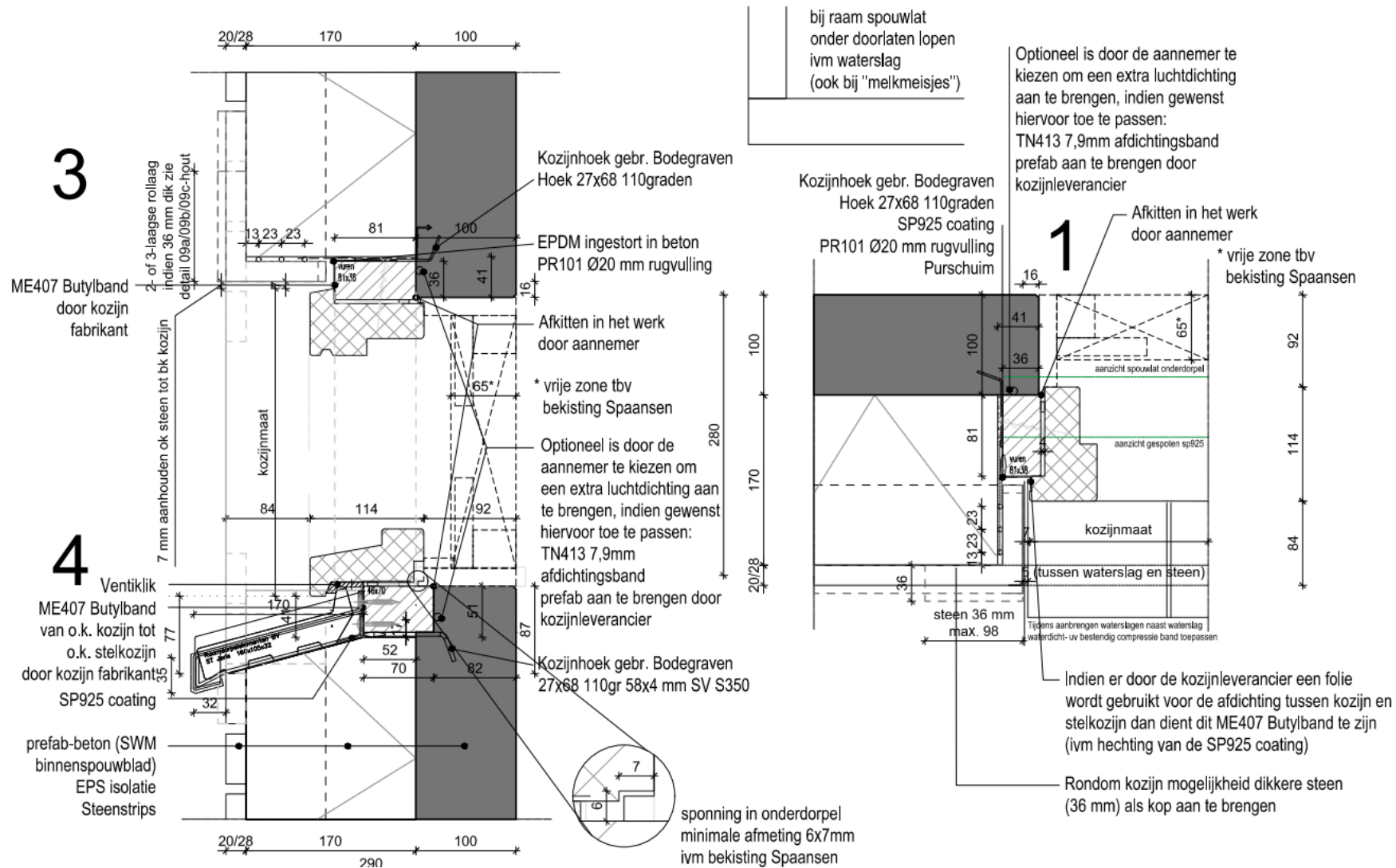
Mogelijke conflicten

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 behoeft extra aandacht, omdat dit materiaal blijvend hechtend is aangebracht.

Bron

Trebbe



Figuur 5 – Detail losmaakbaar gevelkozijn in betonnen binnenspouwblad

4.1.2 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

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 geogst 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.

Mogelijke conflicten

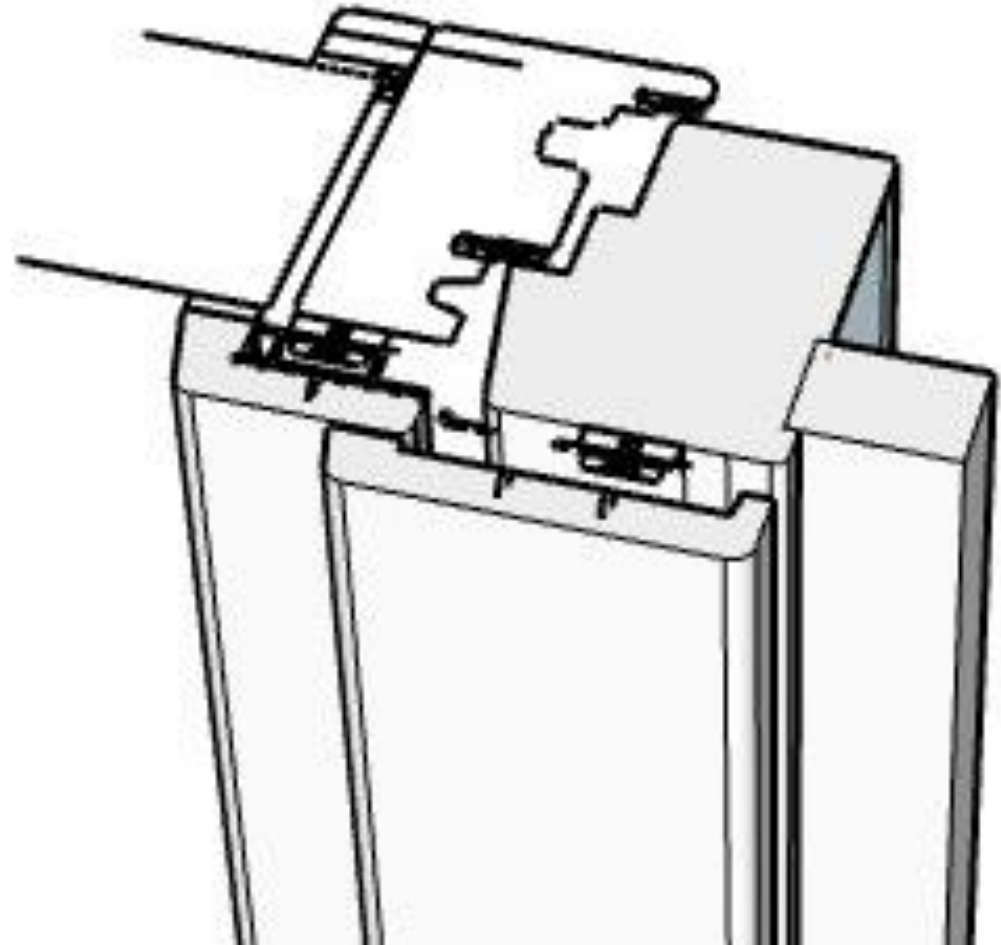
-

Bron

WEBO



Figuur 6 – Totaalbeeld kozijn



Figuur 7 – Kliksysteem kozijn

4.1.3 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.

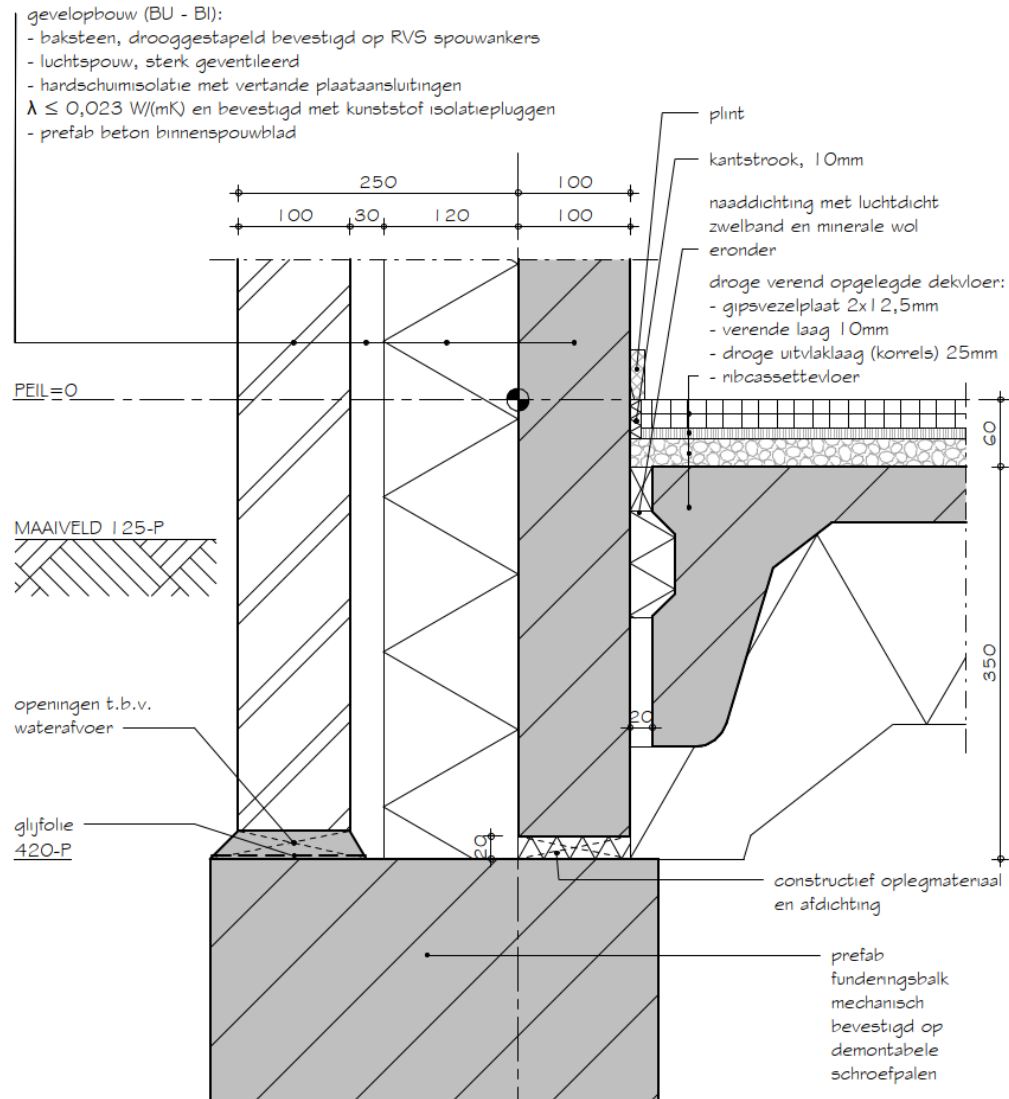
De dichtingsband tussen de ribcassettevloer en het betonnen binnenspouwblad moet onder voldoende compressie worden aangebracht. Door maatafwijkingen en steltoleranties sluit de band niet altijd goed waardoor het detail niet meer luchtdicht is. Strakke maatvoering is dus een voorwaarde.

Mogelijke conflicten

-

Bron

ISSO 2021 - I01.3.5.01.HB - 00 – Referentiedetail



Figuur 8 – Dekvloer

4.1.4 Vloer begane grond Circl

Detailcode

BU.09

Laag van Brand

Skin

Omschrijving

Begane grondvloer – gebouw Circl in Amsterdam

Niveau losmaakbaarheid

Bouwproduct: onderdelen in een begane grondvloer

Reden losmaakbaarheid

- Hergebruik in de toekomst mogelijk maken.
- Het paviljoen (Circl) 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.

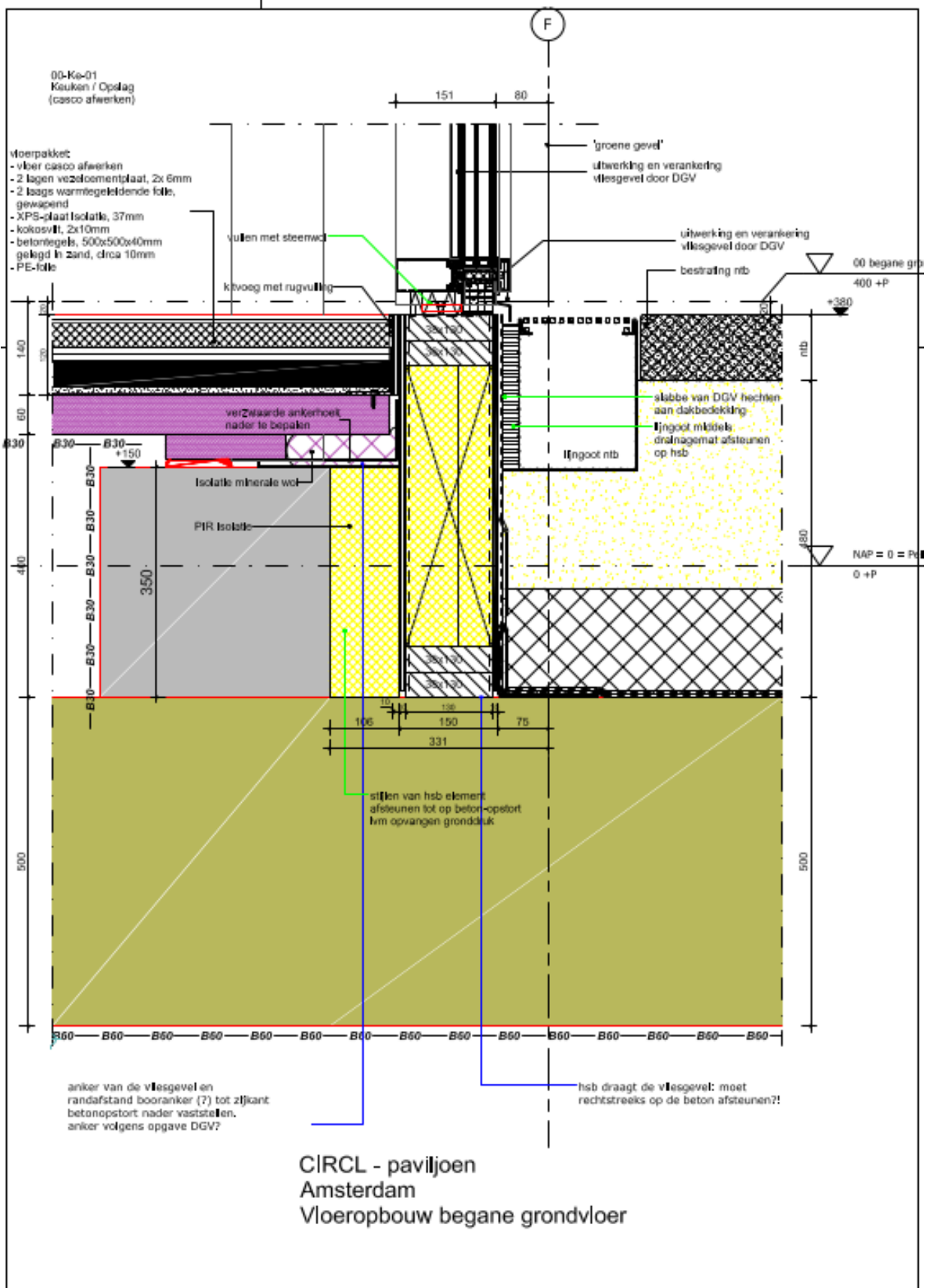
De opbouw van de beganegrondvloer is vrij arbeidsintensief en bevat veel materiaal. De vraag is dus of het niet 'met wat minder had gekund' (een slimmer ontwerp).

Mogelijke conflicten

-

Bron

BAM Advies en Engineering/Circl (in samenwerking met Architecten Cie)



Figuur 9 – Vloer begane grond CIRCL-paviljoen

4.1.5 Woningsscheidende wand/gevel

Detailcode

BU.04

Laag van Brand

Structure

Omschrijving

Woningsscheidend – 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 woningsscheidende 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

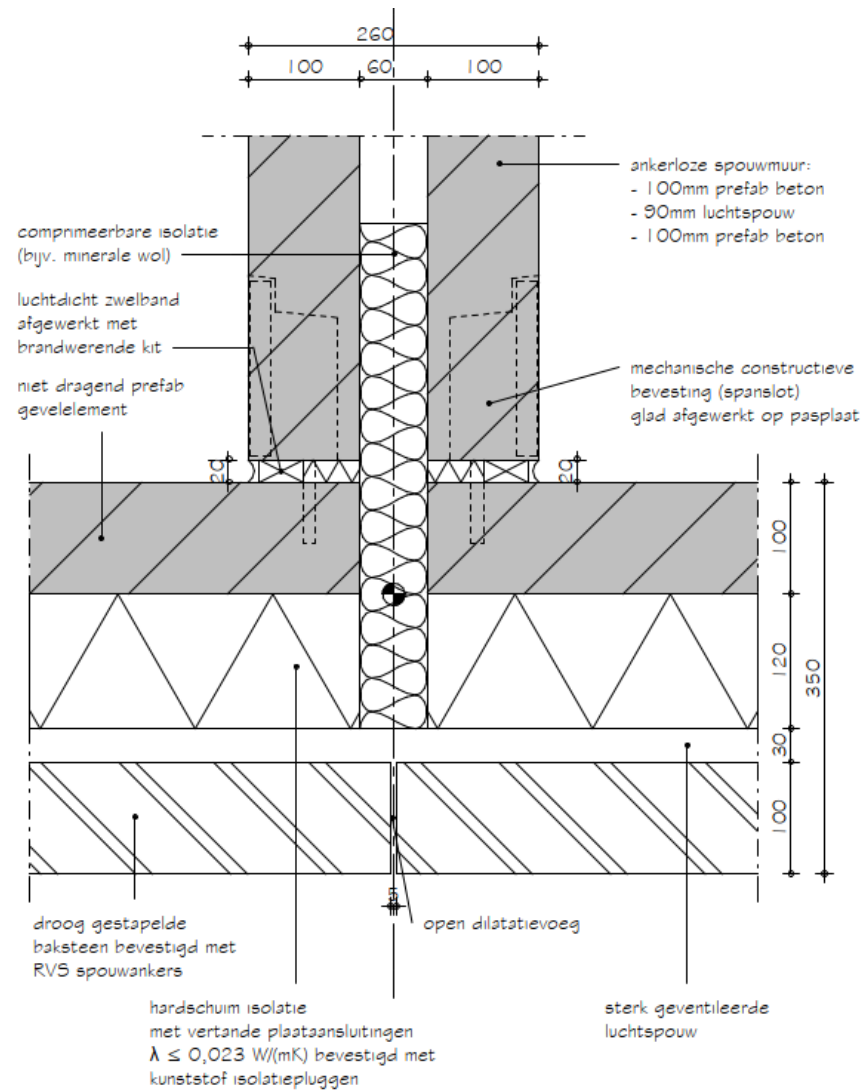
verbindingen op termijn niet meer 'vindbaar', tenzij de informatie digitaal wordt bewaard.

Het is niet bekend wat de 'toestand' van de verbindingmiddelen 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.

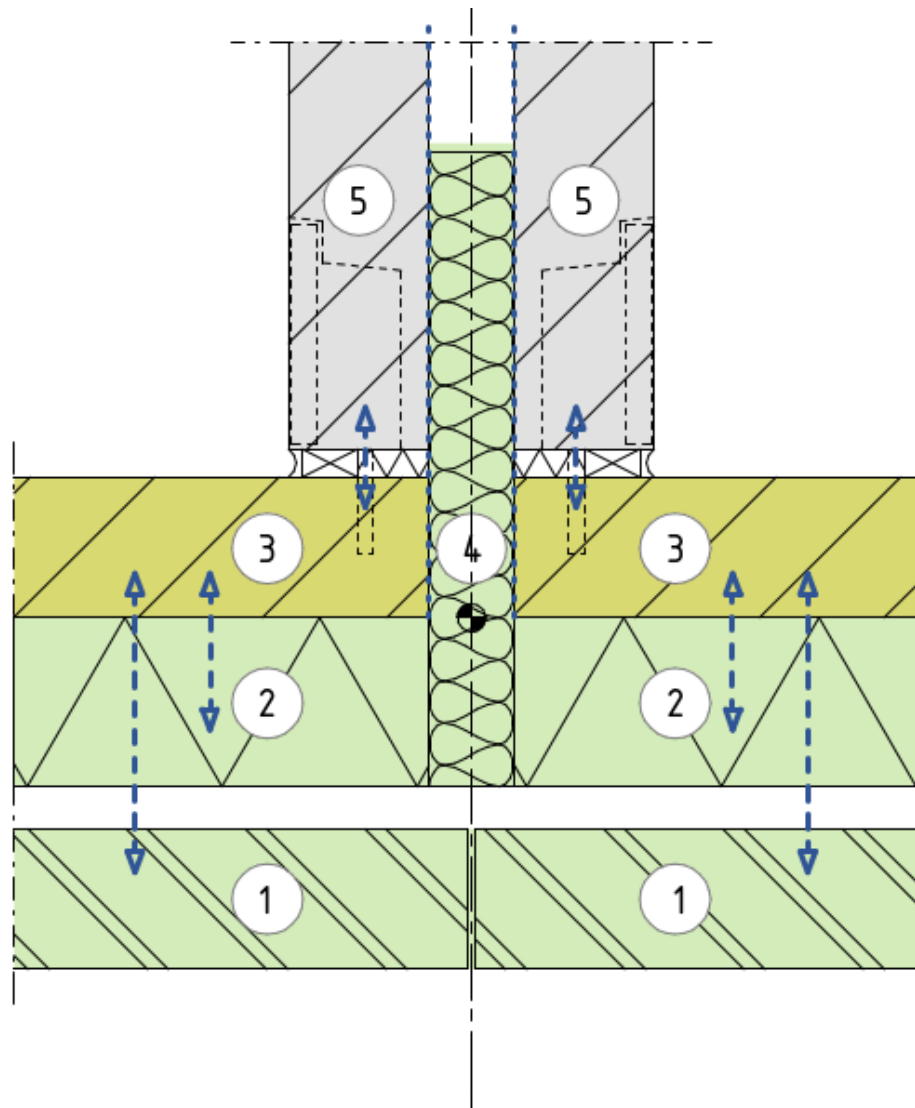
Voor een goede losmaakbaarheid moeten de elementen ook 3D worden beoordeeld, dus inclusief boven- en onderaansluiting (beganegrondvloer en verdiepingvloer). Mogelijk worden hier verbindingen aangestort waardoor de losmaakbaarheid onvoldoende is gegarandeerd.

Bron

ISSO 2021 - 204.3.5.01.HB - 00 – Referentiedetail



Figuur 10 – Spanslot binnenspouwblad gevel (I)



Figuur 11 – Spanslot binnenspouwblad gevel (2)

4.1.6 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 glaslatten is groot, waardoor bij glasvervanging (na bijvoorbeeld 30 jaar) altijd een passende glaslat kan worden gevonden.

Lessons learned

-

Mogelijke conflicten

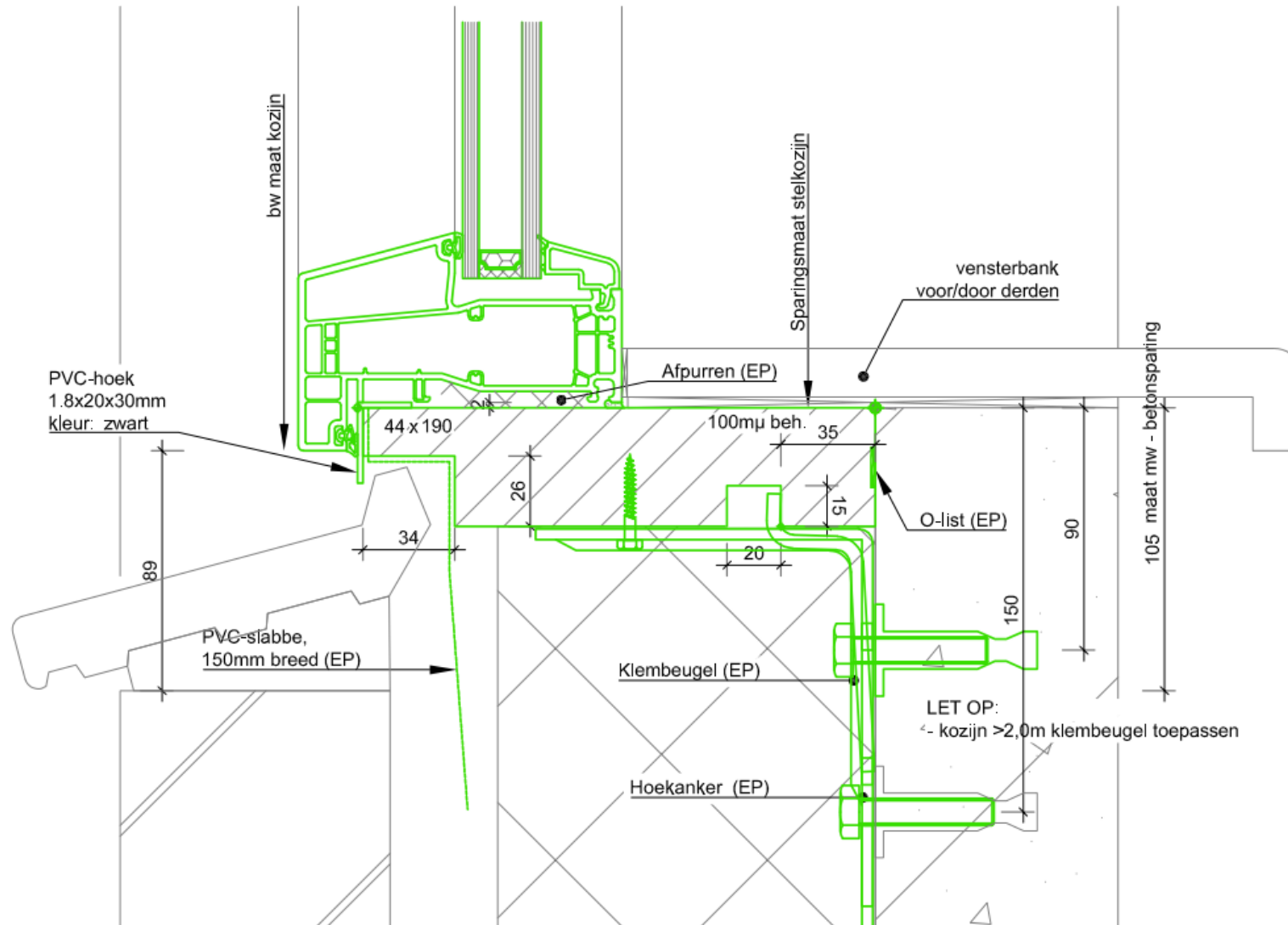
Steeds vaker worden kozijnen achter het metselwerk gedetailleerd (alleen glas in het zicht), waardoor demontage (zonder breekwerk aan omranding) lastiger wordt. Een losmaakbaar kozijn kan wel worden gemaakt, maar dan van binnenuit. Aftimmering is in dat geval ook gewenst.

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.

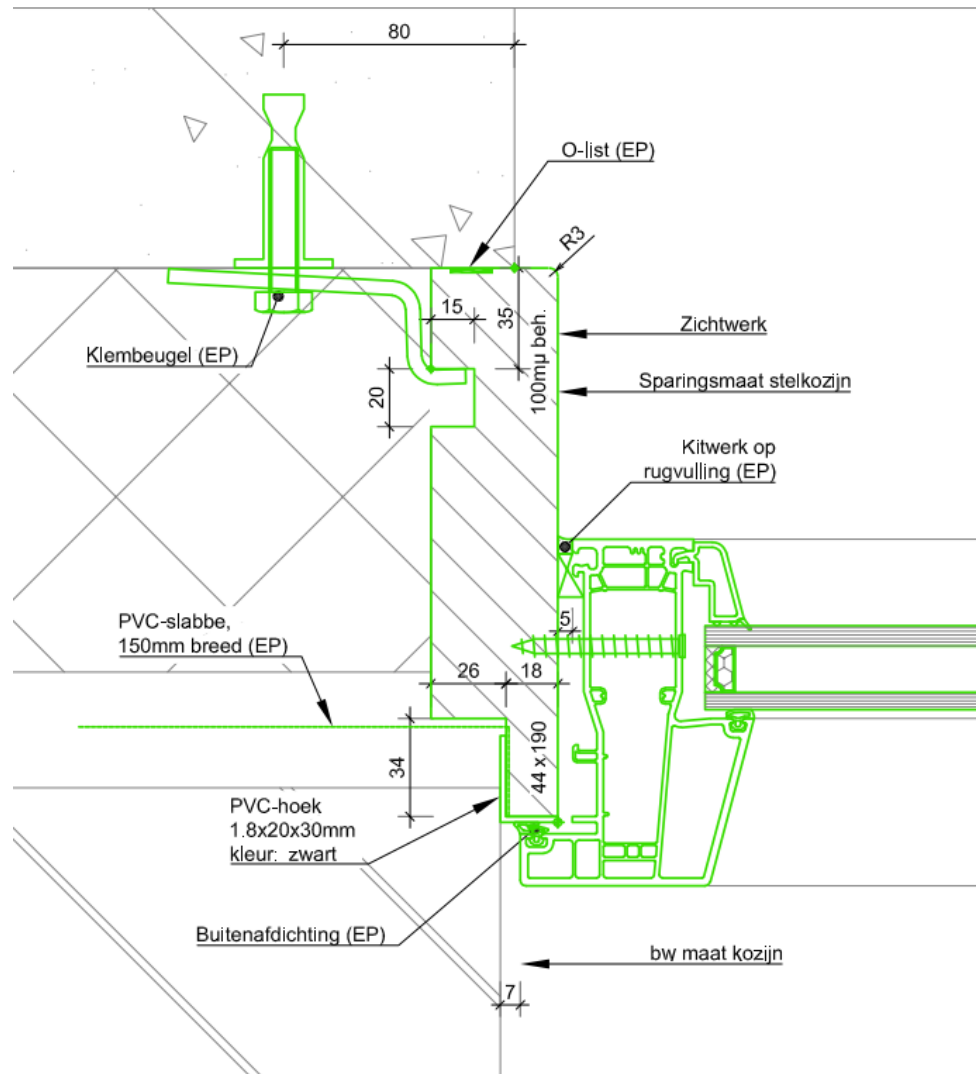
De aansluiting van de onderzijde van het kozijn op het stelkozijn wordt afgedicht met pur-schuim. Een alternatief hiervoor is een compriband (lieft niet verklevend aangebracht). In dat geval is het bij montage belangrijk te zorgen dat het band niet verschuift, zodat de luchtdichtheid is gewaarborgd.

Bron

[Europrovyl](#)



Figuur 12 – Geveldetail kunststof kozijn (I)



Figuur 13 – Geveldetail kunststof kozijn (2)

4.1.7 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 (KAAnt 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

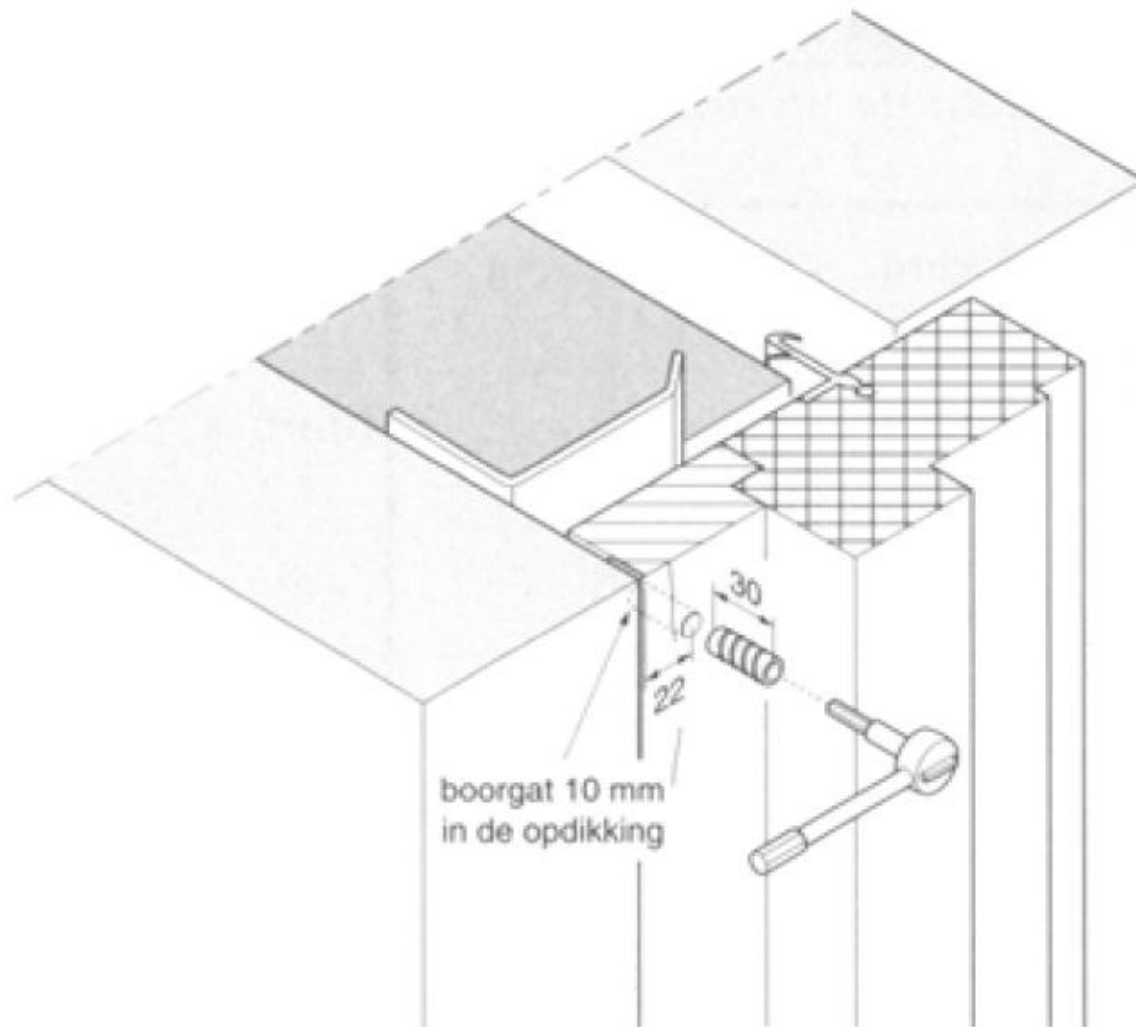
- Het KAPLA-systeem is vrij complex. Bij toepassing van dit kozijn is veel voorbereiding nodig.
- Kozijnen worden vrij laat in het bouwproces geplaatst. Om toch tijdig de gevel te kunnen sluiten, zijn doorwerkramen e.d. noodzakelijk.

Mogelijke conflicten

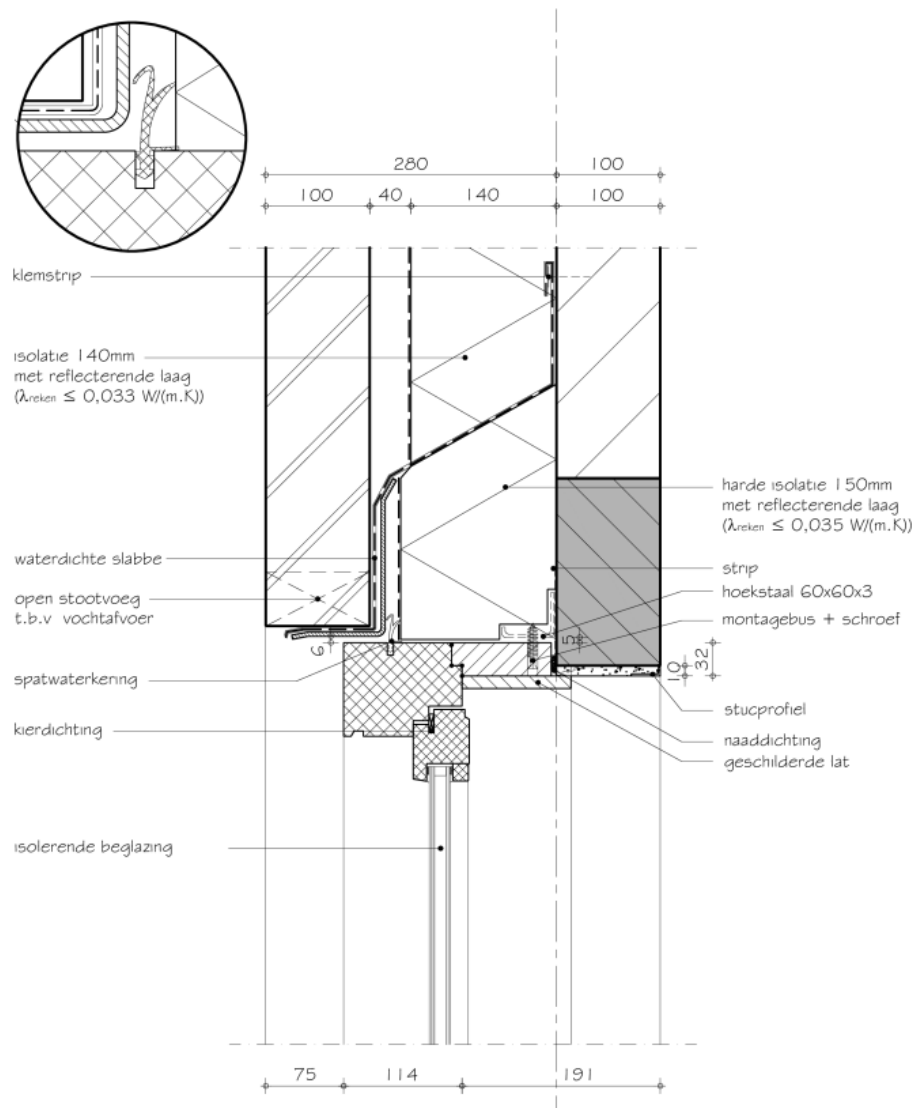
Het KAPLA-principe is met name geschikt voor het op de bouwplaats plaatsen van kozijnen. Bij prefabgevelelementen waarbij de kozijnen al in de fabriek worden geplaatst, zijn de voordelen van het KAPLA-systeem beperkt. Bij prefabgevelelementen wordt namelijk vaak met een stelkozijn (ingestort) gewerkt.

Bron

ISSO, SBR publicatie Werken met KAPLA – detail 203.0.3.05 (rechts)



Figuur 14 – KAPLA-systeem (I)



Figuur 15 – KAPLA-systeem (2)

4.1.8 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 milimeter) 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 ($n \times l$ 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

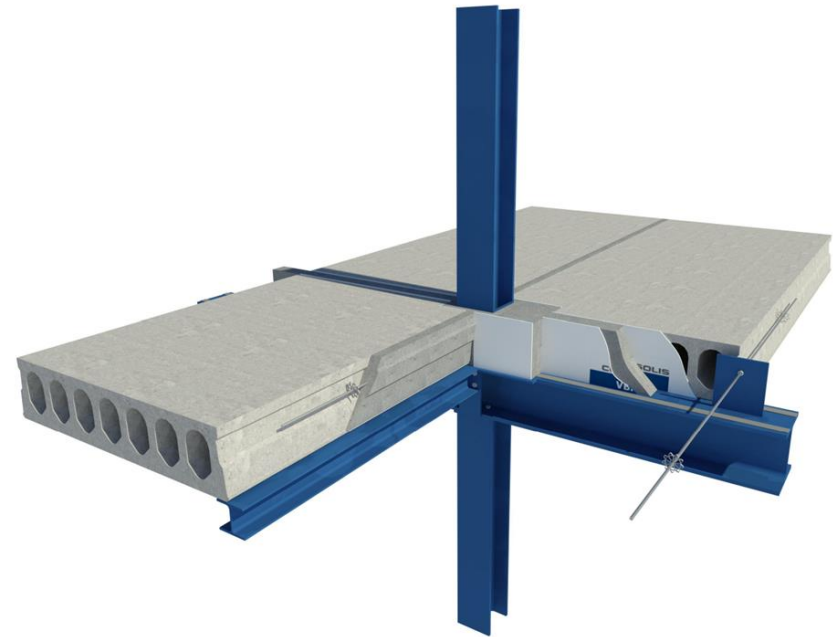
De constructeur zal moeten rekenen aan de schijfwerking van de kanaalplaten zelf, dus zonder toepassing van een hechtende constructieve druklaag. Als die schijfwerking niet toereikend is, kan bijvoorbeeld met windverbanden de constructie aanvullend stabiel worden gemaakt.

Bron

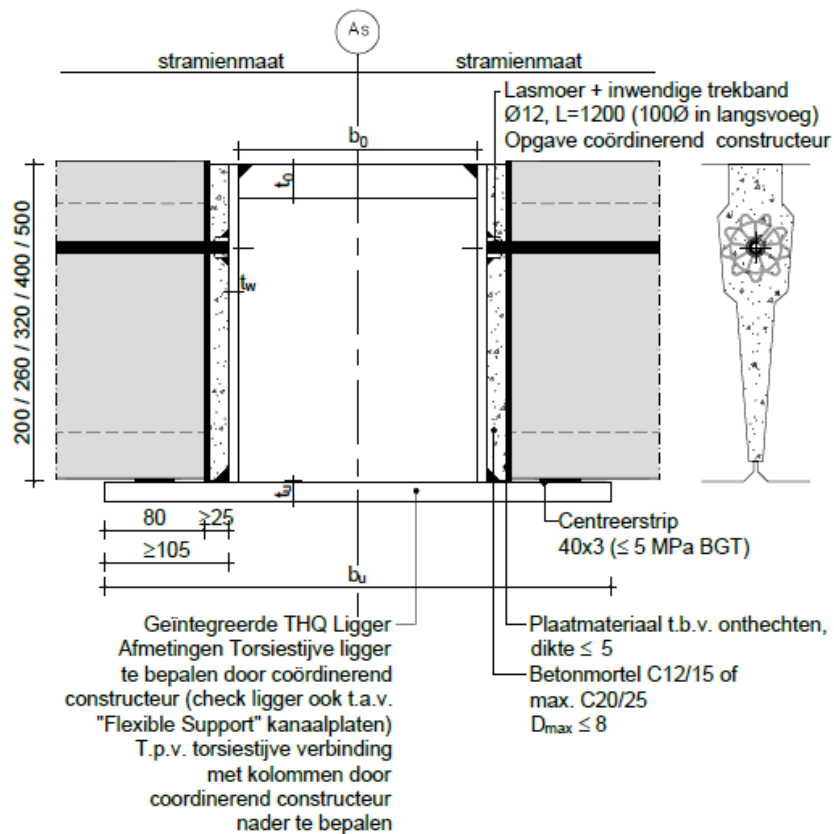
VBI



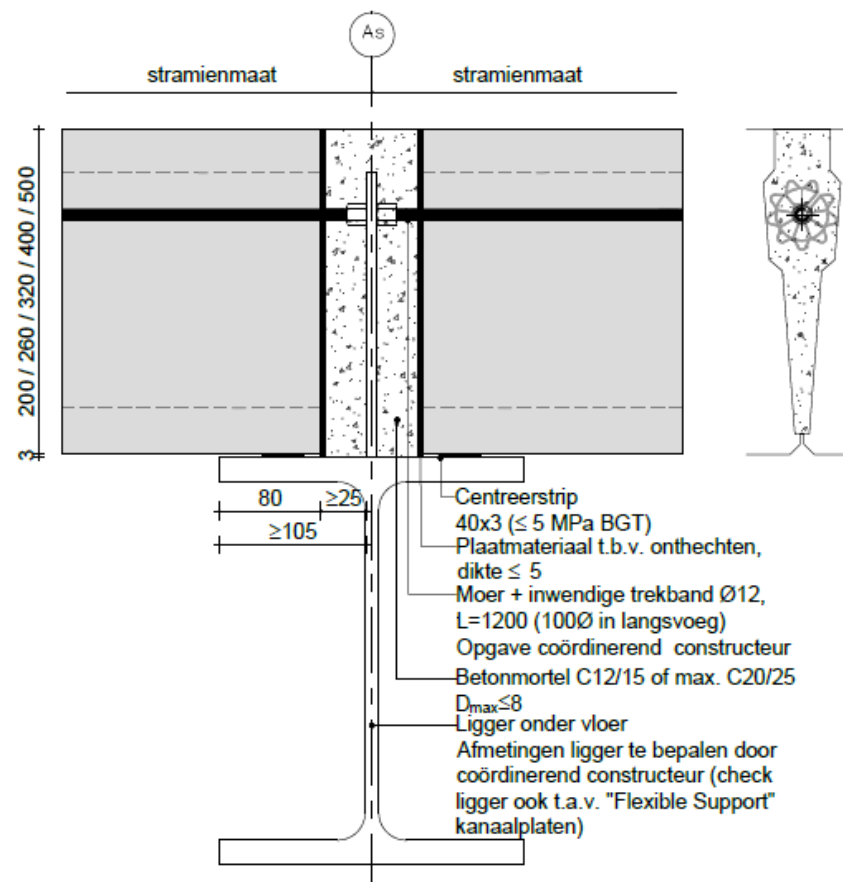
Figuur 16 – Betonnen kanaalplaatvloer (1)



Figuur 17 – Betonnen kanaalplaatvloer (2)



Figuur 18 – Betonnen kanaalplaatvloer (3)



Figuur 19 – Betonnen kanaalplaatvloer (4)

4.1.9 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 bouwknoop 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

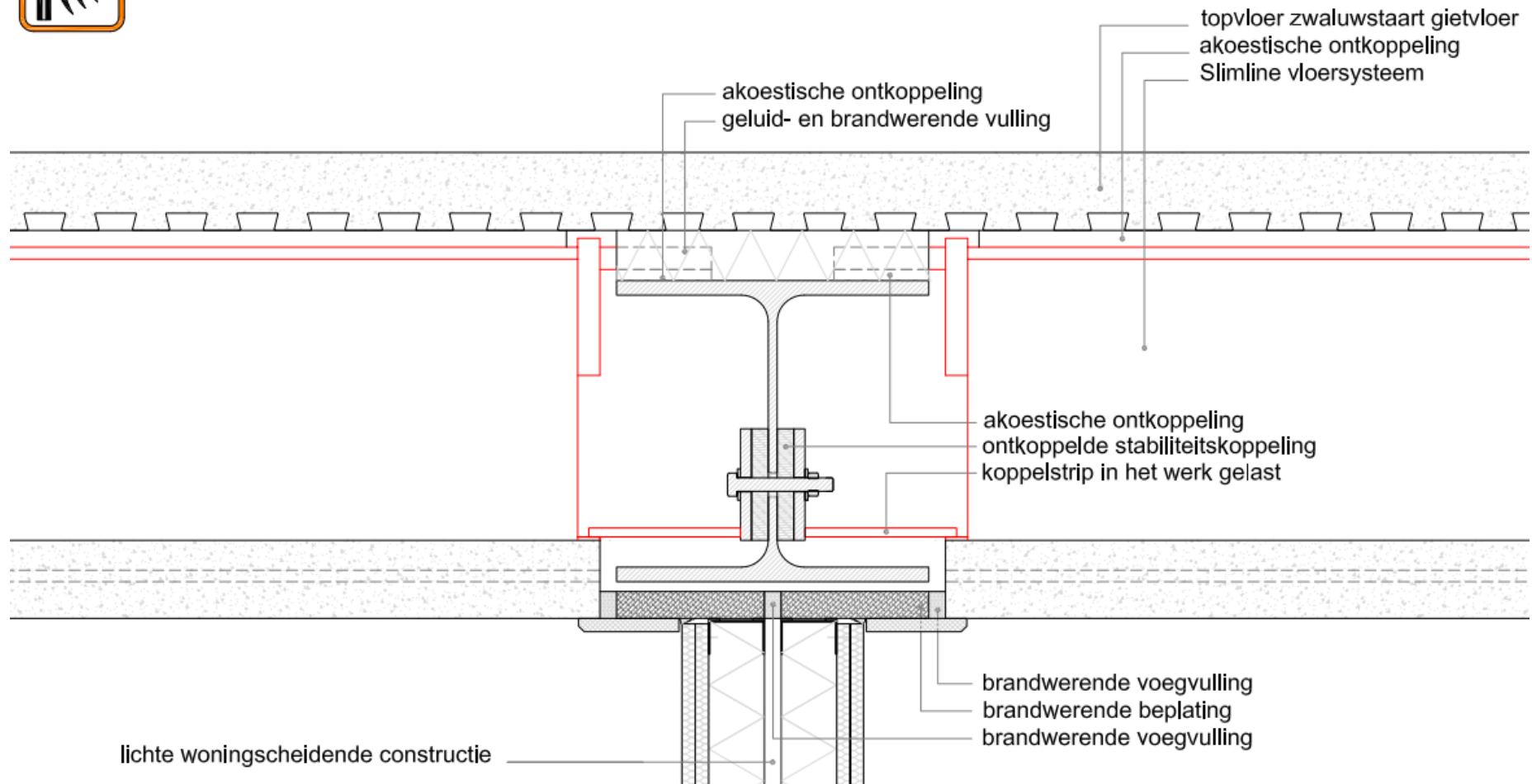
Akoestisch ontkoppelde constructies of alternatieven voor 'massa' zijn al vaker in de praktijk toegepast, met goede resultaten. Helaas worden er in de praktijk nog wel eens uitvoeringsfouten gemaakt, waardoor bijvoorbeeld de geluidsisolatie tegenvalt. Het is dus belangrijk dat partijen kennisnemen van de 'voorwaarden' van dergelijke systemen.

Mogelijke conflicten

-

Bron

Slimline



Figuur 20 – Staal-/prefabbetonvloer

4.1.10 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 kruislaagshout

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 kruislaagshout 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 kruislaagshouten 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 gedachtegoed 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 (kruislaagshouten vloer) en montage materiaal 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 keuken (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

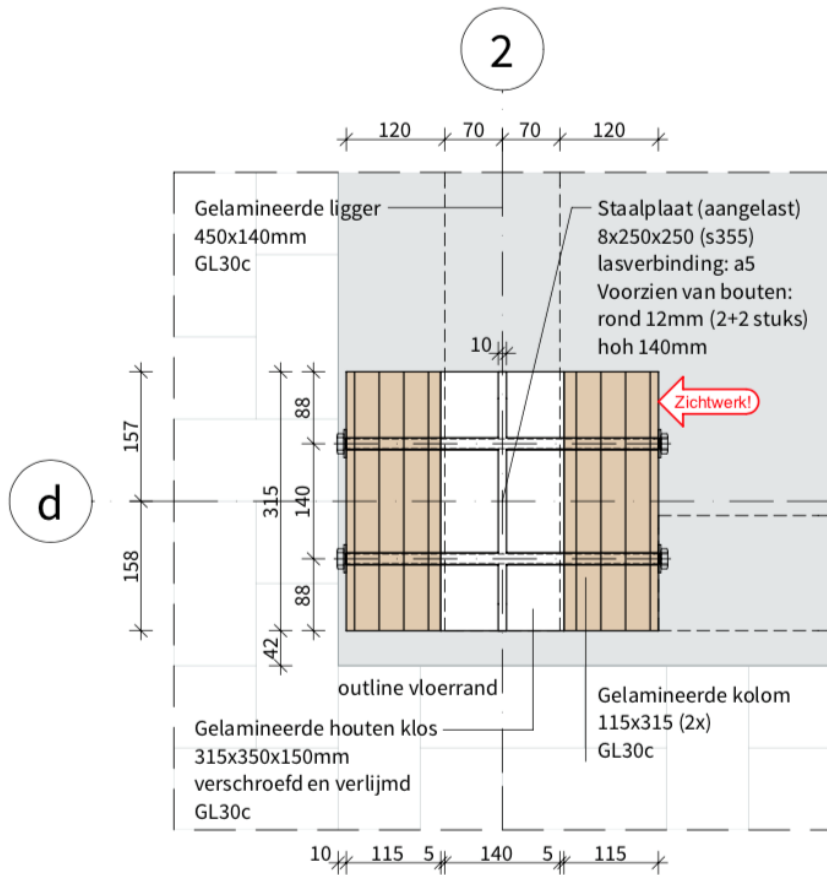
Ontwerp: Studio florisvanderkleij

Constructeur: Soldig Timber.

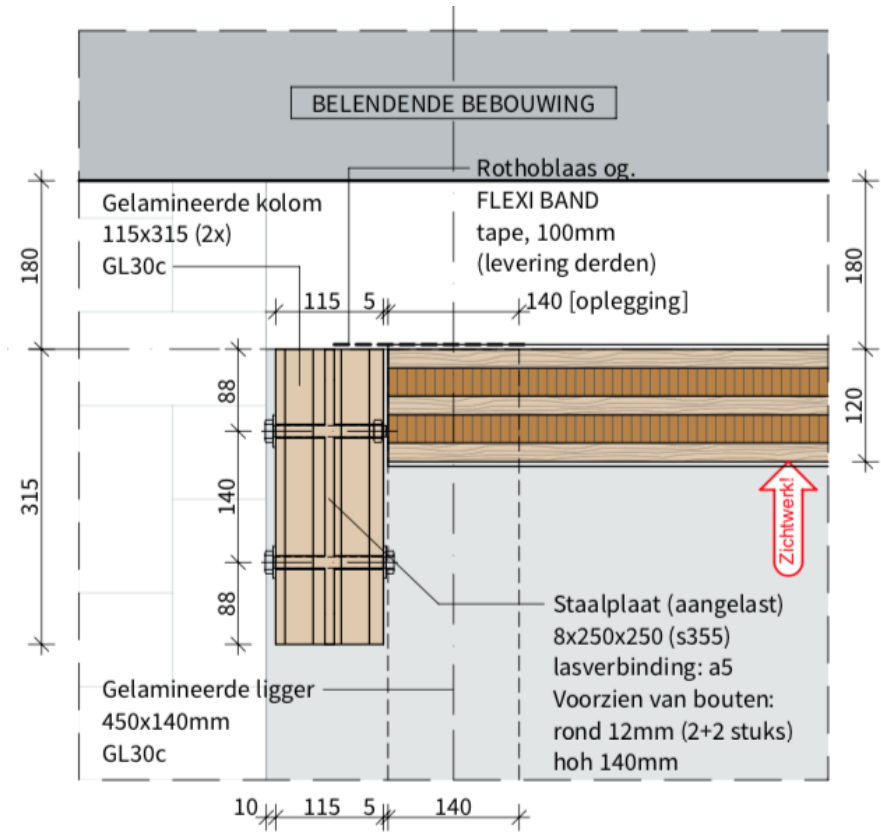
Project: Demontabele lantaarn, Amsterdam



Figuur 21 – Gelamineerde houten kolom (I)



Figuur 22 – Gelamineerde houten kolom (2)



Figuur 23 – Gelamineerde houten kolom (3)

4.1.11 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

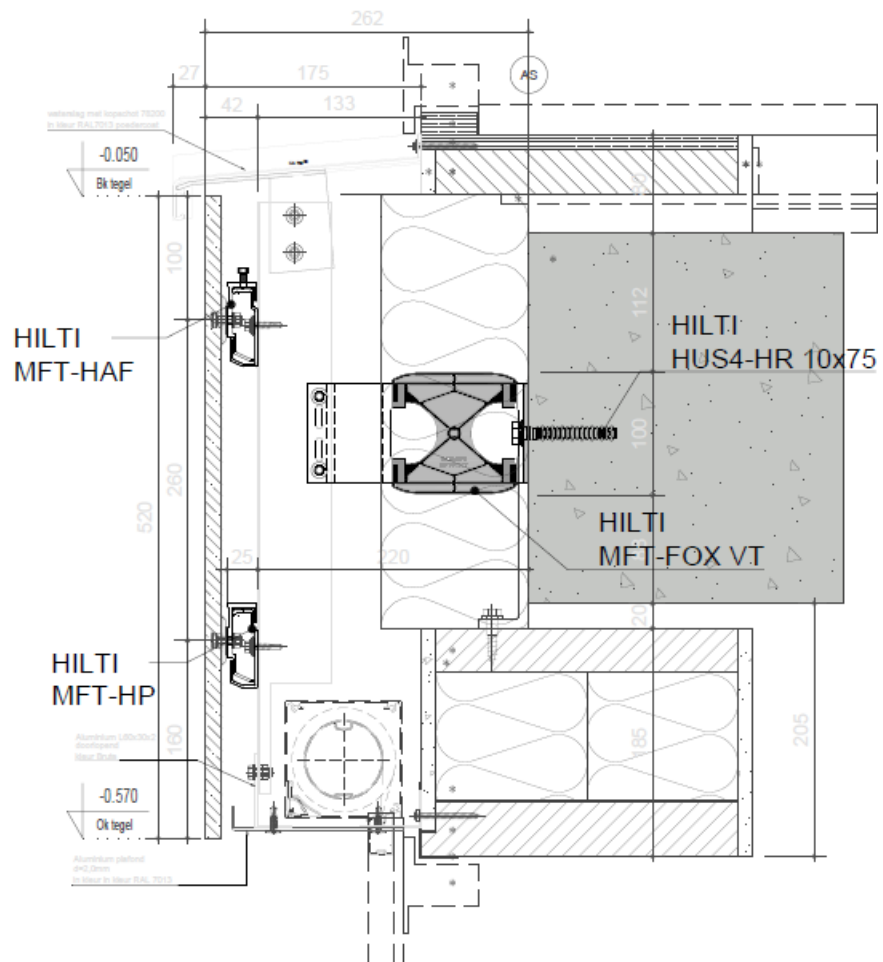
Of onderdelen van de geventileerde gevel geschikt zijn voor gebruik in een tweede cyclus moet nog worden onderzocht. Het CE-gecertificeerd betonschroefanker kan nu al worden getoetst op geschiktheid op basis van nu aanwezige kennis. Een gecertificeerd toetsingskader voor bevestigingsmaterialen bestaat echter nog niet.

Bron

Hilti Nederland/Eurofox



Figuur 24 – Gevelpaneel (I)



Figuur 25 – Gevelpaneel (2)



Figuur 26 – Gevelpaneel (3)



Figuur 27 – Gevelpaneel (4)

4.1.12 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

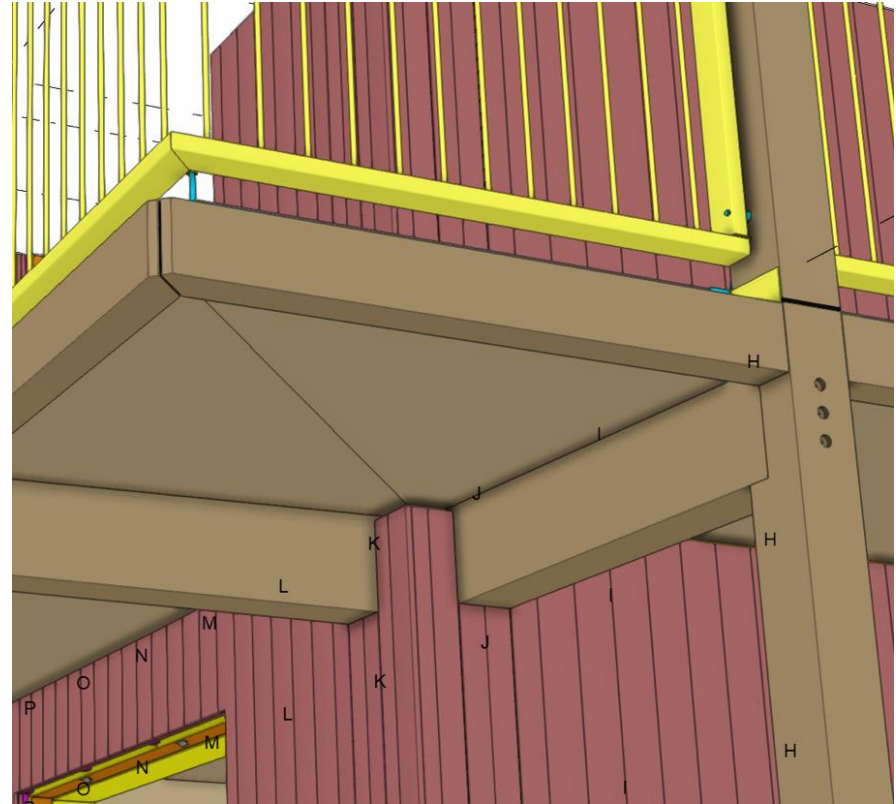
Gevelelementen tussen de consoles plaatsen is bij montage niet ideaal.

Bron

Houten Hotel Almere



Figuur 28 – Aansluiting consoles (1)



Figuur 29 – Aansluiting consoles (2)

4.2 GWW

4.2.1 Modulaire geluidsschermen

Detailcode

GWW.01

Laag van Brand

N.v.t.

Omschrijving

Rijkswaterstaat heeft verschillende problemen gesignaleerd met huidige geluidswerende oplossingen. Bij ieder project wordt een andere technische oplossing toegepast, met als bezwaar dat uitbreidingen duur zijn. Bovendien geven verschillende schermen een versnipperd en rommelig wegbeeld. Modulaire geluidsschermen kunnen hierin verbetering brengen, zonder dat alle schermen er precies hetzelfde uit hoeven te zien. Dit wordt gerealiseerd door verschillende panelen met dezelfde afmetingen aan te bieden. Tevens hebben de verbindingen dezelfde afmetingen.

Niveau losmaakbaarheid

Element/bouwproduct

Reden losmaakbaarheid

- Vervanging tijdens levensduur van het geluidsscherm mogelijk maken.
- Vervanging na einde eerste technische levensduur van het element mogelijk maken.
- Flexibiliteit en adaptief vermogen bevorderen.

Type verbinding

Bout/moer

Keuzes losmaakbaarheid

De bevestiging van de staanders aan de betonnen voet, de bevestigingen in de staanders en de bevestiging van de elementen aan de staanders zijn met boutverbindingen gedetailleerd. Hierdoor is het mogelijk om relatief eenvoudig ook bijvoorbeeld zonnepanelen aan de constructie te bevestigen. Een voorwaarde is wel dat aan de normen wordt voldaan voor constructieve veiligheid en geluid.

Losmaakbaarheid binnen het geluidsscherm is mogelijk op het niveau van producten (panelen), elementen of op het niveau van een geheel geluidsscherm. Panelen kunnen vervangen, is belangrijk omdat je dan bij reparatie bijvoorbeeld slechts één paneel kan vervangen. Dat levert besparing op en leidt tot een andere levensduur.

Lessons learned

Standaardisatie in afmetingen, vorm, onderdelen en aansluiting (bevestiging) is noodzakelijk. Denk aan: staanders, panelen, vluchtdeuren, coulissen, bevestigingsmiddelen én configuratiespelregels.

Het modulaire geluidsscherm is niet specifiek ontwikkeld voor hergebruik in de toekomst, maar is, door de wijze van detaillering, in de toekomst vrij eenvoudig te demonteren.

Mogelijke conflicten

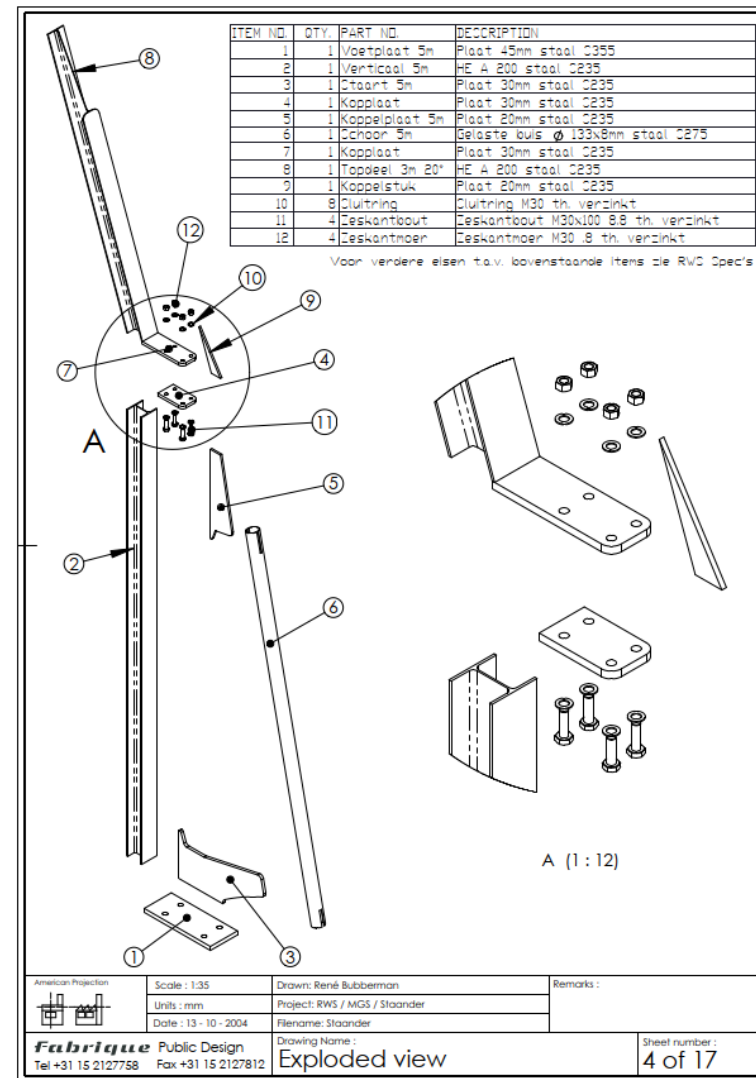
Zolang de geluidsreducties behaald worden, zijn er in de basis geen conflicten. Het grote aantal onderdelen vormt nog wel een uitdaging. Wellicht kan het ontwerp in de toekomst nog simpeler en efficiënter worden.

Bron

Modulaire Geluidsschermen – Handleiding configuratie en implementatie, VWS



Figuur 30 – Standaard bevestiging geluidsscherm



Figuur 31 – Losmaakbare bevestiging geluidsscherm



Figuur 32 – Totaalbeeld modulair geluidsscherm

4.2.2 Enkelvoudige stalen voegovergang

Detailcode

GWW.02

Laag van Brand

N.v.t.

Omschrijving

Enkelvoudige stalen voegovergang, renovatiemodel onverankerd.
Voorbeeld met tweelaags zoab-deklaag.

Niveau losmaakbaarheid

Element/bouwproduct

Reden losmaakbaarheid

Vervanging en renovatie tijdens levensduur mogelijk maken.

Type verbinding

Bout/inklem

Keuzes losmaakbaarheid

Omdat de levensduur van de voeg en het voegrubber verschillen, wordt geadviseerd beide losmaakbaar te maken.

Lessons learned

Standaardisatie in afmetingen is belangrijk.

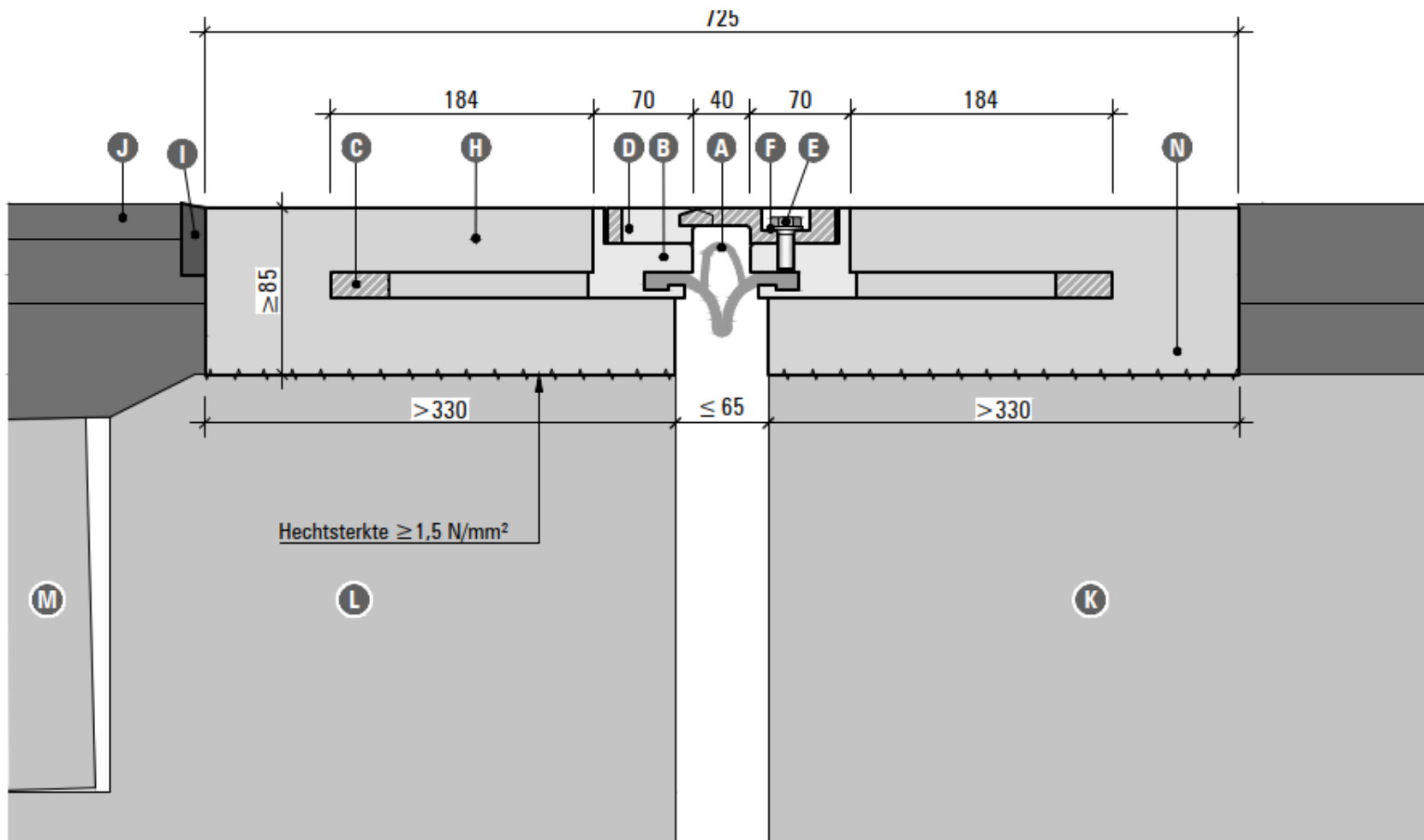
Deze voegconstructie is niet in alle gevallen toepasbaar, bijvoorbeeld niet in Rijkswegen. Gebruik om toepasbaarheid te analyseren bijvoorbeeld de afwegingsmodellen uit het *Handboek voegovergangen* (PVO, 2023).

Mogelijke conflicten

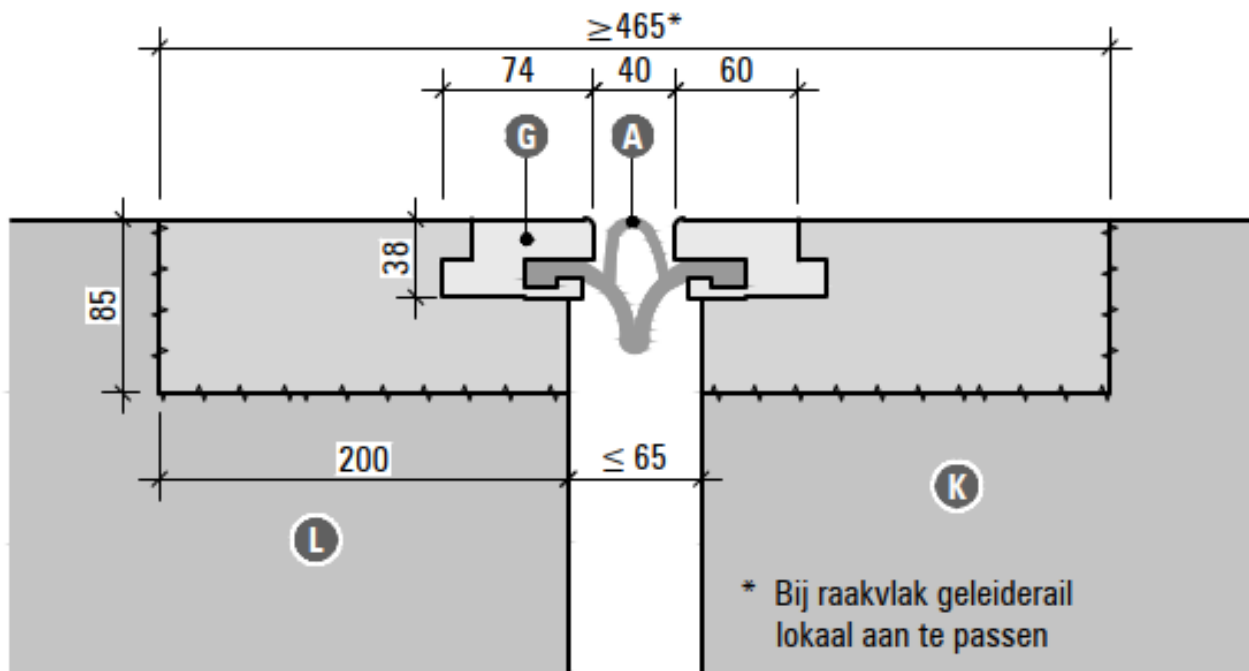
Een voegverbinding behoort waterdicht en geluidsarm te zijn en moet bewegingen kunnen opnemen. Een losmaakbare verbinding kan leiden tot een niet-waterdichte verbinding, die geluidsoverlast oplevert omdat die gaat 'kleppen'.

Bron

SMITS Neuchatel Infrastructuur



Figuur 33 – Voegovergang onverankerd (I)



Verklaring:

- Ⓐ Voegrubber
- Ⓑ Klauwprofiel rijbaan
- Ⓒ Ankerplaat
- Ⓓ Sinusplaat
- Ⓔ Bout M12 kwaliteit 10.9 HV
- Ⓕ Ring M12 HV
- Ⓖ Klauwprofiel
- Ⓗ Polymeerbeton
- Ⓘ Bituminieuze voegvulling (optioneel)
- Ⓝ Asfaltconstructie
- Ⓚ Betonconstructie brugdek
- Ⓛ Landhoofd frontwand
- Ⓜ Stootplaat
- Ⓝ Uitvullaag staalvezelbeton / reparatiebeton (optioneel)

Figuur 34 – Voegovergang onverankerd (2)

4.2.3 Viaduct

Detailcode

GWW.03

Laag van Brand

N.v.t.

Omschrijving

Prototype circulair (modulair) viaduct Kampen.

Dit voorbeeld is opgenomen vanwege het proces en de lessons learned. Het is bedoeld ter inspiratie en niet als voorbeeld voor alle nieuwe circulaire viaducten.

Niveau losmaakbaarheid

Bouwproduct (baselement 2,5 m x 1,5 m x 1 m)

Reden losmaakbaarheid

- Hergebruik mogelijk maken.
- Flexibiliteit en adaptief vermogen bevorderen.

Type verbinding

Voorspanning, zonder aanhechting

Keuzes losmaakbaarheid

Het circulaire brugdek heeft de volgende eigenschappen (zie ook *Circulaire viaducten 2023*):

- modulair ontwerp ('legoblok'-variant);
- elementen van 2,5 m lang en 1,25 m breed;
- overspanning is variabel (15 m tot 25 m);
- verbinding door voorspanning (zonder aanhechting);
- aansluiting blokken met 'mannetje-vrouwtje'-verbinding;
- koude verbinding (geen hechting tussen de blokken).

De elementen van het viaduct zijn op een andere locatie en in een andere samenstelling volledig en ongeschonden herbruikbaar.

Lessons learned

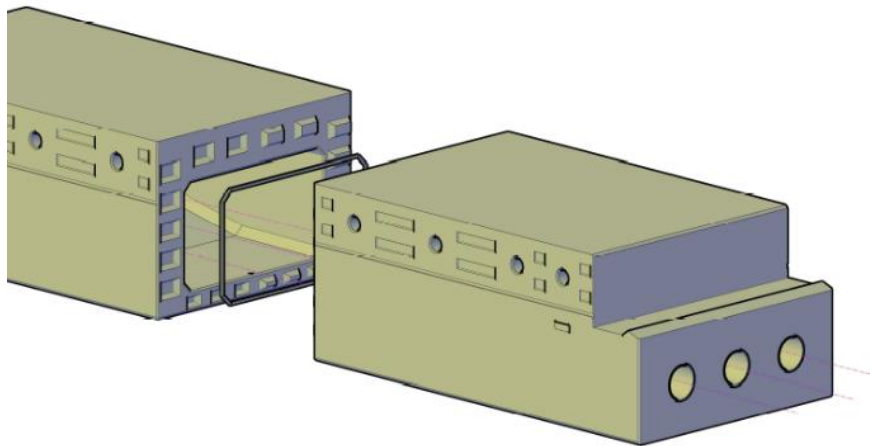
- Intensieve samenwerking met meerdere betrokken partijen zorgt voor creatieve oplossingen en snelle beslissingen.
- Onderschat niet hoe complex het is om (in meer of minder mate) bestaande technieken samen te voegen in een innovatietraject. De uitwerking van schetsontwerp naar daadwerkelijk UO was een (tijds)intensief traject.
- Circulair denken zit in veel facetten. Ook in 'kleine dingen' komt dit terug. Standaardoplossingen volstaan dan vaak niet. Dit vraagt creativiteit van de betrokken ontwerpers.
- Het assembleren van elementen tot liggers is bijzonder, maar de montage van het brugdek op locatie is in grote lijnen vergelijkbaar met de montage van reguliere liggers.
- Een aandachtspunt is het vullen van de voegen. Dit is tijdsintensief en bij montage bleken er lokaal luchtinsluitingen aanwezig aan de bovenzijde van de voeg. Dit vraagt om nader onderzoek.
- Modulaire, circulaire concepten vragen om beheerplannen, zowel voor de gemonteerde toestand (hier: als geheel viaduct) als voor de gedemonteerde toestand (hier: als losse elementen).

Mogelijke conflicten

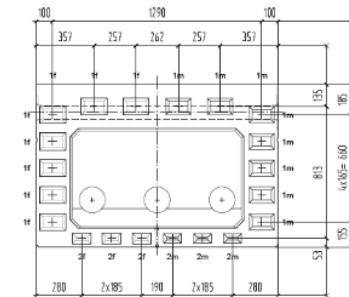
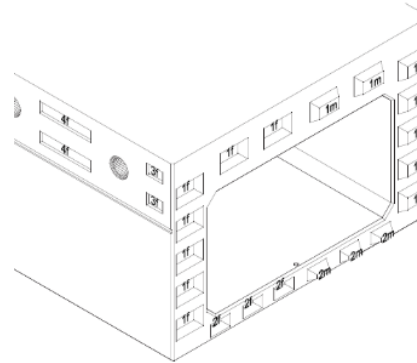
De constructieve veiligheid moet worden gegarandeerd bij de verwijdering van een of meer prefabliggers.

Bron

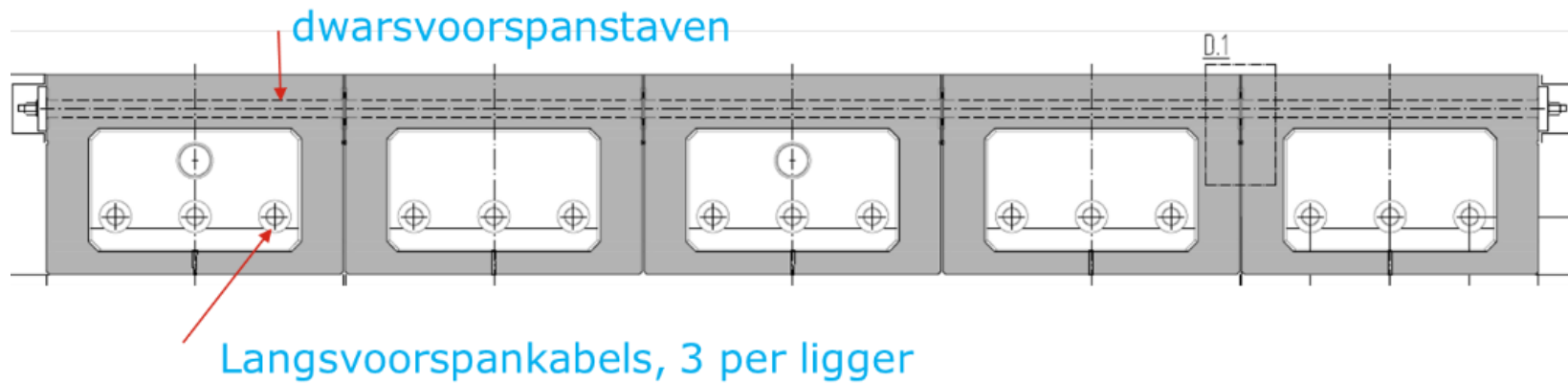
Circulair (en modulair) viaduct Kampen - Rijkswaterstaat



Figuur 35 – Viaduct Kampen (1)



Figuur 36 – Viaduct Kampen (2)



Figuur 37 – Viaduct Kampen (3)



Figuur 38 – Viaduct Kampen (4)



Figuur 39 – Viaduct Kampen (5)

5 Aanbevelingen

5.1 Inleiding

Het stappenplan uit hoofdstuk 3 is bedoeld om een passend losmaakbaar detail te kiezen of te ontwerpen. Hoofdstuk 4 biedt inspiratie met veel voorbeeldetails. Dit hoofdstuk geeft aanbevelingen voor verschillende partijen om de praktijk van losmaakbare details verder te ontwikkelen

5.2 Projectteam: betrek alle partijen bij losmaakbaarheid

Het stappenplan uit hoofdstuk 3 is bedoeld voor de partij die een losmaakbaar detail kiest of ontwerpt. Om de ambities van een project te realiseren is het echter ook belangrijk om andere partijen in het project vanaf het begin mee te nemen in de ambities, zodat alle partijen dezelfde doelstellingen hebben. Daardoor wordt de kans dat losmaakbare onderdelen maximaal worden benut groter.

Als partijen verschillende doelstellingen meekrijgen (qua tijd, geld, hinder of duurzaamheid), verschilt hun focus. Zo komt het voor dat de ene partij een gelddoelstelling meekrijgt en de andere partij een hinderdoelstelling. Dat kan tot conflicterende oplossingen leiden. Ook als partijen op het eerste gezicht geen invloed op de doelstellingen hebben, is het goed om ze dezelfde doelstelling mee te geven.

Bij het meegeven van de doelstelling is het goed om losmaakbaarheid als middel te presenteren om doelen te bereiken (repareren, hergebruiken, vervangen of aanpassen, zie 2.2). Ook is het goed om duidelijk te communiceren op welk niveau (bouwproduct of element, zie 2.4) de losmaakbaarheid wenselijk is.

Bijlage C bevat nog meer generieke lessen uit projecten om de losmaakbaarheid in de praktijk te benutten.

5.3 ISSO/CROW: ontwikkel losmaakbare details verder

De voorbeeldetails uit hoofdstuk 4 schetsen een eerste beeld van hoe losmaakbare details er in de praktijk uit kunnen zien. Bij veel van deze details is er nog ruimte voor verbetering omdat losmaakbaar detailleren een relatief nieuwe manier van werken is. Het actieteam van Platform CB'23 ziet een rol van ISSO (B&U) en CROW (GWW) voor het doorontwikkelen van losmaakbare details.

Om losmaakbare details verder te brengen, moet de bouwsector ook blijven experimenteren. Tot op heden komt losmaakbaarheid in GWW bijvoorbeeld niet van de grond omdat er veel meer materiaal nodig is om een losmaakbaar bouwwerk te realiseren (de verbindingen zijn veel zwaarder). Een voorbeeld is het prototype van het circulair (modulair) viaduct Kampen (zie 4.2.3). Dit viaduct heeft drie levenscycli nodig voordat de milieu-impact minder is dan een regulier object (dit is doorgerekend door NIBE). Toch zijn dit soort projecten nodig om stappen te nemen op het gebied van losmaakbare details, losmaakbaarheid en circulariteit.

5.4 NEN: standaardiseer losmaakbare details

Standaardisatie van losmaakbare details en bouwproducten/elementen (specifiek de aansluitingen) wordt als belangrijke voorwaarde gezien voor een meer circulaire bouw. Projectsamenwerkende details zijn niet opschaalbaar en projectsamenwerkende bouwproducten en elementen zijn minder vanzelfsprekend herbruikbaar.

Op dit moment zijn er nog geen gestandaardiseerde losmaakbare details. Het actieteam ziet een rol voor NEN om deze te standaardiseren en afspraken vast te leggen, bijvoorbeeld in normdocumenten zoals NTA 8085 en NTA 8086.

Ook publieke opdrachtgevers hebben een rol bij het standaardiseren. Gemeenten hebben bijvoorbeeld handboeken met specifieke regels voor de openbare ruimte. Soms gaan deze regels tot op elementniveau, bijvoorbeeld regels over het toepassen van armaturen. Het voordeel daarvan is dat in een hele gemeente gelijke armaturen worden gebruikt. Het nadeel is dat iedere gemeente aan ander handboek heeft. Dat komt standaardisatie niet ten goede.

5.5 Opleiders en professionals: ontwikkel lesmateriaal over losmaakbaar detailleren

Het is belangrijk om young professionals tijdens hun opleiding kennis te laten maken met losmaakbaarheid en losmaakbaar detailleren. Zij werken vanaf de start van hun werkzame leven aan de verduurzamingsopgave waar we als maatschappij voor staan. Bij opleidingsinstituten (mbo en (post-)hbo) zijn inmiddels enkele colleges over losmaakbaarheid gehouden.

Bij het ontwikkelen van meer lesmateriaal over losmaakbaar detailleren en losmaakbaarheid kunnen zowel opleidingen als professionals een rol hebben. Omdat de ontwikkelingen snel gaan, is het voor opleidingen lastig om de laatste stand van zaken bij te houden. Het is daarom waardevol als professionals goede voorbeelden delen met onderwijsinstellingen.

Bijlage A

Voorbeeldprojecten

Hieronder volgt een lijst van voorbeeldprojecten in de B&U- en de GWW-sector. Ook worden er voorbeelden gegeven van projecten met circulaire viaducten van Rijkswaterstaat.

B&U:

- Circulair bouwsysteem Hubbel
- Demontabele parkeergarage ASML
- Remontabele lampion Amsterdam-Zuid
- Tijdelijke rechtbank Amsterdam

GWW:

- Circulair bruggensysteem ipv Delft
- Circulair beton viaduct
- Cirkelbrug Almere
- Cruquiusbrug
- Herbruikbare brug Kampen
- Hout-betonbrug met demontabel fietspad Zwolle
- Kennisomgeving circulaire viaducten Rijkswaterstaat
- Modulaire fietsbruggen Pontiflex
- Projecten Janson Bridging
- Stadslaanbrug Hattem
- Volmolenbrug





(SBIR) Circulaire viaducten Rijkswaterstaat

- Haalbaarheidsonderzoeken
- Kennisomgeving
- Open leeromgeving

Bijlage B

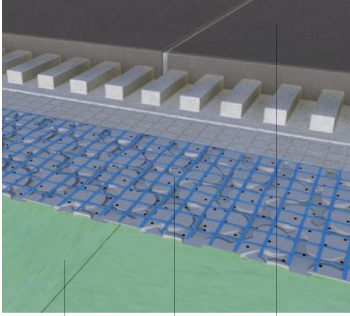

Overzicht losmaakbare systemen (niet uitputtend)

Naast losmaakbare details (aansluitingen) zijn er uiteraard verschillende losmaakbare systemen. Voorbeelden (niet uitputtend) zijn:

	Onderdeel	Bedrijf/ leverancier	Website
Draagstructuur			
	Draag-constructie	Skellet	skellet.com
Gevels/gevelsystemen			
	Vliesgevels	Ciskin	circularfacadecompany.com
	Gevelstenen	Clickbrick	wienerberger.nl/ product/gevel/systemen/ clickbrick.html
		Facadeclick	facadeclick.be

	Steenstrips	Fassat	fassat.nl
		Aberson	aberson.nl/producten/gevelsystemen/a-brick/
Demontabele binnenwandsystemen			
	Binnenwand	Ritswand	ritswand.nl
		Clickwall	unilintechnologies.com/en/technologies/wall-ceiling/clicwall
		Quickpanell	quickpanell.com/index.html

Dekvloeren/vloerafwerkingen

 <p>Ondergrond (hier: linoleum)</p> <p>IndarTec® FLEXBONE-ZE zwevende ontkoppingsmat met rasterweefselwapening</p> <p>Vloeren van keramiek/ natuursteen</p>	<p>Losliggende tegelvloer (op onderlaag)</p>	<p>Indor Tec Flexbone</p>	<p>gutjahr.com</p>
	<p>Droge dekvloeren</p>	<p>Fermacell</p>	<p>fermacell.nl</p>

Bijlage C

Ervaringen uit projecten

Inmiddels zijn er meerdere projecten waarbij losmaakbaarheid in één of meer vormen is toegepast. Ervaringen uit deze projecten hebben als basis gediend voor deze leidraad. Deze bijlage deelt deze ervaringen.

Algemeen

- De focus voor wat betreft losmaakbaarheid in de huidige ontwerppraktijk ligt vaak op de meetbaarheid en niet op hoe daadwerkelijk losmaakbaar moet worden gedetailleerd. In de praktijk worden vaak alsnog details aan elkaar gepurd, gekit en geplakt.
- Zonder technische kennis van de functie en de werking van details kunnen deze details eigenlijk niet worden beoordeeld op losmaakbaarheid. Dat komt omdat de daadwerkelijke verbindingmaterialen nooit getekend worden. Schroeven, lijmen, kitten, purren, bouten en moeren, enz. worden slechts 'bedacht', maar niet getekend. Voor losmaakbaarheid blijkt dus andere informatie nodig die traditioneel niet wordt getekend.
- Een detail wordt vaak losmaakbaar bedacht, maar de directe oplossing wordt niet voorgeschreven, maar vrijgelaten, waardoor losmaakbaarheid niet meer geborgd is.
- Losmaakbare objecten worden vaak anders geogst dan bedacht. Het is toch vaak de sloper die het meest vooruitstrevend is met betrekking tot oogstechnieken en bepaalt hoe gedemonteerd wordt.
- Herbruikbaarheid van vrijkomende elementen is vaak lastig omdat deze vaak niet meer voldoen aan de huidige standaard.

Ervaringen uit bestaande bouw (bij circulaire sloop)

Oude gebouwen en elementen zijn nooit bedoeld geweest om te demonteren: alles is aan elkaar gestort, gekit, geplakt, enz. Daardoor kost het veel moeite en energie om elementen/materialen te oogsten. Dat leidt vaak tot schade, wat weer een negatief effect heeft op de herbruikbaarheid, ook omdat weinig bekend is over de materialen en elementen (we weten niet wat erin zit). Voor nieuwe losmaakbare details betekent dit dat nagedacht moet zijn over:

- het type verbinding en de bereikbaarheid en vervangbaarheid van dit type verbinding (dit zit in de methodiek). Verbindingen worden vaak niet getekend, maar zijn wel essentieel voor de losmaakbaarheid;
- het vastleggen van informatie over de materialen, bouwproducten en elementen, zodat later bekend is wat er mee kan en moet gebeuren (bijvoorbeeld in een materialenpaspoort);
- standaardisering: als losmaakbaarheid hergebruik in de toekomst tot doel heeft, dan zullen bouwproducten, elementen en aansluitingen moeten worden gestandaardiseerd. Zeker elementen die minder aan trends onderhevig zijn. Ervaringen uit de bestaande bouw leren dat hergebruik nu altijd maatwerk is. Opschalen is daardoor lastig, zeker als het gaat om 'trendgevoelige' onderdelen;

figuur 40 geeft een overzicht van zaken waardoor circulair bouwen wordt bevorderd (losmaakbare en droge verbindingen, onbehandelde materialen, enz.) en waardoor circulair bouwen wordt bemoeilijkt (natte verbindingen, niet-homogene stromen, enz.).

Hergebruik en recycling

Welke materialen en verbindingen bemoeilijken dan wel bevorderen hergebruik en recycling aan het eind van de levensduur van een gebouw?

Circulair bouwen wordt bevorderd door

- Demontabele, droge verbindingen
- Herbruikbare geprefabriceerde gebouwelementen of modules
- Gestandaardiseerde en industriële maatvoering
- Mechanische bevestigingen
- Homogene, onbehandelde materialen
- Materialen zonder weekmakers en brandvertragers (schadelijke stoffen ZZS)
- Biobased materialen
- Onverlijmde constructies en producten
- Materialen zonder afwerklaag
- Eenvoudige constructies

Circulair bouwen wordt bemoeilijkt door

- Niet-demontabele verbindingen
- Verlijmde sandwichconstructies
- Verkleefde isolatiematerialen
- Verkleefde en teerhoudende bitumen
- Gespoten PUR, kit
- Glas- en steenwol
- Polystyreen, PVC
- Laminaatvloeren
- Gelamineerde, kunststof gevelbeplating
- Gipsblokken, -platen en cellenbeton (i.v.m. vervuiling betongranulaat)

Integrale optimalisatie: milieu + energie

Sommige maatregelen die de energieprestatie van een woning verhogen, verlagen de milieuprestatie. Denk aan isolatiemateriaal, drievoudig glas en zonnepanelen. Hiervoor worden schaarse grondstoffen gebruikt die in het afvalstadium soms lastig te recycleren zijn. Het is de kunst om integraal te optimaliseren: maak een goed ontwerp, met aandacht voor energie. Daarna blijft er op dak voldoende ruimte over voor zonnepanelen zodat die het huishoudelijk elektriciteitsgebruik compenseren.

(bron: BRBS Recycling, bewerking: Lente-akkoord)

Figuur 40 – Overzicht uitdagingen circulair bouwen en hergebruik, vanuit het oogpunt van de Branchevereniging Recycling Breken en Sorteren (BRBS)

Losmaakbaarheid voor een provinciaal bruggenproject

In dit project bestond de wens om, in verband met losmaakbaarheid, twee bruggen identiek uit te voeren, wat de vervangbaarheid vergroot. Dit resulteerde in een brug die langer is dan strikt noodzakelijk, wat extra materiaal (meer milieu-impact) en kosten met zich meebrengt. De discussie is of losmaakbaarheid opweegt tegen extra materiaalgebruik en extra kosten.

Integraal viaducten

Vaak worden bruggen als integraal viaducten uitgevoerd (dek en landhoofden worden aan elkaar vast gestort). Dit reduceert de constructiedikte van het dek en het onderhoud. Het viaduct heeft geen voegen en oplegblokken die moeten worden vervangen. Echter, zowel het dek als de landhoofden en de fundering zijn niet losmaakbaar.

Tijdelijke rechtbank Amsterdam

De tijdelijke rechtbank is ontworpen met het idee om deze na vijf jaar (2022) te kunnen demonteren en te verplaatsen. Hiervoor zijn veel verbindingen losmaakbaar ontworpen en uitgevoerd. Ervaringen zijn:

- constructief (inclusief knooppunten) is het project goed uitgedacht. Er is echter niet altijd gemaakt wat er is bedacht en afgesproken;
- bevestigingsmiddelen (waaronder noodbevestigingen) waren niet altijd vastgelegd waardoor demontage lastig was;
- demonteren is 'omgekeerd bouwen', dus met aandacht voor veiligheid, inclusief stabiliteit, tijdens de demontage, in omgekeerde volgorde. Hier is niet altijd rekening mee gehouden.

Bijlage D

Sectorspecifieke aandachtspunten

Losmaakbaarheid, vervanging, onderhoud, hergebruik en adaptief vermogen spelen zowel in de B&U- als in de GWW-sector een rol. In de B&U- en de GWW-sector gelden op sommige punten wel andere eisen en ziet het proces rond losmaakbaarheid er anders uit. Tabel D.I geeft de belangrijkste verschillen weer.

Tabel D.I – Verschillen losmaakbaarheid B&U en GWW ¹

B&U	GWW	Invloed op losmaakbaarheid
Orthogonaal ontwerp (stramien-georiënteerd).	Vrije vormen in het ontwerp (lijn-georiënteerd).	In de GWW leidt de ontwerpvorm tot complexere verbindingen, waardoor de inpassing van gestandaardiseerde modules in de GWW vaak moeilijker te verwezenlijken is.
Het bouwwerk creëert verschil tussen binnen en buiten. Er is een verschil qua klimaat/warmte, wind- en waterdichtheid.	Het bouwwerk staat buiten en wordt blootgesteld aan externe invloeden, zoals strooizout bij wegen en (zoet of zout) water bij bruggen en sluizen. Dit veroorzaakt degradatie van het detail.	Degradatie door externe invloeden kan in de GWW de losmaakbaarheid beïnvloeden. Denk aan (in principe goed losmaakbare) bouten die vastroesten. Binnen de B&U vormt bijvoorbeeld een gevel de scheiding tussen binnen en buiten waardoor naast losmaakbaarheid ook lucht- en waterdichtheid van belang zijn. Deze eisen willen nog wel eens conflicteren met losmaakbaarheid.
Het bouwwerk kan in isolatie beschouwd worden. Tijdens de uitvoering is er een afgeschermd locatie (bouwterrein afgeschermd met bouwhekken).	Het bouwwerk is vaak onderdeel van een groter systeem, zoals een wegennetwerk. Dit maakt de uitwisselbaarheid van bouwwerken (zoals bruggen) in het systeem belangrijk. Ook is bij beheer, renovatie en vervanging de tijdsfactor van belang omdat het hele systeem in dat geval niet bruikbaar is, wat hinder veroorzaakt. Denk	In de GWW is de benodigde tijd voor losmaken van belang om hinder te voorkomen.

¹ Delen van dit overzicht komen uit Alba concepts 2022.

	bijvoorbeeld aan een brug die is afgesloten.	
Invloedfactoren zijn brandveiligheid, bouwfysische aspecten (geluid, warmte, dampdoorslag), waterdichtheid en een levensduur van zo'n 50 jaar.	Invloedsfactoren zijn vermoeiing, uitvoeringssituaties, een levensduur van 100 jaar en andere belastingcomponenten.	De factoren verschillen per sector en beïnvloeden de losmaakbaarheid.
Het verschil tussen technische en functionele levensduur is vooral gerelateerd aan de functies van producten. Producten uit de lagen 'space plan' en 'services' (lagen van Brand) gaan vaak functioneel korter mee dan uit de lagen 'skin' en 'structure' (zie figuur 4).	Het verschil tussen technische en functionele levensduur speelt een grote rol. Kunstwerken kunnen vaak technisch lang mee, maar de functionele eisen eraan veranderen.	Losmaakbaarheid in de GWW is belangrijk om (deel)objecten, die niet meer aan de technische eisen voldoen, te vervangen of aan te passen.
Er zijn primair statische belastingen, met uitzondering van wind, eigen frequentie en aardbevingen.	Er zijn primair dynamische belastingen, zoals aslasten.	Dynamische belastingen hebben invloed op vermoeiing. Dit kan in de GWW ook invloed hebben op de keuzes qua losmaakbaarheid.
Robuustheid is afhankelijk van prijs en de cultuur van de (meestal private) opdrachtgever. Veiligheid is verankerd in regelgeving.	Veiligheid en robuustheid spelen in een GWW-project een grote rol. Dit komt doordat de opdrachtgever vaak een overheidsinstantie is en een andere maatschappelijke verantwoordelijkheid heeft dan een private opdrachtgever.	Door het verschil in definitie van robuustheid kan de losmaakbaarheid van de verbinding een andere rol hebben/krijgen.
Uitvoeringssituaties worden niet altijd beoordeeld. Het kan wel regelmatig een rol spelen wegens omgevingsinvloeden (locatie gebonden/ binnenstedelijk).	Diverse uitvoeringssituaties worden beoordeeld, denk aan: vijzelen, inschuiven, enz. Dit komt door omgevingsfactoren en randzaken.	Mogelijk hebben scenario's over uitvoeringssituaties invloed op de losmaakbaarheid. Deze scenario's kunnen verschillen tussen de B&U en de GWW.
De opdrachtgever is vaak een private partij. Deze partijen zijn naast bouwregelgeving gebonden aan regels voor aanbestedingen. De visie van private partijen verschilt.	De opdrachtgever is in de meeste gevallen een overheidsinstantie. Deze partijen hebben te maken met wet- en regelgeving i.c.m. het belang bij circulariteit (moeten het juiste voorbeeld geven).	Een overheidsinstantie heeft een maatschappelijke voorbeeldfunctie en heeft te maken met regelgeving, waardoor er meestal binnen projecten meer op losmaakbaarheid wordt gestuurd. In de B&U-sector is dit vaak afhankelijk van de visie van de opdrachtgever.

<p>Het projectteam bestaat meestal uit meer verschillende disciplines dan in de GWW (installatieadviseur, architect, enz.)</p>	<p>Het projectteam bestaat uit een ontwerpteam (ingenieursbureau, geotechnisch adviseur, opdrachtgever, enz.) en een uitvoeringsteam (aannemer, opdrachtgever, enz.).</p>	<p>Doordat in de B&U een project meestal door meerdere partijen wordt uitgewerkt, is het belangrijk de losmaakbaarheid goed te borgen i.v.m. de complexiteit.</p>
<p>De lagen van Brand zijn een-op-een toepasbaar.</p>	<p>De lagen van Brand kunnen worden toegepast op een GWW-project, zoals een brug. De elementen wijken echter af van een B&U-project (asfalt (deklaag) 11-15 jaar, voegen 25 jaar, installaties 15 jaar, staal 50 jaar, beton 100 jaar, enz.).</p>	<p>Binnen de GWW moet per project worden bepaald a.d.h.v. het type kunstwerk welke onderdelen van het object een verschillende levensduur hebben. Objecten met een verschillende levensduur moeten zoveel mogelijk 'gescheiden' worden.</p>
<p>De belangen, visie en het beleid van opdrachtgevers zijn verschillend.</p>	<p>Er wordt gebruikgemaakt van Duurzaam Aanbesteden, MKI-scores, UAV-GC-contracten, enz. (vaak is duurzaamheid al geïntegreerd). Losmaakbaarheid wordt tot op heden zelden contractueel uitgevraagd in GWW.</p>	<p>In de GWW-sector wordt door de eisen in de aanbesteding de losmaakbaarheid al in de VO-fase meegenomen. Binnen de B&U wordt er soms wel en soms niet gestuurd op losmaakbaarheid. De mate van losmaakbaarheid verschilt daardoor erg per project.</p>

Literatuur

Circulaire viaducten (2023). *Haalbaarheidsonderzoeken*. Utrecht: Rijkswaterstaat. Geraadpleegd 18-5-2023 via circulaireviaducten.nl/sbir-9-stappen/7-haalbaarheidsonderzoeken/.

CROW (2022). *CROW-CUR Rapport 213:2022. Handboek Hout in de grond-, weg- en waterbouw*. Ede: CROW.

DGBC (2021). *Circular Buildings. Meetmethodiek voor losmaakbaarheid. Versie 2.0*. Den Haag: DGBC. Geraadpleegd 1-3-2023 via dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41.

NTA 8085, *IFD-bouw vaste bruggen en viaducten*

NTA 8086, *IFD-bouw beweegbare bruggen*

ISSO (2021). *ISSO-rapport 11025. Circulariteit in referentiedetails. ISSO-Referentiedetails als tool voor inzicht in demontagemogelijkheden voor toekomstig hergebruik*. Rotterdam: ISSO. Geraadpleegd 1-3-2023 via open.isso.nl/publicatie/isso-rapport-110250-circulariteit-in-referentiedetails/2021?query=circulariteit.

Platform CB'23 (2019). *Framework Circulair Bouwen. Raamwerk voor eenduidig taalgebruik en heldere kaders*. Delft: Platform CB'23

Platform CB'23 (2020). *Lexicon Circulaire Bouw. Versie 1.0 – Herzien*. Delft: Platform CB'23

Platform CB'23 (2021). *Circulair ontwerpen. Werkafspraken voor een circulaire bouw*. Delft: Platform CB'23

Platform CB'23 (2022). *Toekomstig hergebruik faciliteren. Inzicht in belemmeringen en aanbevelingen voor een betere verankering in bouwregelgeving*. Delft: Platform CB'23

Platform CB'23 (2023). *Horizontale richtlijn productprestaties van bouwproducten in volgende cyclus*. Delft: Platform CB'23.

PVO (2023). *Handboek Voegovergangen*. Ede: CROW. Geraadpleegd 18-5-2023 via pveno.nl/handboek-voegovergangen.

Witteveen+Bos (2023). *Beoordelingsmethode Losmaakbaarheid in de GWW. Versie 1.0. Een tool voor ontwerpers, voor het meten van losmaakbaarheid*. Deventer: Witteveen+Bos.

Zanden, G. van der en G. Wesdorp (2009). *Slimline & Geluidsisolatie. Conclusies geluidsoverdracht bouwknop Slimline vloersysteem onderzoek TU/e – Laboratorium voor Akoestiek en TNO Delft. Meetgegevens trillingsoverdracht d.d. juni 2009 en in de praktijk te realiseren geluidsisolatie*. Rotterdam: Slimline Buildings B.V. Geraadpleegd 3-3-2023 via slimlinebuildings.com/PDF/nl/reports/soundinsolation.pdf.