

Ontwerpend op zoek naar een aanpasbaar bouwsysteem

door Jasper Caenepeel

Ontwerpend op zoek naar een aanpasbaar bouwsysteem

Jasper Caenepeel

Promotor: prof. ir.-arch. Dirk De Meester
Begeleider: Marc De Kooning

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van
Master of Science in de ingenieurswetenschappen: architectuur

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw
Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Academiejaar 2014-2015



“De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.”

“The author gives permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use. In the case of any other use, the copyright terms have to be respected, in particular with regard to the obligation to state expressly the source when quoting results from this master dissertation.”

Jasper Caenepeel,
Wevelgem, januari 2015

Voorwoord

Deze masterproef situeert zich binnen een ontwerpend onderzoek naar een bouwconcept gericht op een geïntegreerde aanpak van aanpasbaarheid en duurzaamheid aan de UGent. Promotor Dirk De Meester en begeleider Marc De Kooning engageren zich tot het begeleiden van een reeks masterproeven waarbij in een volgend jaar wordt voortgebouwd op de info en het onderzoeksmateriaal van het voorafgaande jaar.

Deze bundeling is een samenvatting van een onderzoek naar structuur en technieken als dragers voor aanpasbaar bouwen en heeft als doel een presentatie te zijn van het afgelegde ontwerpproces. Hierdoor krijgt de lezer een duidelijk beeld van de reeks aan onderzoeken en beslissingen die mee de ontwikkelingen hebben bepaald. Het ontwerp is een uitnodiging om mee na te denken over en oplossingen te zoeken voor duurzame bouwsystemen.

Ik heb de keuze gemaakt het materiaal van mijn masterproef op te splitsen in drie documenten. Het onderzoeksboek vormt een verslag van het verloop van mijn onderzoek. De referenties, de normen en de informatie die mee het verloop hebben bepaald, zijn gebundeld in het referentieboek zodat deze info parallel met het onderzoek kan worden doorgenomen. Het ontwikkelingsschema toont de lezer welke stappen doorheen het proces zijn gezet en verbindt de verschillende delen met elkaar.

Oprechte dank aan mijn promotor Dirk De Meester en aan mijn begeleider Marc De Kooning voor hun waardevolle adviezen, hun kritische ingesteldheid en hun stimulerend enthousiasme.

Dank aan Arthur De Roover (Ingenieur stabiliteit UGent), Jan Leye (BM Engineering) en Tijs Essel (Structo) voor hun technisch advies.

Ik wens Charlotte De Vreese een boeiend en waardevol vervolgonderzoek.

Warme dank ook aan mijn ouders, mijn vriendin en vrienden voor hun steun, hun raad en hun bemoedigende aanwezigheid tijdens deze uitdagende zoektocht.

Jasper Caenepeel

Wevelgem, januari 2015

English abstract

The focus of this master dissertation is the design of an intelligent building system that takes into account an unpredictable way of living. This focus can be placed within the broader investigation of adaptable building systems which aim to lower the impact on the environment. The main interest is to investigate a concrete structure in function of adaptability. The possibilities of the structure in terms of extendability, demountability and the integration of technical ducts will determine if a structure is adaptable.

Existing construction techniques and found references are critically investigated and linked to a short design exercise as an introduction to the theme. Three interesting exercises are included in this document as an introduction to the main focus of the investigation. The main part of this master dissertation shows every step taken to develop an L-shaped element as a component for an adaptable building system.

The research shows that concrete consoles and not a recess in the L-element results in expandable, demountable structures composed with a limited amount of different elements. A next step researches the influence of the structure on the integration of the technical ducts and pipes in a building. A flexible placement of ducts and cabling on the ceiling is realised in a system of alternate aligned frames with L-elements. An additional advantage is that a space for vertical ducts is formed in between frames. The question rises if the structure of the floor can contribute to the accessibility of piping. An answer to this question focuses on the integration of piping in the structural height of the floor. Covering the pipes and the design of the finished floor will determine the accessibility.

The results show that not every aspect of adaptability can be realised with an equivalent level of importance in the support structure. Follow-up research can for example aim on the impact of scenery such as walls, floortypes and cladding or can try to develop plans in the proposed structures.

Abstract

Aan de basis van deze masterproef ligt de uitdaging een intelligent bouwsysteem te ontwerpen voor een woonvorm die uitgaat van een onzekere toekomst. Zo kadert dit ontwerpend onderzoek binnen het ruimer onderzoek naar aanpasbare bouwsystemen waarbij er ook aandacht is voor het beperken van de impact op het milieu. In deze masterproef wordt vooral nagedacht en onderzoek uitgevoerd naar de vorm van een draagstructuur als basis voor aanpasbaar bouwen. De mogelijkheden van deze structuur op vlak van uitbreidbaarheid, demonteerbaarheid en integratie van technieken bepalen de mate waarin hij een bijdrage kan leveren tot aanpasbaarheid.

Tijdens het eerste, verkennend onderzoeksdeel worden bestaande bouwmethodes en gevonden referenties kritisch onderzocht door ze te koppelen aan een korte ontwerp oefening. In het tweede onderzoeksdeel komen alle opeenvolgende stappen aan bod die gezet worden bij het ontwikkelen van een L-element tot een basiselement voor een aanpasbaar bouwsysteem.

Het onderzoek rond mogelijke schakelingen heeft aangetoond dat niet een uitsparing in het L-element maar wel het werken met consoles resulteert in uitbreidbare, demontabele structuren samengesteld met een beperkt aantal verschillende elementen. Een volgende stap zoekt naar de mogelijkheden voor integratie van technieken. Door de L-elementen te gebruiken als onderdeel van een systeem met schrankende portieken wordt een vlotte bereikbaarheid van het plafondoppervlak voor technieken gerealiseerd. Een bijkomend voordeel is dat tussen de portieken ook ruimte ontstaat om verticale kokers te plaatsen. Daarop volgt de vraag of de structuur van de vloer ook ingezet kan worden om technieken bereikbaar te maken. Een aantal mogelijke oplossingen richten zich op technieken die in de structuurdikte van de vloer worden verwerkt. Afhankelijk van de manier waarop vloer en plafond uiteindelijk worden afgewerkt blijven de technieken in meerdere of mindere mate gemakkelijk bereikbaar/wijzigbaar.

Deze masterproef toont aan dat niet alle aspecten van aanpasbaarheid in even grote mate via een structuurvoorstel kunnen gerealiseerd worden. De opeenvolgende onderzoeksstappen en bevindingen onderweg hebben gezorgd voor een boeiende en zonder twijfel waardevolle zoektocht. Vervolgonderzoek kan zich richten op de impact van de gekozen afwerkingswijze op de structuur en op de mate waarin technieken bereikbaar blijven. Ook de vraag of het binnen de structuur mogelijk is interessante plannen te ontwikkelen kan daar aan bod komen.

Inhoudsopgave

Inleiding	13
1 Verkennend onderzoek	
1 Structuur en component	17
2 Additieve architectuur	24
3 Een grid als plangenerator	30
4 Nabeschouwing verkennend onderzoek	40
2 Ontwikkeling betonnen drager	
Inleiding	43
1 Eerste structuurtesten	44
2 Uitbreidbaarheid	54
3 Demontabel systeem	68
4 Integratie van technieken	82
5 Controle uitvoerbaarheid	108
Conclusie	135
Referenties	137

Inleiding

Inleiding

Aan de basis van deze masterproef ligt de uitdaging een intelligent bouwsysteem te ontwerpen voor een woonvorm die uitgaat van een onzekere toekomst. Zo kadert dit onderzoek binnen het ruimer onderzoek naar aanpasbare bouwsystemen waarbij er ook aandacht is voor het beperken van de impact op het milieu. Doordacht aanpasbaar bouwen draagt hiertoe bij in zijn pogingen te vermijden dat elementen met langere levensduur worden afgebroken enkel en alleen om elementen met een kortere levensduur te wijzigen. Met dit doel voor ogen is de wijze waarop technieken in een bouwsysteem geïntegreerd worden van cruciaal belang.

Het aanpassen en aanvullen van bestaande constructiemethodes en het zoeken naar nieuwe alternatieven maken deel uit van de zoektocht naar mogelijkheden om aanpasbaar te bouwen. In deze masterproef wordt vooral nagedacht en onderzoek uitgevoerd naar de vorm van een draagstructuur als basis voor aanpasbaar bouwen. De mogelijkheden van deze structuur op vlak van uitbreidbaarheid, demonteerbaarheid en integratie van technieken bepalen de mate waarin hij een bijdrage kan leveren tot aanpasbaarheid.

Tijdens het eerste, verkennend onderzoeksdeel worden bestaande bouwmethodes en gevonden referenties kritisch onderzocht door ze te koppelen aan een korte ontwerp oefening. Deze verkennende zoektocht rond het begrip ‘aanpasbaarheid’ heeft als doel vertrouwd te raken met de thematiek, de literatuur en de ontwerpuitdagingen van bestaande systemen. Uiteindelijk worden de drie oefeningen met de grootste relevantie voor het volgende onderzoeksdeel in deze masterproef opgenomen. Dit verkennend onderzoek eindigt met het voorstellen van een concreet element waarin we potentieel ontdekken en dat we verder willen onderzoeken.

In het tweede onderzoeksdeel komen alle opeenvolgende stappen aan bod die gezet worden bij het ontwikkelen van dit element tot een basiselement voor een aanpasbaar bouwsysteem. In de hoofdstukken 1 en 2 wordt onderzoek uitgevoerd naar horizontale- en verticale uitbreidbaarheid. Dit resulteert in een voorstel voor een demontabel bouwsysteem in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 onderzoekt de integratie van technieken binnen het systeem. Hoofdstuk 5 sluit af met het controleren van de structurele uitvoerbaarheid van het voorgestelde systeem.

Verkennd onderzoek

1

1 Structuur en component

1.1 Inleiding

Een eerste oefening sluit aan op het onderzoek naar herbruikbare structuren uitgevoerd door Thijs Urban in zijn masterproef¹. Het beoogde doel van deze masterscriptie aan de UGent is het ontwikkelen van een volledig aanpasbaar bouwsysteem dat, door zijn eenvoud en materiaalkeuze, overal ter wereld bouwbaar is. Een ontwerpvisie met grote sociale-, economische- en ecologische verantwoordelijkheidszin ligt aan de basis van deze doelstelling. Drie pistes voor structurele componenten die deel uitmaken van een bouwsysteem vormen de belangrijkste bouwstenen van deze masterproef. Deze pistes zijn het resultaat van een moeilijk verzoeningsproces tussen eenvoud, uitbreidbaarheid, toepassingsmogelijkheden en overdimensioneren van elementen.

Hij concludeert hierover zelf:

“Een van de belangrijkste lessen die uit deze masterproef naar voor komt, is ‘hou het eenvoudig’. Van bij de start hebben de zelf opgelegde randvoorwaarden om aanpasbaar te bouwen ervoor gezorgd dat er erg complexe constructies ontstonden. Niet 1 of 2 keer, maar tot 3 keer toe groeide de structuur uit tot een configuratie van samengestelde liggers en kolommen, waar het overzicht moeilijk in te bewaren is. In het laatste deel van de masteroef groeit daardoor het besef dat het pad naar de oplossing in eenvoud ligt.”²

1.2 Doelstelling

Het werk van Thijs Urban toont tegelijk zowel ambitie, mogelijkheden en inventiviteit als complexiteit in de structuurontwikkelingen. Bijgevolg is het een waardevolle oefening om na te denken over eenvoud binnen bouwsystemen en dat niet te doen vanop de zijlijn maar tijdens een eigen ontwikkeling. Het uitgangspunt van deze oefening is daarom het ontwikkelen van een kubusvormige drager vertrekkende van een houten plank. De keuze voor een kubus en een eenvoudige plank moeten complexiteit als gevolg van variërende afmetingen en ingewikkelde componenten vermijden.

1 Thijs Urban, Duurzaam ontwerpen: Toepassing van herbruikbare structuren, Masterproef UGent, Gent, 2013

2 In de conclusie van zijn masterproef (p. 134) benadrukt Thijs Urban het belang van eenvoud na een jaar ontwerp.

1.3 Uitwerking

Een eerste oefening gaat uit van de hypothese dat een plank voldoende is als bouwcomponent om een demontabele structuur te ontwikkelen. Dit betekent dat het demonteren van de structuur altijd opnieuw planken moet opleveren die nog inzetbaar zijn voor nieuwe toepassingen.

Het combineren van planken tot kolommen en het gebruik ervan als balken voor een vloerplaat toont verschillende toepassingsmogelijkheden. Tegelijkertijd illustreren deze tekeningen dat kolommen en balken met variërende dimensies in éénzelfde knooppunt zullen samenkomen. Om een vast systeem van componentafmetingen³ in de knooppunten te introduceren zijn de lengte-, breedte-, en hoogtemaat van de plank verhoudingen van elkaar. Zo is de hoogte gelijk aan vier keer de breedte van de plank en de lengte gelijk aan twaalf keer de hoogte. Een plank met deze verhoudingen is niet standaard verkrijgbaar in de handel.

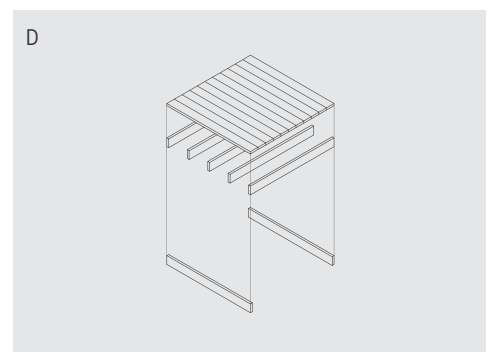
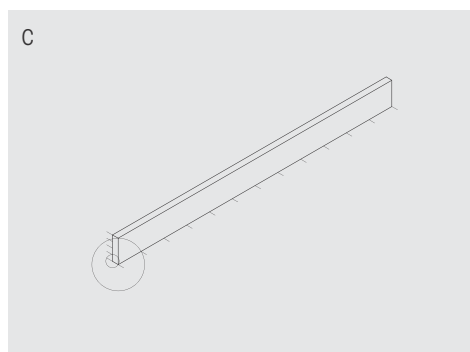
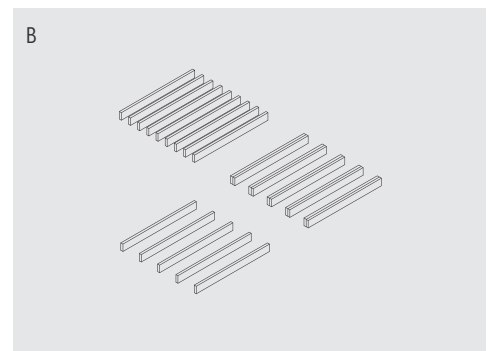
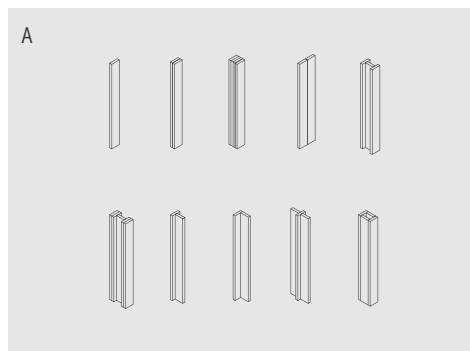
- 3 Werken met vaste maatsystemen waarbij alle afmetingen verhoudingen zijn van elkaar is een thematiek die wordt besproken in het doctoraat 'Re-Design for Change' van Anne Paduart (VUB 2012) op p. 169 in de context van een 'fractal grid'

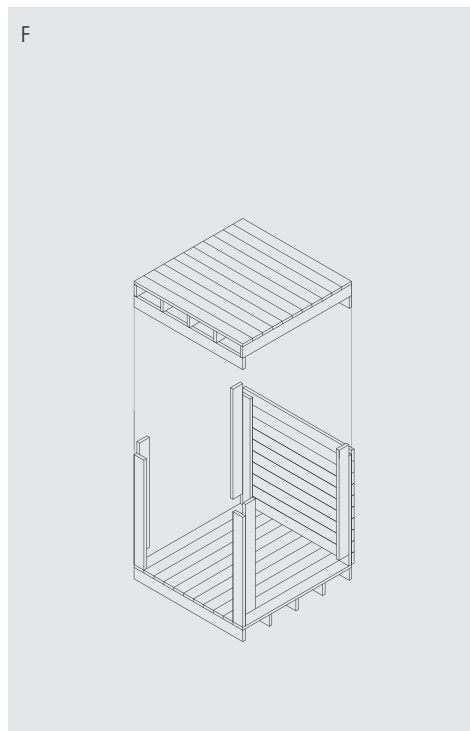
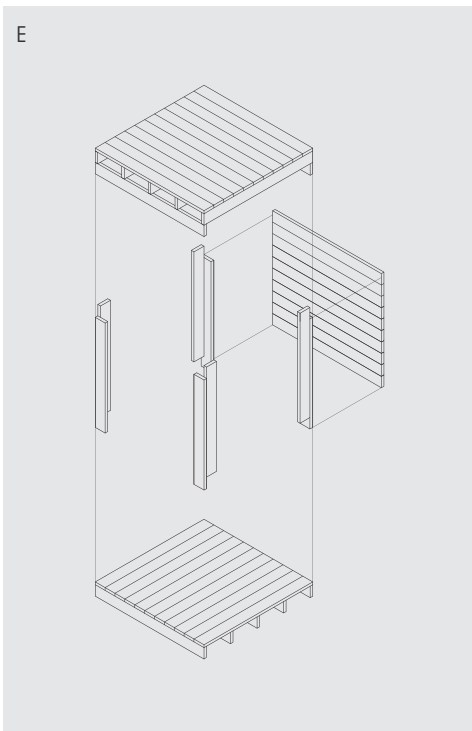
- A Voorstellen voor het combineren van planken tot kolommen.

- B Vloerconstructies met variërende draagkracht.

- C De afmetingen van de houten plank zijn veelvoud van elkaar.

- D Draagvloer samengesteld uit planken op twee balken.



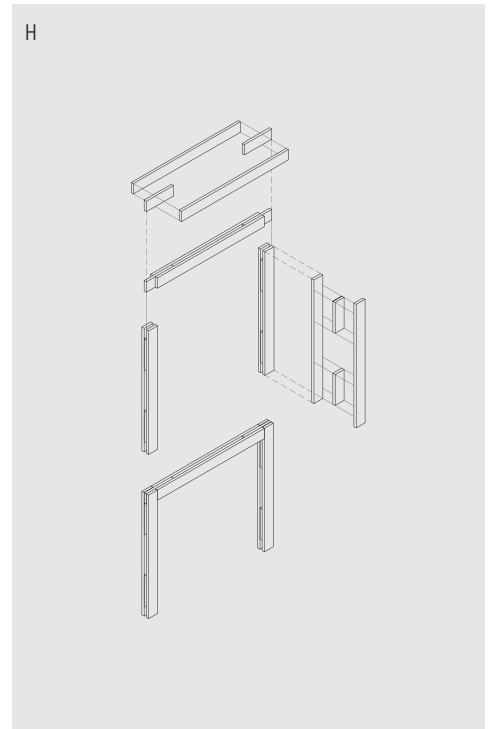
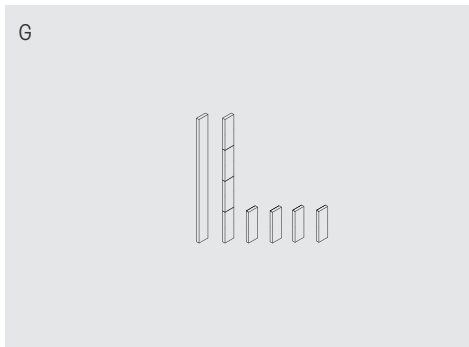


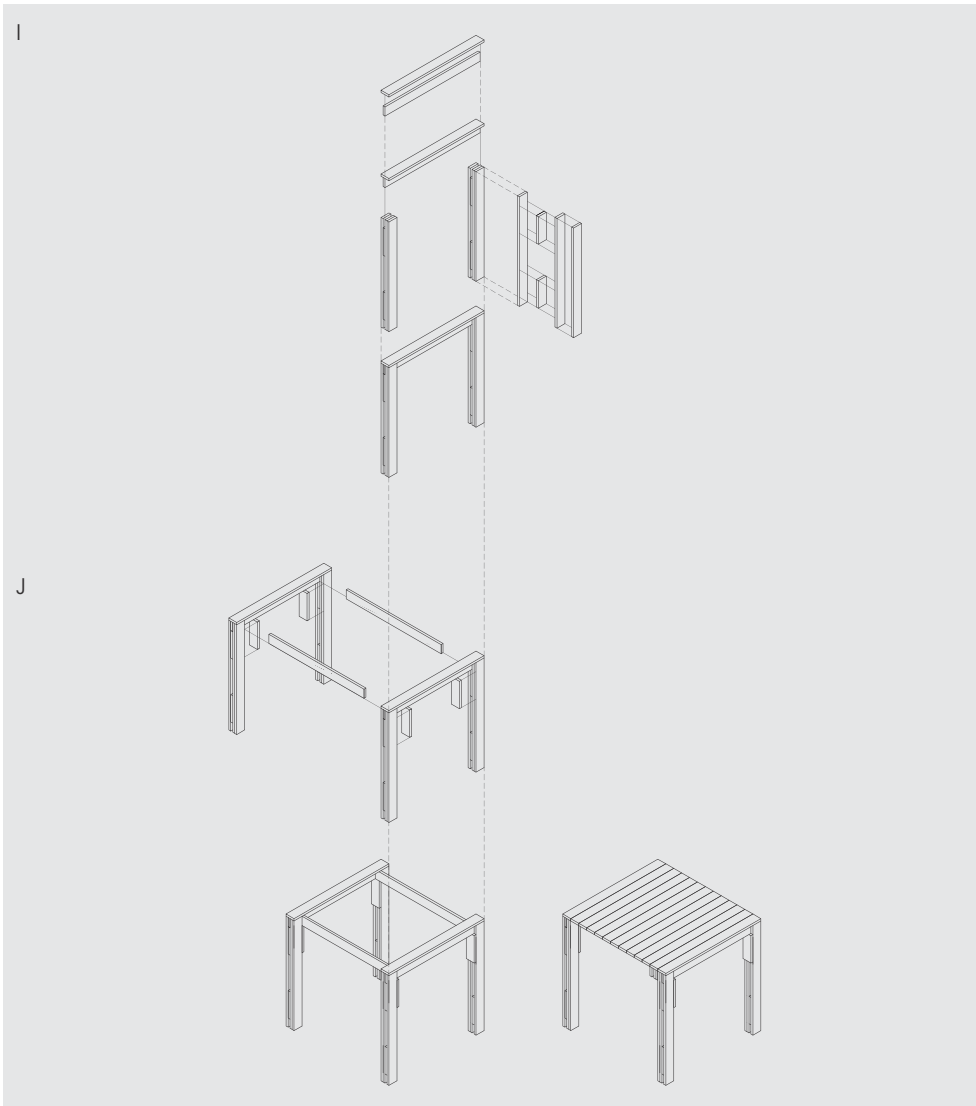
- E Het vloerpakket draagt op kolommen samengesteld uit twee planken.
- F Indien de knopen en kolommen geen horizontale belastingen kunnen opnemen, is het noodzakelijk wanden of windverbanden aan het systeem toe te voegen.

De plank combineren tot wanden, vloerplaten en kolommen maakt het bouwen van een kubus mogelijk. Houten planken worden aan elkaar bevestigd met schroeven en stalen bevestigingselementen en zijn bijgevolg terug volledig demonteerbaar. Het uitvoeren van de verbindingen op deze wijze omzeilt echter het nadenken over een goede bouwknop. Binnen het onderzoek van Thijs Urban worden bouwknopen mee bedacht in de vormgeving van de componenten. Hierdoor ontstaan duidelijke verbindingsmogelijkheden die vergelijkbaar zijn met deze van speelgoed bouwsystemen zoals LEGO, DUPLO Toolo en K’NEX.

Met deze opmerking in het achterhoofd wordt verder nagedacht over de bouwcomponenten en knopen. Ook de beginhypothese de plank niet te verzagen, wordt daarbij in vraag gesteld. Door het verzagen van één plank in vier gelijke delen ontstaan kortere planken die nieuwe bouwonderdelen vormen. Deze worden gecombineerd tot componenten die ter hoogte van de bouwknop in elkaar passen en naast schroeven of bouten geen stalen bevestigingselementen meer nodig hebben.

- G Een plank verzaagd in vier identieke kortere planken.
- H Elementen passen ter hoogte van de knopen in elkaar en vormen zo een portiek.

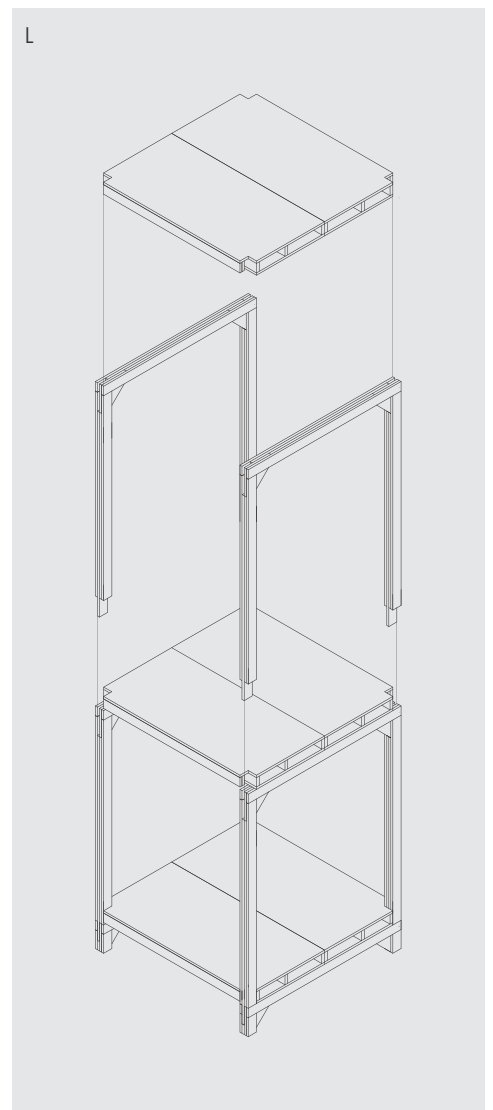
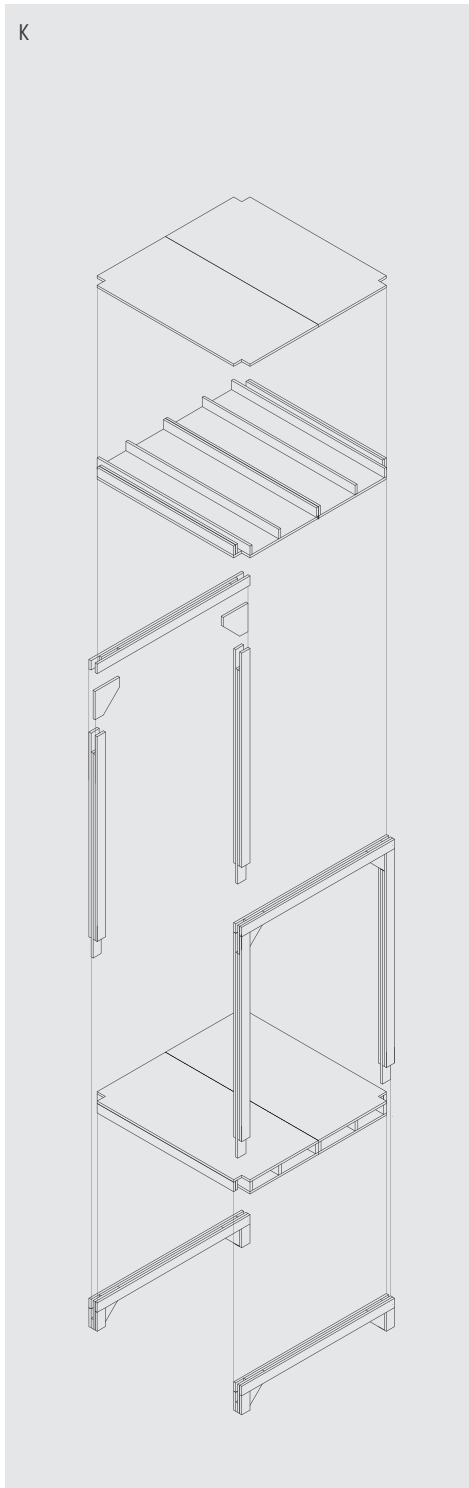




I Alternatieve oplossing voor een portiek met een T-balk.

J Een structuurvoorstel bestaande uit twee portieken. Indien de knopen opgevat zijn als scharnieren zijn deze niet windstijf.

- K Voorstel voor knopen en elementen die ten opzichte van de vorige tekening beter horizontale lasten kunnen opvangen. In deze tekening zijn de knopen slechts in één richting toegepast.
- L Binnen het structuurvoorstel is ook rekening gehouden met verticale uitbreidbaarheid.

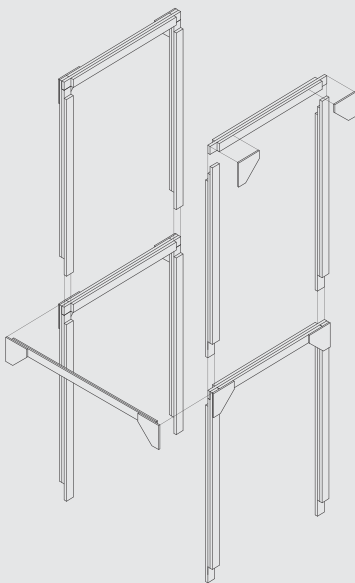


Door in de bouwknoop een stukje plaat te integreren waardoor deze momentstijf wordt, kan de constructie weerstand opbouwen tegen horizontale lasten. Het kan dus interessant zijn platen toe te voegen aan het assortiment bouwelementen.

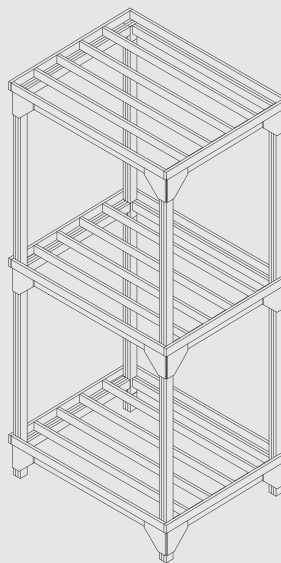
1.4 Conclusie

Het beperken van het aantal verschillende elementen binnen een systeem tot een minimum resulteert in een bepaalde eenvoud. Een klein aantal verschillende elementen kan ook als beperkend worden ervaren. Het vormt bijgevolg een uitdaging om deze elementen zo te ontwerpen dat ze niet te complex worden maar toch veel mogelijkheden open houden. Verder onderzoek zou zich kunnen richten op de ontwikkeling van de knopen naar horizontale uitbreidbaarheid toe.

M



N



M Structuur met stijve knopen door middel van platen.

N De knopen maken verticale uitbreiding mogelijk. Voor horizontale uitbreiding is bij dit systeem ontdubbelen van de verticale structuur noodzakelijk.

2 Additieve architectuur

2.1 Inleiding:

De Deense architect Jorn Utzon (1918-2008) kwam in contact met flexibele en aanpasbare bouwsystemen door zijn fascinatie voor natuurlijke groei-processen. Hij stelt dat het via additieve architectuur⁴ mogelijk is een grote ontwerpvrijheid te bekomen door enkele primaire bouwstenen te combineren en op deze manier een plan te laten groeien. Zo bouwt hij het parlamentsgebouw van Koeweit op uit een vijftigtal verschillende structuurelementen waarvan sommige duizend keer worden gebruikt en andere slechts tien keer.

Een ander project, het bouwsysteem *Espansiva*⁵, onderzoekt standaardisatie in structuren met houtskeletbouw en draagt zo bij tot het onderzoek naar aanpasbaar bouwen. Vanuit een aantal componenten ontwerpt Utzon drie kamerstructuren met verschillende afmetingen: 4m x 3m, 3m x 2,4m en 2,4m x 1,8m telkens gebouwd met twee houten portieken. In een aantal schema's in het referentieboek⁶ is te zien hoe hij deze kamers additief combineert en daaruit gebouwen genereert. In het interieur vormen de twee portieken een draagstructuur die expressief in de ruimte aanwezig is en in grote mate de atmosfeer en ruimtelijkheid binnenin de woningen bepaalt. De binnenwanden en gevelvlakken worden opgevuld met niet-dragende panelen. Bij het enige gerealiseerde project wordt een gevelsteen toegevoegd als afwerking van de façade. Dat Utzon voor alle portieken, ongeacht hun afmetingen, dezelfde dimensies van houten liggers kiest, is een overdimensionering van de kleine overspanningen en een kritische opmerking bij het project. Standaardisatie van de structuur heeft echter ook een aantal voordelen. Zo sluiten invulpanelen altijd aan op dezelfde structuur, is er een vaste houtdoorsnede voor de productie en ontstaat er binnenin een continue opeenvolging van identieke portieken. Utzon kiest er duidelijk voor om portieken niet te schranken en bijna altijd gelijke kamerafmetingen op elkaar aan te sluiten.

2.2 Doelstelling

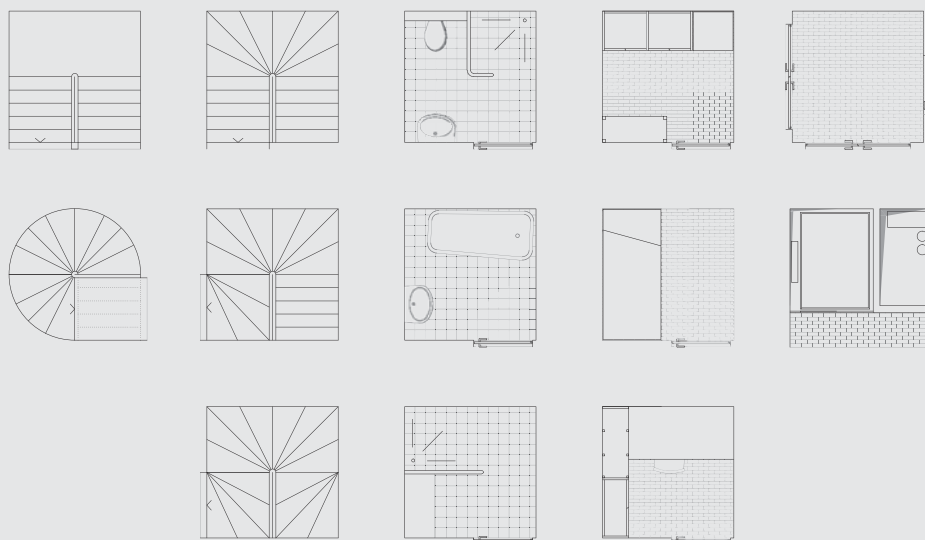
Een tweede oefening sluit aan bij dit onderzoek van Jorn Utzon. Het uitgangspunt zijn twee structuren met zelfde hoogte maar met twee verschillende afmetingen voor het grondoppervlak (3m x 4m en 2m x 2m). Er wordt van de hypothese uitgegaan dat de twee structuurafmetingen volstaan voor het genereren van plannen. Aan de hand van deze bouwstenen worden drie plantypologieën getest om het potentieel van de ontwerptechniek en de hypothese af te toetsen.

4 J. Utzon, R. Weston, Utzon: inspiration, vision, architecture, Blondal, Hellerup, 2002
Hoofdstuk 7: Additieve architectuur

5 Utzon: inspiration, vision, architecture p.269

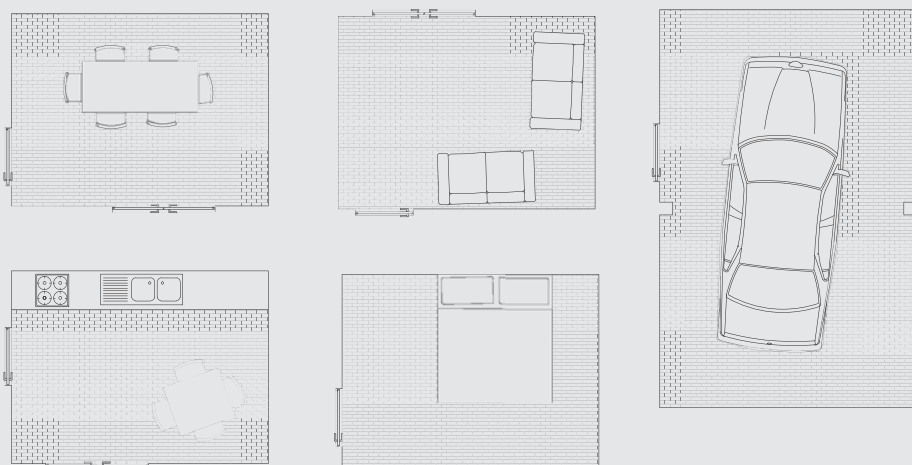
6 Referentieboek p.16

A



A 2m x 2m
trap, badkamer, douche, berging,
wasplaats, slaapcel, studiecél,
lift, hal

B

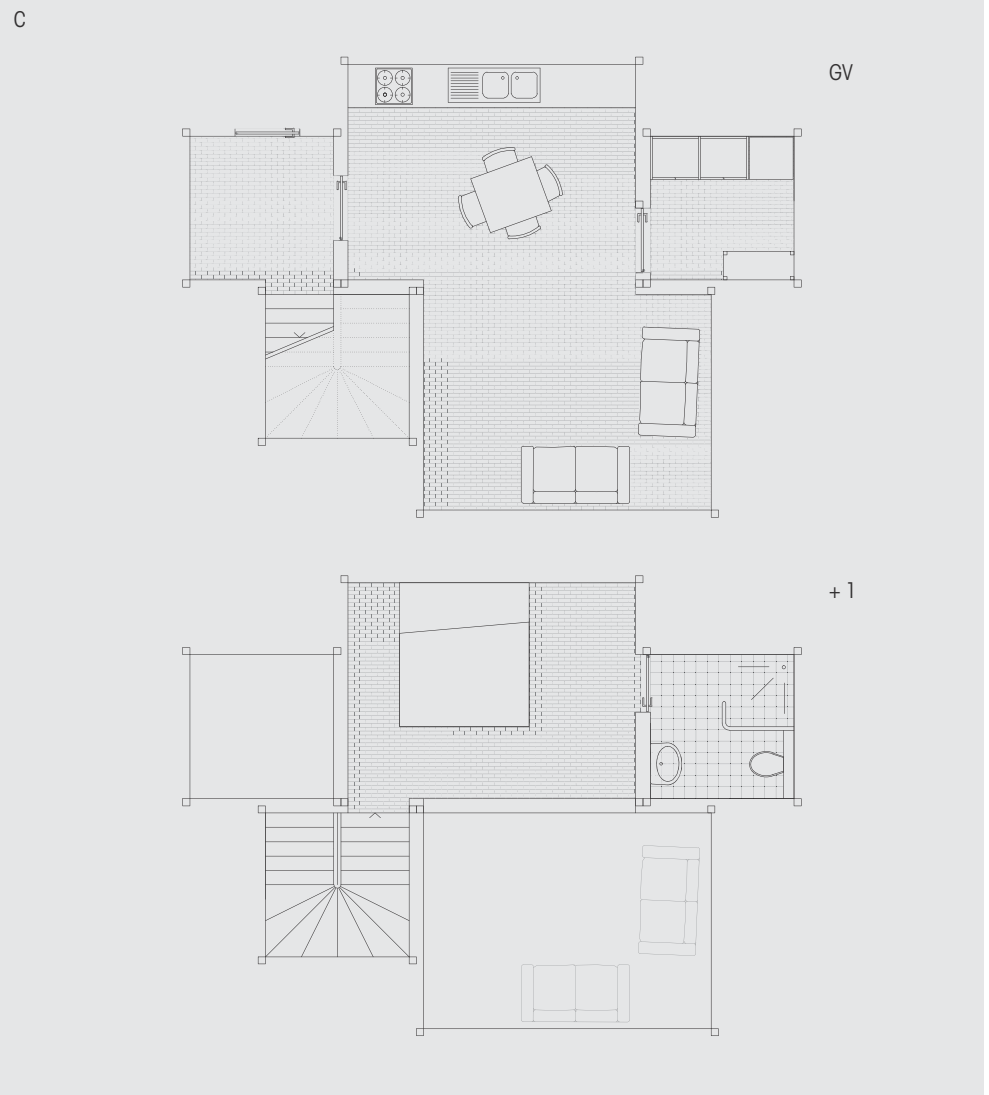


B 3m x 4m
Eetplaats, slaapkamer, keuken,
salon, garage

2.3 Vakantiewoning

Een eerste typologische test bestaat uit het ontwerpen van een kleine vakantiewoning. Structuren verticaal stapelen maakt het mogelijk twee verdiepingen te realiseren. De vloer van de verdieping boven de zitruimte wordt weggelaten waardoor een vide ontstaat.

- C Het schranken van kamers heeft als nadeel dat de ontdubbelde verticale steunen niet langer gegroepeerd staan. Dit kan hinderlijk zijn voor de invulling met binnenwanden en ruimtes visueel complex maken.

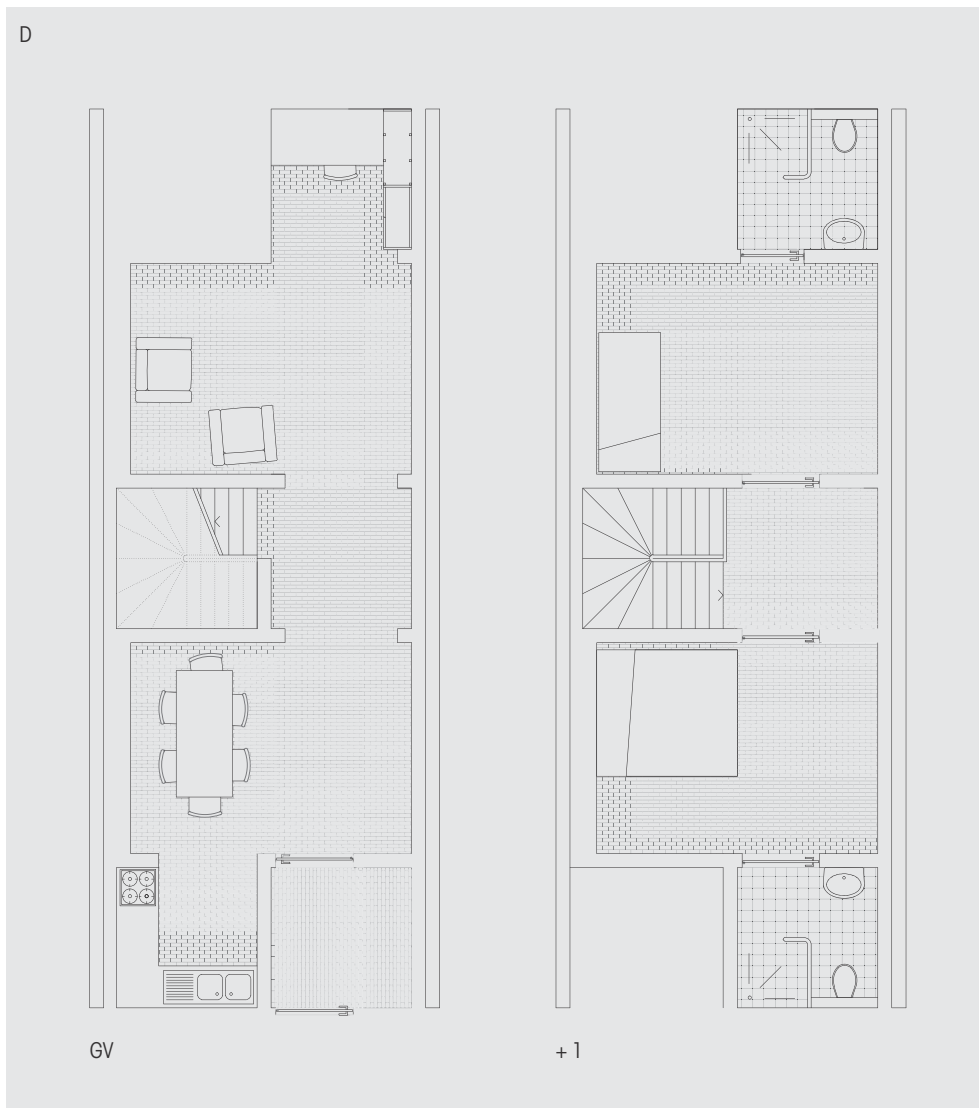


2.4 Het rijhuis⁷

Het rijhuis is een interessante woningtypologie voor een tweede test omdat een plan moet ontworpen worden voor een smal perceel tussen twee gemeenschappelijke muren.

- 7 De Nederlandse architect J. Habraken bedacht in zijn project Casco een variant voor de rijwoning in de context van aanpasbaar bouwen. B. Leupen, *Frame and generic space*, 010 Publishers, Rotterdam, 2006

- D De voorgevel springt op de eerste verdieping gedeeltelijk terug waardoor de slaapkamer een rechtstreeks raam naar buiten toe heeft.



2.5 Het CECA-huis

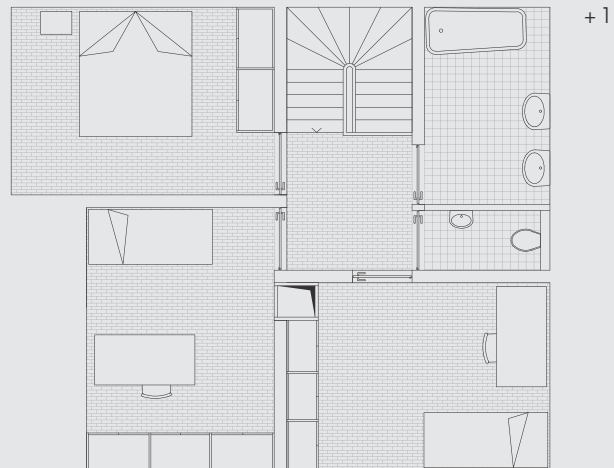
In een derde test worden de structuren gecombineerd tot de CECA-woning van Willy Van Der Meeren.⁸ Dit project is een intelligente, geprefabriceerde woonentiteit in een onderzoek naar goedkoper bouwen.

- 8 Mil De Koning, Willy van der Meeren: architectuur, stedenbouw, design, research, onderwijs, Phd UGent, Gent 1997.

- E Door de vooraf vastgelegde structuurafmetingen is het moeilijk de originele vierkante maat (7,5 m x 7,5 m) van de CECA-woning te bekomen. Bovendien zijn het originele structuurconcept en de doorgangen voor het centrale technische element moeilijk verzoenbaar met de structuur van de kamers.

Plannen CECA-woning:
referentieboek p.22

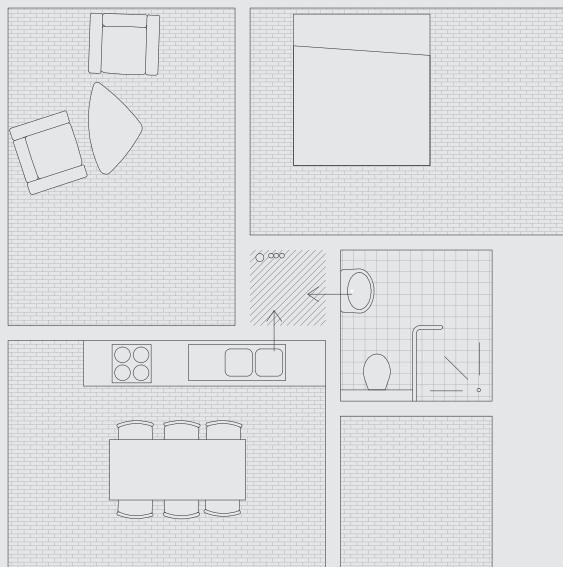
E



2.6 Technieken

Structuren kunnen zo geschikt worden dat tussenin ruimte vrijblijft voor een technische koker. Deze bedient de aangrenzende kamers. Op deze manier kunnen meerdere woonentiteiten boven elkaar gestapeld worden met verticale passages voor technieken.

G



G Kamers rond een verticale koker.

2.7 Conclusie

Bouwsystemen zoals dat van Utzon hebben een aantal interessante eigenschappen. Ten eerste tonen de plantesten aan dat het mogelijk is met een minimum aan verschillende structuurafmetingen een ruim gamma aan planvormen te ontwikkelen. Ten tweede bewaart het ontdebellen van de verticale structuur de eenvoud van bouwknopen. Ten derde worden verticale kolommen bij uitbreiding ontdebeld waardoor ze op voorhand niet overgedimensioneerd hoeven te worden. Deze kolommen zijn echter wel talrijk aanwezig waardoor een flexibel gebruik van ruimte beperkt wordt.

3 Een grid als plangenerator

3.1 Ontwerpopgave 'De Brugse Poort'

Een derde oefening vindt zijn aanzet in een ontwerpopgave uit het 3de bachelorjaar aan de UGent (2012). Van de studenten wordt onderzoek van collectieve woonvormen op een klein perceel in de Brugse Poort wijk te Gent verwacht.

Mijn ontwerpvoorstel bestaat uit twee volumes waarvan één teruggetrokken staat ten opzichte van de gevels in de straat. De keuze voor deze inplanting introduceert kwaliteiten zowel voor de straat als voor het ontwerp. Aan de straatzijde ontstaat een klein erf met een boom waarlangs de woningen ontsloten worden. Een doorzicht tussen de gebouwen verbindt de collectieve tuin visueel met het erf en de straat. Boven twee gemeenschappelijke leefruimtes, gelinkt aan de buitenruimtes, bevinden zich in het project zes private kamers verdeeld over twee verdiepingen.

In het ene volume staat een trap en in het andere een lift omdat het ontwerp streeft naar volledige toegankelijkheid van alle ruimtes in de twee gebouwen. De twee volumes worden met een passerelle verbonden zodat bewoners de gemeenschappelijke voorzieningen kunnen delen.

- A Het perceel is gelegen in de Goudensterstraat in Gent. Aan de achterzijde van het perceel ligt een vervallen industriegebouw. De woningen in de straat zijn hoofdzakelijk rijwoningen. (Abeelding Bing Maps)



B

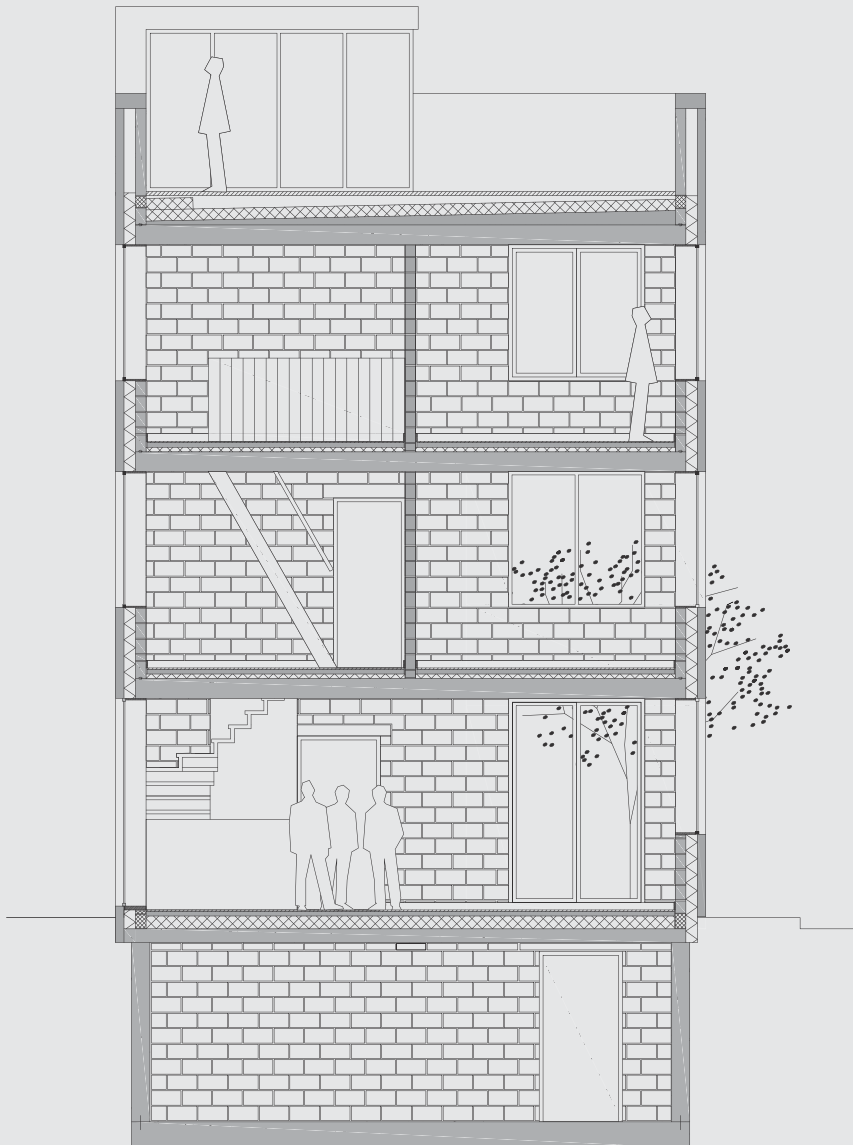


- B Door twee vierkanten op het terrein in te planten tegen de schuine perceelslijnen worden de buitenruimtes vormgegeven.

- C De plannen zijn het resultaat van een zoektocht om de potentiële kwaliteiten, gelinkt aan de inplanting, te combineren met de wens minimaal zes toegankelijke kamers binnen het project te realiseren.



D



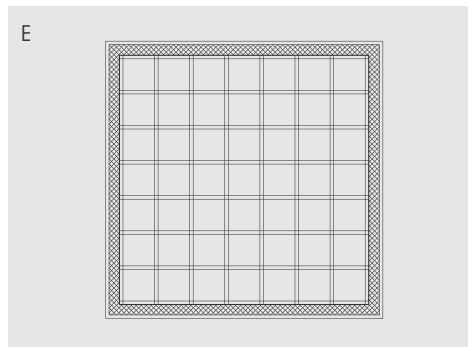
- D Snede doorheen de constructie van het volume met de trap. De begeleidingsgroep stelt voor om de vloerplaat in twee richtingen van gevel tot gevel te laten dragen (7,2m x 7,2m) waardoor de scheidingswanden uit een niet dragende, droge constructie kunnen opgebouwd worden. Hierdoor is de invulling van elke verdieping in de toekomst nog wijzigbaar.

3.2 Herdenken van het ontwerp

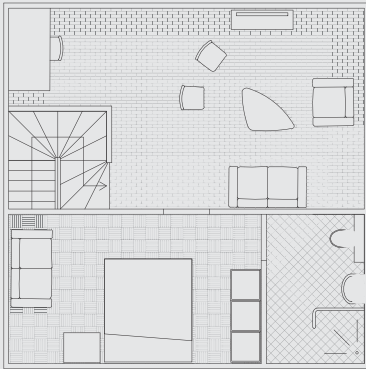
De focus van deze oefening gaat uit naar de creatie van een structuur binnenin het gebouwvolume die de verdiepingvloeren draagt en die een aanzet geeft voor de ontwikkeling van plannen. Doordat het grondplan een vierkante maat heeft van 7,2m x 7,2m en eenzelfde type balk de overspanning in beide richtingen kan maken, wordt geopteerd voor een grid bestaande uit vierkanten. Om rekening te houden met muurdikte en deuropeningen worden twee maten (90cm en 10cm) gebruikt. Dit levert een afwisselende maat van 10 cm (binnenmuur, balk) en 90cm (binnendeur, toilet-, trapbreedte) op.

Met behulp van het grid is het mogelijk binnen de volumes een aantal verschillende plannen met wijzigende uitgangspunten snel af te toetsen. Mogelijkheden voor het programma binnen de gebouwafmetingen worden snel duidelijk en maken van het grid een interessante ontwerptool. Tijdens de oefening wordt er vanuit gegaan dat beide volumes identiek zijn en wordt de lift buiten beschouwing gelaten.

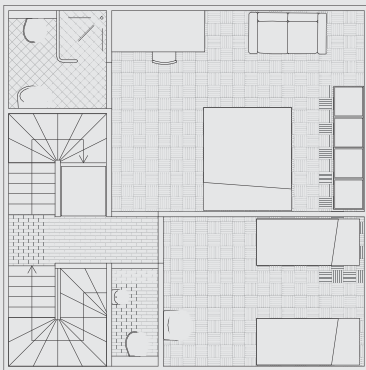
- E De dubbele lijnen van het grid tonen duidelijk aan waar binnenwanden geplaatst kunnen worden.



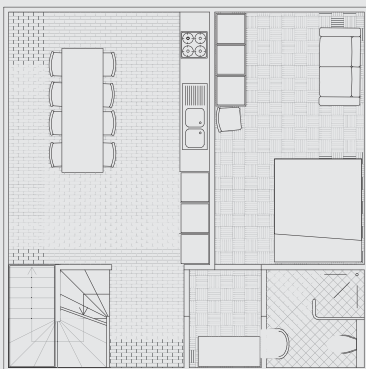
F



GV

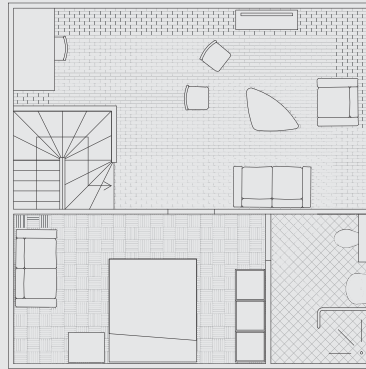


+ 1

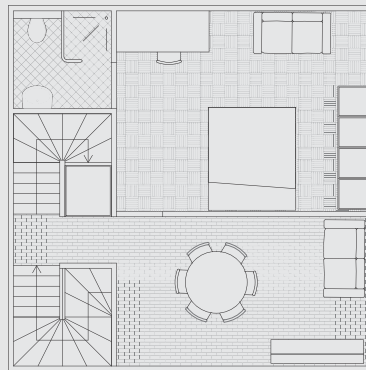


+ 2

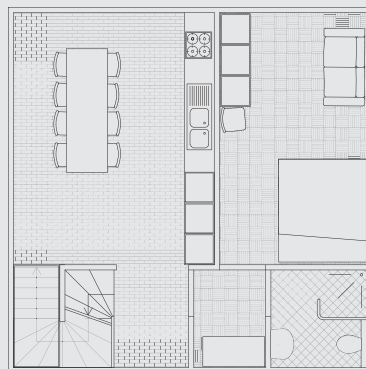
G



GV



+ 1



+ 2

F Planvoorstel met een verspringende trap. De gemeenschappelijke ruimtes zijn een keuken op het gelijkvloers en een leefruimte op de hoogste verdieping. Op de eerste verdieping is een kamer voor gasten ingericht.

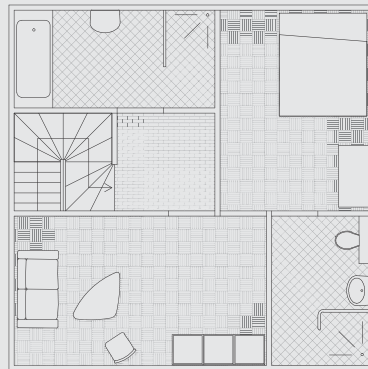
Bij dit planvoorstel kan de keuze voor een verspringende trap, de toegang tot de private kamers en de akoestische privacy in de badkamer in vraag worden gesteld.

G Alternatief plan waarbij de gastenkamer vervangen is door een extra gemeenschappelijke ruimte.

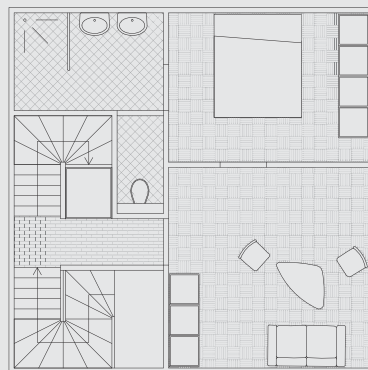
F/G De muur van de inkom op het gelijkvloers wijkt af van het grid om het binnenkomen voldoende ruimte te geven.

- H Alternatief plan waarbij de private kamers zo groot mogelijk zijn. In het gebouw zijn badkamer en keuken gemeenschappelijk.
- I Planvoorstel waarbij elke verdieping analoog is opgebouwd bestaande uit een privaat deel en een gemeenschappelijk deel. Een hal fungeert daarbij als akoestische en visuele buffer tussen de aangrenzende ruimtes. Bij het openen van de deuren naar de hal ontstaan nieuwe doorzichten zonder dat van de collectieve delen rechtstreeks in de private kamer kan worden gekeken.

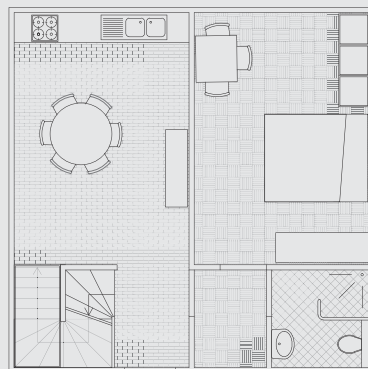
H



GV

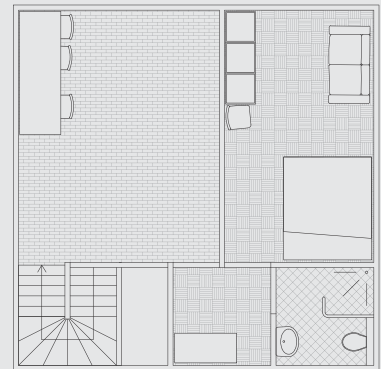


+ 1

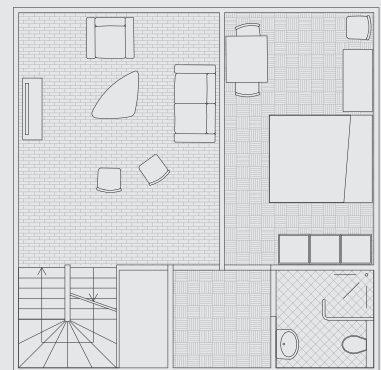


+ 2

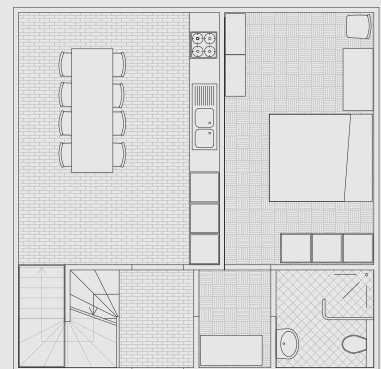
I



GV



+ 1

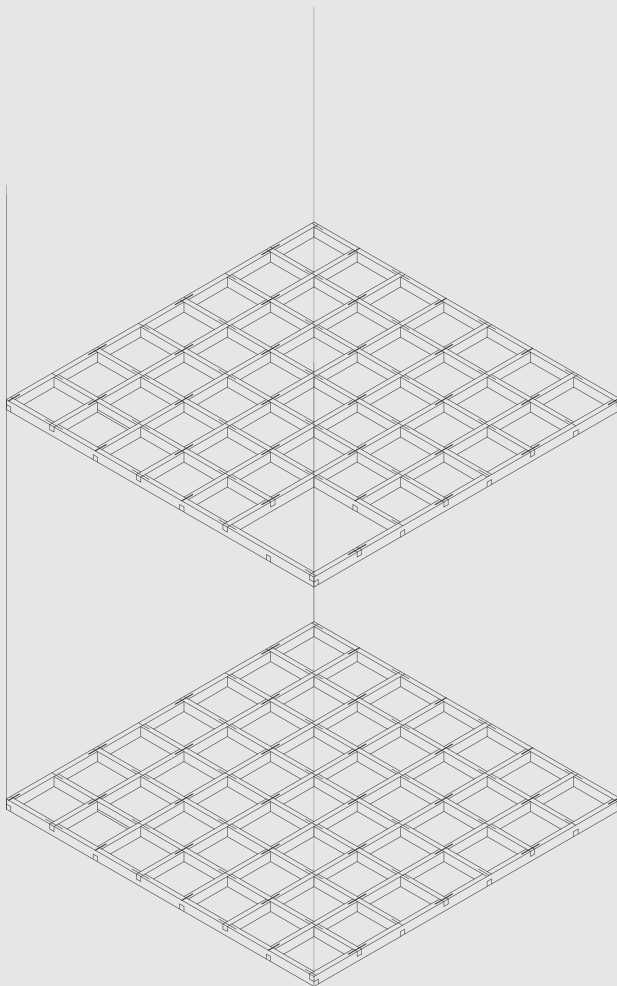


+ 2

3.3 Materialisatie

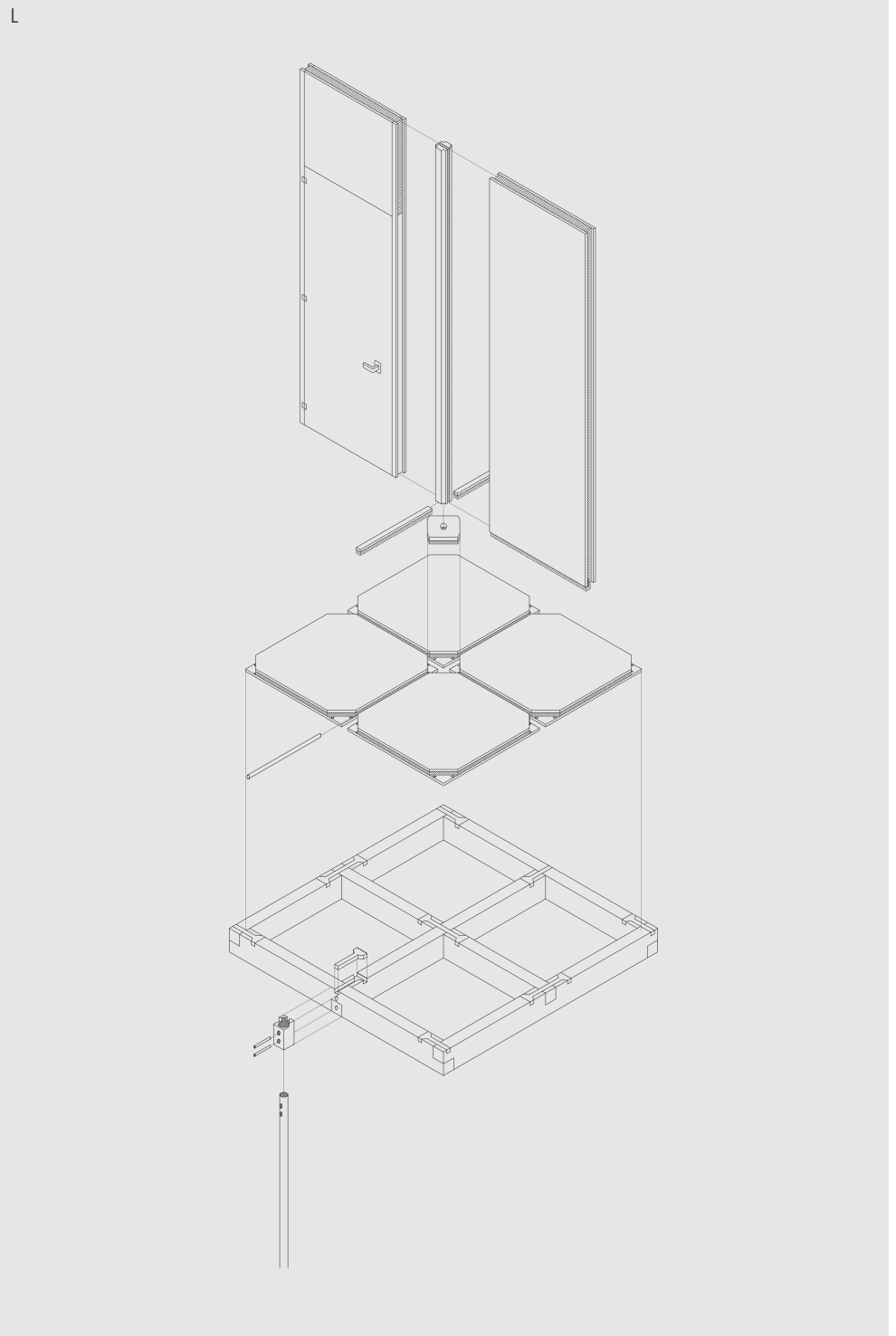
Een systeem bestaande uit vloertegels en niet-dragende binnenwanden sluit aan op het balkengrid en wordt via schroeven en bouten aan elkaar bevestigd. De wanden zijn herpositioneerbaar omdat ze geen dragende rol vervullen en vaste afmetingen hebben. Balken worden via uitsparingen in elkaar gelegd en met metalen verbindingselementen verzekerd om een structuur te ontwikkelen die in twee richtingen dragend is.

J

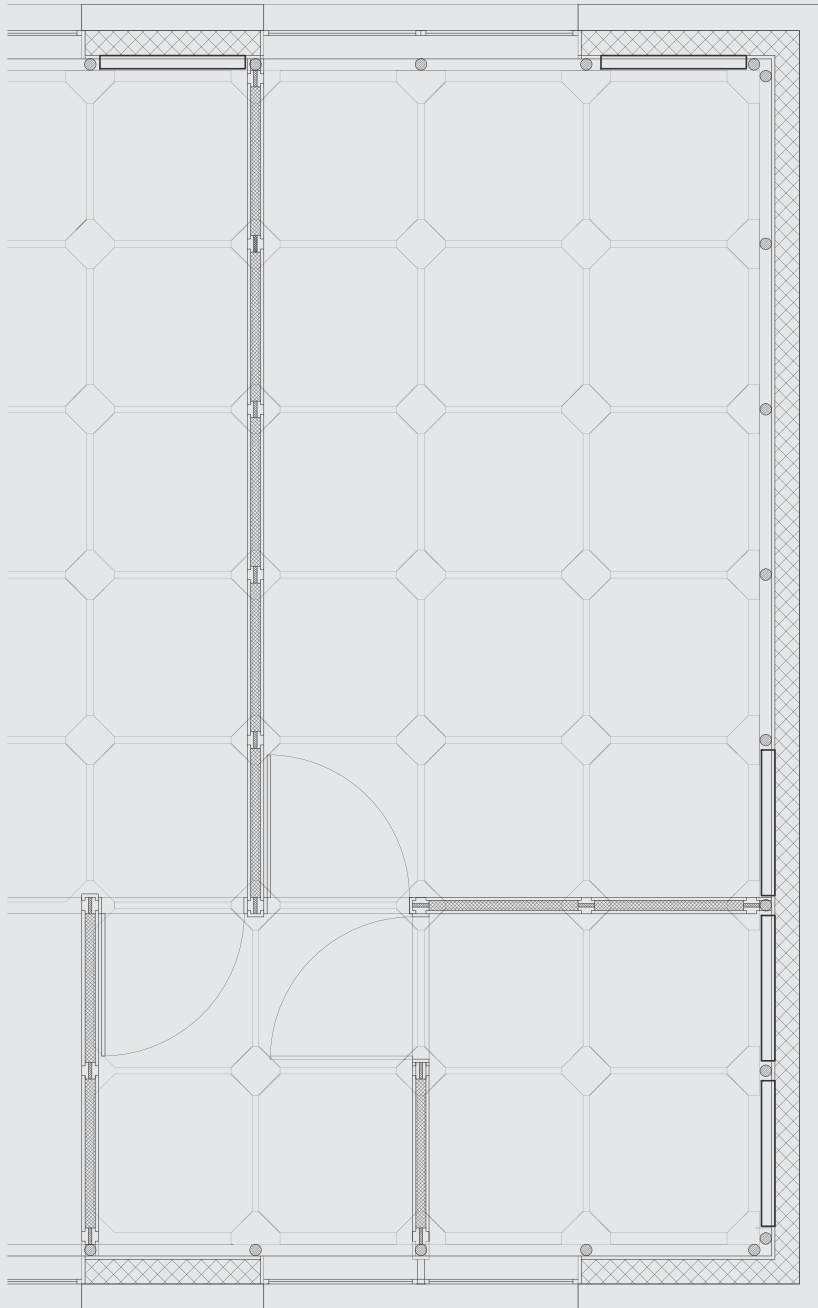


J Grid van vloerbalken. Elke balk maakt daarbij de volledige overspanning van de vloer. Een aantal opmerkingen: Er werd van de veronderstelling uitgegaan dat binnenin het volume de balken terug gedemonteerd konden worden. Dit blijkt echter door hun lengte moeilijk realiseerbaar. Het idee om balken afwisselend boven en onder elkaar te laten lopen, zoals in een weefstructuur, blijkt na een test op maquette niet realiseerbaar.

- L Vertrekkende van de draagstructuur wordt een systeem voor binnenwanden, deuren en vloeropbouw ontwikkeld. Elektrische leidingen worden gelegd in de voegen tussen de tegels. De balkenstructuur draagt ter hoogte van de gevel op ronde stalen kolommen.



M



- M Technieken worden op strategische plaatsen in een compacte verticale koker in de wand weggewerkt. Vooral het laatste plan waarbij alle verdiepingen analoog worden opgebouwd leent zich hier goed toe. In de kamers en collectieve delen komen kokers voor de verwarming en de aan/afvoer van het sanitair.
- Door de keuze van binneninrichting is het moeilijk sanitaire leidingen horizontaal doorheen het plan te voeren. Dit betekent dat de ontstane ontwerpvrijheid door het grid deels teniet wordt gedaan doordat technieken niet in het systeem geïntegreerd zijn.

3.4 Conclusie

Het grid is een handig instrument dat de mogelijkheid biedt heel snel een groot aantal planvarianties te testen. Standaardisatie binnen planmaten wordt daarbij als positief ervaren. Om plannen specifiek aan bepaalde randvoorwaarden te linken, moeten afwijkingen mogelijk zijn. Een ontwerp-grid kan dus best gezien worden als een ordeschepper en niet als allesbepalende vormgever.

In het originele ontwerp worden alle scheidingswanden uit metselwerk opgebouwd. Het vervangen van metselwerk door lichte wanden bij niet-dragende muren maakt het in de toekomst eenvoudiger wijzigingen uit te voeren. Dit is, binnen de context van deze masterproef, een interessante vaststelling.

4 Nabeschouwing verkennend onderzoek

Bij het afronden van de verkennende fase zijn een aantal onderzoekspistes afgetast door middel van eigen beknopte oefeningen en werden referenties geconsulteerd. Ook oefeningen die niet voor deze bundeling werden geselecteerd, zorgden voor een kritische ingesteldheid ten opzichte van mogelijke onderzoekspistes en ontwerpuitdagingen in verband met aanpasbaar bouwen. Deze verkennende periode liet toe 'ontwerpende wijs' te bepalen welke insteek relevant is voor verder onderzoek.

Ontwikkeling betonnen drager

2

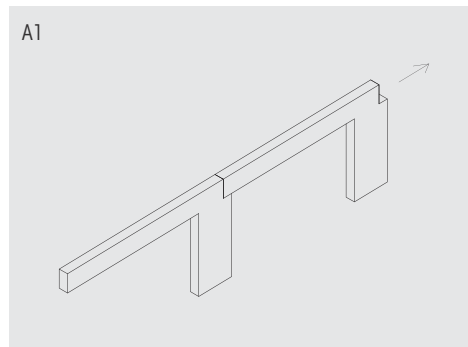
Inleiding

Via onderzoek naar horizontale stabiliteit in de verkennende fase groeit het idee dat een L-vormig betonelement potentieel in zich heeft. Volgende argumenten maken het zinvol verder onderzoek met dit element uit te voeren:

- De vorm heeft een weerstand tegen horizontale lasten.
- De uitsparing in het wanddeel van de L maakt het mogelijk via een elementaire verbinding een nieuw element op te leggen en de constructie verder uit te breiden.

De L-vorm zou dus een waardevol onderdeel kunnen zijn van een aanpasbaar bouwsysteem. Dit onderzoeksdeel heeft als doel via een ontwerpmatige benadering deze veronderstelling af te toetsen. Bovendien wordt daarbij van de hypothese uitgegaan dat het interessant is het aantal unieke elementen te beperken en de verbindingen demontabel te houden.

Door de keuze voor beton profiteert de drager van een aantal voordelen die dit materiaal heeft ten opzichte van hout of staal. Zo heeft beton bijvoorbeeld een hoge brandweerstand en thermische massa. Anderzijds is beton een minder nauwkeurig materiaal met hoge maattoleranties door vervormingen ten gevolge van krimp en kruip.¹



¹ De voordelen en uitdagingen van het werken met prefabbeton worden besproken in: FEBE, Ontwerpen van constructies in prefab beton, referentieboek p. 28

A1 Voorstel voor een L-vorm met uitsparing.

1 Eerste structuurtesten

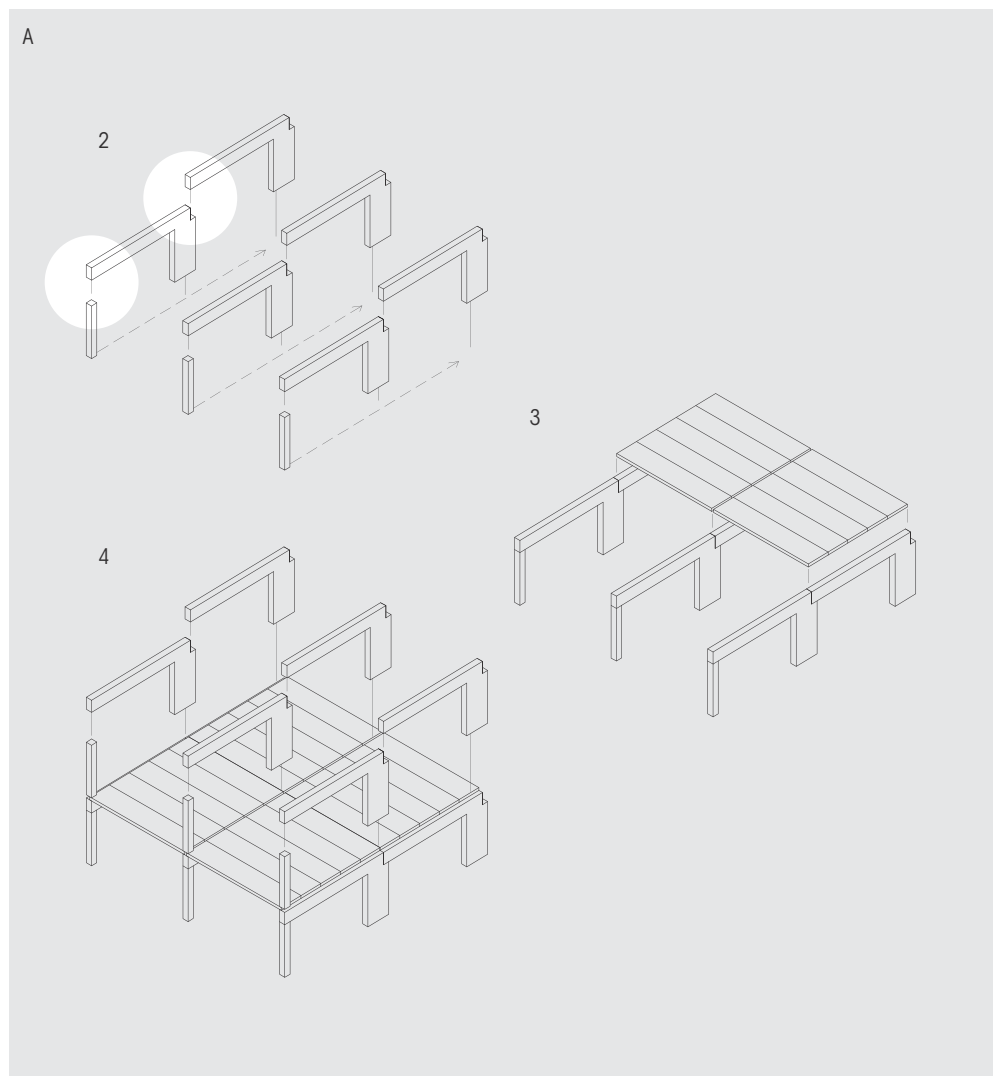
1.1 Opbouwlogica

In een eerste schakeling worden de L-elementen vanaf een startkolom met elkaar verbonden zodat een structurele lijn ontstaat waarop welfsels kunnen dragen. De keuze voor een startkolom introduceert een tweede element naast de L.

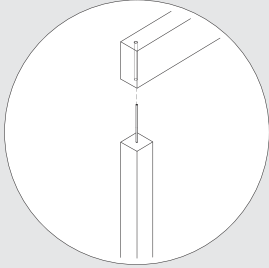
A2 Vanaf een startkolom (30cm x 30cm) worden L-elementen gemonteerd. De kolomafmetingen maken het mogelijk een viertal bouwlagen te realiseren.

A3 Welfsels worden op de elementen gelegd.

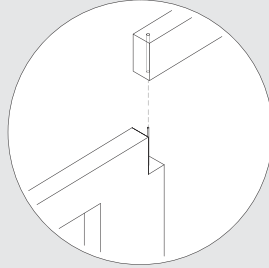
A4 Verticale uitbreiding



A5



A6



A5 Oplegging van een L-element op een startkolom. In de uitsparing en op de kolom komt een oplegmateriaal te liggen. De verbinding die als uitgangspunt wordt gekozen is een staaf die via een schroefdraad + bout (demontabel) of via een gaine en wachtwapening (niet-demontabel) wordt verzekerd.

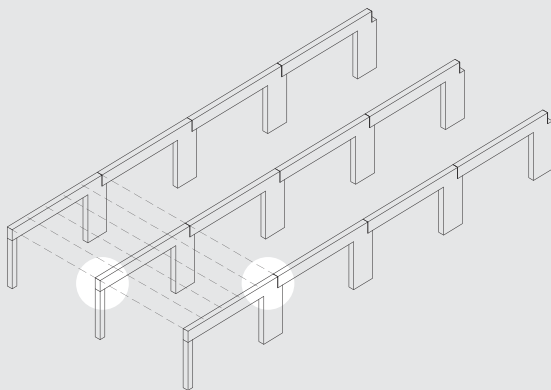
A6 Een L-element wordt opgelegd in een uitsparing. Maattoleranties worden opgevangen door de uitsparing iets langer te voorzien dan de oplegzone van de balk.

1.2 Schematische voorstelling

Onderstaand structuurschema vat de voorgaande tekeningen samen. Deze voorstellingswijze zal doorheen de volgende hoofdstukken worden gebruikt. Als de opbouwlogica van de elementen wijzigt of als verbindingstechnieken veranderen, wordt dit aangegeven. De schema's tonen de mogelijkheden van elk structuurvoorstel. In de marge zijn de argumenten waarom de structuur verder wordt ontwikkeld, te vinden.

Mogelijkheden om verticaal uit te breiden worden op de volgende pagina's getoond. Er wordt nog geen definitieve keuze gemaakt voor het type verbinding aangezien deze zal worden beïnvloed door de wijze waarop de L-elementen worden geschakeld.

A7



A7 Dit systeem is niet stabiel voor horizontale lasten loodrecht op de lengterichting van de L.

1.3 Verticale uitbreiding van de kolommen

B1 Structureel eenvoudig maar heeft invloed op de gevelwerking en op uitbreidbaarheid.

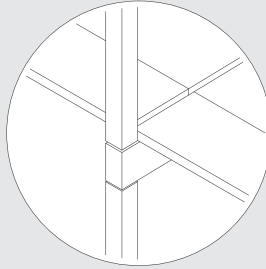
B2 Uitsparingen verhogen het aantal unieke elementen binnen een systeem.

B3 Grote verticale drukkracht op de welfsels.

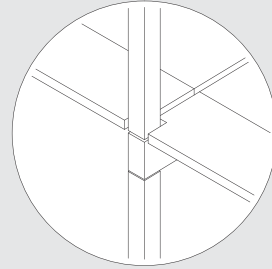
B4 Oplegconsole aan de bovenzijde van de L vragen om een complexere bekisting. Ze beïnvloeden de L vormelijk. De aansluiting van binnenwanden op de L is minder eenvoudig.

B5 Uitsparingen in de bovenzijde van de L maken het bekistingsproces complexer en reduceren de oppervlakte van de drukzone bovenaan in de L.

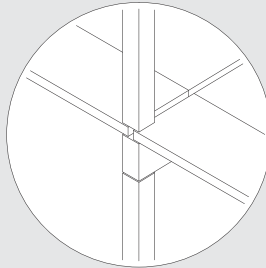
B1



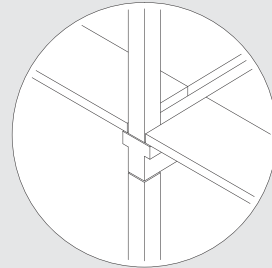
B2



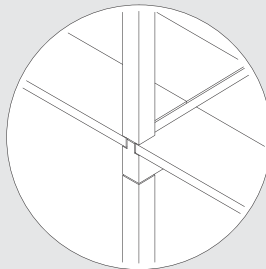
B3



B4

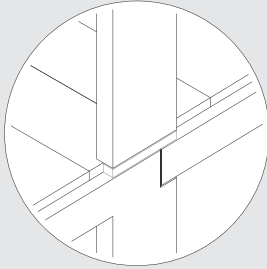


B5

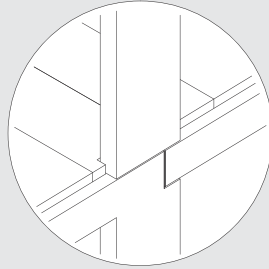


1.4 Verticale uitbreiding van de wanden

C1



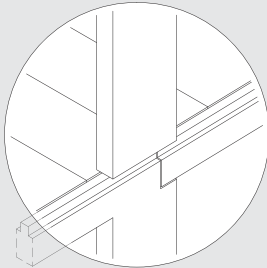
C2



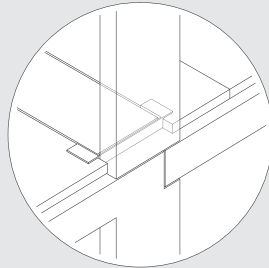
C1 Grote verticale drukkracht op welfsels. Op het einde van de structuur zal een hulpstuk nodig zijn.

C2 Oplegging via een uitsparing is onmogelijk door de wand.

C3



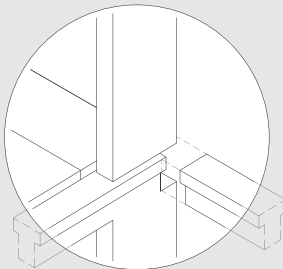
C4



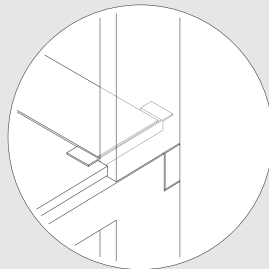
C3 Uitsparingen in de bovenzijde van de L maken de bekisting tijdens het prefabriceren complexer en reduceren de oppervlakte van de drukzone bovenaan in de L.

C4 Een raveelconstructie uit staal introduceert een nieuw materiaal/element binnen het systeem.

C5



C6



C5 Consoles aan de bovenzijde van de L maken het complex een L-element onder 90° in een uitsparing op te leggen.

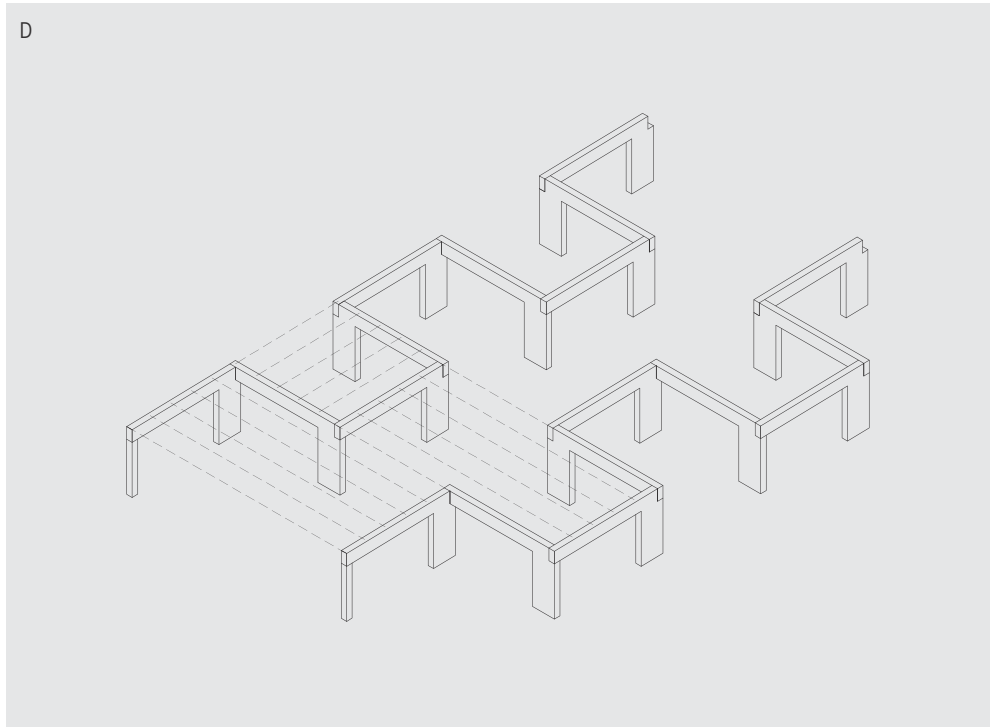
C6 Op het einde van een constructie is het niet mogelijk een raveelijzer op te leggen tussen twee welfsels.

1.5 Horizontale stabiliteit

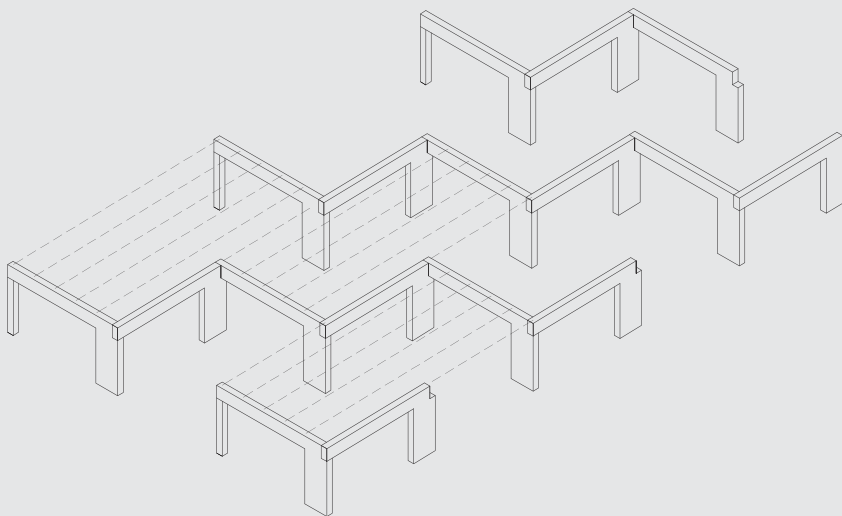
Door L-elementen loodrecht in de uitsparing van een andere L te monteren kan de constructie horizontale lasten in beide richtingen opvangen. Indien de L-elementen samen een stabiel geheel vormen is het niet nodig te rekenen op schijfwerking van vloeren, windverbanden of stijve kernen.

- D Binnen het systeem zijn er twee verschillende overspanningslengtes wat resulteert in twee types welfsels.

D

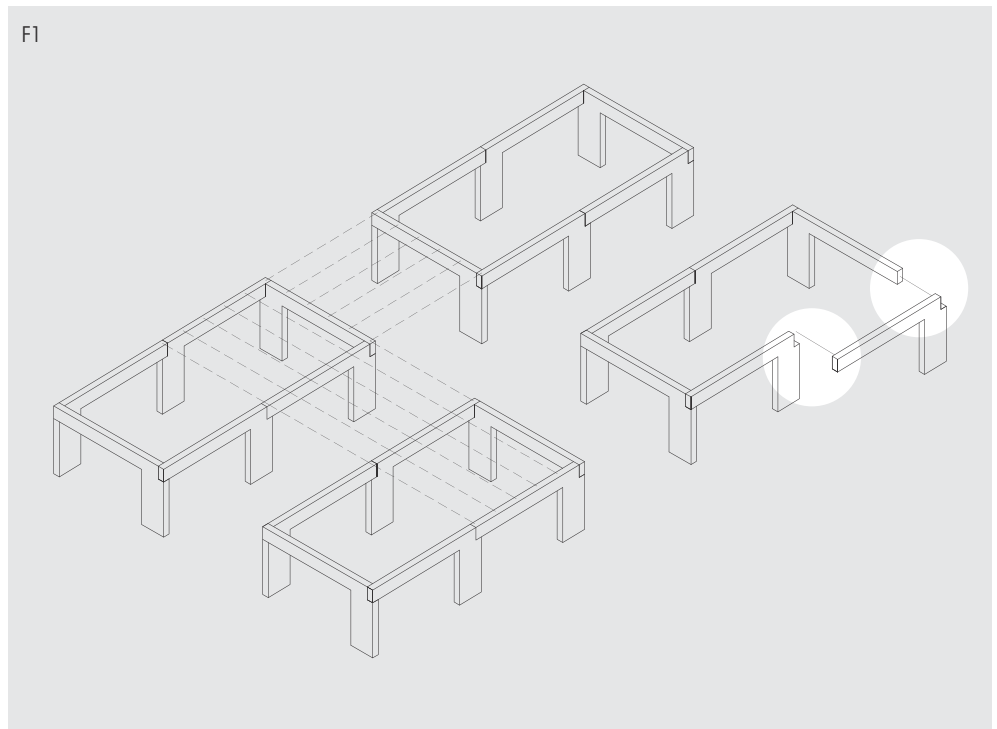


E

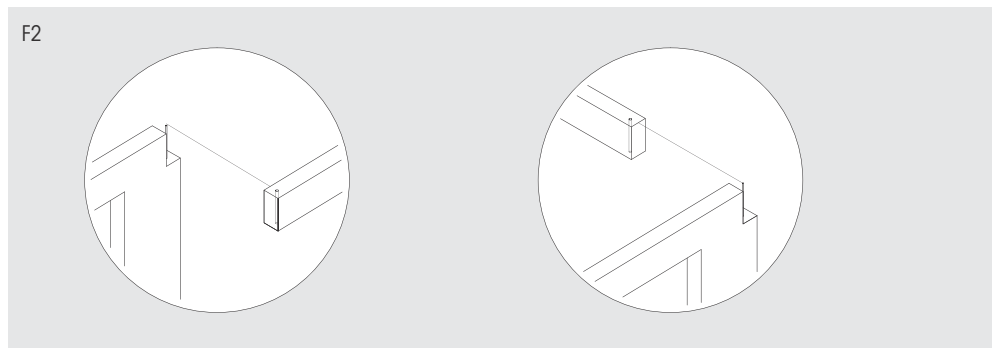


E De lange overspanningslengte van welfsels resulteert in grote constructiehoogtes. De lineaire schakeling van L-elementen is sterk ruimtebepalend.

- F1 Centraal is geen structuur aanwezig om welfsels op te laten dragen.
Bepaalde opleggingen zijn niet in twee richtingen door een L vastgehouden.



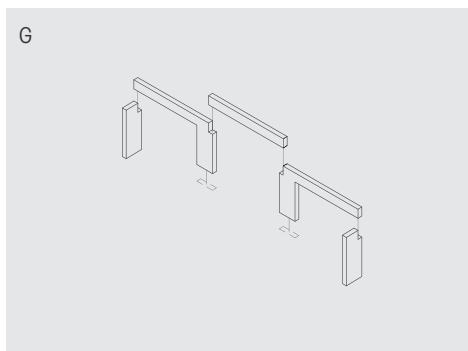
- F2 De laatste L binnen een lus is door zijn vorm moeilijk verticaal plaatsbaar en door de keuze voor verbindingen moeilijk horizontaal plaatsbaar.



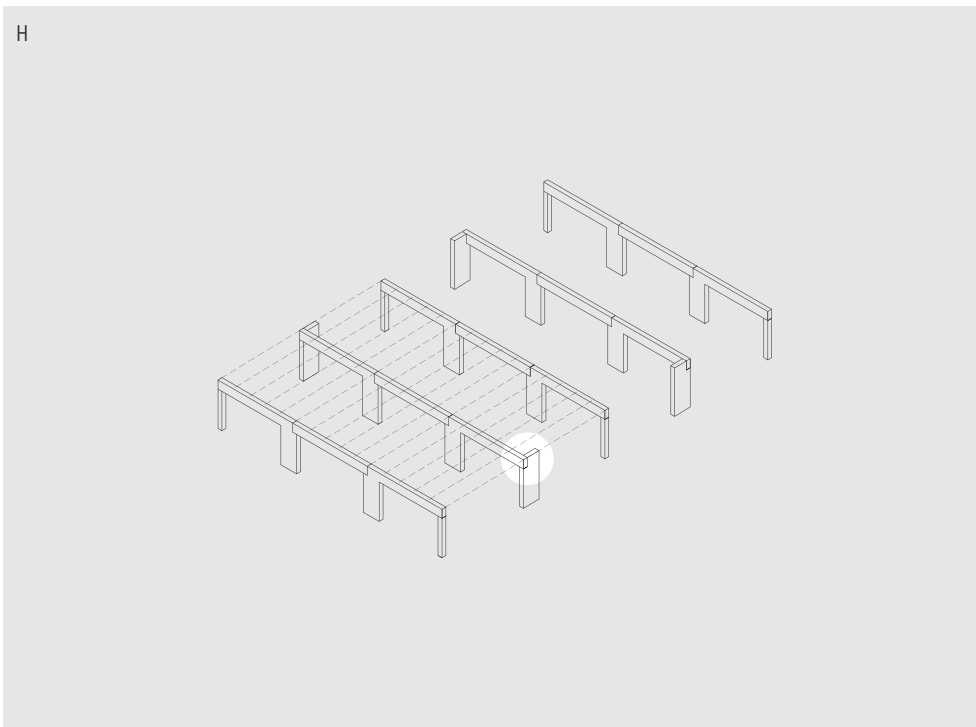
Bovenstaand structuurschema heeft twee interessante eigenschappen. Ten eerste is de overspanning tussen twee structuurlussen onafhankelijk van de lengte van een L-element. Deze overspanning zou via planontwikkelingen kunnen bepaald worden. Ten tweede ontstaan tussen de structuurlussen zones zonder balken. Dit kan praktisch zijn voor de opdeling in binnenruimtes en voor de verdeling van technieken aan het plafond.

1.6 Aanvullende elementen

Door een wand en een balk toe te voegen, kan worden afgetoetst of deze elementen nuttige aanvullingen zijn voor het systeem. De wand, als eerste toevoeging, kan horizontale belastingen opnemen in zijn lengterichting. De balk, als tweede toevoeging, kan twee L-elementen op een alternatieve wijze verbinden.

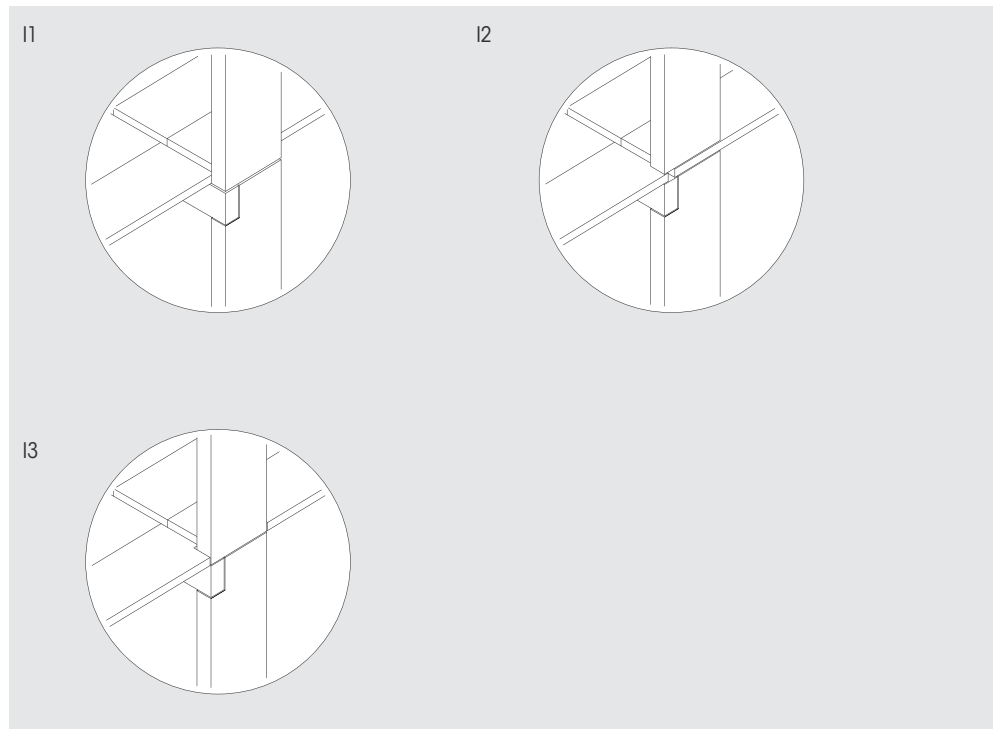


G L-elementen rusten op een uitsparing in de wand, balken op een uitsparing in de L waardoor de constructie eenvoudig te monteren is.

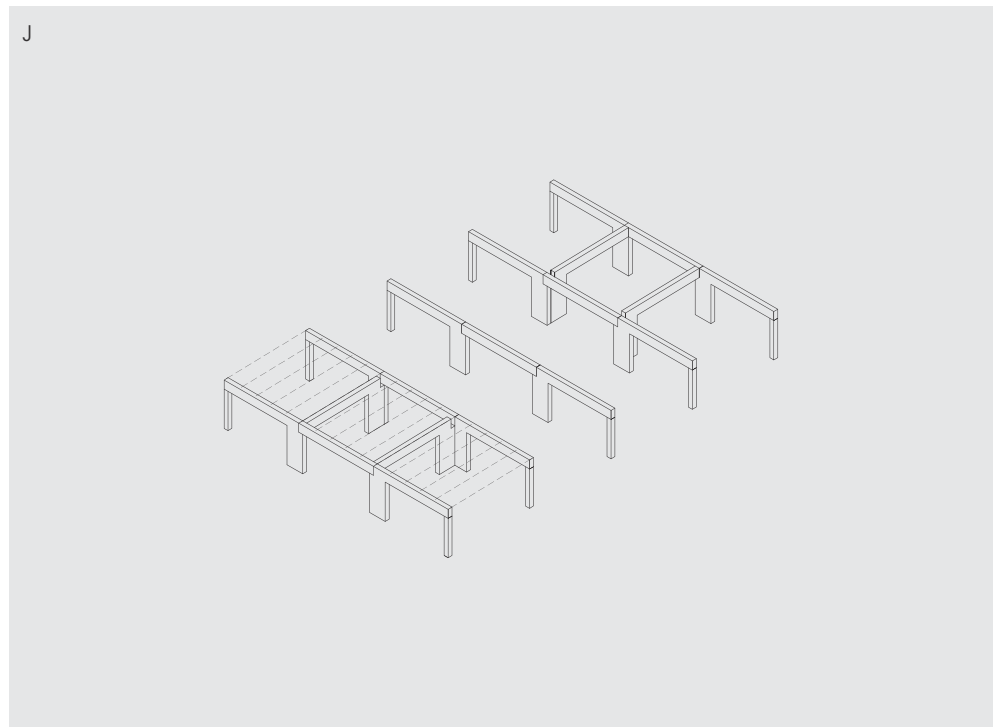


H Niet alle knopen worden door een L of wand horizontaal vastgehouden. Dit systeem is eindig. Is de toevoeging van een extra stuk wand noodzakelijk?

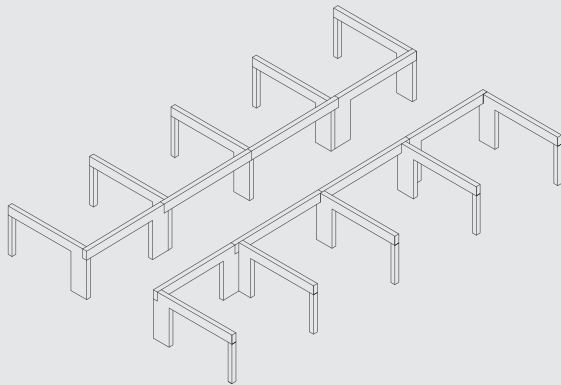
- I1 Maakt de gevelafwerking complexer.
- I2 Grote drukkracht op welfsels.
- I3 Uitsparingen verhogen het aantal unieke elementen binnen het systeem.



- J Langs de uitsparing van dwarse L'en kunnen technieken aan het plafond passeren. Dwarse L-elementen vragen echter om een nieuw type verbinding binnen het systeem. Dit systeem is eindig.



K



K Hoeken tussen wanden zijn sterk bepalend voor planvorming en ruimteontwikkeling binnen de constructie. Dit systeem is eindig.

1.7 Besluit

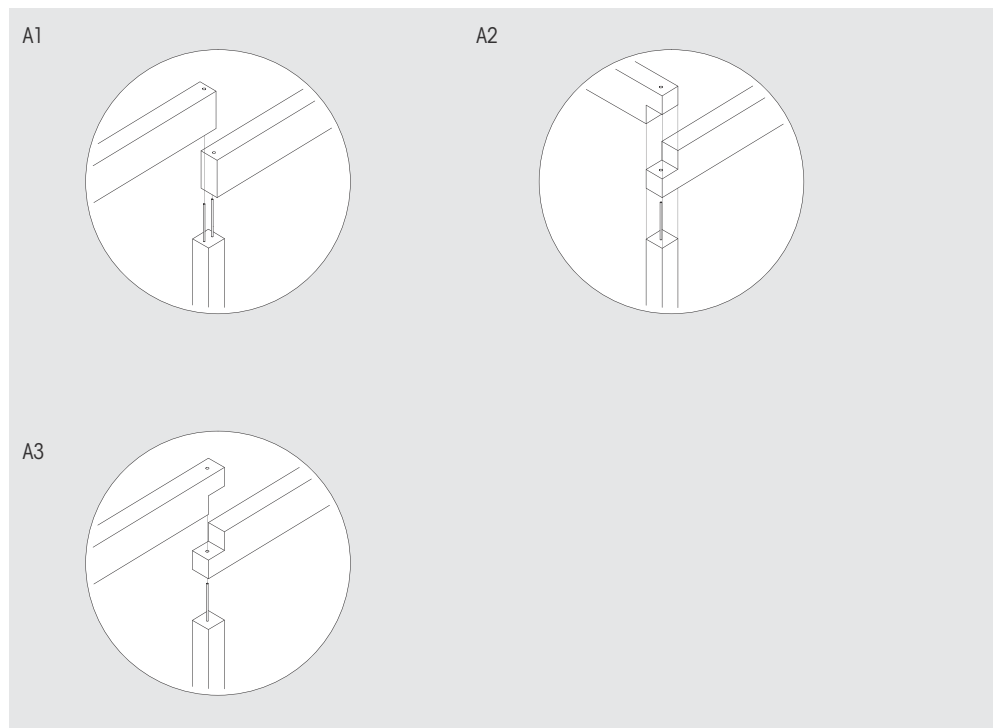
De keuze voor één oplegpunt waarop één element draagt, resulteert telkens in eindige structuren. De verbindingsknoop kan herdacht worden om toe te laten dat het systeem vanuit elke knoop in verschillende richtingen uitbreidbaar is.

2 Uitbreidbaarheid

2.1 Twee horizontale elementen per oplegzone

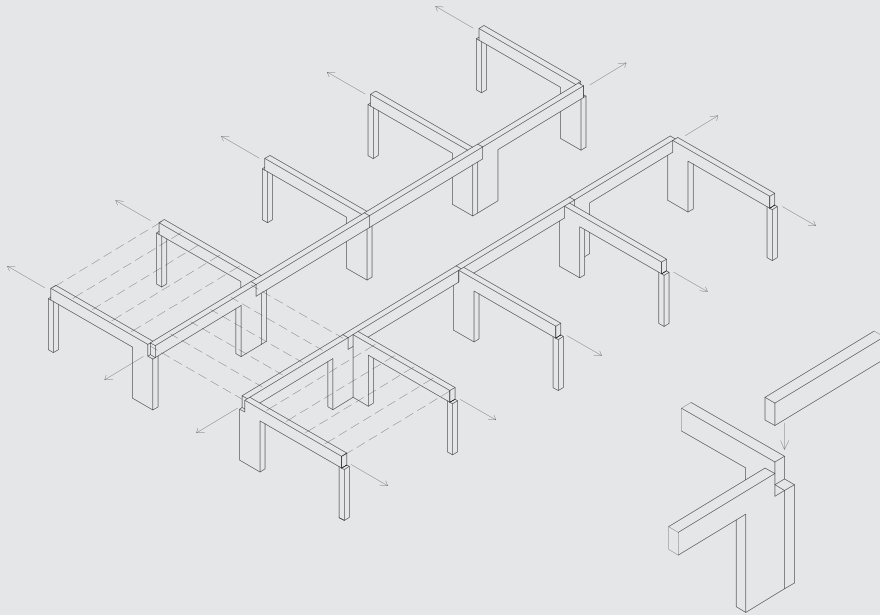
Op één oplegpunt kunnen ook twee elementen dragen als ze half opleggen of als ze op het einde van de balk een uitsparing hebben. Dit resulteert mogelijk in schema's die vanuit één knoop in verschillende richtingen uitbreidbaar zijn.

- A1 Elke balk draagt op de helft van de kolom (15cm).
De last van een balk staat excentrisch op de kolom.
- A2 Twee elementen met halve opleghoogte onder een rechte hoek.
De verticale lasten van de balken staan wel centrisch op de kolom.
- A3 Twee elementen met halve opleghoogte in het verlengde van elkaar.



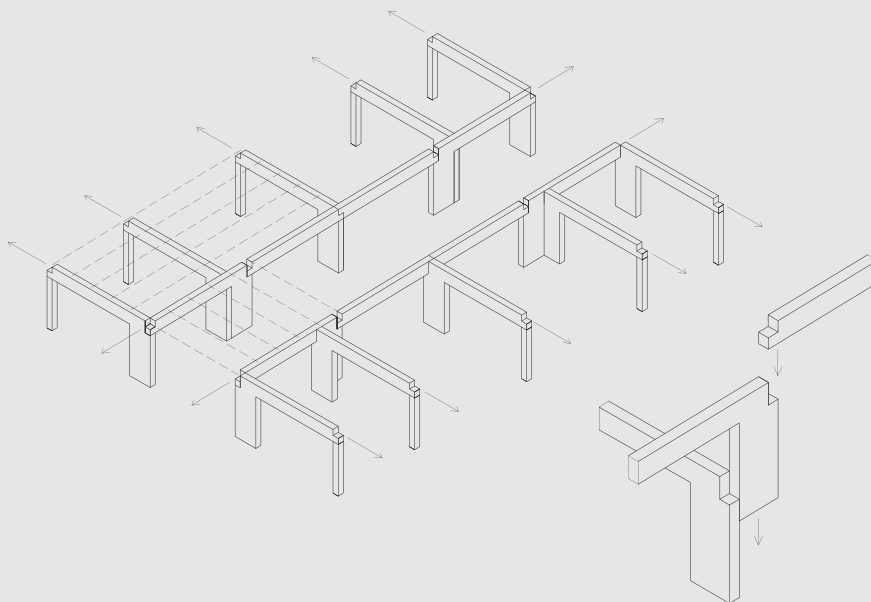
Volgende structuurvoorstellen behandelen de implicaties van gewijzigde knopen op het systeem.

B



- B Halve opleggingen maken het mogelijk om op de bestaande structuur verder te bouwen. De afwerking van het systeem moet rekening houden met de uitsparingen.

C1

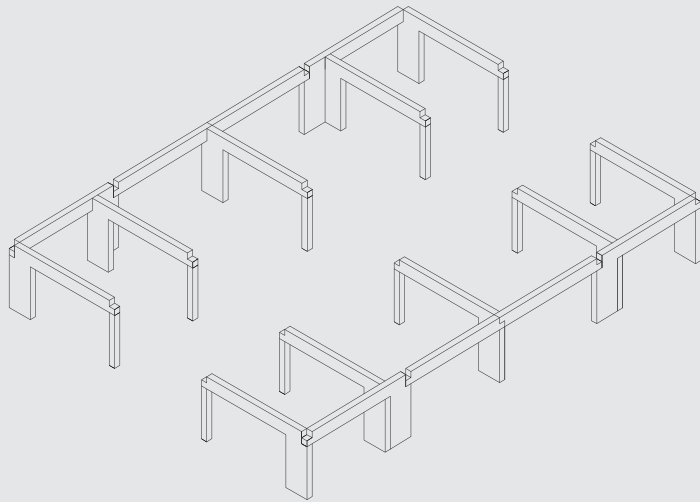


- C1 Een alternatief met een uitsparing in de kop van de balken. In dit schema variëren de overspanningslengtes van welfsels.

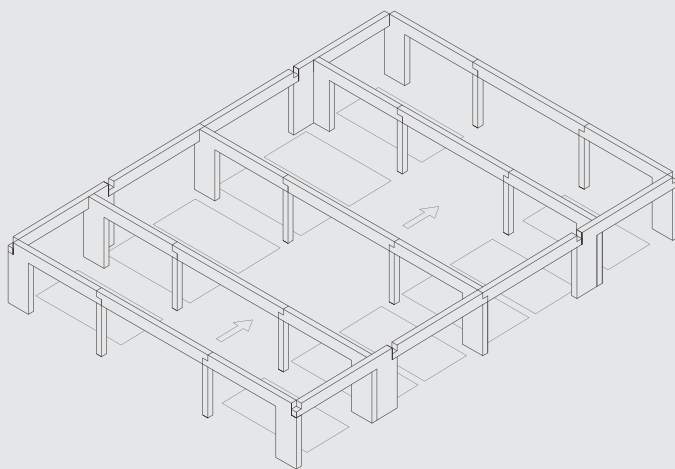
Bij wijze van illustratie wordt getoond hoe het mogelijk zou zijn een systeem zo aan te passen dat tussen de structuur geparkeerd kan worden. Het is belangrijk in het achterhoofd te houden dat vele kantoor- en woongebouwen ook draagstructuur voor een parking of garages vragen.

C2 Variant op C1 waarbij de kolommen centraal staan.

C2



C3



C3 Balken worden in de uitsparingen opgelegd.

2.2 Uitbreiden via consoles

Om de uitbreidbaarheid van het systeem te verhogen, worden aansluitpunten voorzien voor achteraf plaatsbare consoles. Een aantal vragen dringen zich op. Kunnen deze aansluitpunten demontabel ontworpen worden? Kunnen de consoles in beton worden uitgevoerd? Is een console een mogelijk alternatief voor de uitsparing? Worden aansluitpunten in staal voorzien? Is het mogelijk bij het ontwerpen van deze verbindingen rekening te houden met de eigenschappen² van een betonconstructie?

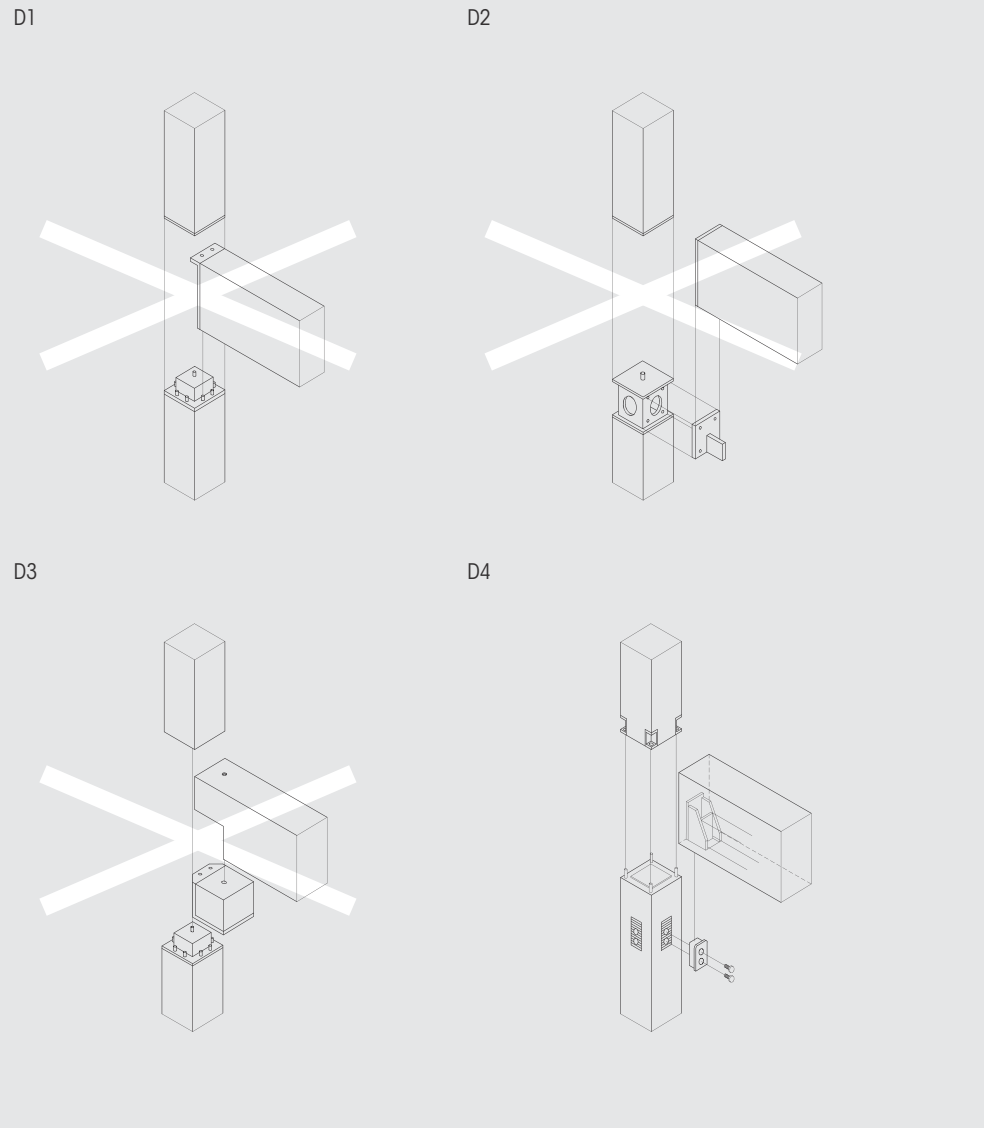
Beton is in vergelijking met staal een materiaal met goede brandwerende eigenschappen maar heeft bij plaatsing grote maattoleranties.

D1 Stalen verbinding waarbij een grote schuiflast een beperkte staaldoorsnede belast.

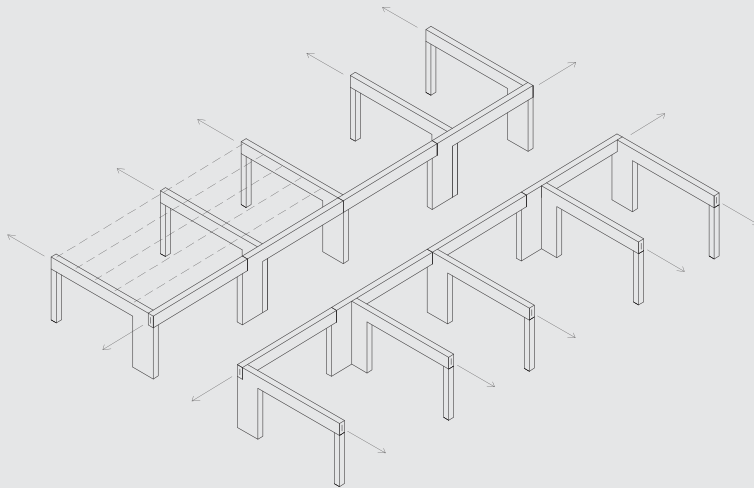
D2 Stalen verbinding waarbij een grote schuiflast een lasverbinding belast.

D3 Een betonconsole via een stalen verbinding. Een verticale kracht belast een kleine staaldoorsnede.

D4 Verbinding met verborgen staalconsole van de firma Peikko. Referentieboek p.32
Indien deze verbinding gebruikt wordt is het ontwerp productafhankelijk. Dit is in strijd met de wens elementaire verbindingen te gebruiken.

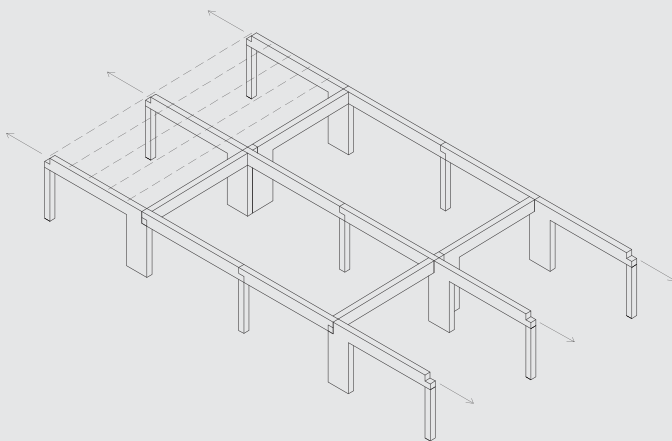


E



E Peikko consoles op het uiteinde van de L zorgen er voor dat de constructie later nog kan uitbreiden zonder verticale steunen te ontdubbelen.

F



F Kan alleen product afhankelijk gewerkt worden? Zijn halve opleggingen een beter alternatief?

2.3 Een grotere uitsparing in het L-element.

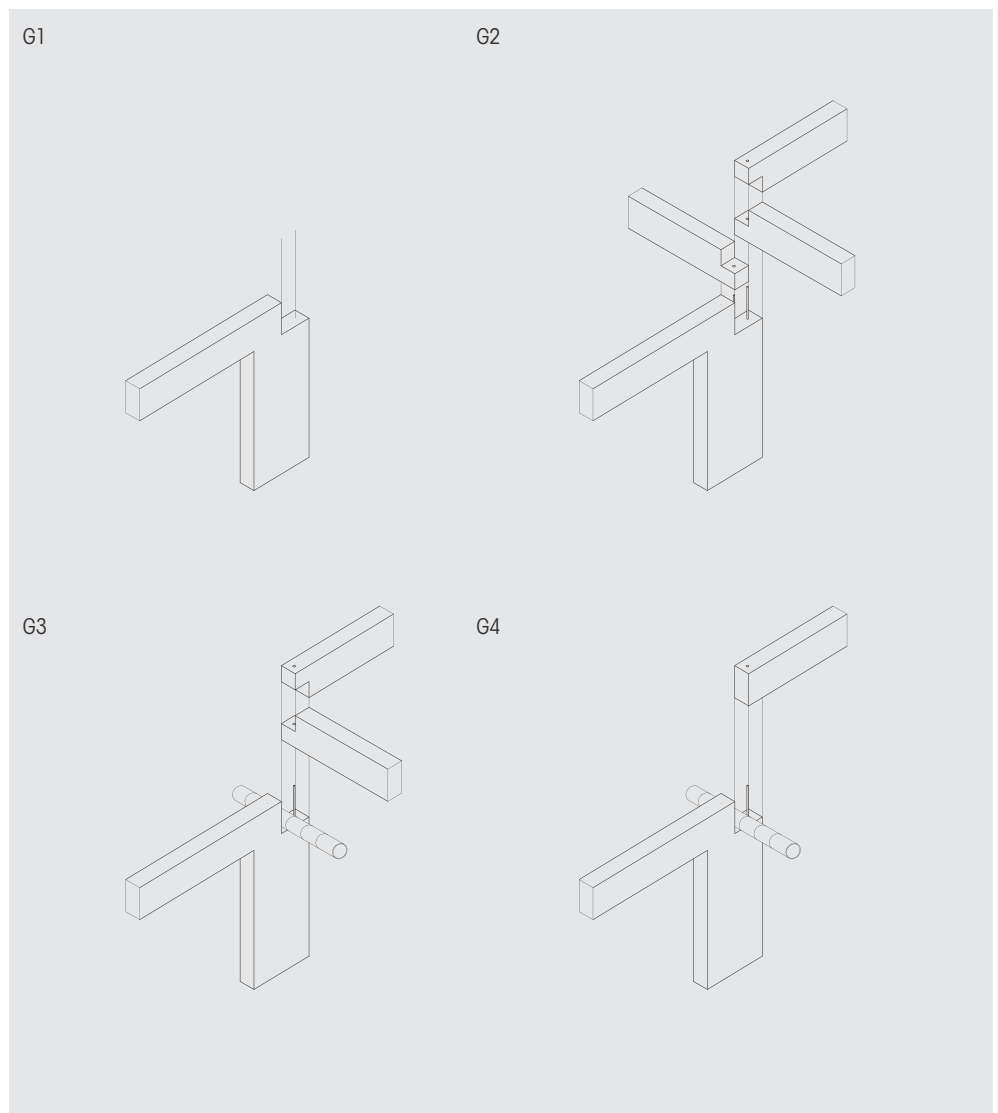
Door het vergroten van de uitsparing in het L-element kunnen meerdere horizontale elementen hierop rusten. Indien slechts een deel van de uitsparing wordt gebruikt, kunnen via het andere deel technieken aan het plafond een balkenlijn kruisen. Het is cruciaal dat de uitsparing aan de achterzijde van de L nooit te groot wordt zodat het balkdeel ten allen tijde momentvast verbonden is met het wanddeel.

G1 Twee oplegzones bij een uitsparing van 30cm x 60 cm.

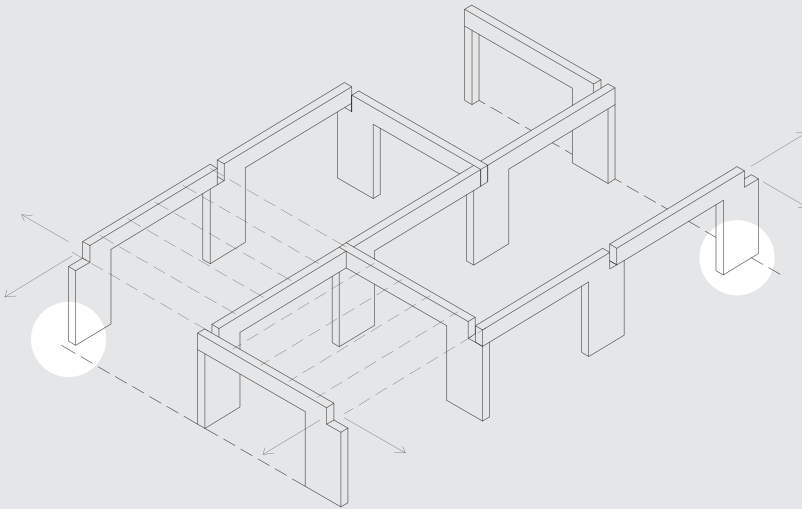
G2 Drie elementen met halve opleghoogte.

G3 Twee elementen met halve opleghoogte en een passage voor technieken.

G4 L-element zonder uitsparing in het balkdeel en een passage voor technieken.



H

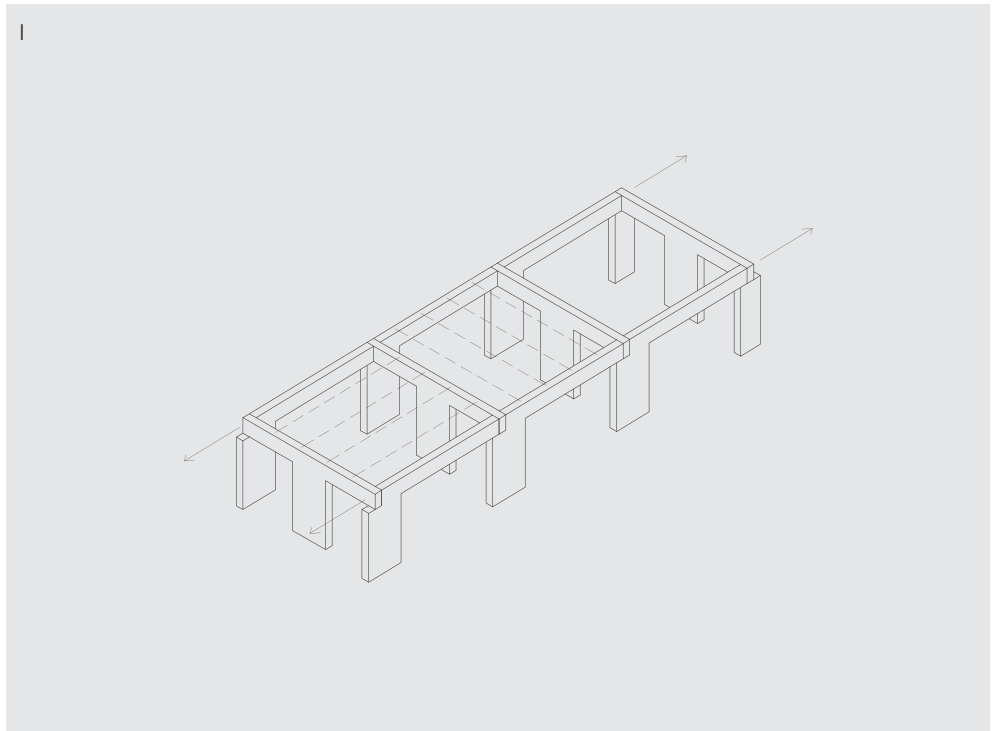


H Complexe uitbreidbaarheid waarbij de structurele lijnen verspringen als gevolg van het werken met twee oplegpunten.

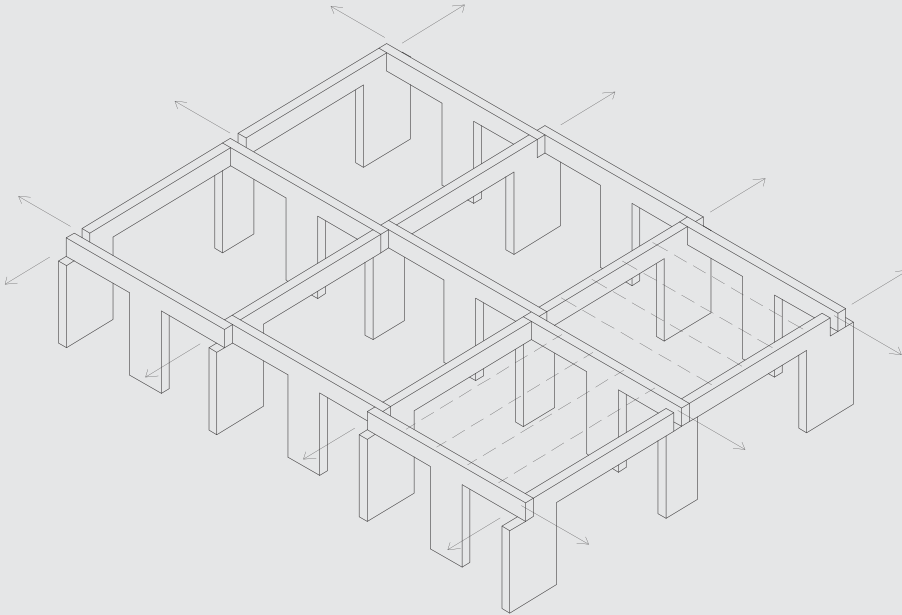
2.4 Een T-element als aanvulling op het L-element.

Het is moeilijk enkel met de L-vorm een eenvoudig uitbreidbaar schema te bekomen. Een mogelijke oplossing is de introductie van een T-element binnen het systeem. De horizontale stabiliteit van elk steunpunt kan in beide richtingen worden gewaarborgd door een T tussen de L'en te plaatsen. Daarbij wordt vermeden dat wanden onder 90 graden tegen elkaar komen te staan zoals in figuren B en C.

- I Het systeem is slechts in één richting uitbreidbaar.

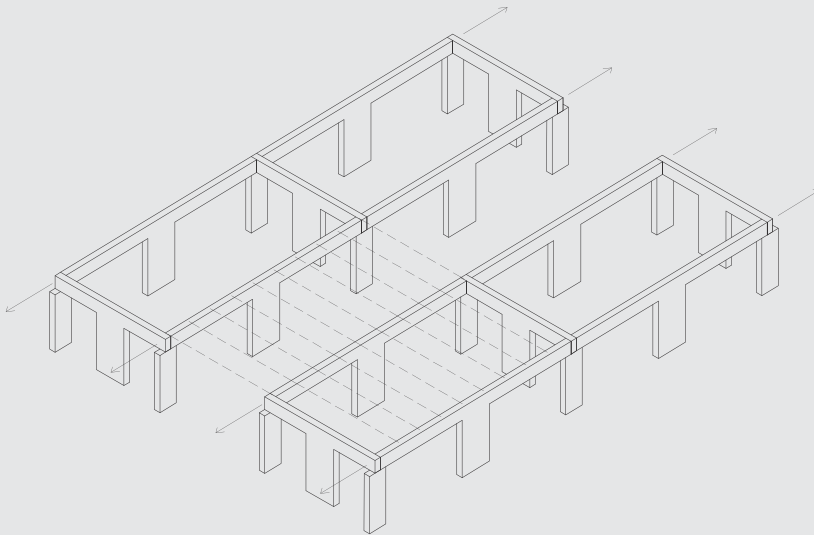


J



J Drie mogelijke oplossingen om de constructie eenvoudig uitbreidbaar te maken, worden uitgeprobeerd. Als eerste oplossing het toevoegen van een wand als startelement. Als tweede het verlengen van de wand aan de L om drie oplegpunten te realiseren. En als derde het toevoegen van een T-element. Alle bovenstaande suggesties overdimensioneren de structuur. Bovendien staan de T-elementen niet op een rechte lijn.

K



K De L is binnen dit systeem afwezig.

2.5 Twee consoles als aanvulling op de uitsparing

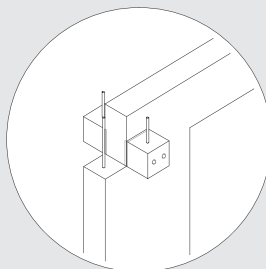
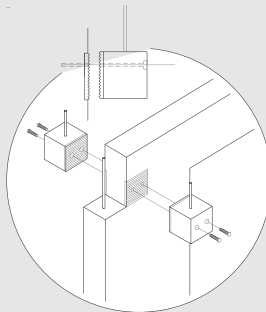
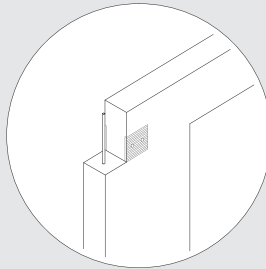
Aan het L-element worden verbindingen voorzien waaraan later consoles kunnen worden bevestigd. Hierdoor wordt het mogelijk drie horizontale elementen aan te sluiten op de achterzijde van de L. Daar waar consoles hinderlijk zijn, bijvoorbeeld voor het ontwikkelen van de gevels, worden ze nog niet gemonteerd.

L1 Een betonnen console (30cm x 30cm) wordt op analoge wijze als de Peikko console demontabel aan de L bevestigd.

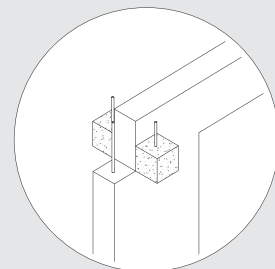
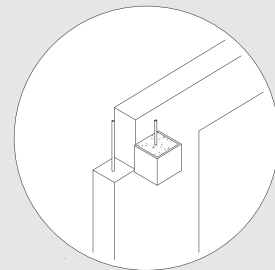
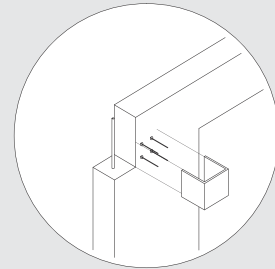
L2 Betonnen consoles worden via wapeningsstaven met schroefdraad achteraf aan de L-vorm gebetonneerd.

Bron: S. Van Haecke, B. Willemyns, Alternatieve oplossingen voor de realisatie van consoles aan geprefabriceerde betonelementen, Masterproef UGent, Gent, 2008.

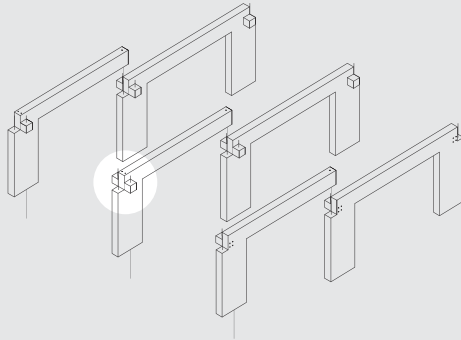
L1



L2

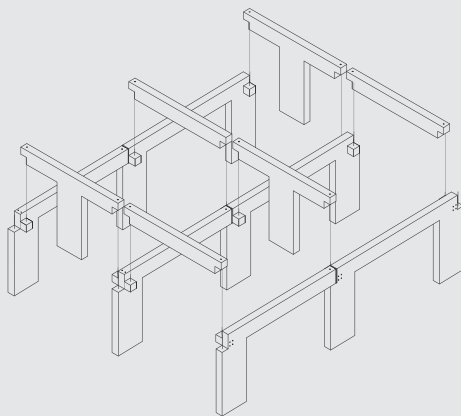


M1



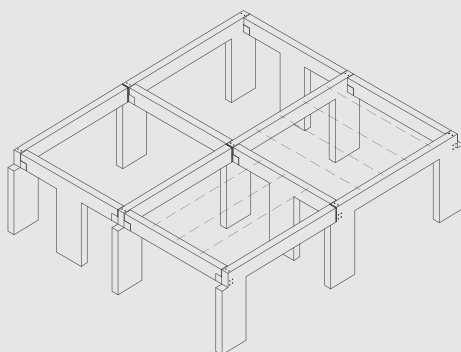
M1 Vanop een startelement met twee wanden worden L-elementen gemonteerd. Hierdoor zijn enkel wanden en geen kolommen binnen het systeem aanwezig.

M2



M2 Voor elke structurele lijn wordt minimaal één T-element voorzien om de horizontale stijfheid te garanderen. De andere overspanningen worden gerealiseerd door balken om het aantal wanden te beperken.

M3



M3 Elk steunpunt wordt in twee richtingen ofwel door een L ofwel door een T vastgehouden. Welfsels kunnen in beide richtingen dragen.

2.6 Verticale uitbreidbaarheid

Onderzoek naar verticale uitbreidbaarheid start met een aantal vragen. Is het mogelijk dit systeem in verticale richting demontabel uit te breiden? Hoe dragen welfsels ter hoogte van wanden? Hoe wordt omgegaan met een uitsparing in de L aan het einde van de constructie?

Onderstaande voorstellen zoeken naar antwoorden.

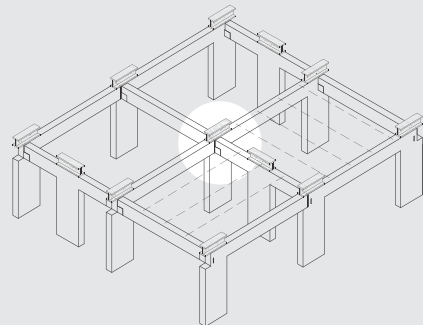
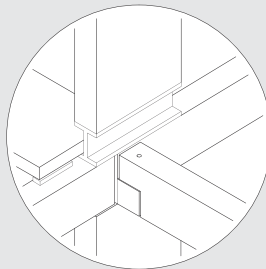
- N1 Zoeken naar een knoop om consoles voor de welfsels of uitsparingen te vermijden. Een stalen profiel verbindt twee L-elementen via bouten demontabel met elkaar.

Nadelen:

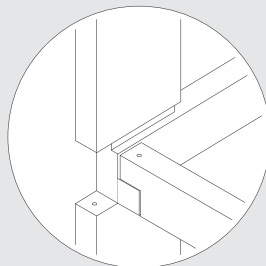
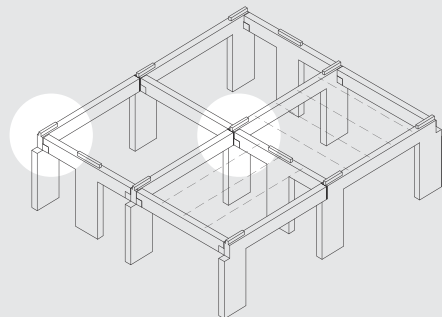
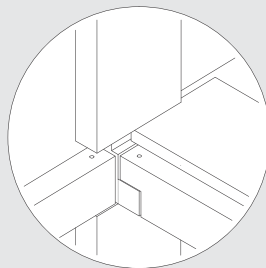
De uitvoering in staal binnen de context van een betonstructuur. Het stalen lijf wordt door een grote drukkracht belast. Welfsels rusten op flenzen met een zekere dikte.

- N2 De verticale verbinding wordt gerealiseerd door een console in beton. Doordat deze een breedte heeft van 12cm kunnen welfsels aan beide zijden 9 cm opliggen. Het is moeilijk deze verbinding demontabel uit te voeren zonder een opening te voorzien in de wand voor bouten. Aan het einde van de structuur moet een oplossing worden gevonden voor de wanden die deels in uitkraging zijn.

N1

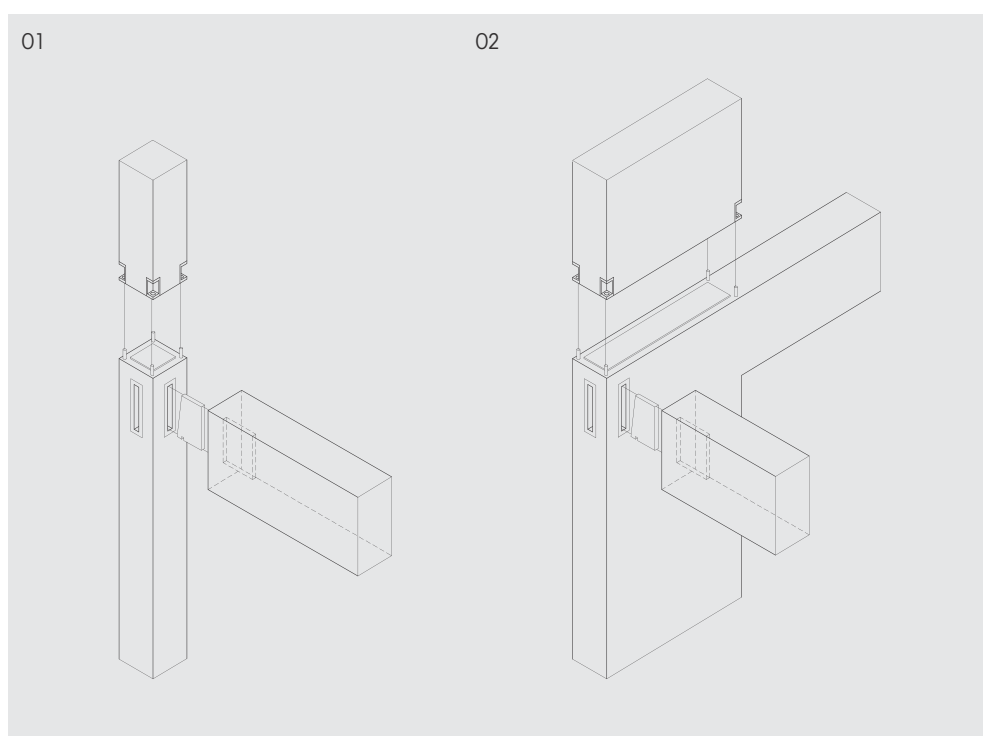


N2



2.7 Verbindingen met centrale stalen plaat

Door het uiteinde van de L niet langer van een uitsparing te voorzien, ontstaan een aantal mogelijkheden. Ten eerste kunnen verticale wanden over hun volledige lengte aan de onderstaande L worden bevestigd. Ten tweede kunnen tot drie horizontale elementen op de achterzijde van de L aansluiten. Dit kan de uitbreidbaarheid zowel in horizontale als in verticale richting vereenvoudigen.



01 Kolom met vier aansluitpunten.

02 L met drie aansluitpunten.

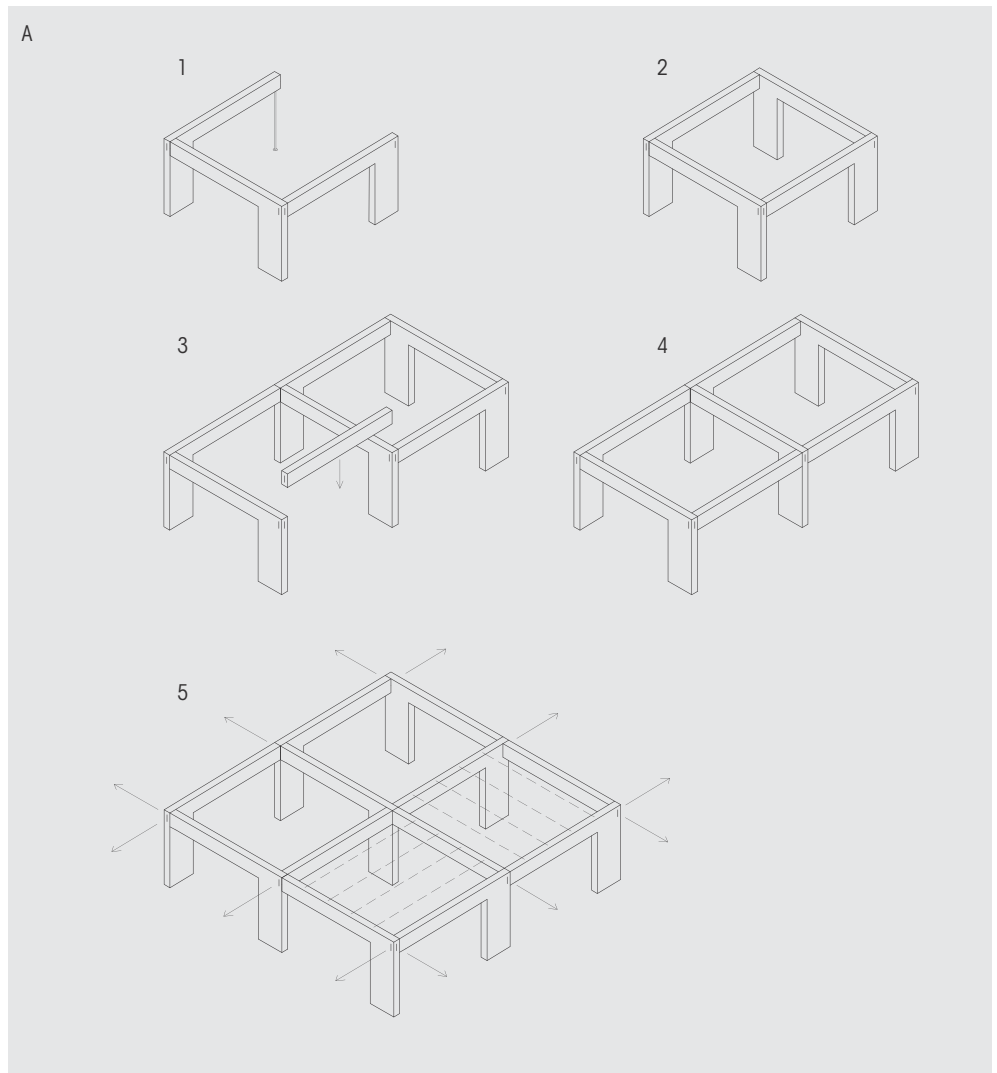
Deze verbinding is een Hakron BSF balk/kolom verbinding. Via mail bevestigt de firma Hakron dat deze verbinding demontabel kan worden opgevat indien ze in roestvrij staal wordt uitgevoerd of een beschermende coating krijgt. Referentieboek p.31

3 Demontabel systeem

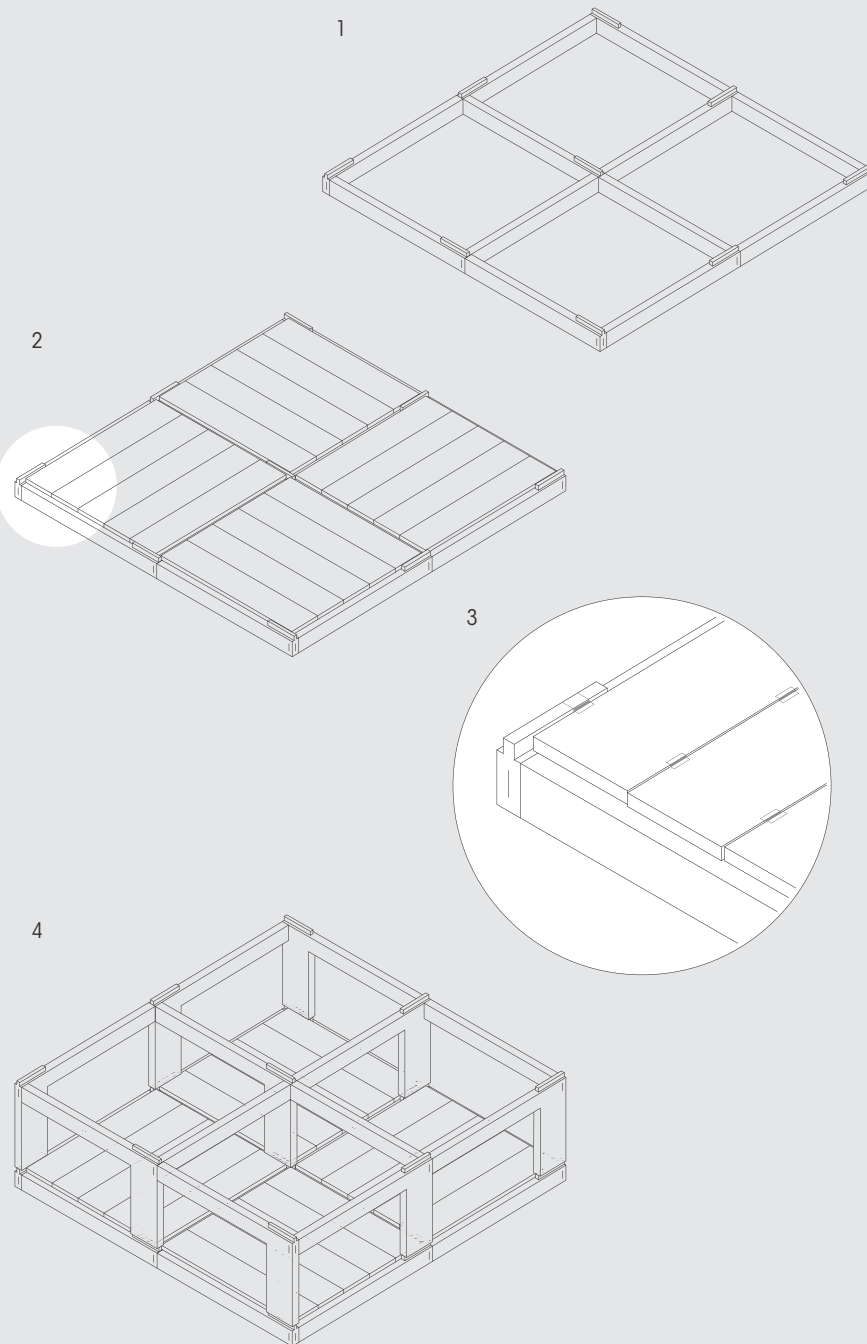
3.1 Elementen en opbouwlogica

De achterzijde van de L wordt een aansluitpunt voor drie horizontale elementen. Hierdoor is het mogelijk met L-elementen en balken een uitbreidbare en demontabele structuur te bouwen. Voor verticale uitbreiding van de structuur, getoond op volgende pagina, wordt gebruik gemaakt van de console ontwikkeld in tekening N2 (in hoofdstuk 2 uitbreidbaarheid).

- A1 Met behulp van een tijdelijke steun worden vier L-elementen in een lus aan elkaar bevestigd.
- A2 Deze lus vormt de startconstructie voor het systeem.
- A3 De balk maakt het mogelijk een volgende lus te sluiten zonder dat twee wanden in een hoek tegen elkaar komen te staan.
- A4 Uitbreidbare structuur.
- A5 Het systeem, bestaande uit twee elementen, kan ten allen tijde verder worden uitgebreid. Bovendien zijn slechts een beperkt aantal verschillende verbindingen nodig: de Hakron verbinding, een console voor verticale uitbreiding en een op-legging van welfsels op balken.

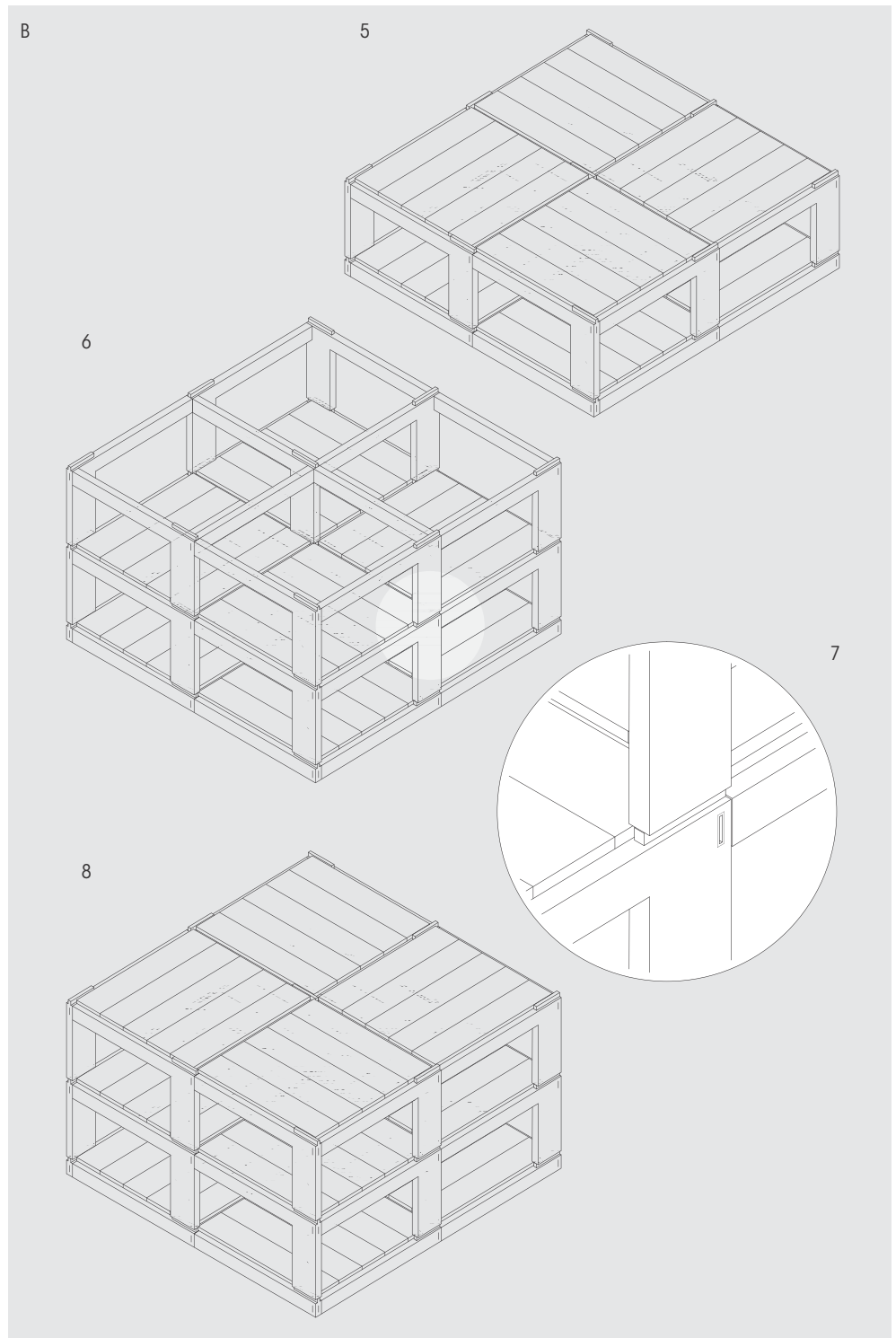


B

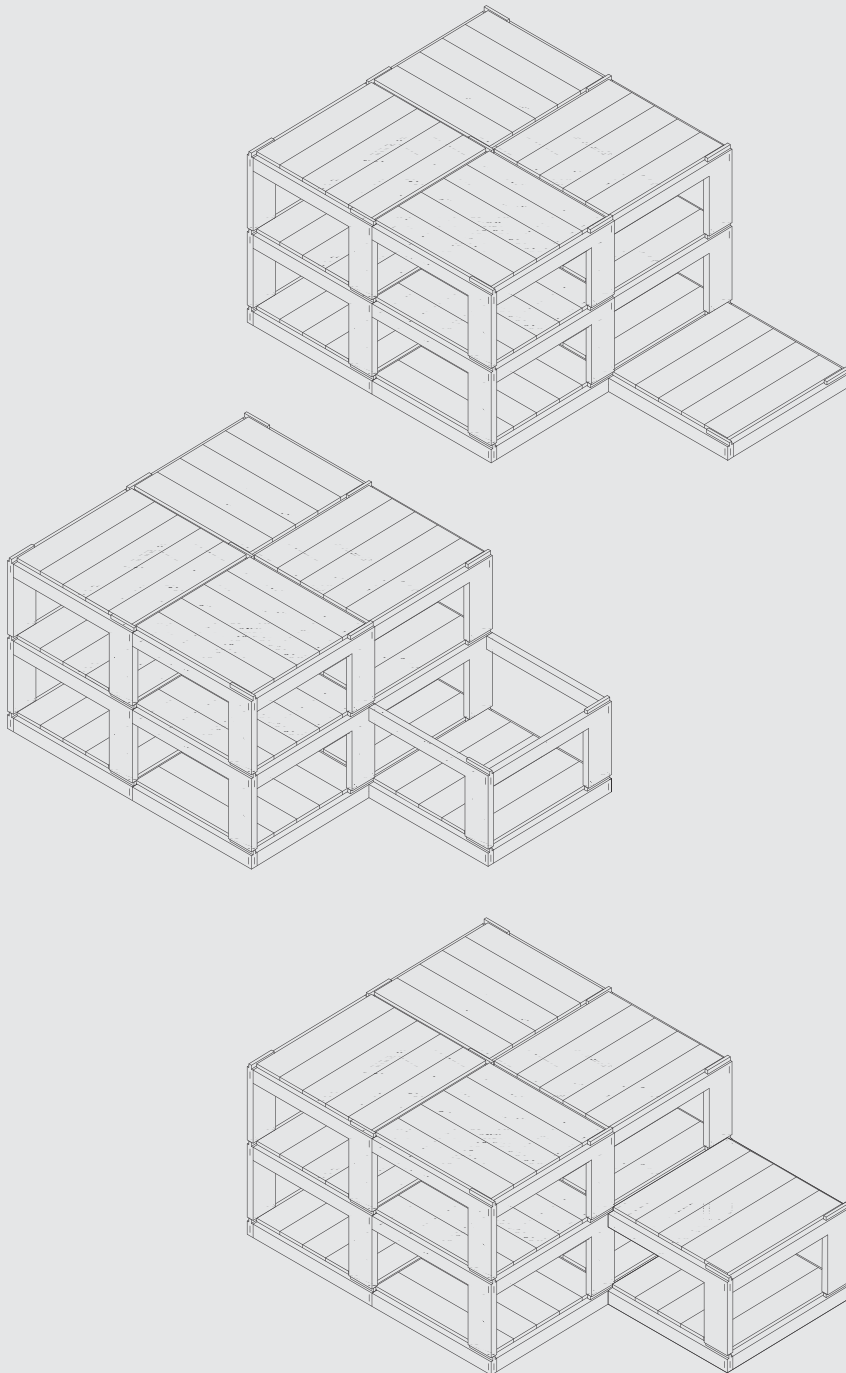


- B1 Funderingsbalken vormen een mogelijke basis om de structuur op te bouwen.
- B2 De welfsels van de gelijkvloerse verdieping worden opgelegd met tenminste de nominale opleglengte (deze bedraagt ongeveer 8cm bij welfsels van 15cm hoog). De draagrichting van de welfsels kan vrij worden bepaald.
- B3 Welfsels kunnen aan elkaar en aan de consoles worden vastgelast om differentiële doorbuiging te vermijden en de constructie te zekeren tegen accidentele belastingen. Deze lassen kunnen terug worden opengeslepen waardoor de constructie demontabel blijft.
- B4 Een nieuwe reeks L-elementen en balken wordt op de consoles bevestigd.

- B5 Consoles maken verticale uitbreiding mogelijk.
- B6 Plaatsen van nieuwe L-elementen en balken.
- B7 Plaatsing van welfsels.
- B8 Detail van een knoop. Alternatieven voor deze knoop zijn te vinden in afbeelding I van dit hoofdstuk.



C



- C De verbindingen maken het mogelijk in een latere fase het systeem nog verder uit te breiden met dezelfde elementen.

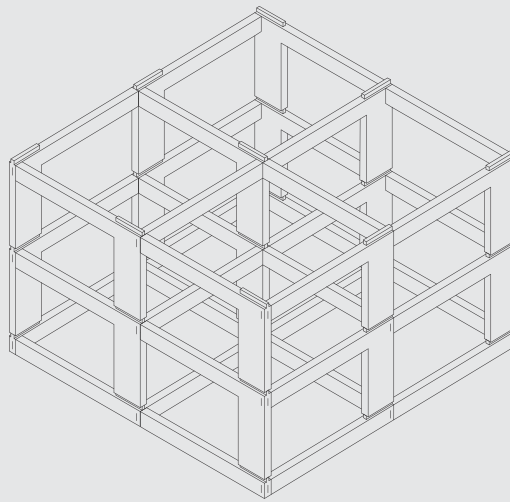
De wijze waarop L-elementen binnen de structuur geschikt staan, zal bepalen of delen van de constructie terug afgebroken kunnen worden. Zo is het deel dat in deze tekening wordt bijgebouwd ook terug afbreekbaar zonder de hele constructie te moeten demonteren.

3.2 Vrije plaatsing van welfsels.

Doordat elke knoop horizontaal in twee richtingen wordt vastgehouden door L-elementen en balken is schijfwerking van de welfsels niet noodzakelijk voor de horizontale stabiliteit. Er kan dus vrij worden bepaald waar welfsels nodig zijn en in welke richting ze dragen.

D De structuur van L-elementen en balken kan horizontale lasten opnemen en die doorgeven aan de fundering.

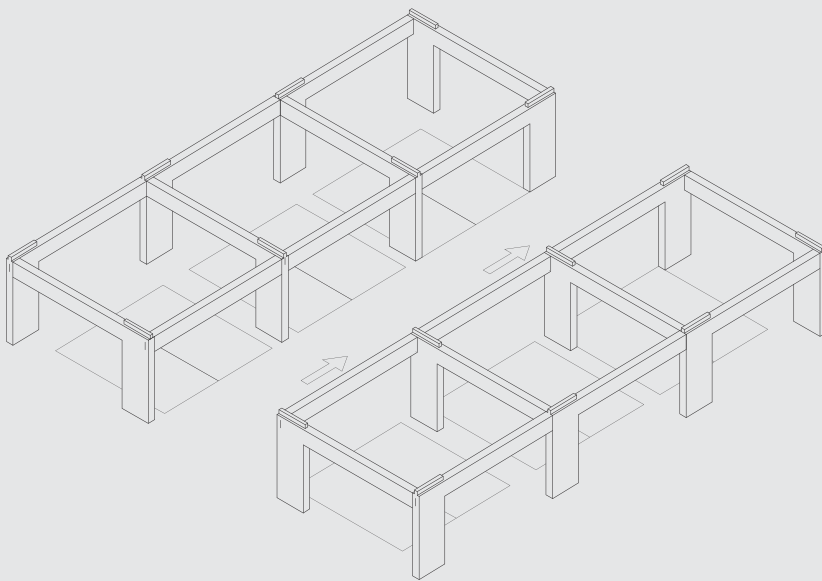
D



3.3 Parkeertest

Door de strategische schikking van L-elementen is het mogelijk te parkeren binnen de structuur. Hierbij staan alle centrale wanden, op één uitzondering na, gedraaid in de lengterichting van de parkeerplaatsen.

E

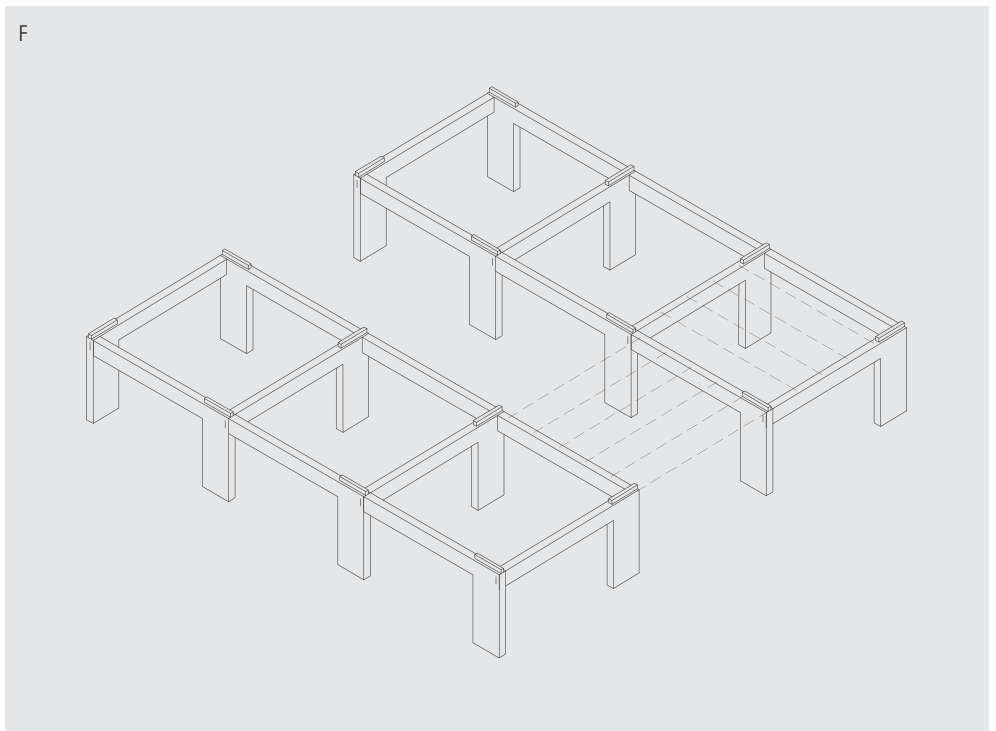


E Parkeerstructuur waarbij de afstand tussen de aslijnen van de structuur 6,2m bedraagt. De wanden zijn 30cm breed.

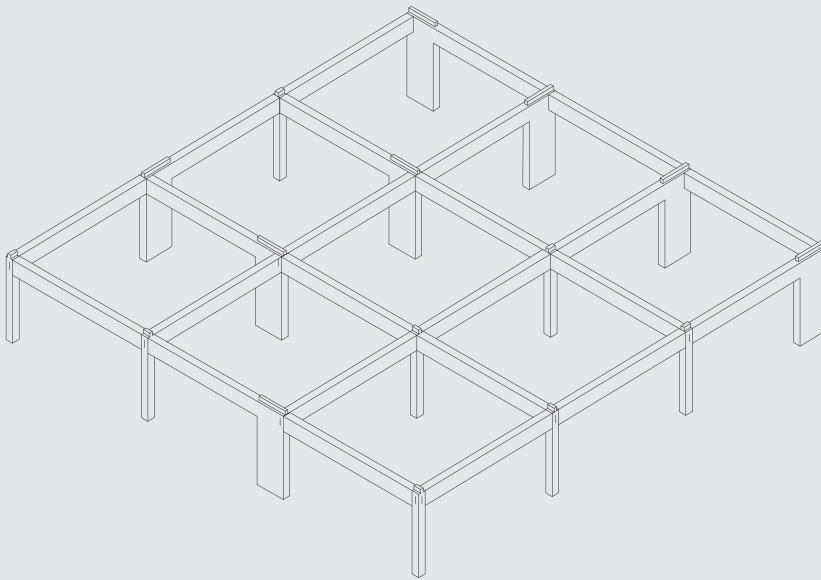
3.4 Structuurvarianties

Twee variaties op het demontabel systeem tonen alternatieven voor de ontwikkelde structuur. Ook onderzoek naar verticale circulatie, gevels, plannen en technieken kan het structurele systeem nog beïnvloeden. In het volgende hoofdstuk vormt de integratie van technieken de aanleiding om de structuur volledig te herdenken.

F Door de structuur op te splitsen in twee stijve delen ontstaat tussenin een strook waarvan de breedte onafhankelijk is van de lengte van het L-element. Deze strook heeft bovendien geen doorhangende balken. Deze voordelen worden voor het eerst aangehaald in systeem D uit deel 2 van dit onderzoek.



G

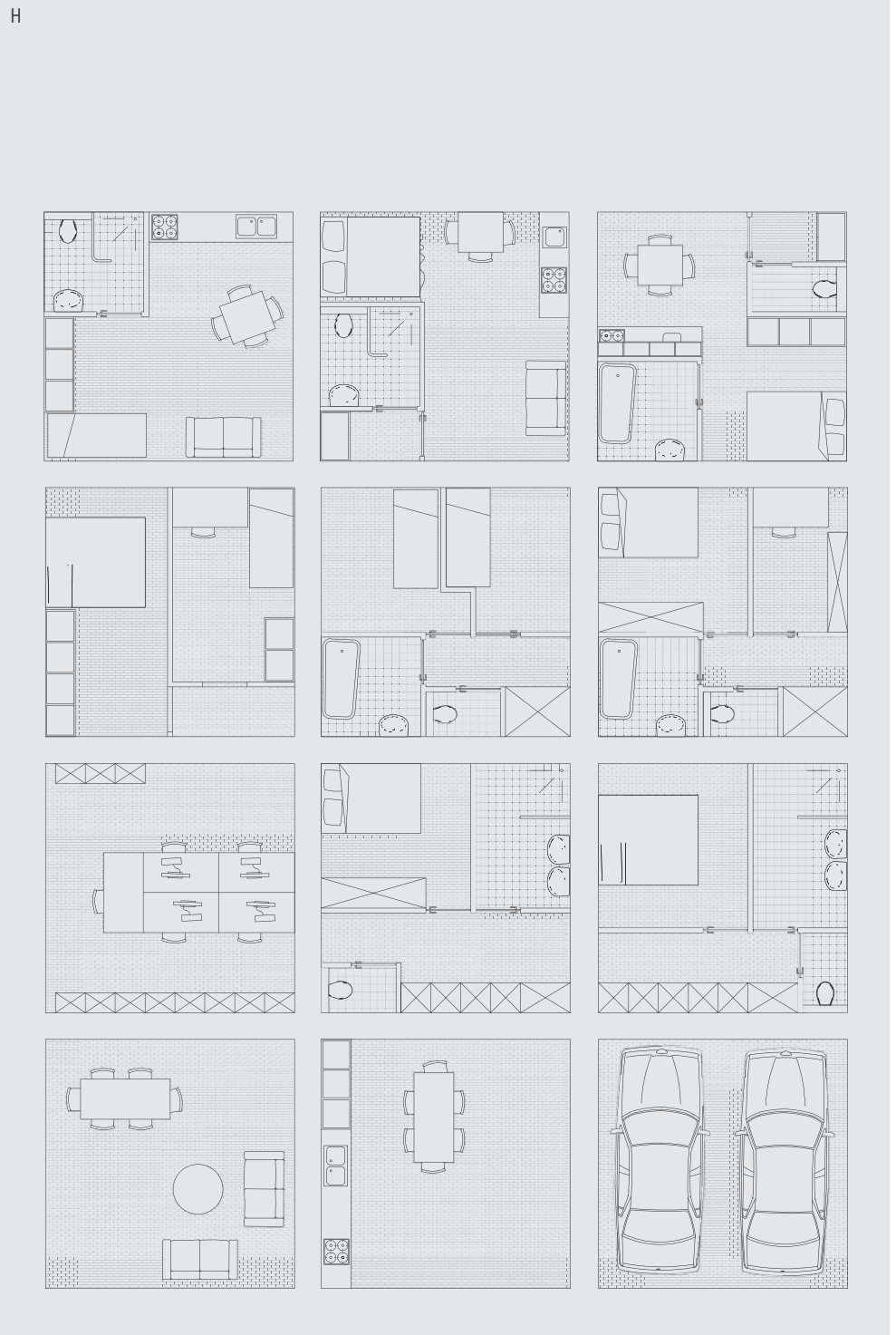


- G Een alternatief waarbij een kolom aan het systeem wordt toegevoegd. Één L per structuurlijn zou kunnen volstaan om de horizontale lasten op te vangen. L-elementen vervangen door kolommen reduceert de hoeveelheid materiaal in de constructie.

3.5 Structuurdimensies aftoetsen

De planfragmenten uit volgende afbeelding tonen aan welke mogelijke indelingen er zijn voor een structuur van 5m x 5m. Voor een structuur van 7,5m x 7,5m wordt verwezen naar de plannen uit hoofdstuk 3 in het verkennend deel (Een grid als plangenerator).

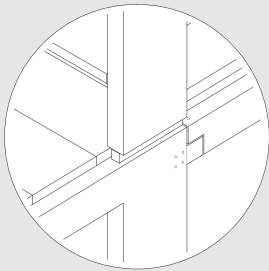
H Planfragmenten tonen de mogelijkheden voor studio's, slaapkamers, keukens, werkruimtes, garages ... binnen een structuur van 5m x 5m.



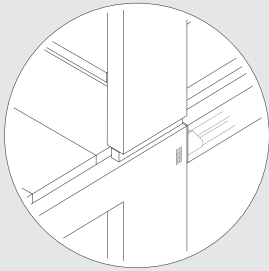
3.6 Alternatieve verbindingsmethodes

Het demontabele systeem werd ontwikkeld met gebruik van de Hakron verbinding. Door twee alternatieven voor deze verbinding voor te stellen, wordt aangetoond dat het systeem ook productonafhankelijk kan worden opgebouwd.

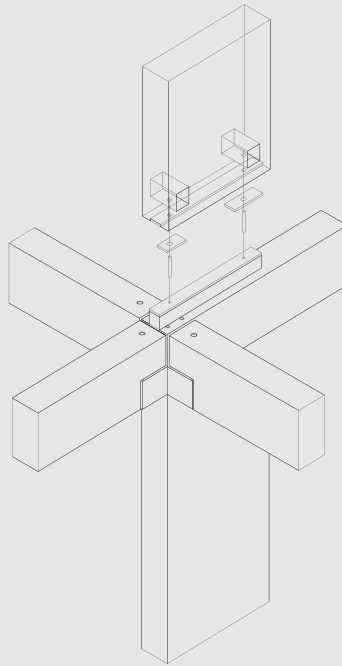
I1



I2



I3



I1 Verbinding gerealiseerd door middel van achteraf aangebrachte consoles. (zie ook afbeelding L2 uit hoofdstuk 2)

I2 Verbinding via een staalconsole van Peikko. (zie ook afbeelding D4 uit hoofdstuk 2)

I3 Verticale uitbreiding via een demontabele verbinding. Horizontale uitbreiding via een betonconsole. De openingen in de wand voor het bevestigen van bouten blijven zichtbaar of worden afgewerkt. De betonconsole en onderzijde van de wand krijgen een stalen plaat ter bescherming van het beton als de constructie regelmatig gedemonteerd wordt.

3.7 Berekeningsnota

Een beknopte berekeningsnota controleert de nodige hoogte van de welfsels en de betonnen balken die tussen de L-elementen dragen.

Voor de welfsels wordt gecontroleerd of een constructieve hoogte van 15cm kan volstaan. Daarbij speelt de keuze van de prefabproducent geen grote rol omdat de beschikbare hoogtes en de draagkracht van welfsels vrij analoog is bij verschillende firma's. Voor deze berekening wordt de firma Fingo gekozen.

1. Welfsels

Permanente lasten:

$$2 \text{ kN/m}^2 \times 1,35 = 2,7 \text{ kN/m}^2$$

2 kN/m² voor de afwerking

(2,7 kN/m² ten gevolge van het eigengewicht behoort niet tot de nuttige belasting die op de productfiche vermeld staat)

Variabele lasten:

$$1,2 \text{ m} \times 3 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

3 kN/m² ten gevolge van gebruiksklasse II

(constructie ook bruikbaar voor klaslokalen, restaurants, kantoorfunctie,...)

Totale lasten:

$$2,7 + 4,5 = 7,2 \text{ kN/m}^2$$

Op de technische fiche kan worden afgelezen dat een welfsel zonder druklaag deze belasting net kan opnemen.

2. Balken

De balken hebben een lengte van 6,3m, een breedte van 30cm en een hoogte van 60cm.

Betonkwaliteit C50/60 (veiligheid beton = 1,5)

Staalkwaliteit 500 (veiligheid staal 1,15)

Eigengewicht van de balken: $0,3 \times 0,6 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 4,5 \text{ kN/m}$

Belasting/m:

$$4,5 \text{ kN/m} \times 1,35 + (2,7 \text{ kN/m}^2 + 7,2 \text{ kN/m}^2) \times 6,3 \text{ m} = 65,4 \text{ kN/m}$$

2,7 kN/m² is het eigengewicht van de welfsels en een balk draagt de helft van alle welfsels die er op liggen.

Het buigend moment is het grootst centraal in de overspanning:

$$M = 65,4 \times 6,3^2 / 8 = 324,5 \text{ kNm}$$

Voor de controle van de betondoorsnede wordt gebruik gemaakt van het boek 'Gewapend beton'.¹

Veronderstelling van een eenvoudig gewapende betondoorsnede en 2,5 cm betondekking op de wapening: (p. 5.45)

$$M_{u,d} = M / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 0,107$$

$$w = 0,115 \text{ via tabel 5.3}$$

$$A_s = w \times (f_{cd} / f_{ac}) \times b \times d = 1260 \text{ mm}^2$$

Dit kan gerealiseerd worden met vijf keer diameter 18mm.

Controle van de optimale hoogte voor de balk bij een enkelvoudig gewapende doorsnede:

$$M_{u,d} = 0,159 \text{ dus } d_{opt} = 2,51 \sqrt{M / (b \times f_{cd})} = 452 \text{ mm}$$

Of dus een hoogte van 50cm met betondekkingen.

$$A_s = 0,178 \times (f_{cd} / f_{ac}) \times b \times d = 1850 \text{ mm}^2$$

Dit is mogelijk met 6 keer diameter 20mm of 4 keer diameter 24mm

Controle minimale hoogte van de balk bij een enkelvoudig gewapende doorsnede:

$$M_{u,d} = 0,316 \text{ dus } d_{opt} = 1,78 \sqrt{M / (b \times f_{cd})} = 320 \text{ mm}$$

Of dus een hoogte van 37cm met betondekkingen.

$$A_s = 0,425 \times (f_{cd} / f_{ac}) \times b \times d = 3616 \text{ mm}^2$$

Dit is mogelijk met acht keer diameter 24mm in twee wapeningslagen.

Er wordt besloten dat de balken met lengte 6,3m ofwel minder hoog kunnen zijn dan 60cm ofwel langer kunnen worden.

Indien balken voorgespannen worden. (via catalogus Structo p.43)²
De lengte van 6,3m is voor voorgespannen balken aan de korte kant en zou al kunnen gerealiseerd worden met een doorsnede van 400/250mm. Nuttige belasting is hierbij 50% mobiel en 50% permanent. Dit is slechts bij benadering correct voor deze berekening. (28,35 kN/m mobiel, 40 kN/m vast).

Aanvullende structurele berekeningen zijn te vinden in hoofdstuk 5.

1 Vanhooymissen L., Spegelaere M., Van Gysel A., De Vylder W., Gewapend beton - berekening volgens NBN B 15-002, Academia Press, Gent, 2002

2 http://www.structo.be/weer/Catalogus_NL.pdf - geraadpleegd op 10/01/2015

3.8 Besluit

4 'Eerste structuurtesten' 'Uitbreidbaarheid'

De twee voorgaande hoofdstukken⁴ zijn de neerslag van een ontwikkelingsproces van een structuur waarbij de vorm van het L-element ingezet wordt in functie van de horizontale stabiliteit. In de structuurvoorstellen worden een aantal zaken afgewogen: Welke verbindingen zijn mogelijk? Heeft de uitsparing in de L zin? Welke elementen zijn nodig naast de L? Kan demontabel gewerkt worden? Welke beperkingen kent elk structuurvoorstel? Uiteindelijk wordt in dit hoofdstuk een demontabel en uitbreidbaar systeem met een beperkt aantal elementen en elementaire verbindingen voorgesteld.

De voordelen van dit systeem zijn:

- Voor de verbindingen is er de keuzevrijheid om te werken met bestaande producten, zoals de Peikko staalconsole of de Hakron verbinding, of producentonafhankelijk te blijven door consoles aan te betonneren.
- Horizontale lasten worden door L-elementen opgevangen.
- Door het vierkant grid van balken kan de draagrichting van welfsels vrij worden gekozen.
- Schijfwerking tussen welfsels is niet noodzakelijk in functie van de horizontale stabiliteit.

Kritische bemerkingen bij dit systeem zijn:

- De balken bepalen de mogelijke indelingen van de structuur in sterke mate. Planontwikkelingen kunnen resulteren in het louter 'invullen' van de structuur.
- Bij de installatie van technieken moet rekening gehouden worden met het grid van balken aan het plafond.
- Aanknopingspunten voor verticale kokers binnen de structuur zijn afwezig.

Op dit moment blijft er onduidelijkheid over het (vlot) inpassen van de nodige technieken in de structuur. In een volgende stap van dit onderzoek wordt gezocht hoe concepten voor technieken kunnen verzoend worden met de L-elementen. Misschien is het mogelijk bepaalde structuurelementen te ontdebelen? Of doorgangen tussen balken te voorzien? Daarbij zal opnieuw moeten worden afgetoetst of de constructie nog steeds demontabel blijft.

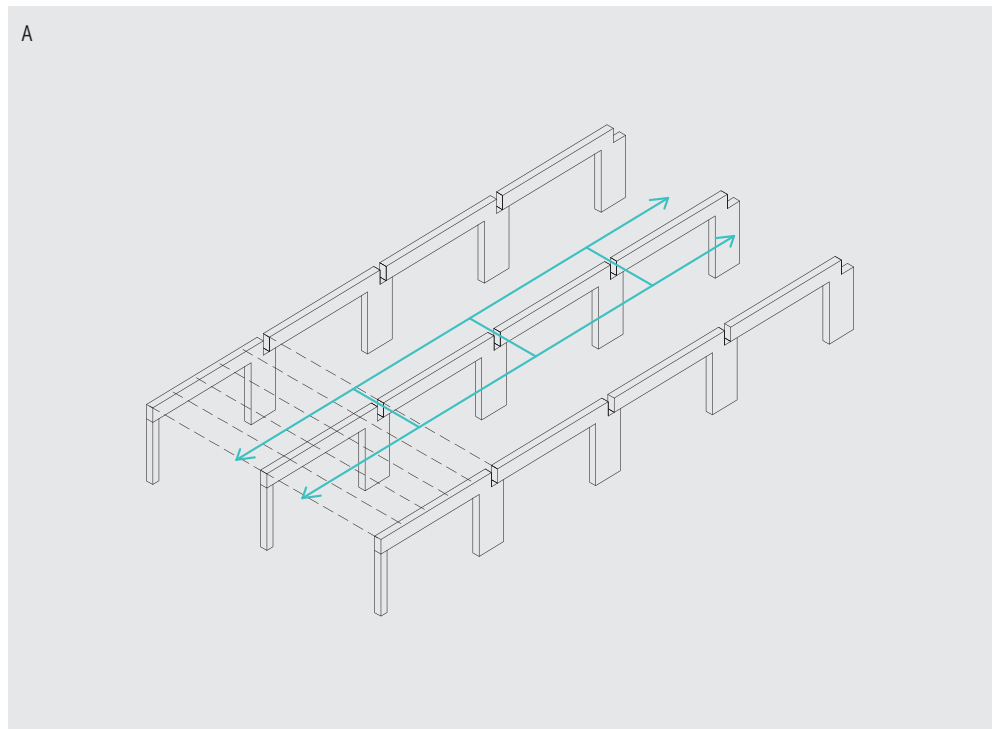
4 Integratie van technieken

4.1 Mogelijke integratie van technieken in vorige schema's

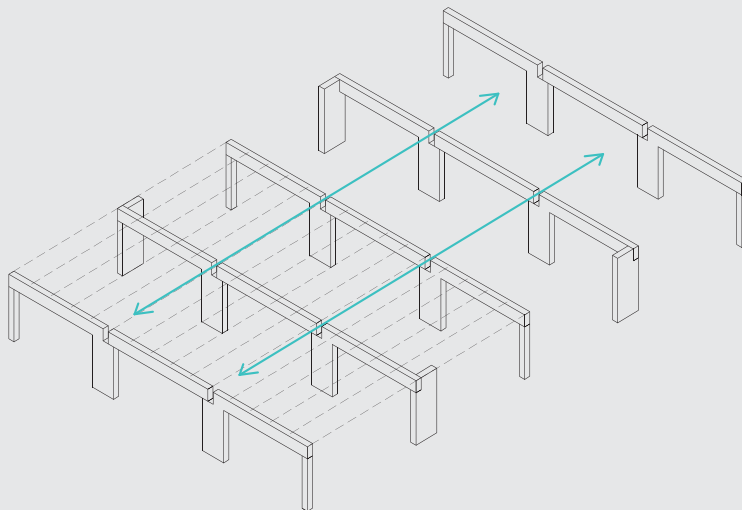
Als op regelmatige plaatsen in een balkenrij doorgangen worden voorzien, is het plafond vlot bereikbaar voor technieken. Dit wordt aangetoond in een aantal structuurvoorstellen uit voorgaande hoofdstukken. Deze schema's doen nog geen uitspraak over technieken in de vloer of over verticale kokers.

A Dit type L-element met een grote uitsparing wordt voorgesteld in hoofdstuk 2, afbeelding G.

A



B

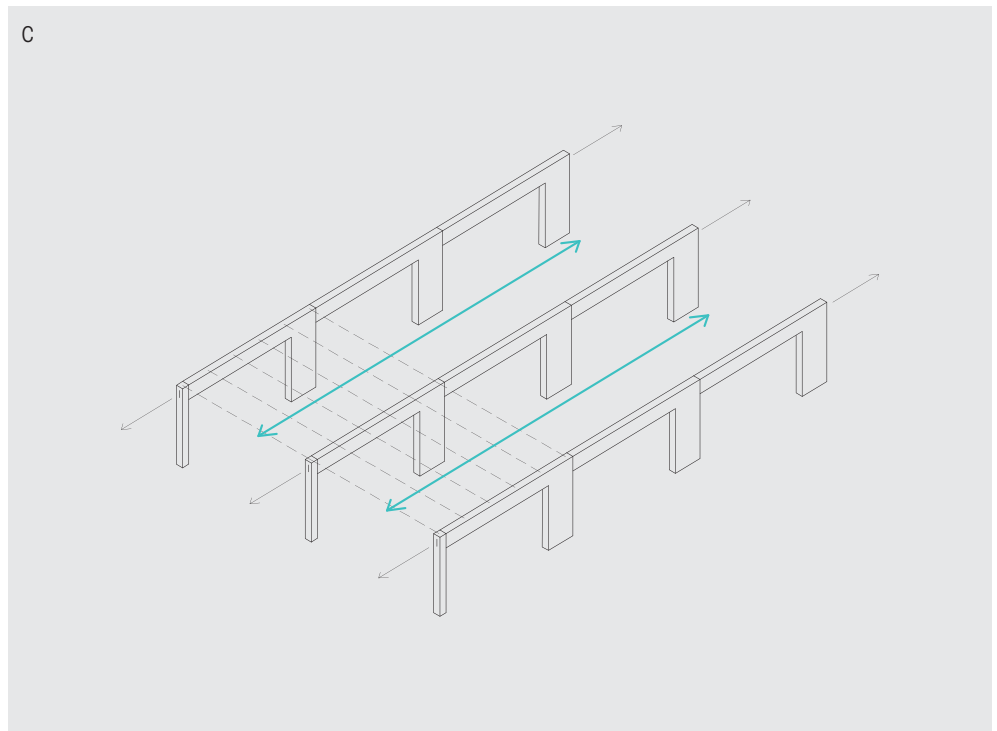


B Herwerkt schema 'H' met balken en dwarswanden uit het hoofdstuk 'eeste structuur-testen' in combinatie met grote uitsparingen in de L.

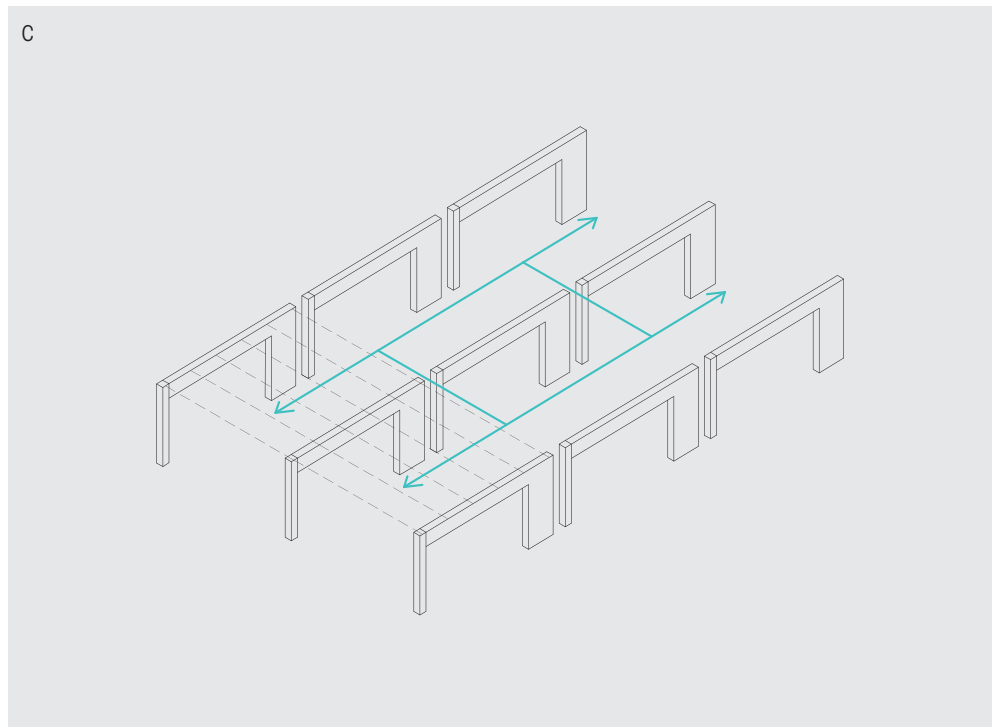
4.2 Het plafondoppervlak bereikbaar maken

Een structuur ontwerpen die op een flexibele manier invulbaar is met technieken vraagt om een vlot bereikbaar plafondoppervlak. Balken mogen hierbij geen hindernissen vormen waar technieken moeten onder duiken om delen van de constructie te bereiken.

- C Hernemen van het demontabele systeem waarbij balken slechts in één richting liggen in functie van technieken. Deze technieken kunnen hier op geen enkele plaats de balkenrij dwarsen. Bovendien is de constructie op zich niet stabiel.



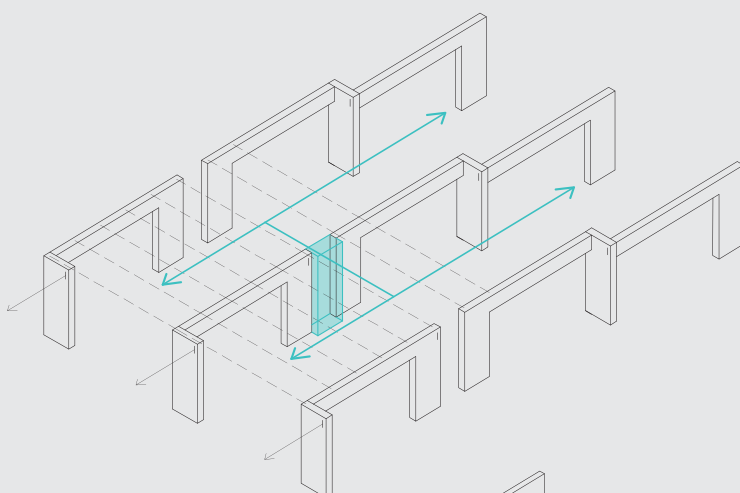
- D Door ontdebelling kunnen technieken de balken wel kruisen. Er is een overdimensionering van de verticale structuur. Bovendien is het systeem horizontaal niet stabiel.



4.3 Integratie van kokers en leidingschemas in de vloer

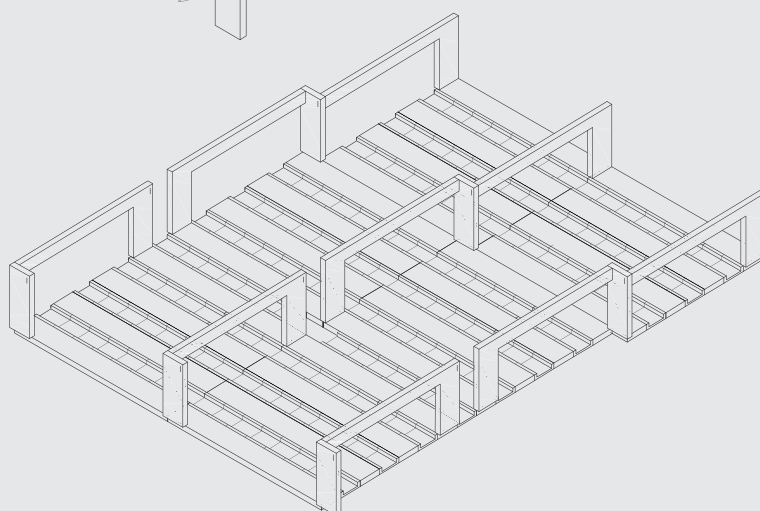
Verticale kokers krijgen binnen de structuur een vaste locatie toegewezen in relatie tot de aanwezige structuur. Vanuit de kokers is het hele plafondoppervlak bereikbaar. Technieken in het vloerpakket worden in een soort potten-balken systeem geplaatst. De potten worden afgedekt en kunnen achteraf terug worden geopend om technieken te wijzigen. Dit is onder andere nodig als de technieken verouderd zijn, hersteld moeten worden, plannen wijzigen of nieuwe installaties worden bijgeplaatst.

E1



E1 Plaatsing van de koker in de opening tussen twee wanden. De wand is een toevoeging in functie van de horizontale stabiliteit. Wanden in combinatie met kokers zijn meer dan drie meter breed. Ze staan erg bepalend in de ruimte.

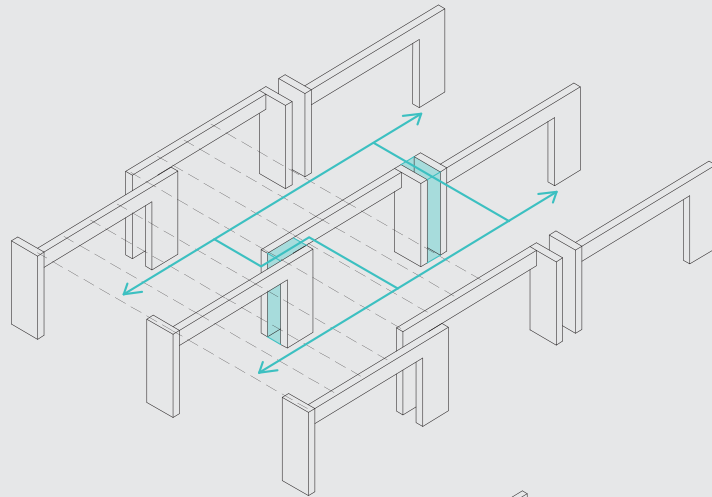
E2



E2 Hoe raken technieken in de vloer bij de koker? Er zijn immers loodrecht op de draagrichting geen verbindingen tussen de potten.

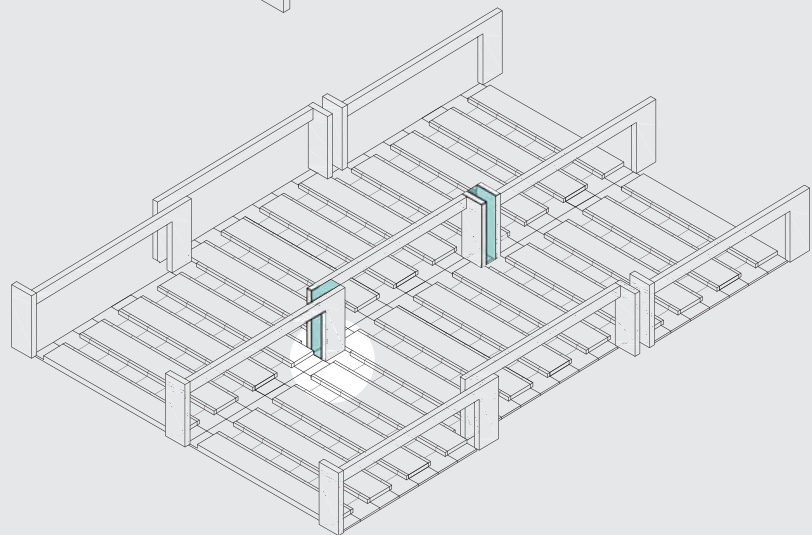
F1 Door de wanden van de L-elementen te laten overlappen, ontstaan compacte kokers waartussen technieken geplaatst worden. Deze kokers hebben vrij kleine afmetingen (1,2m x 0,6m).

F1



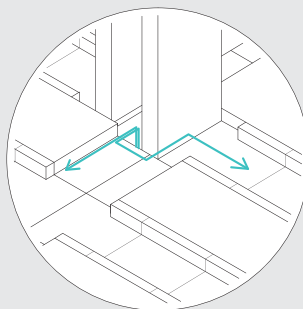
F2 Horizontale uitsparingen van 0,6m in de welfsels zorgen er voor dat technieken vanuit de koker de hele vloer kunnen bereiken. Doordat alle wanden in stroken met potten staan moeten hier geen welfsels dragen. L-elementen kunnen dus rechtstreeks en zonder console op elkaar worden gemonteerd. De potten, welfsels en wanden hebben allen een lengte van 1,2m.

F2



F3 Technieken beschikken slechts over de halve breedte van de koker (30cm) om de vloer te bereiken.

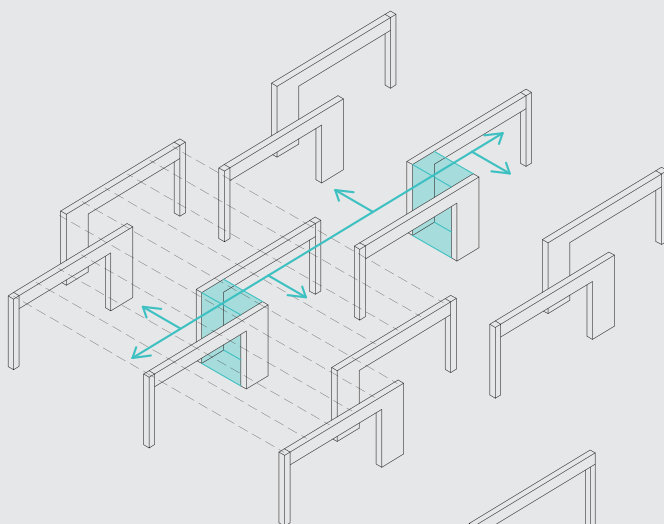
F3



4.4 Schranken van portieken

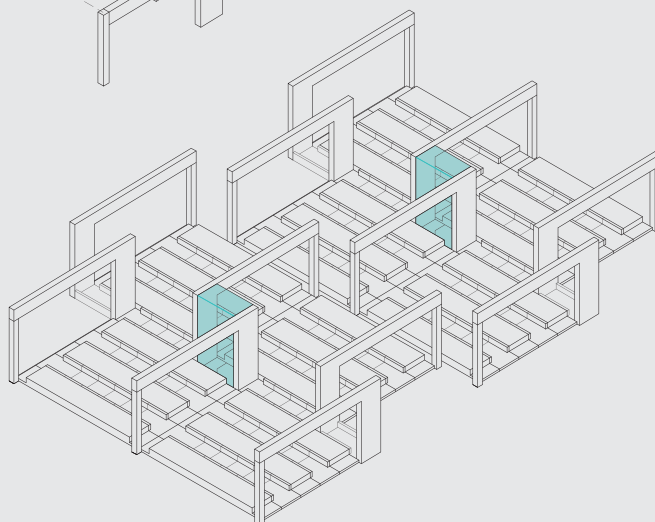
Ontdubbelen van structuur is zinvol als de schrankafstand voldoende groot wordt gekozen. Deze afstand (2,4m) wordt gebruikt om kokers in te richten en een wand te plaatsen die twee portieken vasthoudt.

G1



G1 De ruimte tussenin twee wanden is bruikbaar als koker. Door de ruime afmetingen (60x240cm) kan de koker in functie van brand- of akoestische eisen onderverdeeld worden in een aantal kleinere kokers. Indien twee wanden niet als koker gebruikt zijn, kan men tussenin nog circuleren.

G2

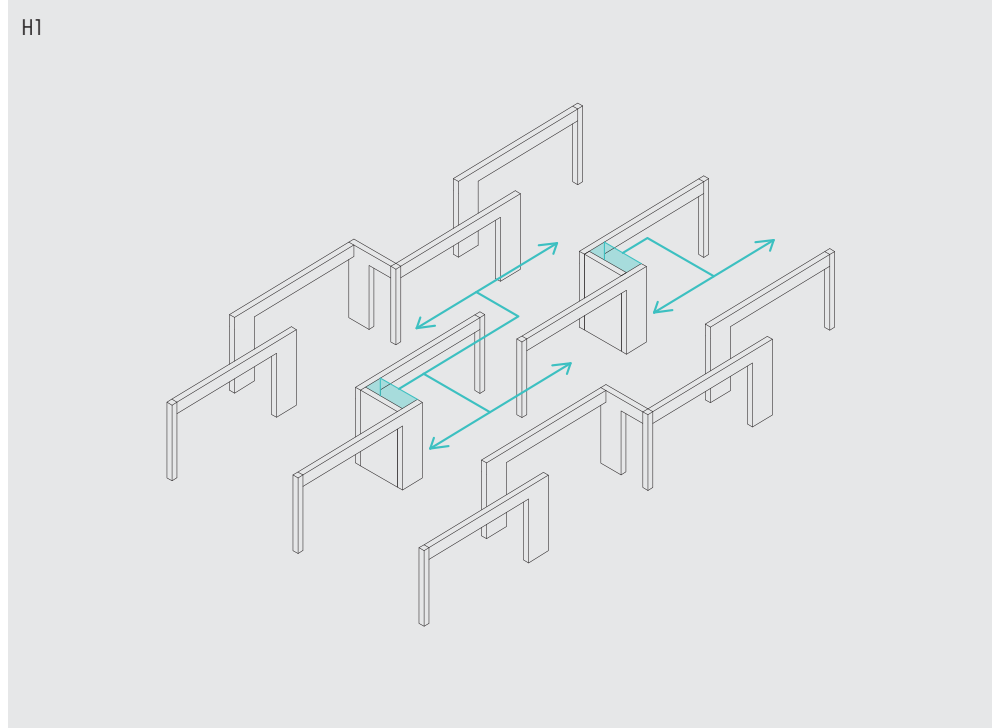


G2 Door een uitsparing in de oplegging van welfsels is het potten-balken systeem bedienbaar vanuit de kokers. De opbouw van de vloer en de plaatsing van technieken wordt op volgende pagina's meer in detail besproken.

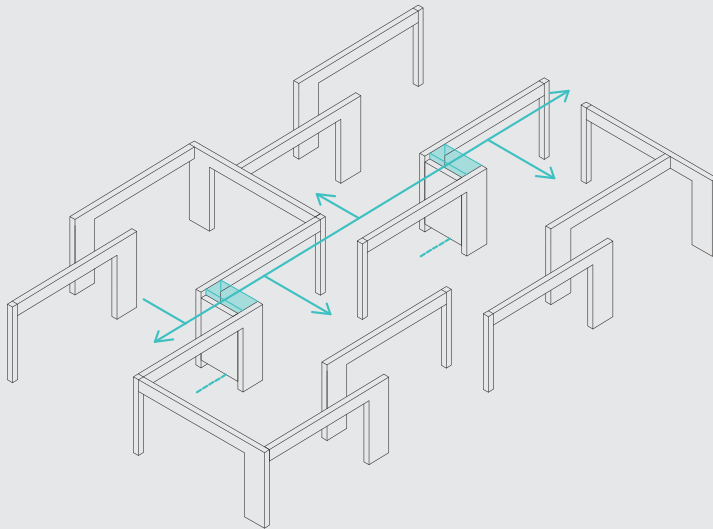
Onderstaande schema's proberen de integratie van technieken te verzoenen met demontabele verbindingen en horizontale stabiliteit via L-elementen.

H1 Hebben korte L-elementen
wel zin?

H1



H2



H2 Terug balken in twee richtingen binnen het systeem.
L-elementen moeten worden voorzien van een extra verbinding op het balkdeel.

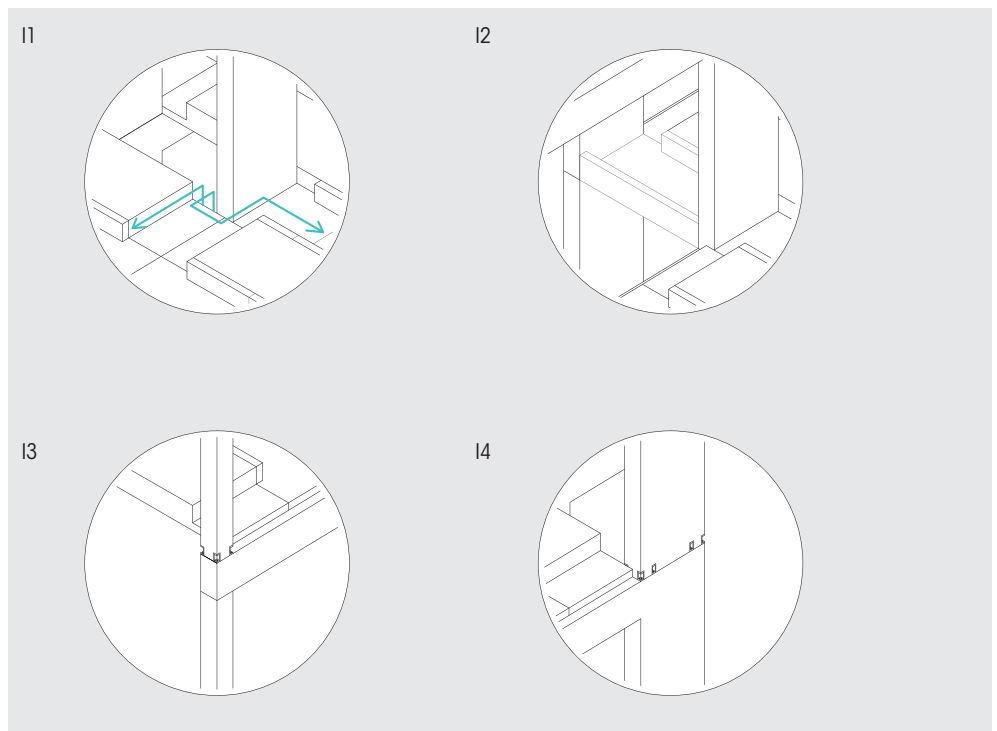
De tekeningen tonen duidelijk aan dat het te complex wordt om de integratie van technieken te verzoenen met demontabele verbindingen én L elementen in twee richtingen.

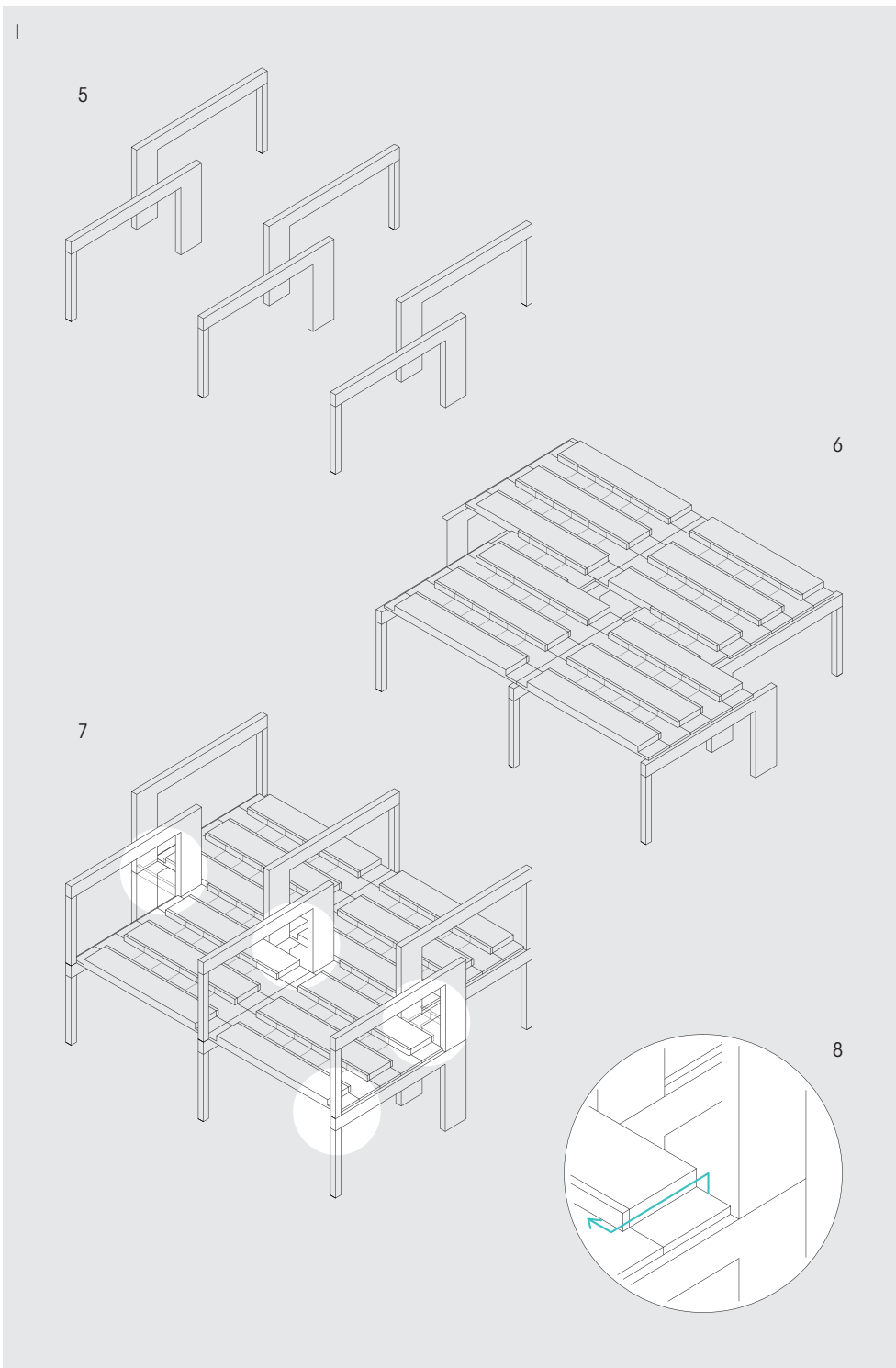
4.5 Afstemmen van het vloerconcept op de verticale kokers

Technieken moeten vanuit de verticale kokers voldoende vlot het netwerk van uitsparingen in de vloer kunnen bereiken. Cruciaal daarbij is dat de zijden waarlangs technieken de koker zullen verlaten een goede verbinding hebben met de potten. Met het oog daarop worden drie alternatieven uitgewerkt. In een eerste bevinden de potten zich ter hoogte van de wanden waardoor de L-elementen rechtstreeks op elkaar gemonteerd worden. In een tweede bevinden de potten zich langsheen de wanden. In een derde alternatief wordt gebruik gemaakt van een type welfsel met een brede zijconsole.¹ Een eerste reeks tekeningen verduidelijkt de opbouw, daarna volgen plannen waarin de drie alternatieven worden vergeleken.

¹ Een element gelijkaardig aan het WING welfsel. (referentieboek p.46)

- I1 Potten tussen de wanden aan het einde van de structuur rusten aan één zijde niet op welfsels.
- I2 Ondanks de grote breedte van de kokers is slechts een heel beperkte breedte vrij om met technieken vanuit de koker in de vloer te raken.
- I3 Wand worden rechtstreeks op elkaar gemonteerd omdat ze in de stroken met potten staan.
- I4 Kolommen staan nog buiten het systeem om ze rechtstreeks op elkaar te kunnen monteren.

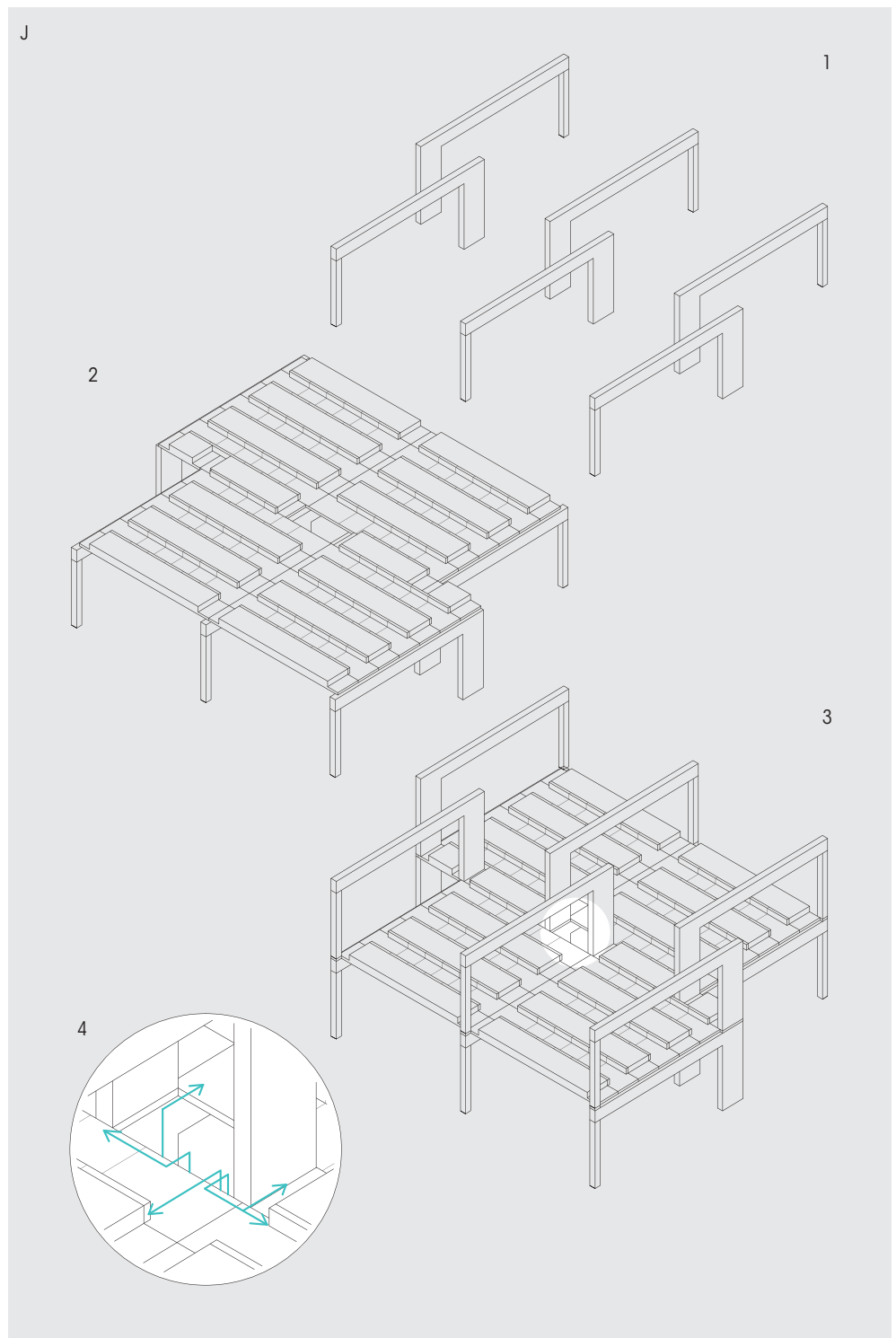


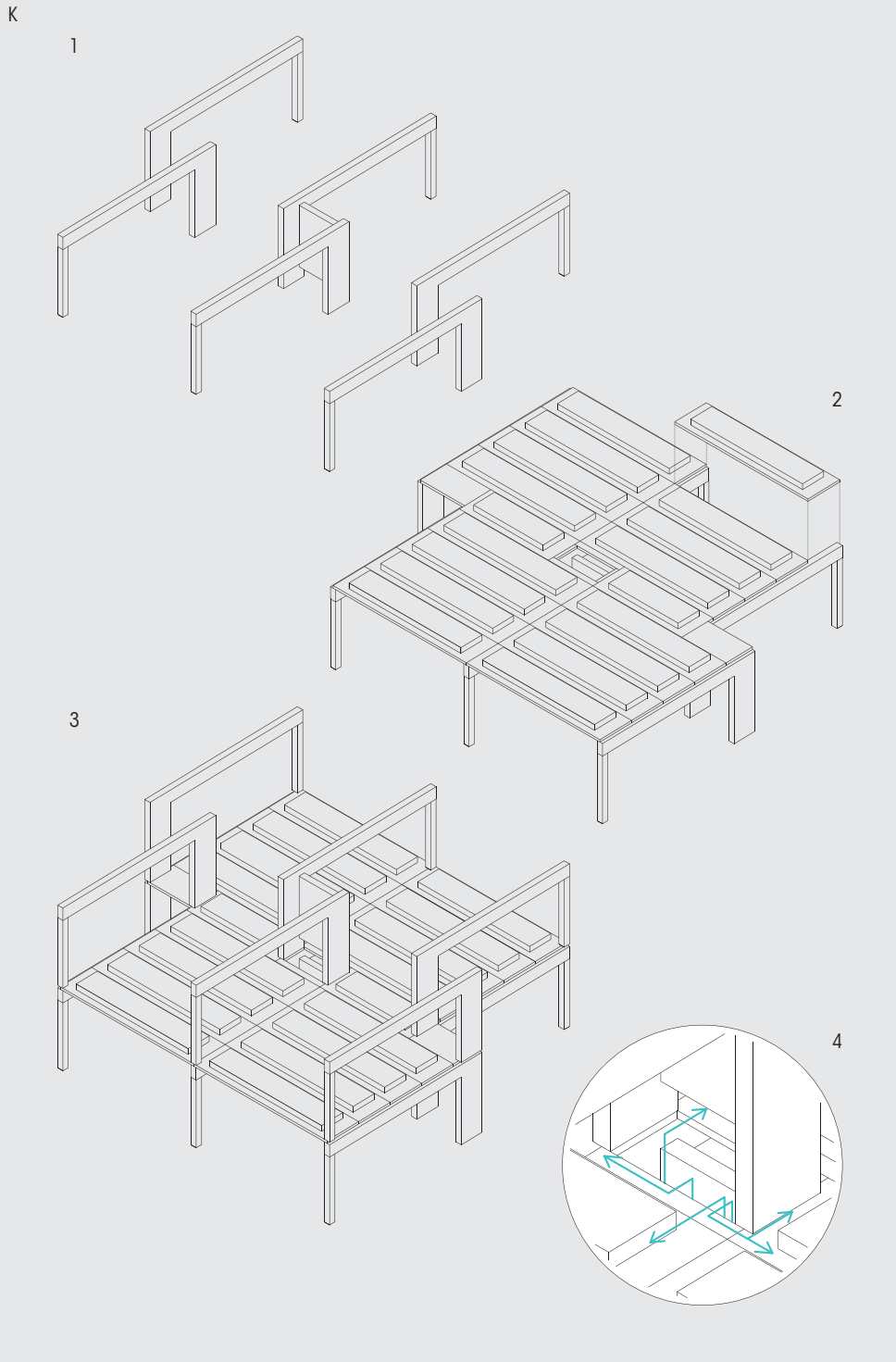


- 15 Verticale structuur waarbij L-elementen bovenop kolommen rusten.
- 16 Opleggen van welfsels als balken met daartussen potten voor technieken.
- 17 Verticale uitbreiding.
- 18 Kokers tussen portieken aan de zijkant van de structuur kunnen moeilijk de vloer bedienen. Zie ook tekening N2 verder in dit hoofdstuk.

- J1 Verticale structuur waarbij L-elementen rusten op kolommen.
- J2 Potten dragen in vergelijking met vorige structuur wel altijd tussen twee welfsels.
- J3 Verticale uitbreiding.
- J4 De vloer is vanuit de kokers goed bedienbaar met technieken.

Ter hoogte van de kokers en de uitsparingen van de welfsels moeten de potten worden aangepast om met technieken te kunnen passeren.





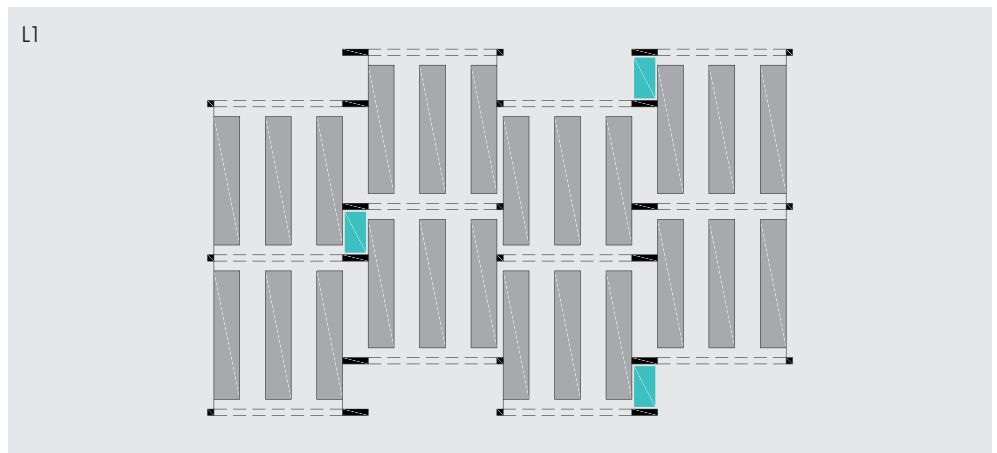
K1 Structuur met dwarswand aan de koker in functie van horizontale stabiliteit.

K2 Plaatsen van welfsels over de grootste overspanning en centraal tussen de wanden. De kleinste overspanning (2,4m of twee keer de breedte van een welfsel) krijgt een kleinere structurele hoogte.

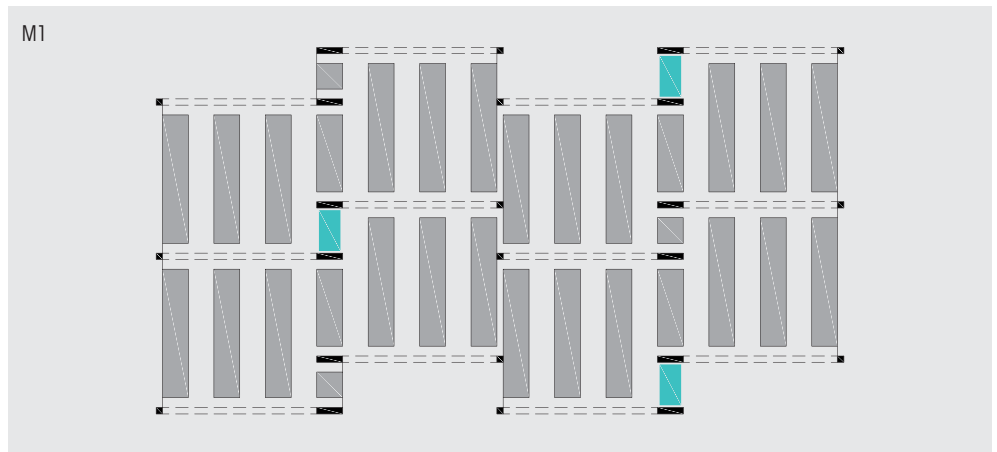
K3 Verticale uitbreiding.

K4 Het horizontale netwerk is vanuit de kokers vlot bereikbaar voor technieken zonder dat daarvoor uitzonderings-elementen nodig zijn.

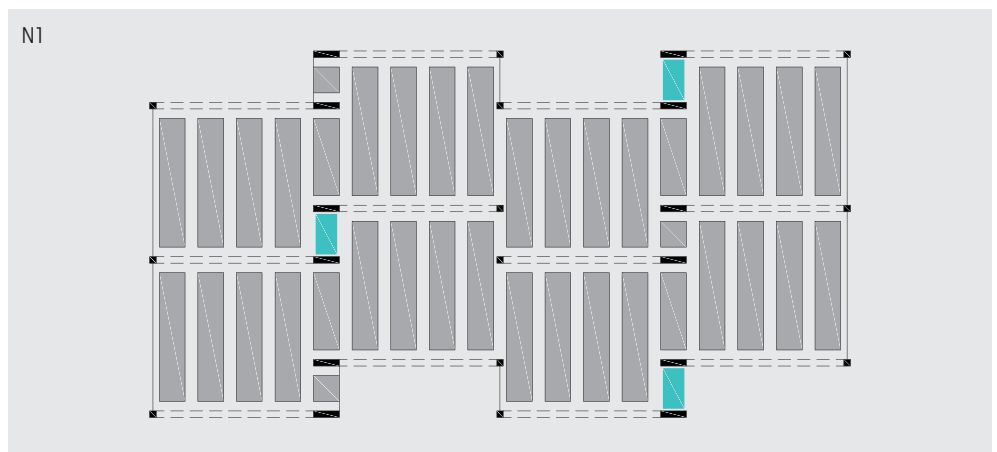
L1 Plan met potten (breedte 1,2m)
tussenin wanden.



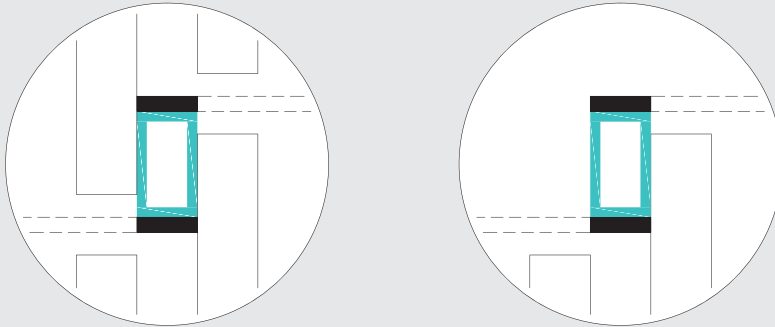
M1 Plan met potten (breedte 1,2m)
langs wanden.



N1 Plan met welfsels.
De technische stroken zijn hier smaller. (0,6 m) Ten eerste om de verlaagde stroken aan de zijkanten van de welfsels zo kort mogelijk te houden. Op die manier hoeven ze niet bijkomend in de dwarsrichting gewapend te worden. Ten tweede kan een breedte van 60cm voor het leggen van technieken volstaan.



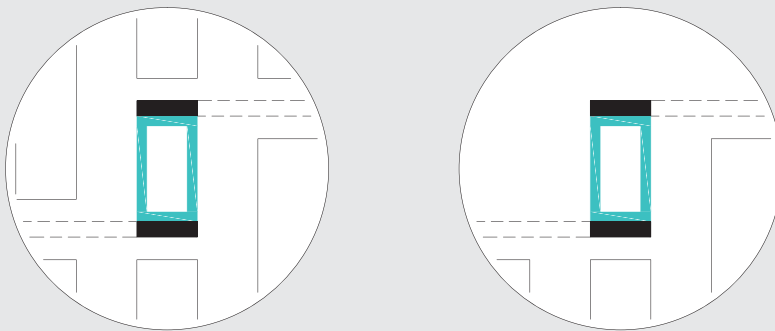
L2



Details bij plannen:

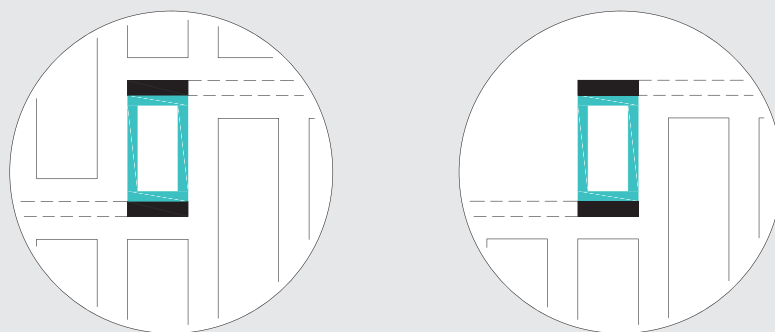
L2 Weinig breedte beschikbaar om vanuit de koker de vloer te bereiken.

M2



M2 Volledige lengte van de koker beschikbaar om de technische zone te bereiken.

N2



N2 Volledige lengte van de koker beschikbaar om de technische zone te bereiken.

Het beperkte aantal elementen, de eenvoudige verbindingen en de goede relatie tussen horizontale technische stroken en verticale kokers doen vermoeden dat dit schema 'P' een interessante is voor dit onderzoek.

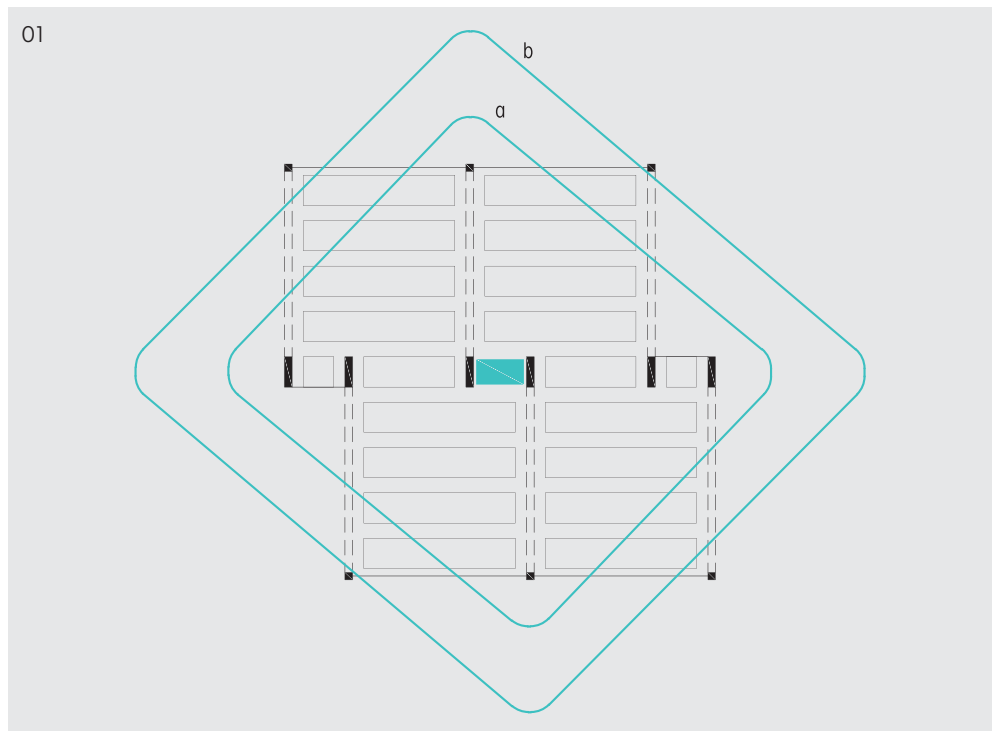
4.6 Leidingsafstanden vanuit kokers

De plaatsing van sanitaire toestellen binnen de structuur zal afhankelijk zijn van hun afstand tot de dichtsbijzijnde koker. De hoogte die de afvoerleidingen nodig hebben om een horizontaal traject af te leggen is bepaald door de diameter van de buizen en de helling waaronder ze geplaatst worden. Het WTCB² stelt een minimale helling voor van 2cm/m maar ook kleinere hellingen zoals 1,5cm/m tot minimaal 1cm/m worden toegepast. Bijgevoegde tekeningen geven aan welke delen van de structuur bij deze hellingen bereikbaar zijn met afvoerbuizen van 6cm (douche, gootsteen, lavabo, ...) en 11cm (toilet) in een technische strook met 22cm vrije hoogte.

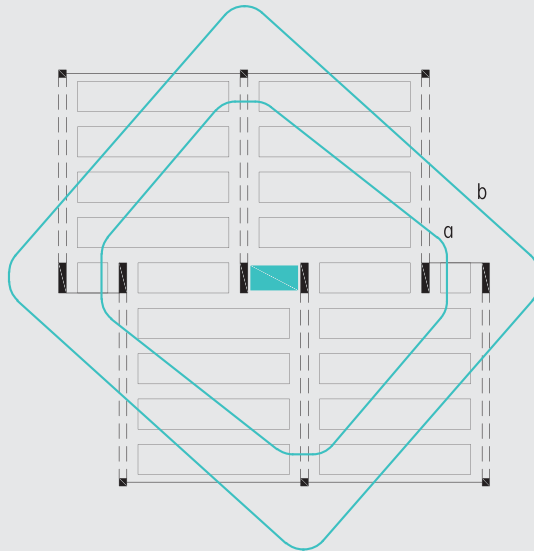
- 2 Op de website www.duurzame-technieken.be staan richtlijnen voor afvoerbuizen:
Min. 2cm/m (referentieboek p.30)

- 01 Maximale afstand afvoeren met helling 1cm/m

a: 10 m voor 11cm diameter
b: 14 m voor 6cm diameter



02

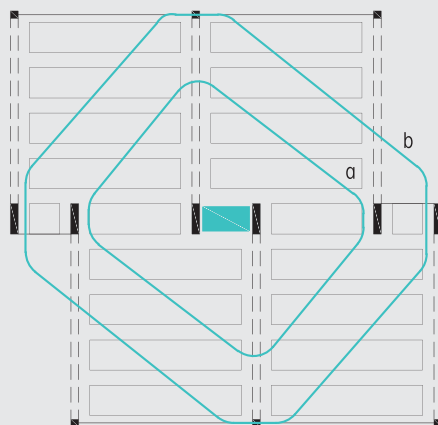


02 Maximale afvoeren met
helling 1,5cm/m

a: 7 m voor 11cm diameter

b: 10,5 m voor 6cm diameter

03



03 Maximale afstand afvoeren met
helling 2cm/m

a: 5,5 m voor 11cm diameter

b: 8 m voor 6cm diameter

4.7 Gebouwfragmenten

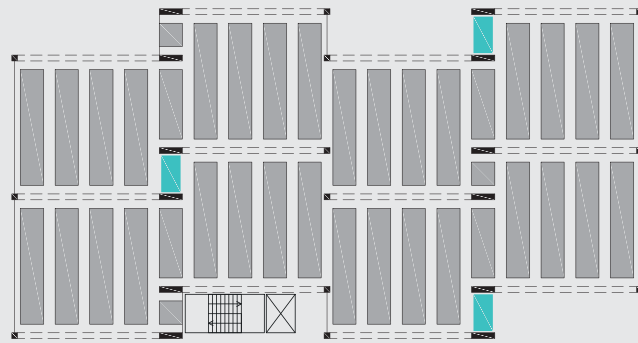
Het onderzoek rond technieken in dit hoofdstuk wordt afgerond met enkele schematische constructiefragmenten. Daarbij wordt gebruik gemaakt van:

- een schrankende structuur
- wanden in de kokers als verstijvende elementen
- schijfwerking van vloeren
- welfsels met zijdelingse console als grid voor technieken in de vloer.

Het resultaat is een serie schema's waarbij een mogelijkheid voor verticale circulatie wordt gesuggereerd. De vloeroppervlakte van de schema's bedraagt ongeveer 500m².

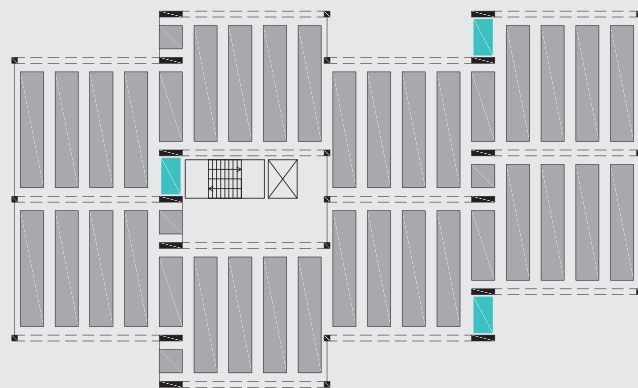
- P1 Één koker staat centraal, de twee andere aan de gevel. Trapkoker en lift kunnen geplaatst worden in de schrank-afstand tussen twee portieken.

P1

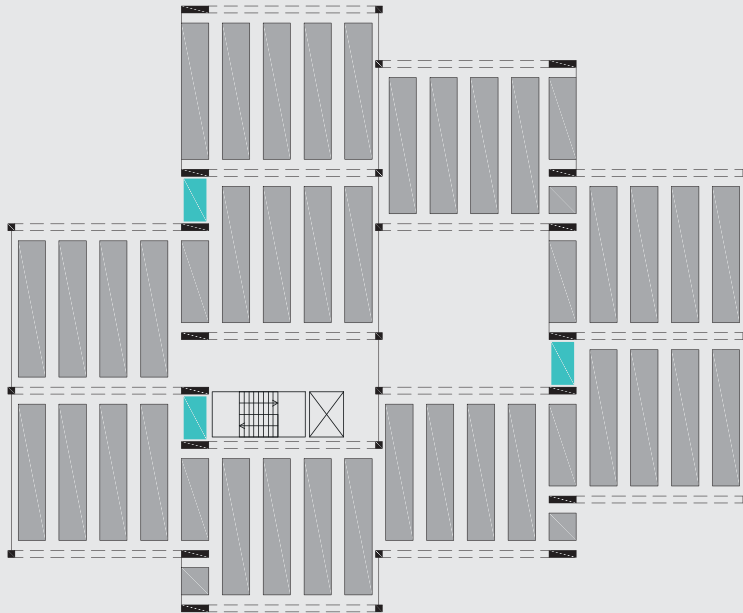


- P2 Door een portiek centraal in het systeem te ontdubbelen kan de circulatie in deze uitsparing worden geplaatst. Door de kokers tegen de traphal of de buitengevel te voorzien zijn deze later bereikbaar voor wijzigingen van buiten af of vanuit de circulatiezone.

P2

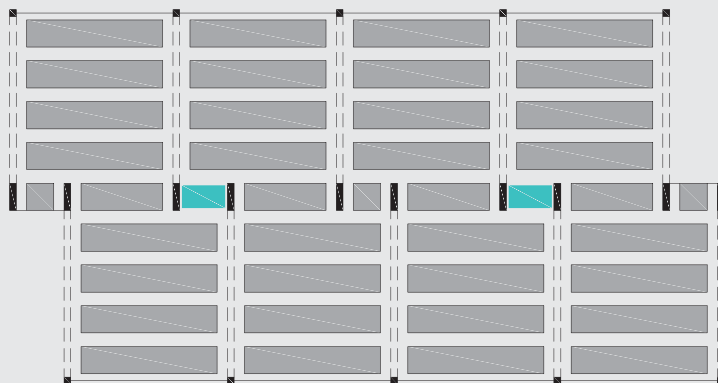


P3



P3 Het bouwsysteem kan ook complexere vormen met centrale lichtkoer genereren waardoor een te grote afstand tussen twee buitengevels wordt vermeden.

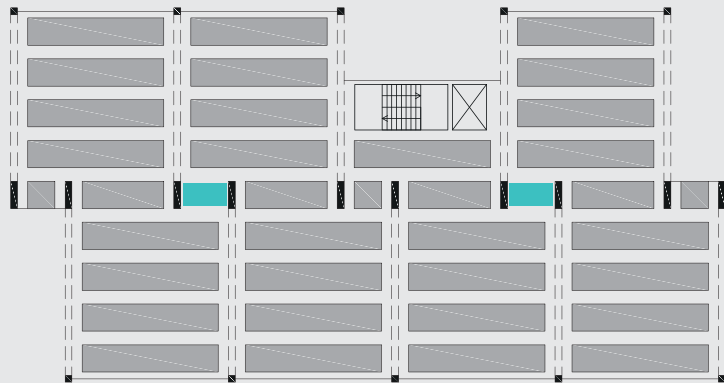
P4



P4 Schema waarbij wanden en kokers in een centrale strook liggen. De rand van de structuur heeft, in vergelijking met de vorige voorstellen, minder verspringingen. Een kwaliteit van dit schema is dat de portieken loodrecht op de langste gevel staan waardoor L-elementen de meeste windlasten opvangen. De toevoeging van een betonwand in de kokers en schijfwerking door welfsels resulteert in een stijve constructie.

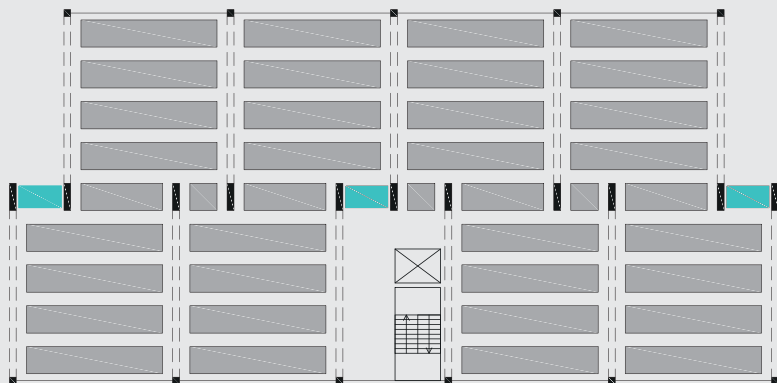
P5 Voorstel voor verticale circulatie binnen het systeem.

P5

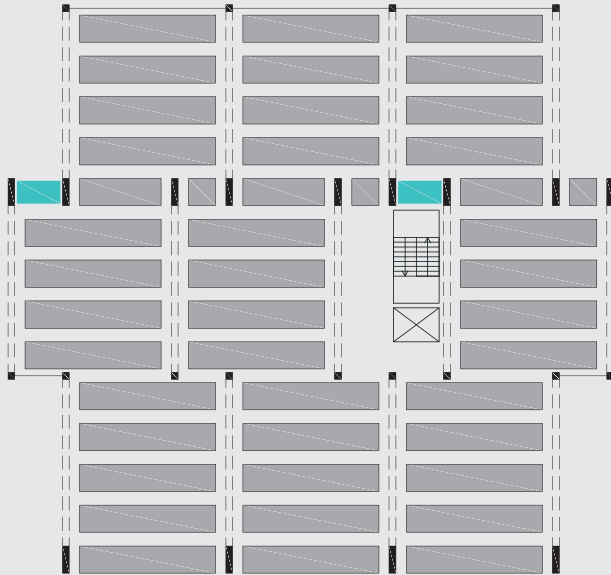


P6 Door een portiek te ontdebelen ontstaat een zone voor verticale circulatie. Als kokers langs de buitengevel en naast de circulatie liggen, zijn deze later gemakkelijk bereikbaar. Dit schema wordt verder in dit hoofdstuk nog uitgetekend als axionometrie.

P6

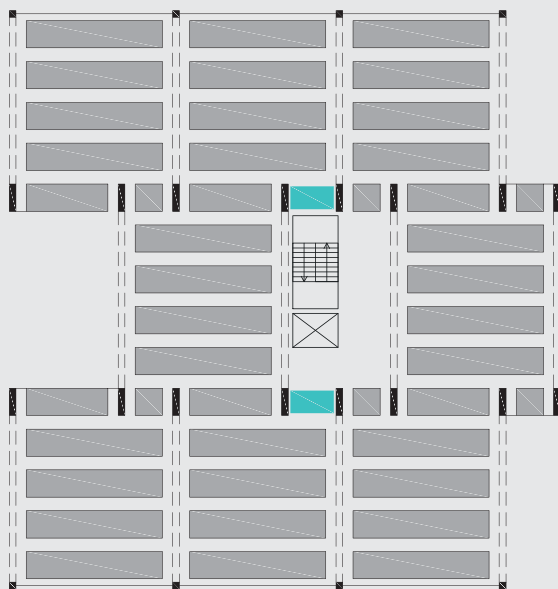


P7



P7 Schema met grote bouw-
diepte. Sommige delen van de
structuur zijn ver verwijderd van
kokers.

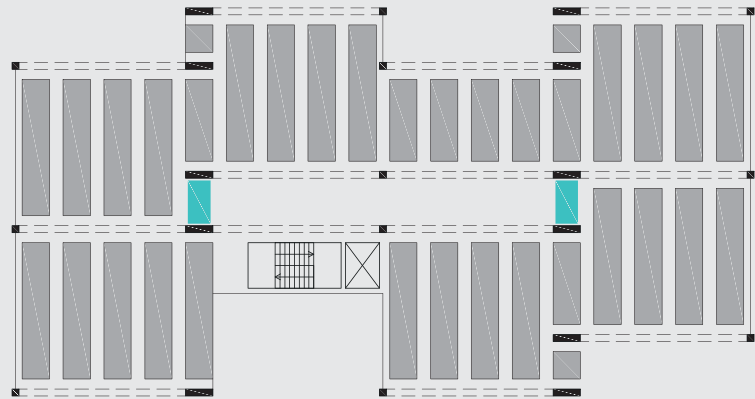
P8



P8 Een extra reeks wanden aan het
systeem toevoegen, vraagt om
een nieuw wandelement maar
creëert een aantal voordelen.
Ten eerste zijn alle delen van
de constructie beter bereikbaar
voor technieken.
Ten tweede kunnen de kokers
naast de centrale circulatie
worden geplaatst.

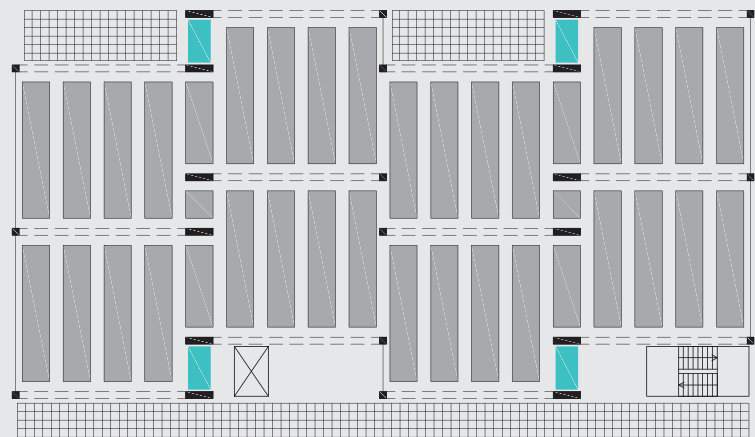
P9 Tussen verschillende portieken in het systeem worden balken toegevoegd. Hierdoor ontstaat centraal een korte overspanning tussenin twee kokers. Deze kan voor technieken worden gebruikt. Het is moeilijk om balken te kruisen met technieken.

P9

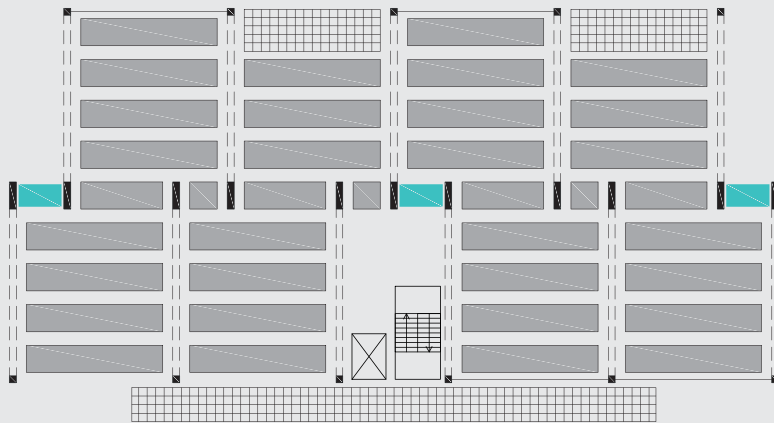


P10 Uitwerking van de structuur als passerelle typologie met terrassen. Kokers zijn via de buitengevel toegankelijk.

P10

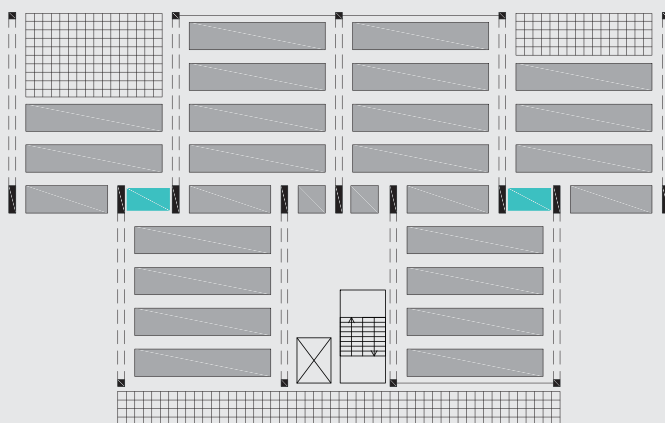


P11



P11 Passerelletypologie met portieken in de andere richting. Terrassen liggen binnen het geveloppervlak.

P12



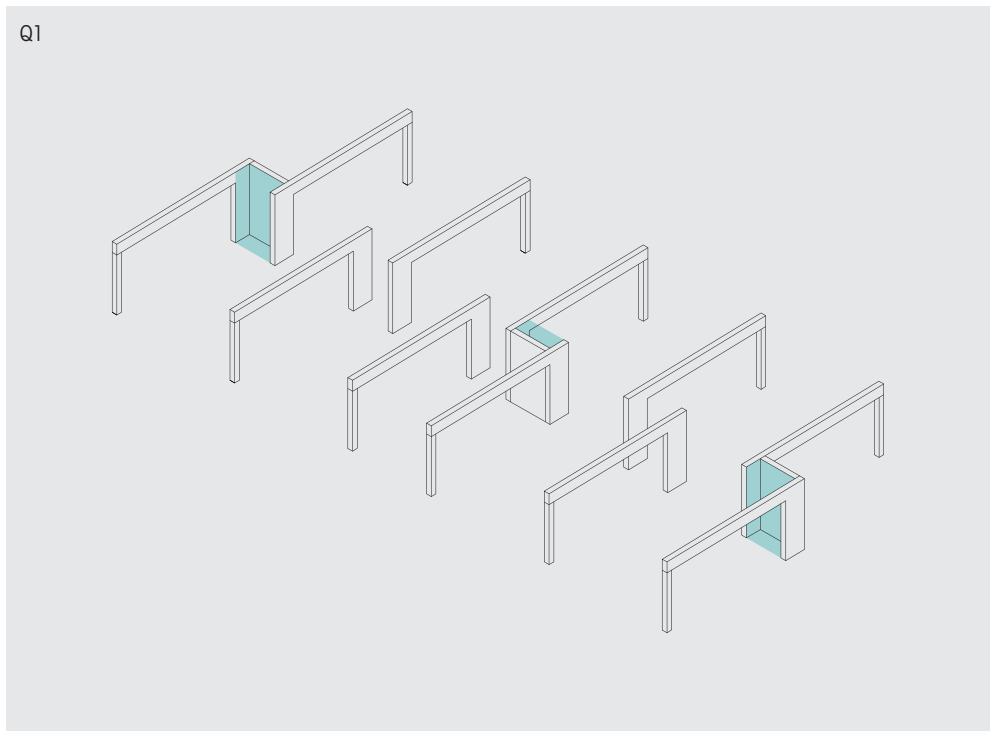
P12 Passerelletypologie met een kleinere plandiepte en kokers centraal in het plan. De kokers zijn niet vanaf de gevel of vanaf de circulatie toegankelijk.

4.8 Horizontale stabiliteit

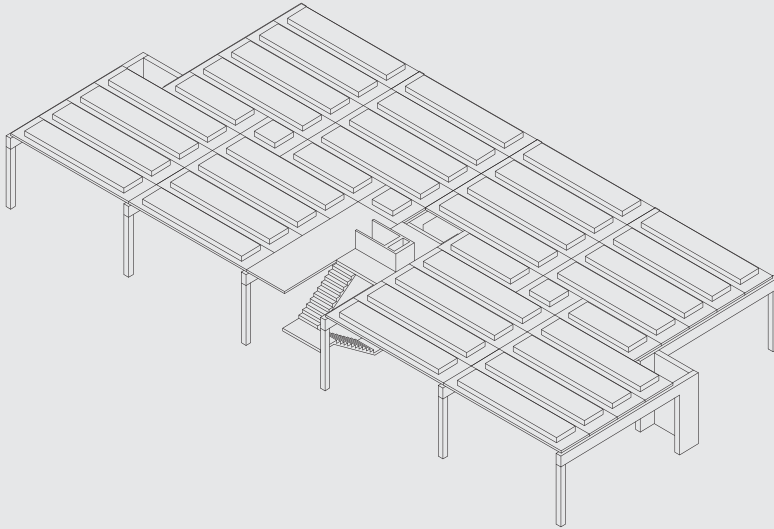
De uitgewerkte schema's bevatten reeds vrij veel balken en verticale elementen. In functie van plantontwikkeling, technieken aan het plafond en het streven naar structurele eenvoud is het onnodig L-elementen loodrecht op de bestaande portieken te introduceren. Eenmaal de locatie van een koker vastligt, kan deze worden ingezet in functie van horizontale stabiliteit. Dit heeft als gevolg dat tussen de welfsels onderling schijfwerking nodig is en ze met de L-elementen verbonden moeten worden. Dit kan enerzijds via lasverbindingen waardoor het systeem demontabel blijft. Anderzijds kunnen voegen tussen welfsels met beton worden opgegoten. Deze laatste techniek is niet demontabel maar heeft als voordeel dat alle voegen in de vloeren afgesloten worden naar brand en akoestiek toe. Beide systemen, lassen en opgieten, beschermen de constructie tegen differentiële doorbuiging van welfsels.

Q1 Verticale structuur met dwarswanden als rug voor de kokers.

Q1

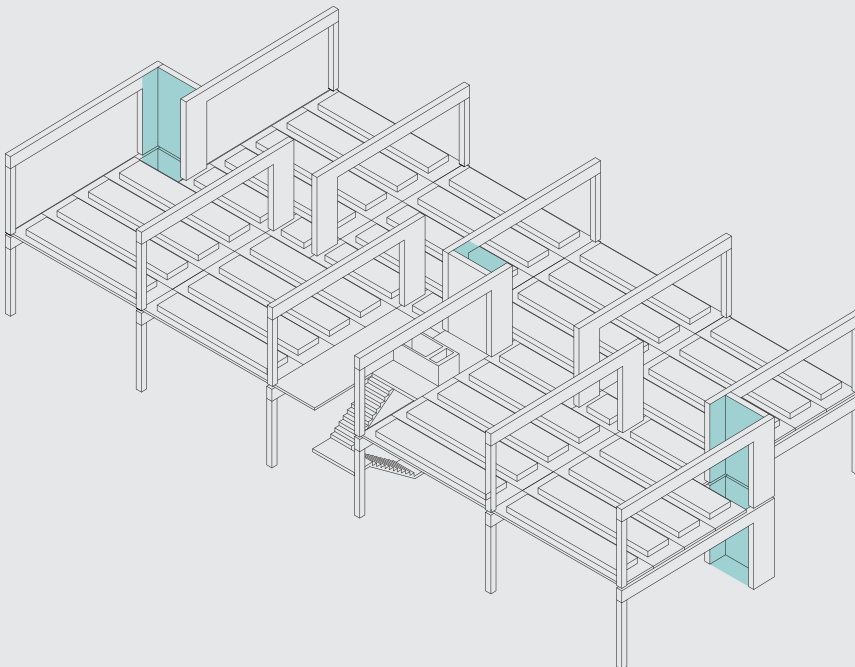


Q2



Q2 Welfsels verbinden de verticale elementen in de constructie stijf met elkaar.
Voorstel voor circulatie: vloerplaat naast de trap kan op de trapkoker dragen.

Q3



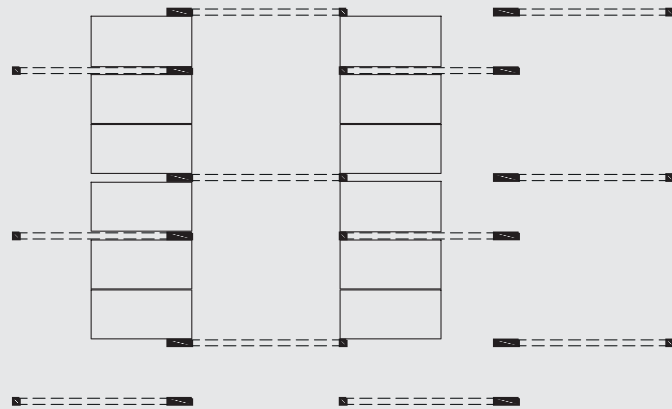
Q3 Alle constructiedelen zijn zowel via een grid in de vloer als via doorgangen aan het plafond bereikbaar met technieken.

4.9 Parkeren

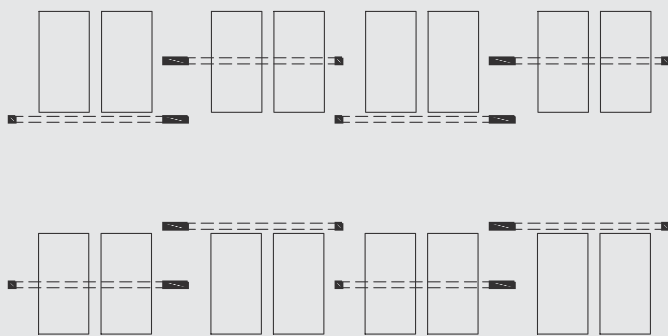
Het schranken van de portieken in combinatie met vele korte wanden bemoeilijkt het ontwikkelen van een parking. Om parkeren in de ene richting mogelijk te maken is het nodig de afstanden tussen portieken af te stemmen op een parkeergrid (hier 2,5m en 5m). In de andere richting zouden onder elke L telkens twee wagens kunnen parkeren. Sommige structuurelementen in dit schema hinderen bij het in- en uitrijden van de parkeerplaatsen.

R1 Schema met rijrichting loodrecht op portieken.

R1



R2



R2 Schema met rijrichting in het verlengde van portieken.

4.10 Besluit

De integratie van technieken binnen een bouwsysteem bepaalt in grote mate de structuur. Het demontabele systeem uit hoofdstuk 3 met balken in alle richtingen transformeert in een nieuw schema waar L-elementen en technieken samen een plaats gevonden hebben. Bij de schema's in dit hoofdstuk verplaatst de kwaliteit zich dus van een demontabele structuur naar een structuur met een flexibele en wijzigbare invulling van technieken op fijnmazige schaal.

In een volgend hoofdstuk wordt van de verschillende prefabelementen uit deze masterproef onderzocht of ze produceerbaar/transporteerbaar/plaatsbaar zijn.

5 Controle uitvoerbaarheid

5.1 Inleiding

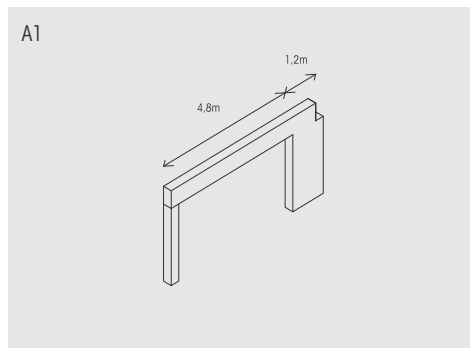
In dit hoofdstuk zijn een aantal berekeningen en structuurtekeningen die doorheen het onderzoek zijn gemaakt, te vinden. Ze hebben als doel te controleren of denkpistes ook structureel gezien uitvoerbaar zijn.

5.2 Breedte van de elementen

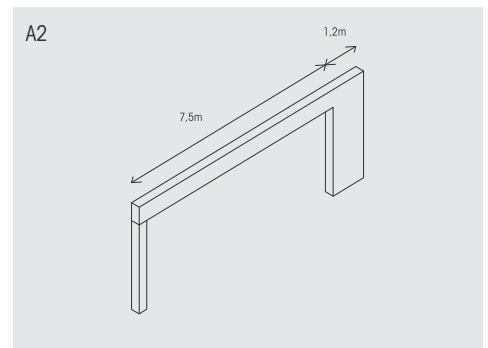
L-elementen, kolommen en wanden hebben in deze masterproef een breedte van 30cm. Hiervoor zijn een aantal redenen. Ten eerste is het wenselijk middelhoge gebouwen te realiseren. Ten tweede moet voldoende ruimte zijn in de betondoorsnede om stalen verbindingselementen en wapeningen aan te brengen. Ten derde is het mogelijk twee welfsels op te leggen op een breedte van 30cm¹. Ten vierde zijn veelvoud van 30cm veelgebruikte maten bij prefabconstructies. Zo veel mogelijk afmetingen in dit onderzoek werden op deze maat afgestemd.

- 1 Volgens de productcatalogus van Structo:
Welfsels lager dan 26cm minimaal 7cm.
Welfsels lager dan 32cm minimaal 10cm.
Welfsels hoger dan 32cm minimaal 13cm.

- A1 L-element en kolom gebruikt in het eerste hoofdstuk 'eerste structuurtesten'
Lengte balkdeel 4,8m
Lengte wand 1,2m



- A2 L-element en kolom uit de meest recente structuurschema's in hoofdstuk 4
Lengte balkdeel 7,5m
Lengte wand 1,2m



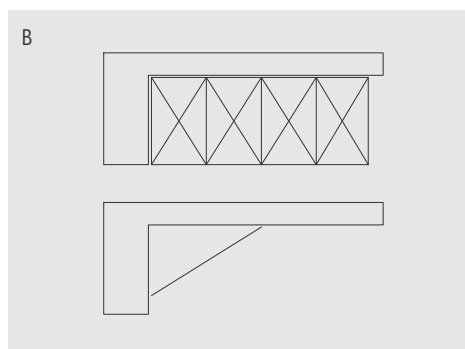
5.3 Consult met een prefabproducent.

Ingenieur Tijs Essel van Structo, een prefabproducent uit Brugge, wordt geraadpleegd om af te toetsen of de elementen die tijdens de ontwikkelingen worden voorgesteld ook effectief prefabriceerbaar, transporteerbaar en monteerbaar zijn. De opmerkingen en adviezen uit dit overleg komen hieronder aan bod.

Het L-element

Prefab elementen zoals de L worden bij voorkeur horizontaal gebetonneerd en daarna uit de bekisting gehesen. Tijdens het ontkisten is het mogelijk dat een deel van het element blijft plakken en scheurt. Hierdoor vormt de overgangzone tussen balk en wand een zwakke zone in het element. Een mogelijke oplossing voor het vermijden van scheuren is het element eerst te kantelen onder 90° alvorens het te ontkisten. Een andere mogelijke oplossing is het verticaal bekisten en betonneren van het element. Dit lijkt bovendien aangegeven om de oppervlakte van het beton aan beide zijden van de L dezelfde kwaliteit te geven.

Lange smalle uitkragingen maken ook opslag, transport en plaatsing complexer. Daarom kan het interessant zijn een tijdelijke verstijving van het balkdeel aan de L te monteren. Deze verstijving kan later naar de producent terugkeren.



B Tijdelijke schoringen/structuren om het L element te ondersteunen.

Bij het plaatsen van de L kan de wapening mogelijk niet voldoen voor een uitkraging. Dit wordt aangehaald en gecontroleerd in 5.4 en vormt geen probleem.

Verticale uitbreiding

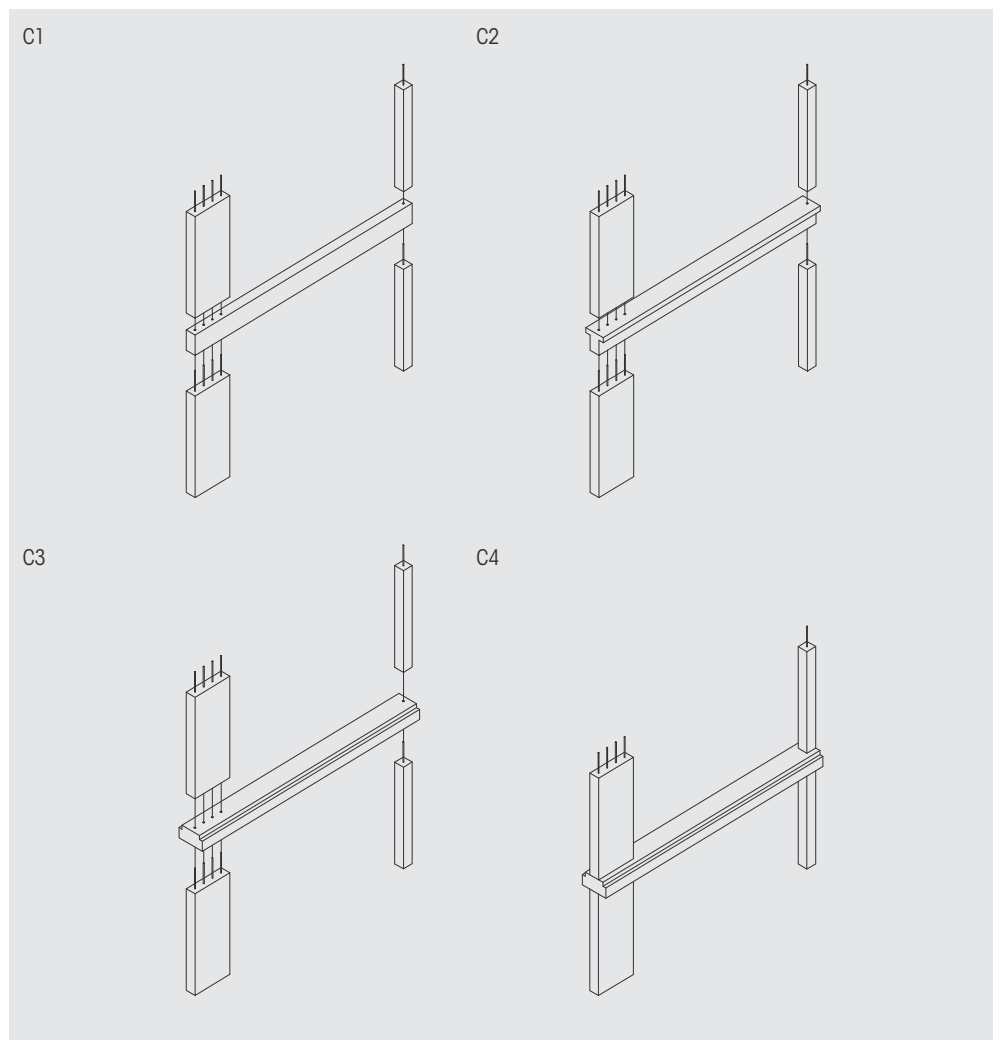
Om trek- en drukkrachten over te brengen is het noodzakelijk kolommen en balken rechtstreeks op elkaar te laten aansluiten. Dit is mogelijk als ergens op de balk een console voor de oplegging van welfsels wordt voorzien. Onderstaande voorbeelden tonen een aantal mogelijkheden gesuggereerd door ingenieur Tijs Essel. Daarbij worden het balk- en het wanddeel pas op de werf via wachtwapening met elkaar verbonden. Als de breedte van de balk voldoende groot wordt gekozen, kunnen technieken bovenop de balk geplaatst worden. Deze breedte zal vooral bepaald worden door de ruimte die technieken nodig hebben om langs wanden en kolommen te passeren.

C1 Opsplitsing van de L in een wand en balk die op de werf met elkaar verbonden worden.

C2 De balk wordt voorzien van consoles. Deze beïnvloeden de ruimte onder de balk.

C3 Lange platte balk met uitsparingen binnen het balkvolume. Deze keuze beïnvloedt ook de verdieping onder de balk doordat de breedte van de wand en de balk ongelijk zijn.

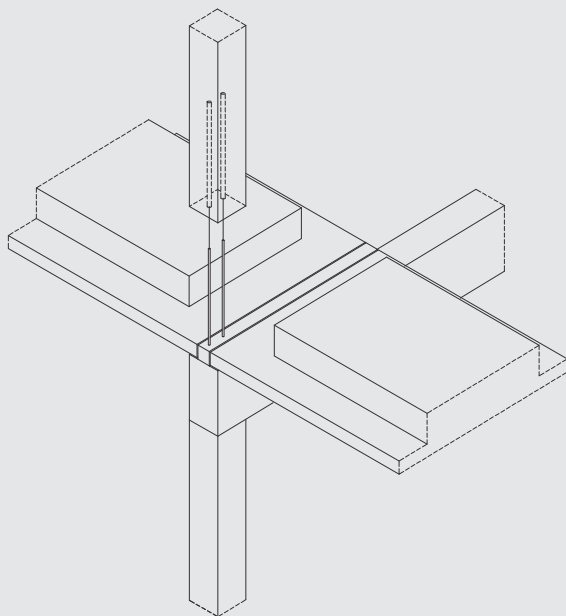
C4 Ter illustratie: gemonteerd systeem.



Consoles bovenop het L-element vormen een alternatief voor een lange console aan de balk. Deze wijze van verticale uitbreiding ligt in de lijn van de ontwikkelingen in deze masterproef. Een eerste voorstel voor de consoles bovenop de balk maakt gebruik van gaines en wachtwapening en is dus niet demontabel. Een betonconsole realiseert de verticale verbinding tussen elementen zodat alle welfsels bovenop de L kunnen opliggen. Bij een tweede voorstel wordt de console uit staal gemaakt en voorzien van openingen om via bouten een verbinding te realiseren. Dit voorstel is wel demontabel.

Het uitsparen van vloerelementen aan de oplegging zorgt ervoor dat de hoogte van de console beperkt blijft. Bij verschillende overspanningslengtes van de vloer kan de constructiehoogte van de uitsparing een constante blijven. Hierdoor wordt de hoogte van de console onafhankelijk van de overspanning van de vloer.

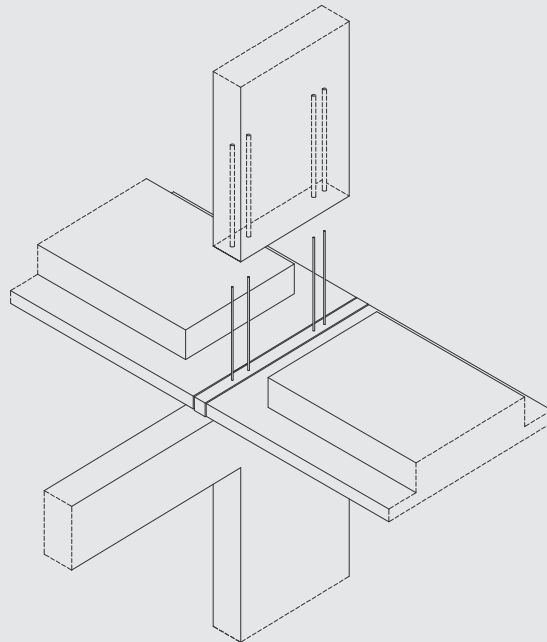
D1



D1 Door het opvullen van de gaines met krimpvrije mortel is deze verbinding niet demontabel.

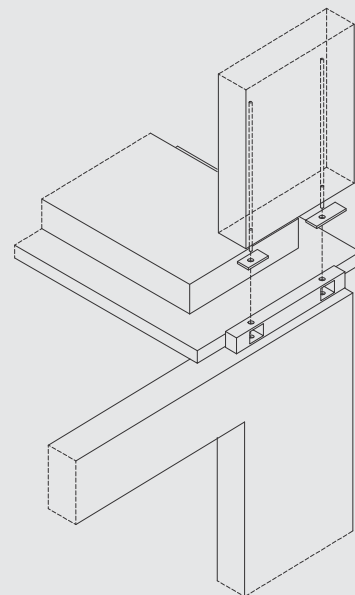
D2 Deze verbinding is niet demontabel.

D2



D3 Demontabele console tussen twee wanden. Verbindingen worden vastgemaakt met bouten binnen de uitsparing in de console. De uitsparingen zijn niet langer bereikbaar nadat de welfsels zijn geplaatst.

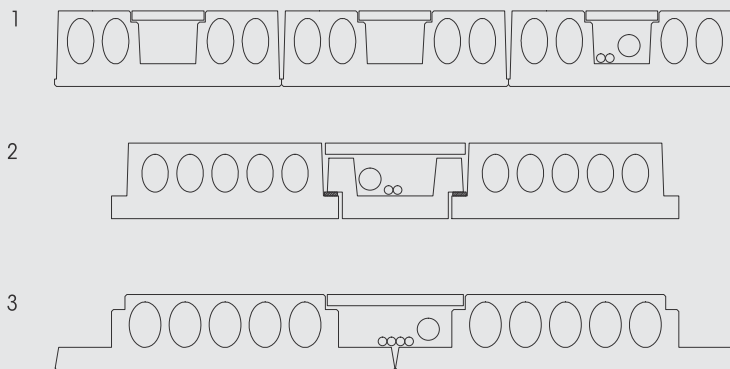
D3



Vloerelementen

In hoofdstuk 4 wordt gezocht naar mogelijkheden om technieken in de structurele hoogte van de vloer te integreren. Voor integratie in de langsrichting van welfsels wordt als eerste mogelijkheid een systeem met potten en balken gebruikt. Als tweede optie wordt gewerkt met welfsels met verlaagde zijzones. Als derde mogelijkheid stelt de ingenieur voor om een centrale uitsparing in welfsels te voorzien. Hierdoor kunnen de welfsels over hun volledige hoogte aan elkaar gebetonneerd worden om schijfwerking te realiseren en differentiële doorbuiging te voorkomen. Deze laatste optie is eenvoudiger te realiseren met de bestaande bekistings- en voorspanningstechnieken van het bedrijf. Het nadeel van de centrale uitsparing is dat technieken enkel via de kopse zijde van het welfsel de uitsparing kunnen bereiken.

E



E1 'Potten-balken' systeem.

E2 Welfsels met verlaagde stroken aan de zijkant.

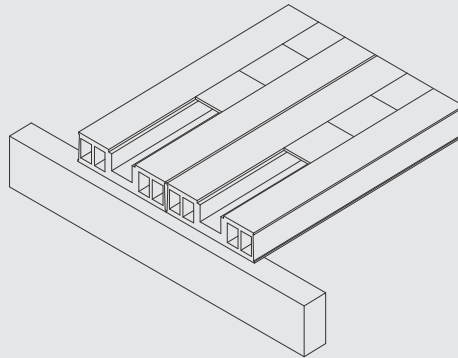
E3 Welfsels met centrale strook voor technieken.

De reductie in constructiehoogte op het einde van de welfsels kan tijdens het prefabricageproces met voorspanning worden gerealiseerd. De uitsparing kan echter nooit precies en glad afgewerkt worden geproduceerd. Dit omdat ze vlak na het storten in het natte beton moet worden aangebracht². Een alternatief voorstel voor de uitsparing is het verbreden van de balken of het ontdubbelen er van. Voor- en nadelen van het ontdubbelen of verbreden worden op de volgende bladzijden besproken.

2 De uitsparingen in VBI flexcasco elementen worden ook uitgespaard in het natte beton. (referentieboek p.50)

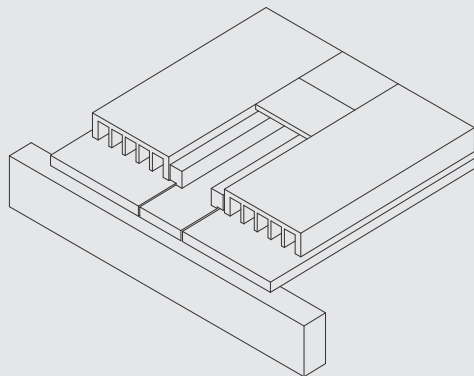
F1 Welfsels met centrale uitsparing kunnen in de voeg over hun volledige hoogte op de werf worden verbonden met beton. Waar kunnen technieken loodrecht op de draagrichting liggen in deze tekening?

F1



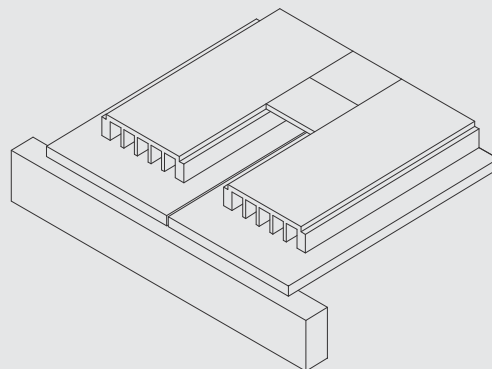
F2 Welfsels met kleine oplegconsole's aan de zijkant zijn eenvoudig te prefabriceren. Potten die tussen de welfsels dragen, kunnen in één lange strook worden geprefabriceerd. Hierdoor wordt een groot aantal voegen tussen verschillend potten vermeden.

F2

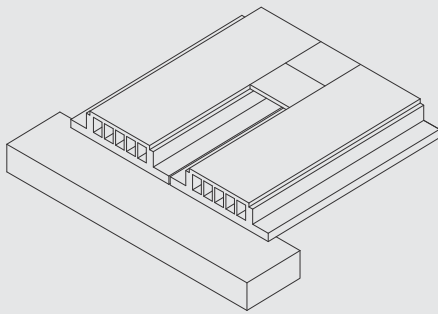


F3 Welfsels met zijconsole's kunnen met voorspanning gerealiseerd worden. Door het beperken van de breedte van consoles wordt vermeden dat bijkomend nog wapening loodrecht op de lengte moet worden voorzien. Is er voldoende breedte voor het plaatsen van technieken? Kan 15cm console, dus 30cm strook, volstaan?

F3

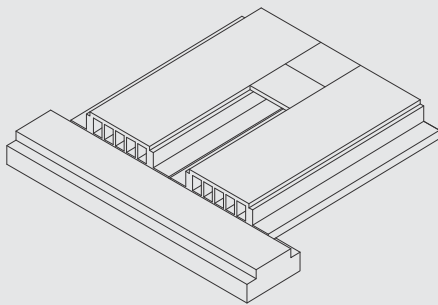


G1



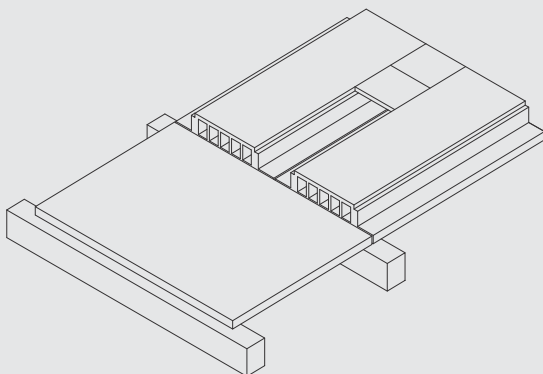
G1 Brede balk. Indien de balk breder is dan de verticale structuur zal dit een impact hebben op de ruimte onder de vloer.

G2



G2 Brede balk met uitsparingen waardoor de totale constructiehoogte van vloer en balken wordt gereduceerd.

G3

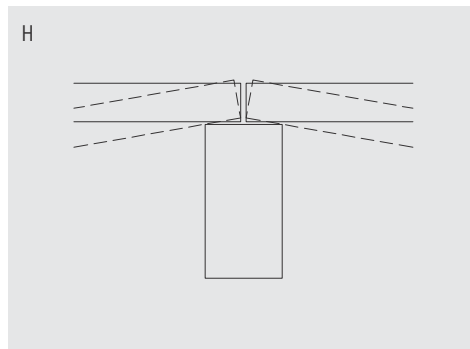


G3 Ontdubbelen van de balken levert een zone op met een beperkte constructieve vloerhoogte. Een eerste nadeel is het ontdubbelen van verticale structuur. Een tweede is het groter aantal balken aan het plafond. Als derde komt de minder fijnmazige integratie van technieken in het systeem.

Schijfwerking van vloeren

Indien de L-elementen horizontale lasten opvangen en schijfwerking van vloeren overbodig wordt, moeten welfsels niet meer met elkaar en met de draagstructuur worden verbonden. De nominale opleglengte volstaat in dit geval om welfsels op een veilige manier op de constructie te leggen. Welfsels zonder druklaag of eindverankering vragen aan de oplegging een flexibele voeg. Dit omdat ze onder belastingen zullen doorbuigen en een hoekverdraaiing veroorzaken. Lasverbindingen tussen de welfsels kunnen differentiële doorbuiging voorkomen en accidentele lasten opvangen.

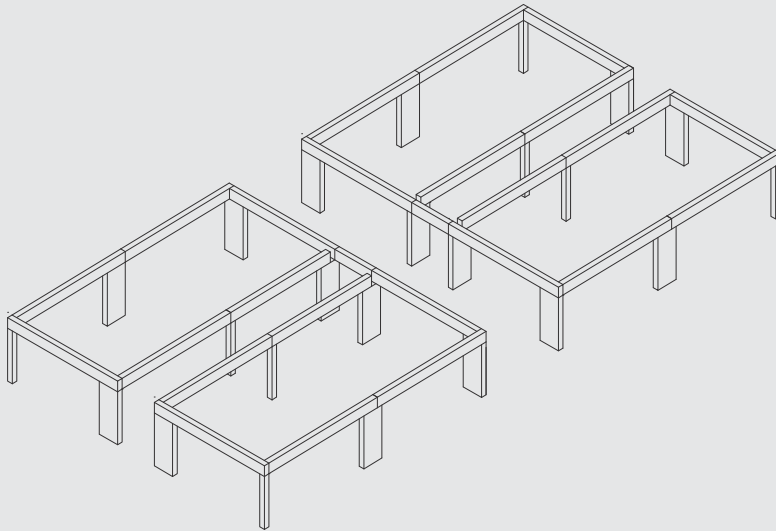
H Hoekverdraaiing bij het opleggen van een welfsel zonder bijkomende druklaag.



Van voorstellen naar een bouwsysteem

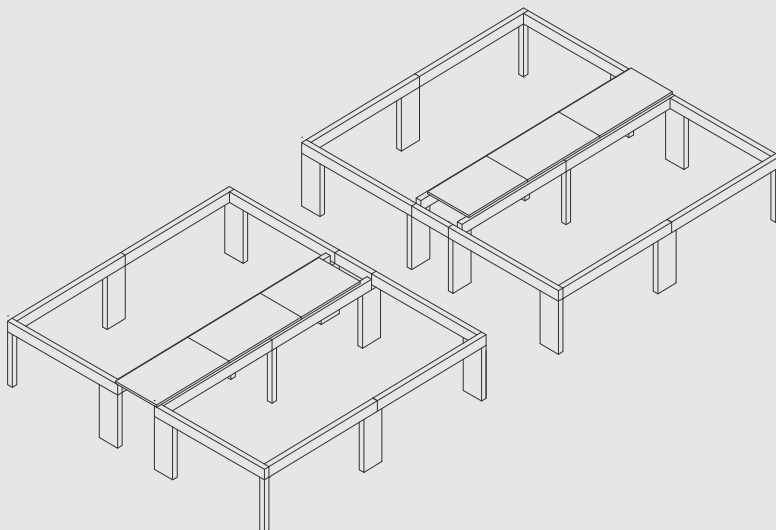
Welke invloed zullen de ontdubbeling van balken en een centrale uitsparing in een welfsel hebben? Om deze vraag te beantwoorden wordt een constructie opgebouwd die een alternatief kan zijn voor de structuren uit deze masterproef. De volgende tekeningen tonen aan dat deze structuur minder neutraal is naar planinvullingen toe, het voorzien van verticale circulatie en integratie van technieken. Verbindingen tussen verschillende elementen onderling zijn niet uitgewerkt.

11



- 11 Verticale structuur bestaande uit kolommen, balken en wanden. Tussen de twee wanden centraal in het systeem kan een koker worden geplaatst. De balken maken het plaatsen van technieken aan het plafond moeilijk.

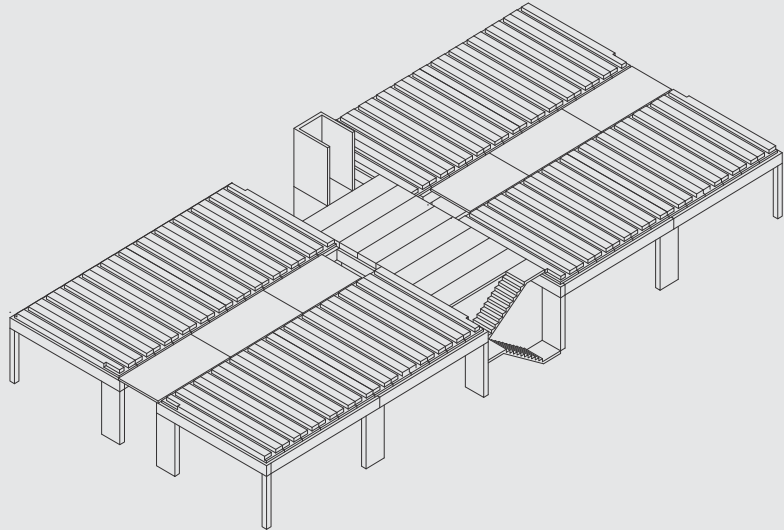
12



- 12 Bovenop de centrale balken worden dunne vloerplaten of welfsels gelegd.

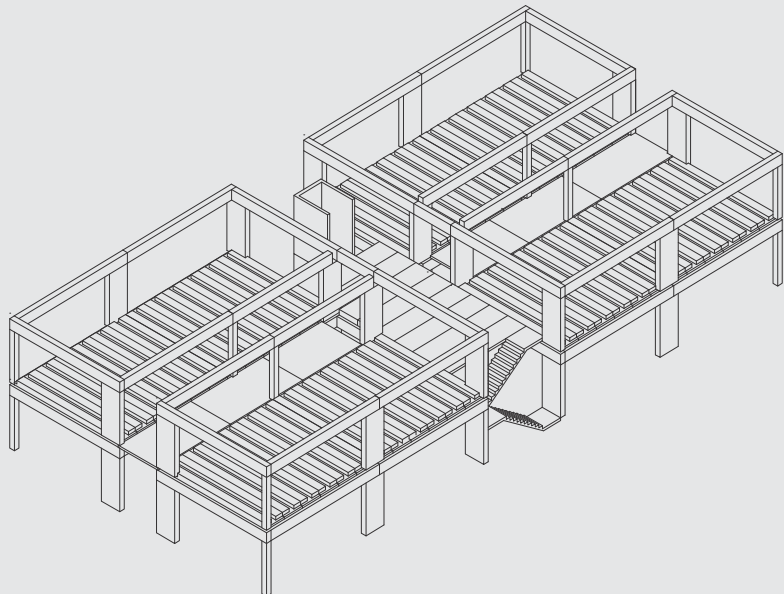
- I3 Welfsels met een centrale uitsparing worden dwars op de verlaagde zone gelegd. Voor de plaatsing van wanden bovenop de welfsels moeten nog extra uitsparingen in de welfsels worden voorzien. Dit verhoogt het aantal unieke elementen.

I3

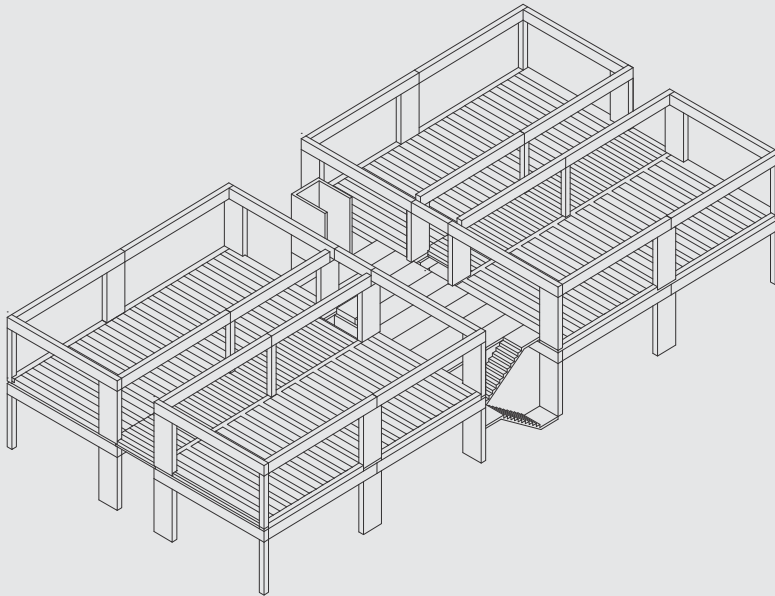


- I4 Verticale uitbreiding.

I4



15



15 Afwerking van de stroken en de centrale vloer. Door voor demontabele verbindingen te kiezen kunnen technieken later nog gewijzigd worden.

Besluit

Overleg met de ingenieur van Structo resulteert in elementen die eenvoudiger te prefabriceren zijn. Een schetsmatige test toont duidelijk aan dat dit leidt tot een systeem dat afwijkt van de ontwikkelingen in deze masterproef.

Indien een systeem in realiteit gebouwd wordt, is het belangrijk met volgende twee opmerkingen rekening te houden. Ten eerste zal tijdens het ontwikkelingsproces reeds in een vroeg stadium met mogelijke producenten moeten overlegd worden. Ten tweede moeten de voordelen en mogelijkheden die elementen bieden, opwegen tegen de nadelen ten gevolge van een complexer prefabricageproces.

5.4 Lengte en wapening van het L-element

Tijdens het onderzoek met de L is de lengte van het balkdeel een aantal keer gewijzigd in functie van structuurschema's. Een voorbeeld daarvan is het afstemmen van de lengte op de breedte van een aantal welfsels. Vervolgonderzoek op deze masterproef zou aan de hand van plantesten de lengte opnieuw in vraag kunnen stellen. De hoogte van het balkdeel blijft doorheen het onderzoek altijd twee keer de breedte, 60cm. Een berekening via de rekensoftware ConCrete controleert welke lengte met deze hoogte mogelijk is.

Optimale hoogte van een balkdeel met lengte 5,1m

Permanente lasten:

$$6,3 \text{ m} \times (2 \text{ kN/m}^2 + 2 \text{ kN/m}^2) = 25,2 \text{ kN/m}$$

2 kN/m² eigengewicht

2 kN/m² afwerking van de welfsels

5,1 m + 1,2 m wand = 6,3 m overspanning voor welfsels

Variabele lasten:

$$6,3 \text{ m} \times 3 \text{ kN/m}^2 = 18,9 \text{ kN/m}$$

3 kN/m² voor belastingsklasse II

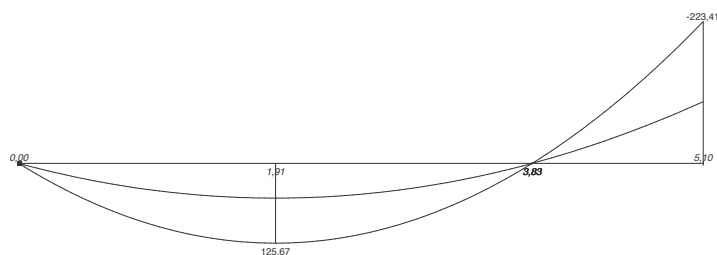
(zo is de constructie ook bruikbaar voor restaurants, kantoren, ...)

De veiligheidscoëfficiënten op belastingen worden door het programma in rekening gebracht.

Resultaat:

Optimale hoogte voor een balkdeel van 5,1m bedraagt 410mm.

Momentenlijn:



Optimale hoogte van een balkdeel met lengte 7,5m

Permanente lasten:

$$8,7\text{m} \times (2 \text{ kN/m}^2 + 2 \text{ kN/m}^2) = 34,8 \text{ kN/m}$$

2 kN/m² eigengewicht

2 kN/m² afwerking van de welfsels

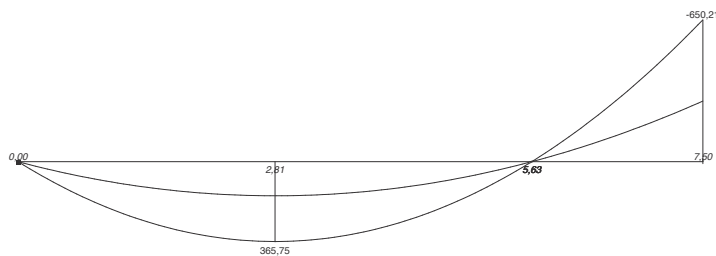
7,5m + 1,2m wand = 8,7m overspanning voor welfsels

Variabele lasten:

$$8,7\text{m} \times 3 \text{ kN/m}^2 = 26,1 \text{ kN/m}$$

3kN/m² voor belastingsklasse II

Momentenlijn:



Voor deze lengte wordt een optimale hoogte gevonden van 680mm en een minimale hoogte van 500mm.

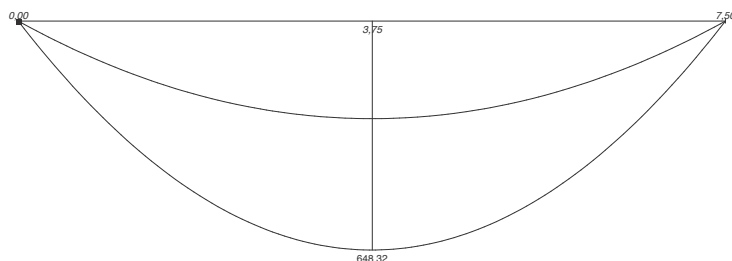
Ter vergelijking:

Een balk met zelfde belastingen, maar op 2 scharnierende steunpunten.

ConCrete stelt eenzelfde optimale hoogte voor van 680mm en minimale hoogte van 500mm.

De maximale buigende momenten voor de twee elementen zijn gelijk. Voor de balk op scharnieren is dit het moment centraal in de overspanning, voor de balk aan de L is dit het moment rechts aan de inkeleming.

Momentenlijn:



Berekening figuur R uit hoofdstuk 4:

Balkdeel met lengte 7,5 m

Vloeroverspanning 7,5m

Permanente lasten:

$$7,5\text{m} \times (2 \text{ kN/m}^2 + 2 \text{ kN/m}^2) = 30,0 \text{ kN/m}$$

2kN/m² eigengewicht

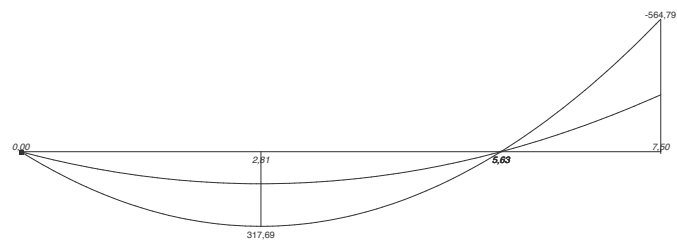
2kN/m² afwerking van de welfsels

Variabele lasten:

$$7,5 \times 3 \text{ kN/m}^2 = 22,5 \text{ kN/m}$$

3kN/m² voor belastingsklasse II

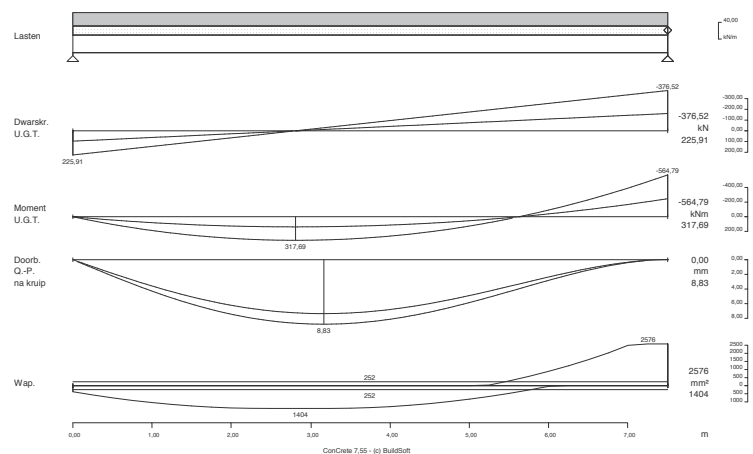
Momentenlijn:



Optimale hoogte is 630mm, minimale hoogte 460mm.

De keuze voor een hoogte van 600mm in de tekeningen ligt dicht tegen de optimale hoogte aan.

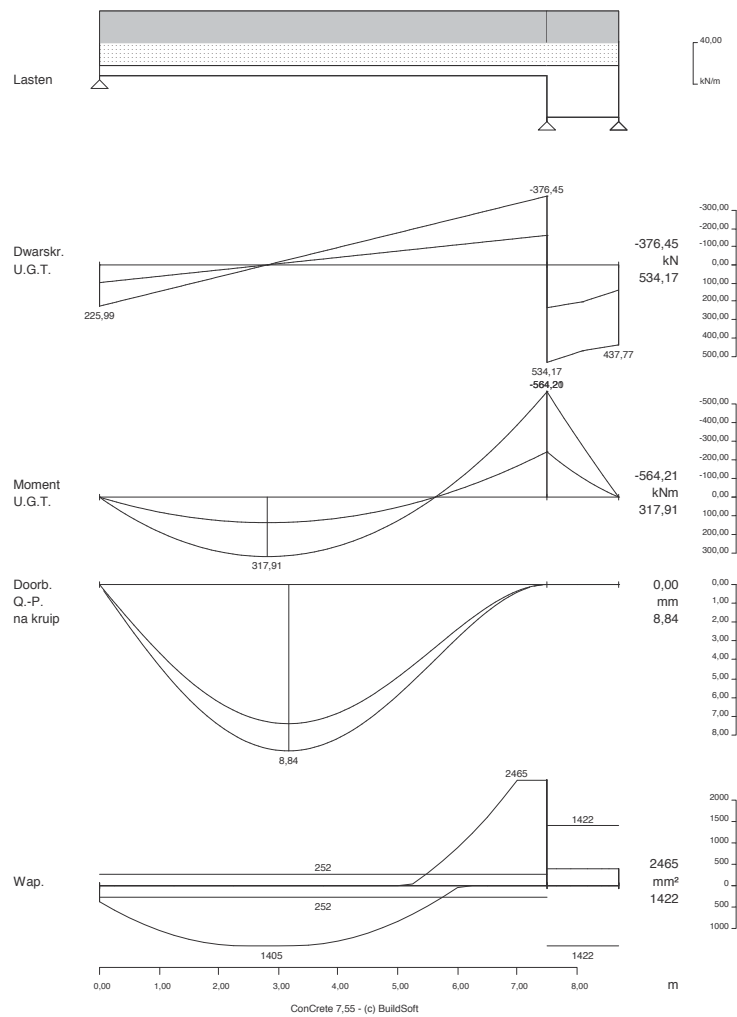
Grafieken voor het balkdeel van 7,5m lengte:



De trekkrachten in de balk zijn maximaal:
 onderaan op $1/3$ van de overspanning (1400 mm^2 trekwapening),
 bovenaan aan de inklemming (2570 mm^2 trekwapening)

Alternatieve berekeningswijze:

Het volledige L-element in ConCrete ingeven als balk met verspringende hoogte op drie steunpunten. Momentenlijn is analoog aan de vorige.



Wapeningsschema voor het balkdeel:



Wapeningsschema voor het balkdeel:

Onderaan:

2 x 20mm over hele lengte + 2 x 25mm op 1/3 overspanning

Bovenaan:

2 x 20mm over de hele lengte + 4 x 25mm aan wand

Controleberekening voor het plaatsen van de L.

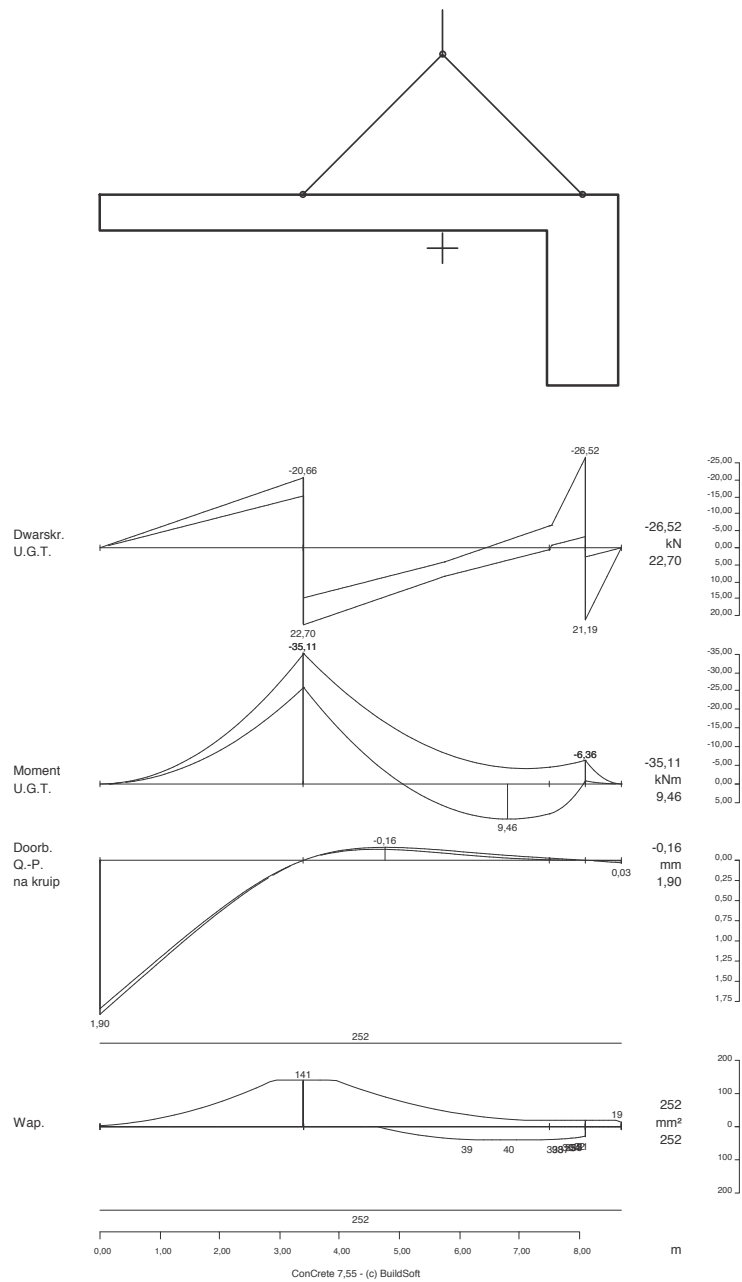
Is de wapening die voorzien is voldoende indien een deel van het L-element in uitkraging is? Enkel het eigengewicht wordt daarbij in rekening gebracht.

Het zwaartepunt wordt bepaald.

De montage gebeurt via twee schuine kabels zoals te zien op de tekening hiernaast.

In het element moet overal een minimale wapening worden voorzien.

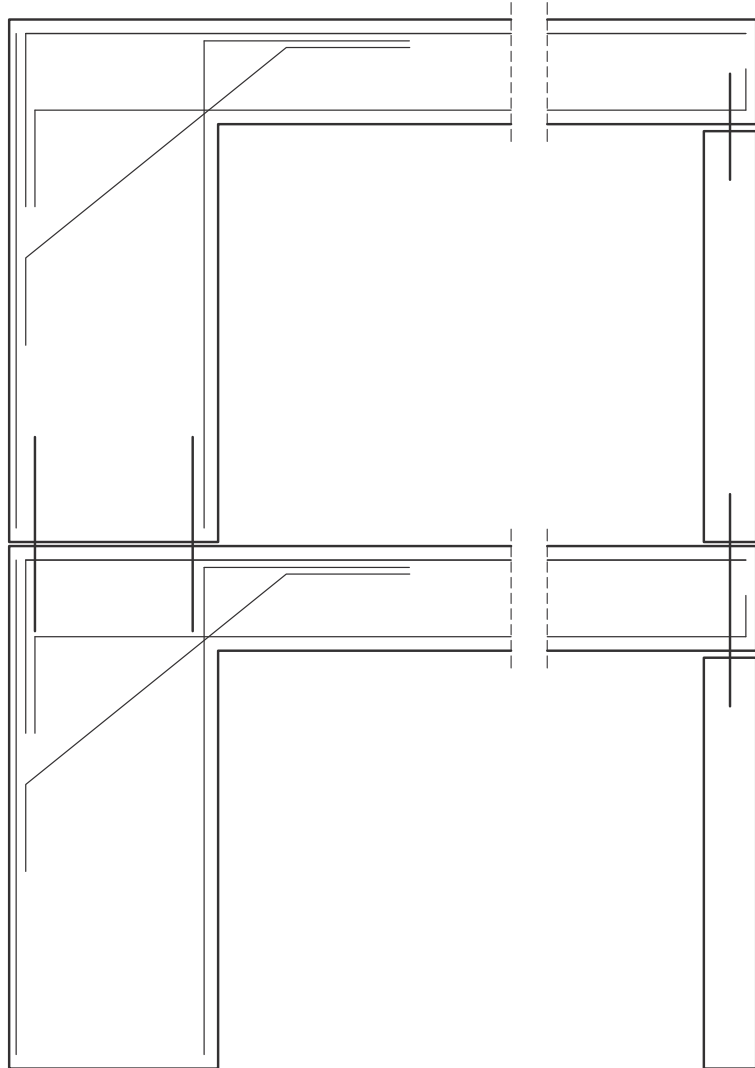
De voorziene wapening is bijgevolg ruimschoots voldoende.



De verbindingen tussen wapening in het wanddeel en wapening in het balk-deel gebeuren volgens onderstaand schema. De hoek moet daarbij moment-

vast worden verbonden. Wapening onder 45° vermijdt scheuren in de verbinding tussen balk en wand.

5.5 Uitsparingen in welfsels



Aan de uiteinden van de welfsels wordt de constructiehoogte verlaagd om technieken loodrecht op de draagrichting van welfsels te kunnen leggen. Dit is mogelijk omdat de buigende momenten aan de oplegpunten erg klein zijn. Bij het verlagen van de constructiehoogte moet vooral rekening worden gehouden met dwarskrachten.

Bij een vloersysteem van potten en balken zullen niet enkel de belastingen afkomstig van de welfsels de dwarskracht bepalen, maar ook de belastingen afkomstig van de potten. Bij een systeem van welfsels met verlaagde zones aan de zijkant zal de dwarskracht dus kleiner zijn. De uitsparing in de welfsels moet immers enkel het welfsel zelf dragen. Dit kan een mogelijk argument zijn om niet te kiezen voor potten en balken.

Via ConCrete

Via ConCrete worden de vloerelementen berekend als volle vloerplaten zonder voorspanning. De consoles aan de zijkant van het welfsel worden niet meegerekend in de betondoorsnede.

Permanente lasten:

2 kN/m^2 afwerking van de welfsels

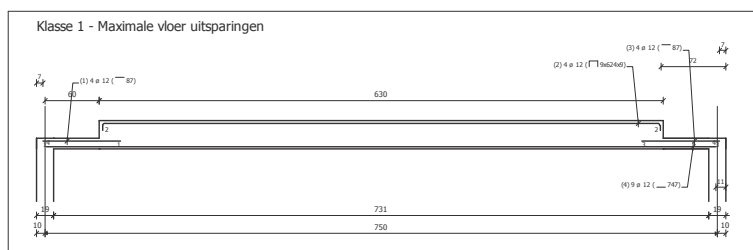
Variabele lasten:

3 kN/m^2 voor belastingsklasse II

De veiligheidscoëfficiënten en het eigengewicht worden door het programma in rekening gebracht.

Wapeningsvoorstel volgens ConCrete:

9 x 12mm diameter trekwapening onderaan



4 x 12mm diameter wapening bovenaan

De optimale hoogte voor de uitsparingen bedraagt 120mm.

Voor een overspanning van 8,7m bedraagt de minimale hoogte 120mm.

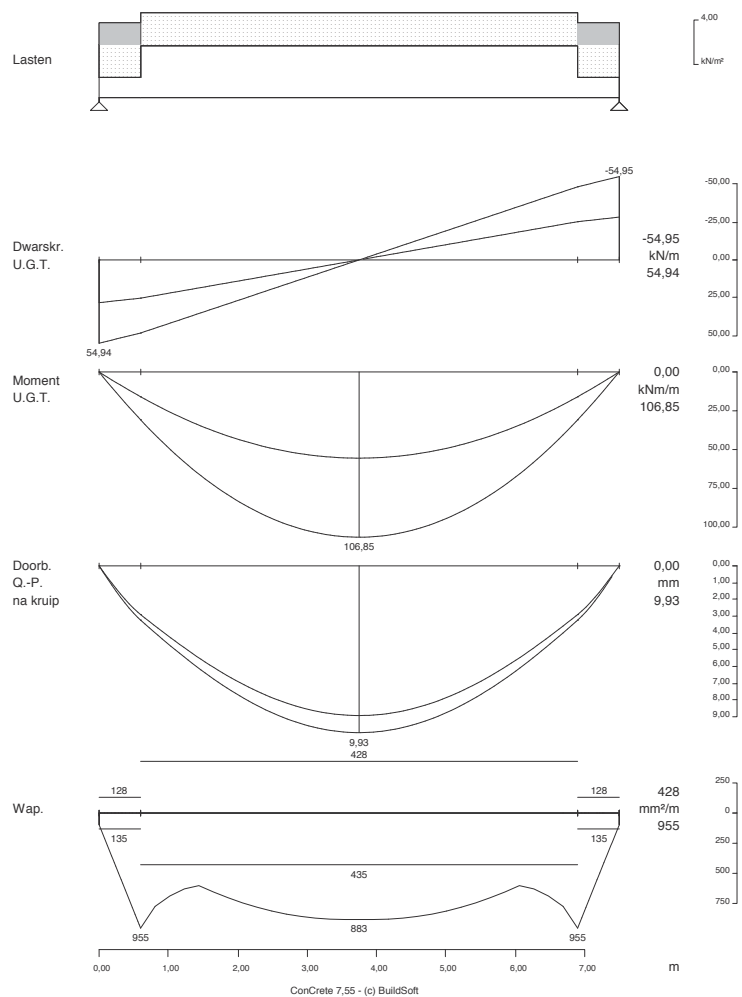
Met een structurele hoogte van 120mm kunnen dus overspanningen tot 8,7m worden gerealiseerd.

De doorbuiging na kruip bedraagt 9,93mm.

Dit is nipt groter dan de $L/800$ eis die 9,38 mm bedraagt.

Grafieken:

Via manuele berekening²:



De vloerelementen worden voorgesteld als gewapende vloerplaat met uitsparingen en zijconsoles:

Breedte vloerelement: 1,2m

Breedte console: 0,3m

Lengte overspanning: 7,5m

Permanente lasten:

$1,8\text{m} \times 2\text{kN/m}^2 = 3,6\text{ kN/m}$ afwerking van de welfsels

$0,35\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 = 8,75\text{ kN/m}$ eigengewicht

$12,35\text{ kN/m} \times 1,35 = 16,67\text{ kN/m}$ permanente last

Variabele lasten:

$1,8\text{m} \times 3\text{kN/m}^2 = 5,4\text{ kN/m}$ voor belastingsklasse II

$5,4\text{ kN/m} \times 1,5 = 8,1\text{ kN/m}$ variabele last

Totale belasting:

$16,67\text{ kN/m} + 8,1\text{ kN/m} = 24,77\text{ kN/m}$

Maximaal buigend moment centraal in de overspanning:

$M = 24,77\text{ kN/m} \times 7,5\text{m}^2 / 8 = 174,16\text{ kNm}$

Reactiekracht aan een steunpunt: 93 kN.

Maximaal moment in de uitsparing op 0,6m afstand:

$M = 0,6 \times 93\text{kN} - 24,77\text{kN/m} \times 0,6 \times 0,3 = 51,34\text{ kNm}$

Voor een volle enkelvoudig gewapende vloerplaat met hoogte 120mm:

$Mud = M / b d^2 fcd = 0,086$

tabel 5,3:

$Asw = 0,092 \times (33,33 / 434,8) \times 100 \times 1800 = 1270\text{mm}^2$

(5 x diameter 12mm)

Dwarskrachtencontrole:

Betonkwaliteit C50/60 met veiligheid 1,5

Staalkwaliteit 500 met veiligheid 1,15

Controle weerstand van een drukschoor:

$V = 0,12 k (100 p fck) 1/3 bwd = 200\text{ kN}$

$d = 120\text{ mm} - 20\text{mm betondekking} = 100\text{mm}$

$bw = 1800\text{ mm}$

$k = 1 + V(200/d) = 2,41$ moet ≤ 2

$p1 = 0,02 = Asw / (b d)$

Hieruit volgt: $Asw = 3600\text{ mm}^2$

- 2 Voor de controle van de betondoorsnede wordt gebruik gemaakt van het boek 'Gewapend beton - berekening volgens NBN B 15-002, Academia Press, Gent, 2002'

$$f_{ck} = 50$$

Een drukschoor kan tot 200 kN opnemen.

Dit is voldoende om 93kN dwarskracht naar het steunpunt over te brengen.

5.6 Wanden

De wanden hebben een lengte van 120cm. Deze maat is een veelvoud van 30cm, vier keer de breedte van het element en de standaardbreedte van een welfsel. Tijdens het onderzoek wordt verondersteld dat deze lengte voldoende is om windlasten op te vangen. Volgende berekening via de windnorm controleert of het mogelijk is met de wanden middelhoge gebouwen te realiseren. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met trek- en drukkrachten die de wanden ondervinden ten gevolge van de belastingen op het balkdeel omdat deze momentstijf zijn verbonden. Zo wordt in 5.3 een trekkracht van 500kN gevonden als de vloerelementen en het balkdeel 7,5m lang zijn.

Berekeningen via de Belgische windnorm

NBN EN 1991 - 1 - 4 - ANB (2010)

Van de norm wordt een representatieve windbelasting gezocht voor een middel-hoogbouw in België.

Daarbij moeten verschillende factoren worden vastgelegd:

Structurele factor = 1 (gebouw lager dan 15m)

$c_s(z) = 1$ (helling < 5%)

Terreinfactor k klasse I = 1

$v_{b,0} = 26$ m/s (West-Vlaanderen)

Windrichting-, seizoen-, waarschijnlijkheidsfactor = 1

Hoogte z gemeten vanaf de voet van het gebouw bij een vlak terrein.

$q_p(z) = q_p(z_e)$ want de hoogte van de constructie blijft kleiner- of gelijk aan de breedte. Dit resulteert in een uniforme windlast.

Tabel 4.9 ANB voor $v_{b,0} = 26$ m/s en $c_s = 1$, terreincategorie I

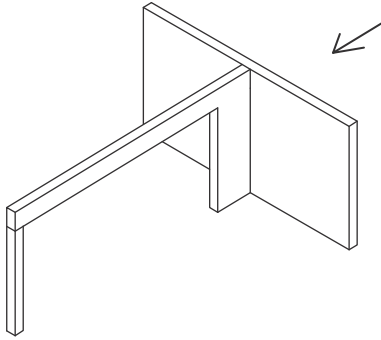
Gebouw met hoogte z :

dynamische piekdruk volgens de hoogte: $q_p(16) = 1,3$ kN/m²

Tabel 7.1: Aanbevolen waarden voor uitwendige drukcoëfficiënten voor verticale gevels met rechthoekige plattegrond.

$C_{pe10} = 0,8$ voor de gevel die door de wind belast wordt.

Enkel externe windbelastingen in de lengterichting van een L-element belasten de wand van de L.



Afstand tussen portieken = 7,5m

$F_{wind} / m = 7,5 \text{ m} \times 0,8 \times 1,3 \text{ kN/m}^2 = 7,8 \text{ kN/m}$

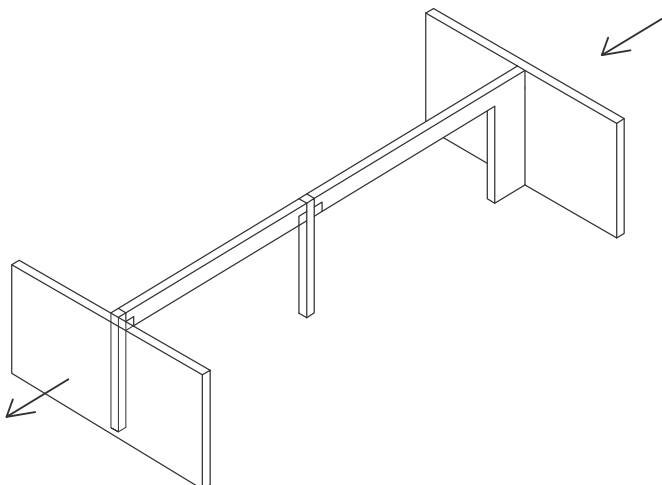
Iedere L neemt 3,2m gevelhoogte (= hoogte van de L) voor zijn rekening:

$F_{wind} = 7,8 \text{ kN/m} \times 3,2 \text{ m} = 25 \text{ kN}$

Het resultaat is een moment van $3,2 \text{ m} \times 25 \text{ kN} = 80 \text{ kNm}$

Het is mogelijk dat de L via een balk de windlast van twee gevels moet opvangen. De C_{pe10} -factor voor deze gevel bedraagt 0,5.

Het moment ten gevolge van de windbelastingen bedraagt dan 80kNm van de gevel waarop de wind staat en 50kNm van de andere gevel.



Mogelijke grootteorde van het moment op een wand ten gevolge van de windlasten: $130\text{kNm} \times 4 \text{ verdiepingen} = 520\text{kNm}$ in het onderste element.

Indien de resultanten van de trek- en de drukkracht in de wand op 1,1m afstand van elkaar zitten resulteert dit in een nodige trekwapening van 1087mm^2 .

Opmerking:

Belastingen in UGT op het balkdeel van de L leveren momenten op van 550kNm in het wanddeel.

Indien de resultaten van de trek- en de drukkracht binnen de wand 1,1m afstand van elkaar zitten, resulteert dit in een druk- en trekkracht van 500 kN .

Vier L-elementen boven elkaar zorgen voor een totale trekkracht van 2000 kN in het onderste element.

Aangezien beton geen trekkracht kan opnemen moet een wapening van 4600 mm^2 worden voorzien. Dit zijn 10 staven met 25mm diameter in staalkwaliteit 500.

Dit heeft ook gevolgen voor de verbindingen:

Bijvoorbeeld: de zwaarste wandschoen van de firma Peikko³ kan een trekkracht van 938kN naar een element overbrengen. Er zouden dus 2 van deze wandschoenen moeten worden voorzien.

Vooraf de momenten van de belastingen onder uiterste grenstoestanden en niet deze van de windbelastingen zullen de wapening in de wanden bepalen. Is dit een reden om het L-element op te splitsen in een balk en een wand die niet langer momentstijf verbonden zijn?

3 <http://www.peikko.com/product-nl/p=SUMO-wandschoenen> - geraadpleegd op 10/01/2015

5.7 Besluit

Het technisch consult met Structo en de controleberekeningen tonen aan dat alle elementen produceerbaar zijn. Enkel de controleberekening van de wand plaatst een vraagteken bij de stijve verbinding tussen balk en wand in de L-vorm.

Conclusie

Conclusie

Na het verkennend onderzoek komt het potentieel van een L-vormig beton-element op de voorgrond. Het verder onderzoek binnen deze masterproef spitst zich toe op schakelingen met dit L-element gericht op de realisatie van een uitbreidbaar en demontebaar bouwsysteem. Als daarbij het aantal verschillende elementen kan beperkt worden, is dat een meerwaarde.

Het onderzoek rond mogelijke schakelingen heeft aangetoond dat niet een uitsparing in het L-element maar wel het werken met consoles resulteert in uitbreidbare, demontabele structuren samengesteld met een beperkt aantal verschillende elementen.

Het onderzoek richt zich tot hier toe enkel op structuur. Een volgende stap zoekt naar de mogelijkheden voor integratie van technieken. Door de L-elementen te gebruiken als onderdeel van een systeem met schrankende portieken wordt een vlotte bediening van het plafondoppervlak gerealiseerd tussen de doorhangende balken. Een bijkomend voordeel is dat tussen de portieken ook ruimte ontstaat om verticale kokers te plaatsen.

Daarop volgt de vraag of de structuur van de vloer ook ingezet kan worden om technieken bereikbaar te maken. Als eerste oplossing wordt een 'pottenbalken' systeem behandeld. Als tweede optie wordt een welfsel met verlaagde structuurdikte aan de beide zijanten voorgesteld. In beide gevallen zorgt een uitsparing ter hoogte van de oplegging voor de mogelijkheid om technieken ook loodrecht op de draagrichting van de vloerelementen te leggen. Vanuit de kokers tussen de portieken kan zo de volledige vloeroppervlakte worden bediend.

Afhankelijk van de manier waarop vloer en plafond uiteindelijk worden afgewerkt blijven de technieken in meerdere of mindere mate gemakkelijk bereikbaar/wijzigbaar. Vervolgonderzoek kan zich richten op de impact van de gekozen afwerkingswijze op de structuur en op de mate waarin technieken bereikbaar blijven. Ook de vraag of het binnen de structuur mogelijk is interessante plannen te ontwikkelen kan daar aan bod komen.

Deze masterproef toont aan dat niet alle aspecten van aanpasbaarheid in even grote mate via een structuurvoorstel kunnen gerealiseerd worden. De opeenvolgende onderzoeksstappen, de vragen en de bevindingen onderweg, de doodlopende sporen en de aanzetten voor vervolgonderzoek hebben gezorgd voor een boeiende en zonder twijfel waardevolle zoektocht.

Referenties

1 Verkennend onderzoek

G. Staib, A. Dörrhöfer, M. Rosenthal, C. Anderle-Neill, **Components and systems: modular construction. design, structure, new technologies**, Birkhäuser, BaselBostonBerlin, 2008

Thijs Urban, **Duurzaam ontwerpen: toepassing van herbruikbare structuren**, Masterproef UGent, 2013

J. Utzon, R. Weston, **Utzon: inspiration, vision, architecture**, Blondal, Hellerup, 2002

2 Ontwikkeling betonnen drager

F. De Troyer, N. Naert, **Bouwen met prefab beton - ontwerp gids**, J.P. Jacobs, Brussel, 2002

S. Van Haecke, B. Willemyns, **Alternatieve oplossingen voor de realisatie van consoles aan geprefabriceerde betonelementen**, Masterproef UGent, Gent, 2008.

Handboek prefab beton BFBN

<http://betonplaza.nl/publicaties/boeken/handboek-prefab-beton> - geraadpleegd op 10/01/2015

Modelcursus prefab beton FEBE

http://www.febe.be/nl/nieuws-en-publicaties/detail/modelcursus-prefab-beton?utm_source=febe&utm_medium=fork-search&utm_term=model - geraadpleegd 10/01/2015

www.ifdbouwen.be

www.duurzame technieken.be

Productcatalogussen van volgende bedrijven:

www.hakron.be

www.peikko.nl

www.structo.be

www.megaton.be

www.betonson.com

www.vbi.nl

Bij de controleberekeningen:

Vanhooymissen L., Spegelaere M., Van Gysel A., De Vylder W., **Gewapend beton - berekening volgens**

NBN B 15-002, Academia Press, Gent, 2002

NBN EN 1991 - 1 - 4 - ANB (2010)

Concrete (Plus) Software, Buildsoft

Ontwerpend op zoek naar een aanpasbaar bouwsysteem

Referenties

door Jasper Caenepeel

Ontwerpend op zoek naar een aanpasbaar bouwsysteem

Referenties

door Jasper Caenepeel

Voorwoord

Dit deel van de masterproef ondersteunt het onderzoeksboek en vormt een alternatief voor een beknopte bronvermelding door de lezer selecte inhoud van bronnen aan te bieden. Referentieboek en onderzoeksboek scheiden maakt duidelijk voor de lezer welke info wordt geraadpleegd en welke inhoud zelf wordt geproduceerd.

Dit referentieboek verzamelt het opzoekwerk rond de thema's 'aanpasbaarheid' en 'betonconstructies'. Voorafgaand aan eigen onderzoek is het belangrijk te controleren welke info en referenties als inspiratiebron kunnen dienen voor eigen ontwikkelingen. Ook tijdens het verloop van het onderzoek worden relevante, nieuwe bronnen gevonden en toegevoegd. Sommige zullen leiden naar het opnieuw in vraag stellen van eerder gevonden ontwerpbeslissingen. Andere brengen aan het licht dat 'eigen' oplossingen reeds bestaan.

Verkennd onderzoek

1 **Academisch onderzoek**

E-Cube
Jolien Van Bever
Anna Paduart
Thijs Urban
Waldo Galle

2 **Literatuur**

Plus
Frame and Generic space
Detail: components and systems
Home Delivery

3 **Projecten**

Utzon
Prouvé
Melnikov
Devolder Vinck Taillieu
Willy Van Der Meeren

1 Academisch onderzoek

Een aantal personen, elk met een eigen benadering van het thema, hebben reeds onderzoek gevoerd rond aanpasbaar bouwen. Alvorens zelf een ontwerpend onderzoek aan te vatten is het waardevol deze literatuur door te nemen met focus op de onderzoeksvraag, methodiek en eindconclusie. Het academisch onderzoek duidt tegelijk de uitdagingen van het onderwerp en de potentieel interessante ontwerppistes aan die ontwikkeld kunnen worden.

- 1 Thijs Urban, Duurzaam ontwerpen: toepassing van herbruikbare structuren, Masterproef UGent, 2013

1.1 Herbruikbare structuren¹

Thijs Urban spitst zich toe op het ontwerp van een aanpasbare draagstructuur. Hij slaagt er in een aantal interessante ontwerpscenario's in hout te ontwikkelen waarbij vooral verbindingstechnieken tussen horizontale en verticale dragers worden onderzocht. Hij past zijn onderzoek ook toe op de uitwerking van een aantal plannen en de structurele berekening van liggers en balken. Met deze berekeningen start gelijktijdig een onderzoek naar materiaal-optimalisatie van de liggers en kolommen. Vrij logisch daar een minimum aan materiaal een stap is naar het terugschroeven van materiaalverbruik. Dit heeft echter tot gevolg dat de ontwikkelde structuur vrij ingewikkeld wordt waardoor een 'doe-het-zelf' gebruiksgemak voor een, op vlak van stabiliteitsberekeningen, 'ongeschoolde' gebruiker misschien verloren gaat. Een onderzoek naar aanpasbaarheid van de gevel en technieken wordt door tijdsgebrek en complexiteit van de reeds te onderzoeken materie achterwege gelaten. In de nabeschouwing wordt waardevolle informatie meegegeven: een jaar onderzoek is kort, hou het eenvoudig en spits je toe op een specifieke benadering van aanpasbaarheid.

- 2 Waldo Galle, Time-based Design: over de aanpasbaarheid en het ontwerpen van gebouwen, Masterproef UGent, 2011

1.2 Time-based Design²

In de masterproef van Waldo Galle wordt heel duidelijk gemotiveerd waarom heden ten dage onderzoek naar een aanpasbaar bouwsysteem noodzakelijk is. Zowel bouwkosten, ecologie en flexibiliteit van een gebouw zijn belangrijke argumenten. Ook de kennismaking met het schema 'sharing layers of change' van Stewart Brand is interessant. Het masterproefonderzoek benadrukt dat met een stijgend aantal functies van een wand (draagstructuur, isolatie, luchtdichting, waterdichting, akoestische isolatie, ...) de mogelijkheid tot eenvoudige aanpassing of vervanging van één van de onderdelen ingewikkelder wordt.

1.3 E-Cube³

De masterproef over de E-Cube is een erg leerrijke benadering van de thematiek rond aanpasbaar bouwen. Doordat het duidelijk is van bij de aanvang dat het onderzoeksvoorstel binnen korte tijd ook echt zou gebouwd worden, wordt van bij de start met een praktische ‘doe-het-zelf’ aanpak gewerkt. De ontwerpers beperken zich echter niet enkel tot het toelichten van verschillende ontwerpbeslissingen. Er wordt ook telkens gereflecteerd of bepaalde beslissingen gelijkaardig zouden worden uitgevoerd buiten de wedstrijdcontext. De beperkte tijd en het beschikbare budget werkten immers niet altijd in het voordeel van de studenten. Interessante ontwerpbeslissingen zijn bijvoorbeeld het intelligent gebruik van een ‘Stow’ palettreksysteem met grote en kleine maatvoering en de fundering door middel van krikken. Bovendien slaagt het ontwerpteam er in een aanpasbare nul-energie woning inclusief gevel en ventilatiesysteem te ontwerpen. De masterproef toont duidelijk aan dat het een enorme uitdaging vormt een aanpasbare woning te ontwerpen die voldoet aan de brand- en akoestische normen. Bovendien is het ontwerpen van de technieken in dit type woningen een niet eenvoudig en mag de lucht- en waterdichting niet licht worden opgevat.

1.4 Renovatie van woontorens⁴

Het doctoraatschrift van Anne Paduart ‘Re-design for change’ is een onderzoek naar de mogelijke aanpassing van woontorens die niet meer aan de huidige normeringen voldoen. Het werk biedt een interessante kijk op de verschillende types torens en op de potentiële ontwerpuitdagingen bij een reconversie. Ontwerptoeepassingen beperken zich tot een bespreking van een aantal referenties en het ontwikkelen van ontwerpstrategieën. Onderzoeken zoals de masterproef van Jolien Van Bever⁵ tonen echter aan dat het vertalen van een strategie in een concreet project grote ontwerpuitdagingen inhoudt die dikwijls gekoppeld zijn aan een specifieke context.

1.5. Andere masterscripties die aanpasbaarheid behandelen

- Aanpasbaarheid als ontwerptool voor duurzaam bouwen⁶
- Ontwerpoefening naar kader en generieke ruimte⁷

- 3 R. Rottiers, P.J. De Loof, D. van de Walle, E-Cube: ontwerp en bouw van een nul-energie woning, Masterproef UGent, 2011

- 4 Anne Paduart, Re-Design for change: towards dynamic and sustainable residential buildings, Doctoraat VUB, 2013

- 5 Jolien Van Bever, Onderzoek naar ontwerp- en renovatie-potentieel van -sociale- hoogbouw: case study Rabottoren één Gent, Masterproef UGent, 2013

- 6 Charlotte Delhuvette, Aanpasbaarheid als ontwerptool voor duurzaam bouwen, Gent, Masterproef UGent, 2012

- 7 J. Blomme, X. Denduyver, Stadsinbreiding: Nijverheidsschool Lindelei. Ontwerpoefening naar kader en generieke ruimte, Masterproef UGent, 2014

2 Literatuur

- 8 F. Druot, A. Lacaton, J.P.H. Vassal, Plus. Large scale housing development: an exceptional case, Editorial Gustavo Gili, 2007

2.1 PLUS⁸

Het Franse bureau Lacaton & Vassal produceert architectuur met een duidelijke boodschap. Na het lezen van hun boek 'Plus' blijven drie ontwerpstrategieën in het achterhoofd hangen.

Ten eerste staan op hun palmares enkele tot de verbeelding sprekende projecten zoals de transformaties van woontorens in de Parijse banlieu. Het uitgangspunt van de reconversies van 'Bois le Prêtre' en 'La Chesnaie' spreekt een klare taal: het verbouwen van de, op het eerste zicht kwaliteitsloze, woontorens biedt meer voordelen dan men vermoedt. Bij volledige afbraak hebben alle huidige bewoners tijdens sloop- en bouwwerken nood aan tijdelijke huisvesting voor een lange periode. Bij verbouwing is de werkperiode veel korter en kunnen de bewoners het grootste deel van de werken in hun appartement blijven wonen. Door het kiezen voor transformatie wordt de hoeveelheid bouwafval tot een minimum beperkt en worden ook minder nieuwe bouwmaterialen verbruikt. In deze context maakt Jolien van Bever in het academiejaar 2012-2013 een masterproef over een potentiële renovatie en transformatie van Gents fel bediscussieerde Rabottorens.

Ten tweede vormt in vele projecten de scheiding tussen binnen- en buitenklimaat een belangrijke inzet van het ontwerp. Door vergaand onderzoek met serrematerialen zijn de architecten er in geslaagd deze als scheiding in te zetten voor een ruimte in tussenklimaat en bijgevolg seizoensafhankelijk gebruik. Door het correct ontwerpen van deze ruimte en het voorzien van verluchtingsmogelijkheden en zonnewering wordt oververhitting vermeden.

Ten derde stellen de architecten het ontwerpen van sociale huisvesting in vraag. Ze zijn van mening dat er te weinig variatie in het huisvestingsaanbod aanwezig is. Zelf onderzoeken ze de mogelijkheid om via goedkope, geprefabriceerde en gestandaardiseerde industriële elementen voor hetzelfde budget een grotere woonoppervlakte te bouwen.

- 9 Bernard Leupen, Frame and generic space: a study into the changeable dwelling proceeding from the permanent, 010 Publishers, Rotterdam 2006

2.2 Frame and generic space⁹

In 2006 publiceert Bernard Leupen een boek over zijn onderzoek rond aanpasbaarheid van woningen. Bij wijze van inleiding haalt hij twee types woningen aan: een rijwoning gebouwd in 1820 en een appartement uit 1970. De rijwoning heeft tijdens haar bestaan vele verschillende woonvormen,

functies en bewoners gekend. De ruimte tussen de twee woningscheidende wanden biedt vele vrijheden. Een rijwoning transformeert zich in twee woonentiteiten, een studio en een huis of een woning met een handelsruimte op het gelijkvloers. Aan de tuinzijde is er de mogelijkheid om de woning verder uit te breiden. Het feit dat deze rijwoning nog steeds een populaire, stedelijke woontypologie is, bewijst dat een rijhuis via aanpassingen de tand des tijds kan doorstaan. Scherp daartegenover plaatst B. Leupen een appartementsgebouw, opgetrokken in 1970, volgens de dan geldende technologische- en woonnormen. De woonruimtes worden ontworpen met minimale afmetingen, geschakeld volgens een functioneel plan en gescheiden door een dragende betonstructuur. De beslissing om alle muren in de woningen ook een structurele rol toe te kennen, reduceerde de levensduur van het gebouw drastisch. Ondanks het feit dat alle appartementen in de jaren '70 werden voorzien van alle nieuwste technologie konden ze de veranderende leefgewoontes van de bewoners niet opvangen. Woningen die toelaten dat gebruikers achteraf relatief eenvoudig en goedkoop wijzingen kunnen aanbrengen, zullen beter de tand des tijds doorstaan en op die manier veel minder grijze energie verbruiken.

2.3 Edition detail: components and systems¹⁰

Deze editie van het magazine Detail zal onmiskenbaar inspiratie en interessante referenties leveren voor het bedenken van een bouwsysteem. Dit alles mede door de heldere opbouw: een geschiedkundig overzicht, de bespreking van verschillende soorten systemen en een technische bespreking per materiaal (staal, hout, beton) voorzien van de nodige referenties. Opvallend dat naast historische ook verrassende hedendaagse referenties worden vermeld. Een voorbeeld daarvan is het project 'Haus in Andelsbuch' op de volgende bladzijde.

- 10 G. Staib, A. Dörrhöfer, M. Rosenthal, C. Anderle-Neill, Components and systems: modular construction. Design, structure, new technologies, Birkhäuser, Basel/Boston-Berlin, 2008

2.4 Home Delivery: fabricating the modern dwelling¹¹

Het boek bestaat uit een korte reeks inleidende teksten gevolgd door een zeer uitgebreide reeks interessante projecten. Doorheen het boek worden klassiekers zoals Prouvé, Plug-In City, Habitat '67, ... afgewisseld met bijzonder interessante onbekende projecten. Projecten worden besproken aan de hand van een korte tekst voorzien van foto's tijdens de constructie, details, axionometriën,... Geen diepgaande besprekingen of constructietekeningen dus, de focus ligt eerder op het aantonen van de ruime mogelijkheden.

- 11 Barry Bergdoll, Home delivery: fabricating the modern dwelling, Museum Of Modern Art, New York, 2008

- 12 House in Andelsbuch
Oskar & Johannes Kaufmann
Components and systems
p. 92-94
Huis opgebouwd uit houten
basismodules van 5x5m



House in Andelsbuch

Located in the Bregenz Forest, this two-family house is set on a raised site, open to the elements. The fully enclosed stairwell is articulated as a separate volume and provides access to both dwellings. Parking spaces and house services are located in the basement level. The house is a pilot project for a construction system, based on a simple 5 x 5 m timber frame module. The modules can be connected horizontally or stacked vertically as desired, thus permitting flexible layout and dimensioning of the individual spaces.

The structural frame is filled with prefabricated wall and floor elements. The wall units include both external and internal cladding, insulation, windows and glazing, sunscreens and service runs. All elements were designed with identical abutment details. Although the bathroom and kitchen are – in this prototype – centrally installed as complete units, they benefit from natural light through the partially glazed walls. Site assembly for construction, facade and floor elements, and bath and kitchen units took just two days and only the service connections and floor finishes had to be carried out on site.

project team • building details

architects:	Oskar Leo Kaufmann and Johannes Kaufmann, Dornbirn
structural engineers:	Oskar Leo Kaufmann and Johannes Kaufmann
with:	Markus Flatz, Bregenz
client:	private
function:	house
construction:	timber
system:	frame/panel construction
internal ceiling height:	3.1 m
site area:	1,500 m ²
gross floor area:	200 m ²
total internal volume:	650 m ³
total construction cost:	€ 450,000 (gross)
date of construction:	1997

alternative system layouts
with 5 x 5 m basic module

A upper floor plan
B ground floor plan
scale 1:400

A

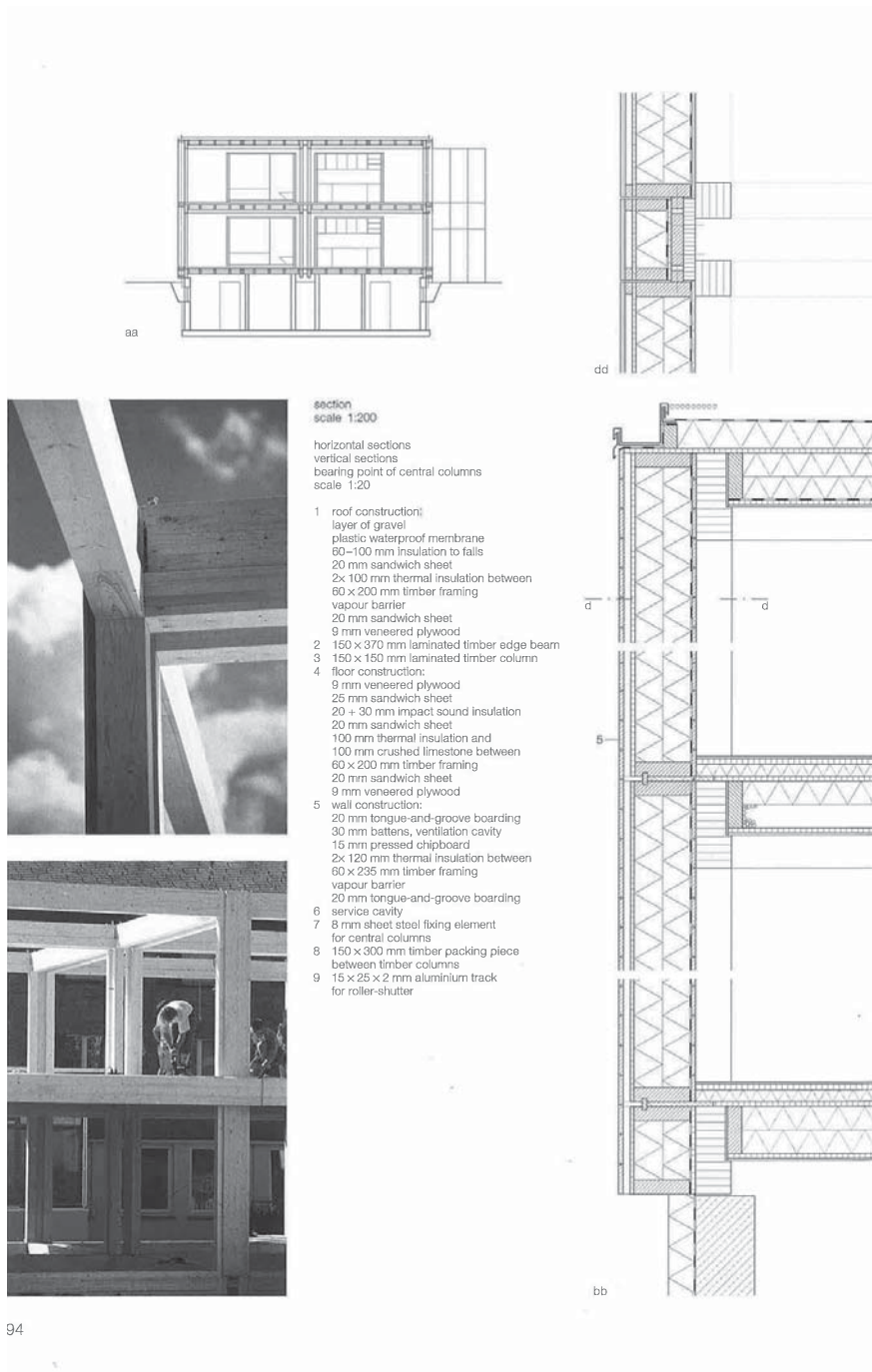
B

A

B

A

B



3 Projecten/Architecten

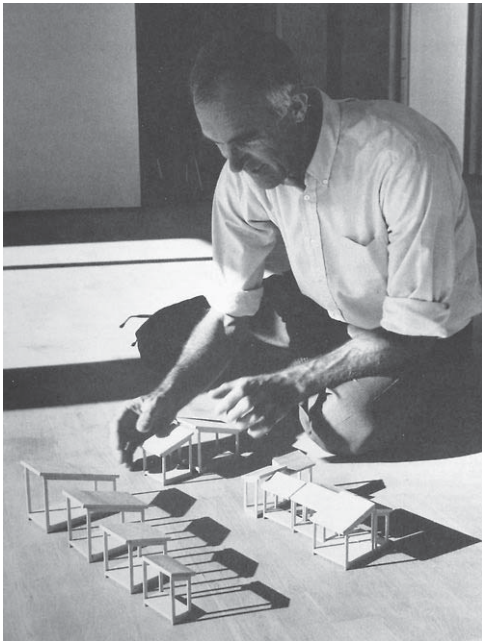
Met het oog op praktische toepassingen en concrete realisaties wordt nagegaan in welke mate aanpasbare ontwerpprincipes terug te vinden zijn in hedendaagse en historische projecten in binnen- en buitenland. Deze zoektocht brengt een grote kloof tussen 'theoretisch' academisch onderzoek en de beperkte realisaties in de praktijk aan het licht. Dit betekent echter niet dat het onmogelijk is interessante referenties te vinden die een kwalitatieve bijdrage kunnen leveren aan het onderzoek in deze masterproef. De gevonden voorbeelden tonen duidelijk dat de term 'aanpasbaar bouwen' vele interessante interpretaties kent en een ruim aantal toepassingsmogelijkheden heeft. De focus wordt gelegd op korte verslagen met de potentiële waarde voor onderzoek naar aanpasbaarheid. Op deze manier wordt gehoopt aan te tonen dat het onderwerp van deze masterproef zowel de interesse van de ingenieur als de passie van de architect zal aanspreken.

- 13 R. Weston, J. Utzon, Utzon: inspiration, vision, architecture, Blondal, Hellerup, 2002

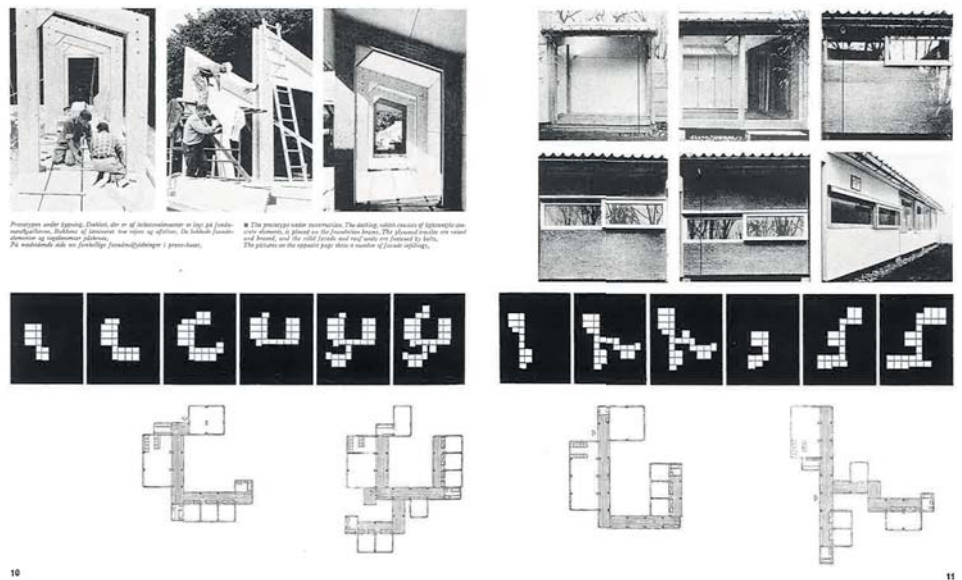
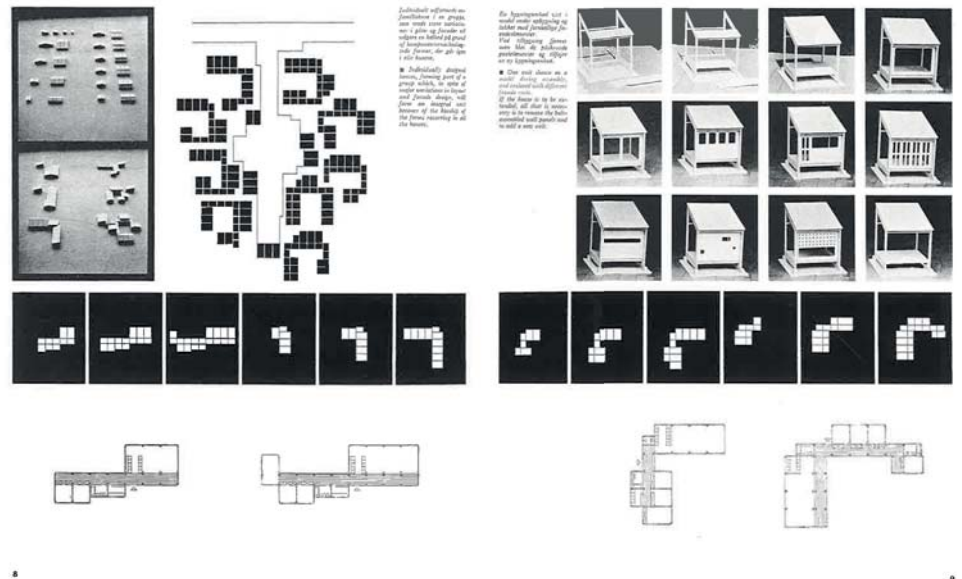
Jorn Utzon met maquettes van het Espansiva systeem.

3.1 Jorn Utzon¹³

Jorn Utzon kwam in contact met flexibele en aanpasbare bouwsystemen door zijn fascinatie voor natuurlijke groeiprocessen. Hoe door het gebruik van slechts enkele elementen toch een grote ontwerpvrijheid mogelijk is. Resultaat is het 'Espansiva' project waarbij drie kamers van verschillende afmetingen tot een variatie aan woningen worden gecombineerd. Binnenin de kamers vormen twee portieken de draagstructuur die expressief in de ruimte aanwezig is. De keuze voor brede houten liggers bepaalt in hoofdzaak de atmosfeer van de kamers. De buitengevel van het project wordt in een echte realistische (het is bij één gebleven) permanent afgewerkt met baksteen. Een ander project, het parlement van Koeweit, bouwt hij op uit een 50-tal verschillende elementen. Sommige worden 1000 keer gebruikt, andere 10. Het ontwerp van componenten vormt in deze projecten dus een basis waaruit gebouwen kunnen groeien.



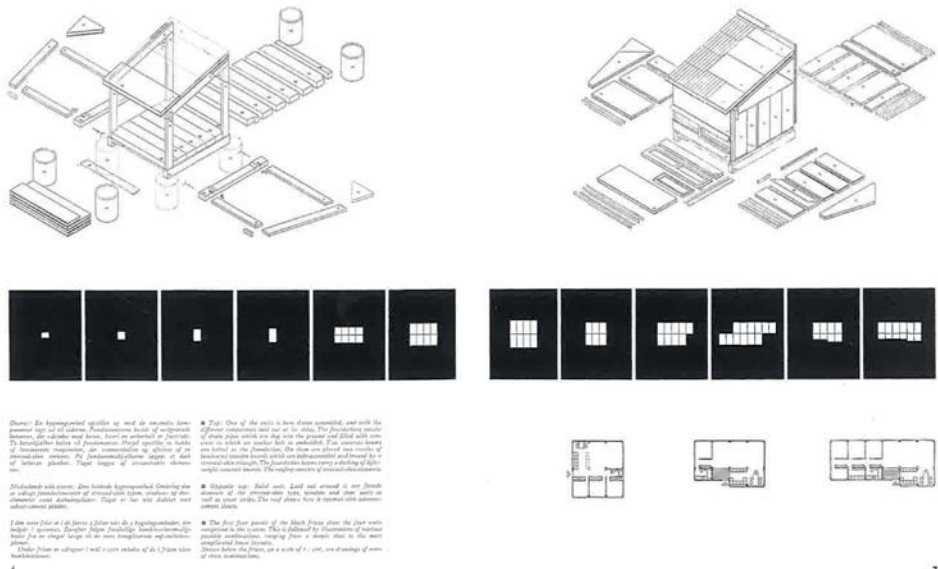
14 Additieve architectuur uit
 'Utzon: inspiration, vision,
 architecture'



In 1969 Utzon was approached by representatives of the Danish Timber Association to develop a system for timber houses and, potentially, other small buildings. In Denmark, with its long tradition of fine brickwork, timber was rarely used as the main structural material in houses. But with an eye on expanding their market and circumventing the often costly grip which bricklayers exerted on building, the manufacturers were convinced that a flexible timber-framed system would be marketable. From a study of the Danish single-family house, Utzon concluded that the requirements could best be met by a system of solid, uninterrupted floor and roof slabs supported by corner columns with non-load-bearing external walls and internal partitions. He decided on three basic units, the largest 4.0 by 3.0 metres, an intermediate one 3.0 by 2.4 metres, and the smallest 2.4 by 1.8 metres; all were designed to have a mono-pitch roof sloping at right angles to the 2.4m dimension. These units broke down into smaller components designed for ease of handling and assembly: glue-laminated columns and beams, lightweight concrete floor units, a variety of timber and ply wall panels, etc. The foundations were to be made of large-section drainage pipes sunk into the ground and then filled with concrete into which an anchor bolt would be cast.

The commission to design a timber housing system – which he named *Espansivi* – gave Utzon the ideal opportunity to emulate the traditional building systems of Japan and China he had admired since his student days.

15 Additieve architectuur uit 'Utzon: inspiration, vision, architecture'.



3.2 Prouvé

Maison Demontable van de Franse architect Jean Prouvé als referentie voor demontabele gebouwen.

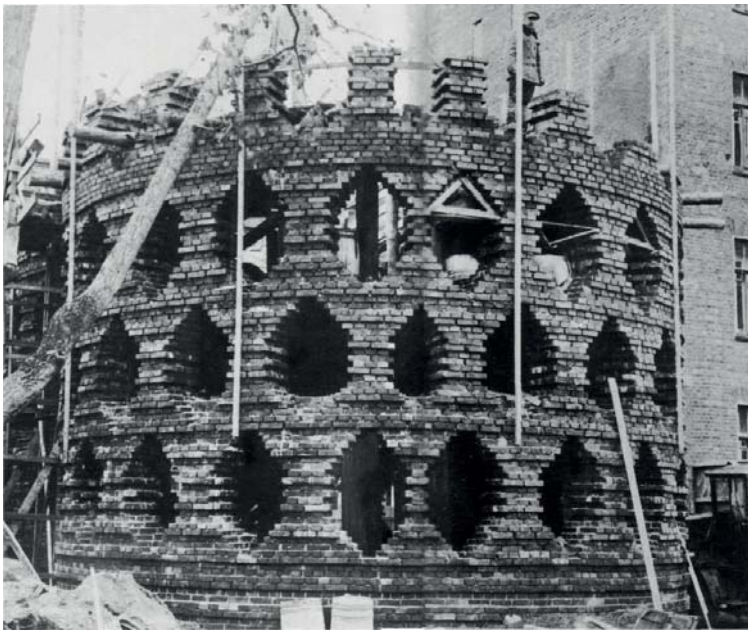
- 16 <http://www.patrickseguin.com/fr/designers/jean-prouve-architecte/videos/> - geraadpleegd op 10/01/2015



3.3 Slim materiaalgebruik door Konstantin Melnikov¹⁷

Rusland, 1927. De beperkte beschikbaarheid van hoogwaardige bakstenen, in tegenstelling tot een ecologisch vraagstuk, zette de architect Konstantin Melnikov voor de bouw van zijn eigen woning er toe aan een nieuw bouwstelsel te ontwikkelen. Door de schikking van de bakstenen in een patroon met achthoekige openingen en cilindervormig grondplan slaagt de architect er in om het mogelijk te bouwen volume, met vaste hoeveelheid bakstenen, aanzienlijk te verhogen ten opzichte van een massieve bouwtechniek. Afhankelijk van de kamers binnenin wordt later gekozen welke openingen ramen worden en welke opgevuld worden met een niet constructief bouw materiaal. Indien later de binnenindeling wijzigt, kan de architect er voor kiezen om bestaande openingen terug op te vullen of nieuwe achthoeken tot raam om te vormen. Dit bouwstelsel wordt ook toegepast in het onderzoek van de architect naar huisvesting maar is niet in andere gerealiseerde projecten terug te vinden.

- 17 J. Pallasmaa, A. Gozak, C. Cooke, *The Melnikov House (1927-1929)*: Konstantin Melnikov, Academy Editions, London, 1996



- Afb. <http://thecharnelhouse.org/2013/07/08/the-melnikov-house-%D0%B4%D0%BE%D0%BC-%D0%B-C%D0%B5%D0%B-B%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0-a-retrospective-evaluation/melnikov-house-under-construk/> - geraadpleegd op 10/01/2015

18 <http://www.architectendvt.com/projects/> - geraadpleegd op 15/01/2015

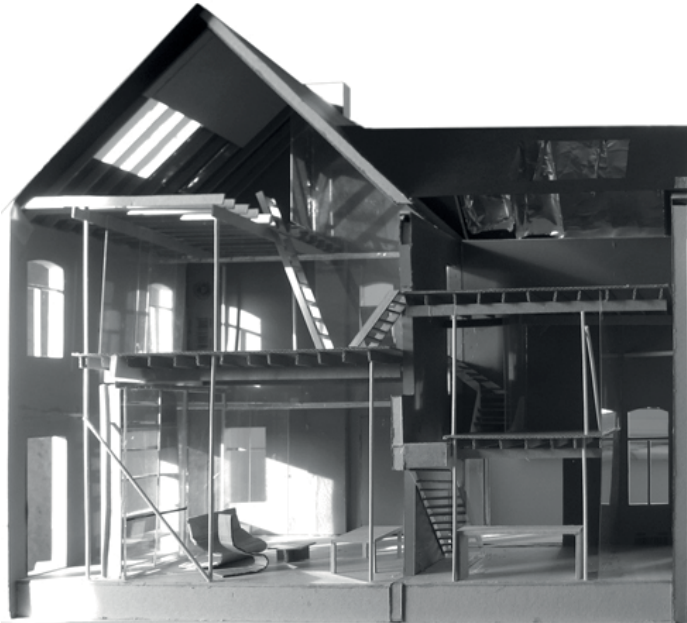
3.4 De Vylder Vinck Taillieu¹⁸

Voor De Vylder Vinck Taillieu Architecten leiden een aantal ontwerp-opdrachten tot de bevraging hoe anders kan gebouwd/gewoond worden. Dit resulteert in een aantal realisaties waarin nadruk op de aspecten tijdelijkheid en demonteerbaarheid wordt gelegd. Zo wordt in Oudenaarde binnen in het bestaande volume van een oude woning door middel van vloerstempels en betonbekistingsmateriaal van de firma Doka een nieuw beschermd volume gebouwd. De gebruikte materialen benadrukken de tijdelijkheid van de woonsituatie. De verdere afwerking kan (voor een deel) door de bewoners zelf nog worden uitgevoerd in de toekomst.

Bij een ander project, ovo I, is het beperkte budget van de bouwheer die de werken zelf wil uitvoeren een belangrijk uitgangspunt. Het architectenteam kiest opnieuw voor een verticale structuur in vloerstempels en voor een houten verdiepingsvloer. Het gebruik van standaardmateriaal van de firma Doka kan een bijkomend voordeel bieden. Als de bewoners beslissen om bepaalde delen van hun woning in permanentere materialen uit te voeren, kunnen de Doka elementen gedemonteerd worden en teruggebruikt worden in een ander project.

Afb. Project Ovo 1
<http://www.architectendvt.com/projects/> - geraadpleegd op 15/01/2015





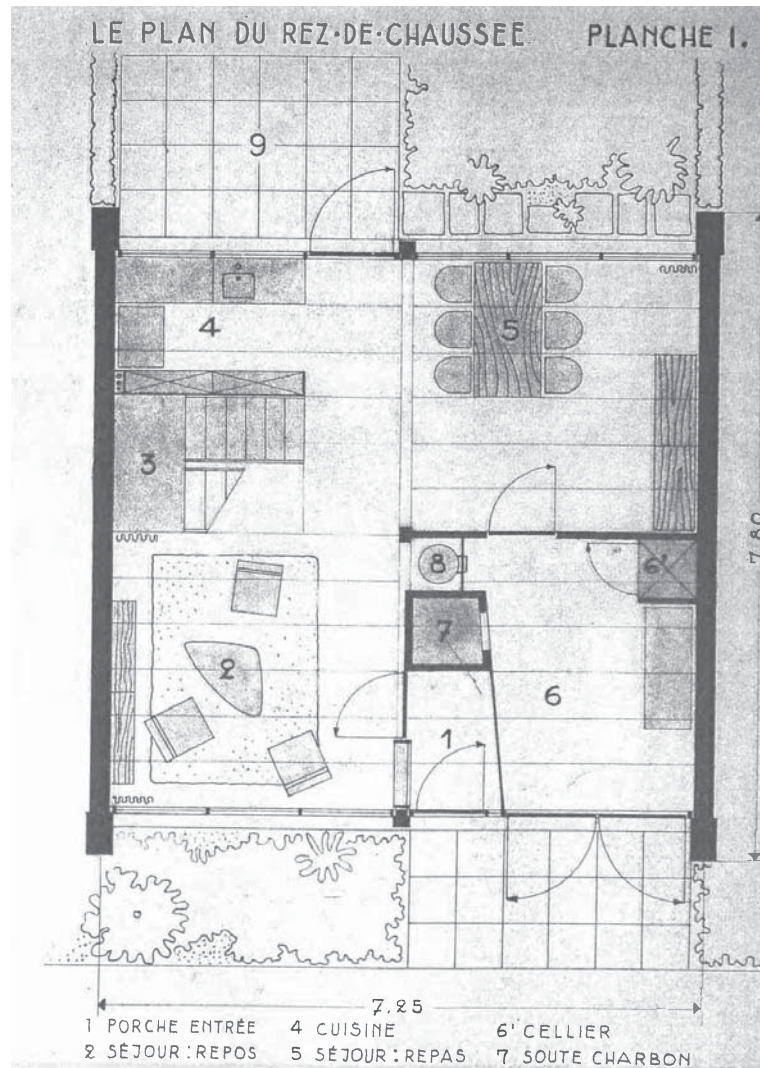
Afb. Project rot-ellen-berg
<http://www.architectendvvt.com/projects/> - geraadpleegd op 15/01/2015



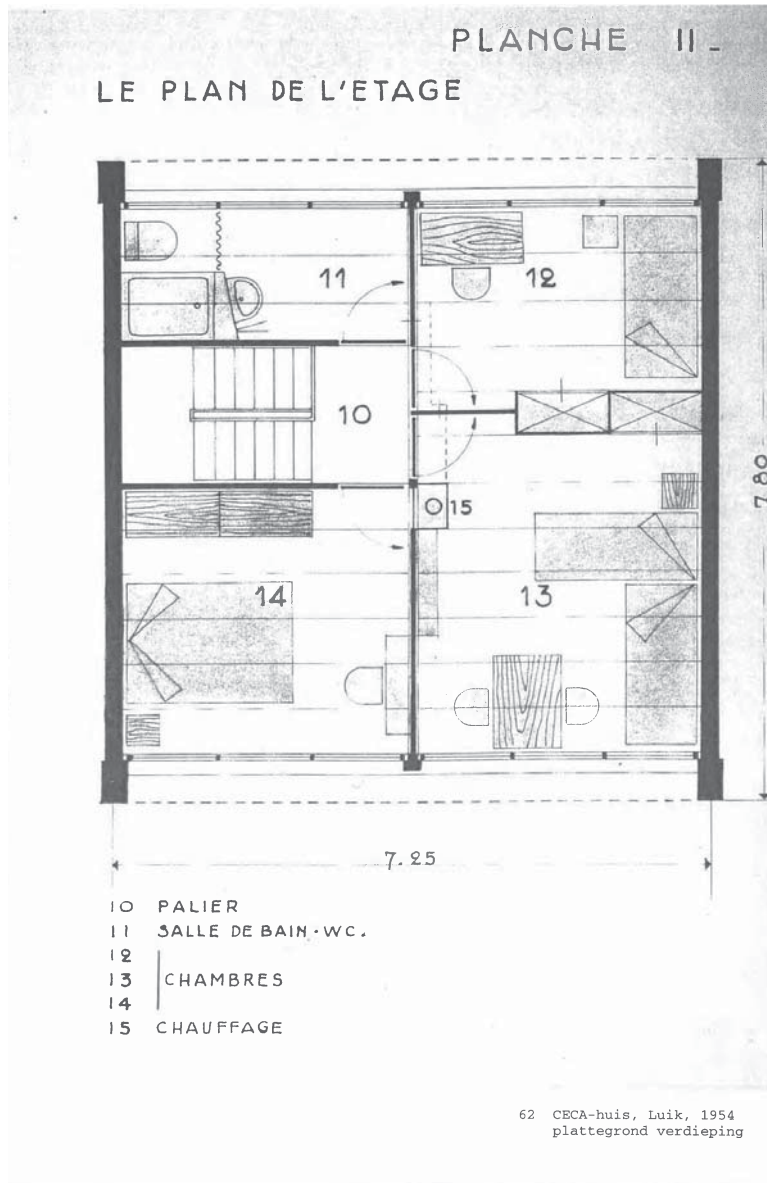
Afb. Project rot-ellen-berg
<http://www.architectendvvt.com/projects/> - geraadpleegd op 15/01/2015

- 18 Mil De Kooning, Willy Van Der Meeren: architectuur, stedenbouw, design, research, onderwijs. Phd UGent, Gent, 1997, p. 370-371

3.5 Willy Van Der Meeren - plan van het CECA-huis¹⁹



61 CECA-huis, Luik, 1954
plattegrond gelijkvloers



Ontwikkeling betonnen drager

1 **Ontwerpgidsen**

FEBE/FEBELCEM
BFBN

2 **Normen**

Afvoerleidingen

3 **Betonproducenten**

Hakron
Peikko
Structo
Megaton

4 **Bouwsystemen**

Levo
CD20
Betonson Wingvloer
VBI plaatvloer
Holcon betonskelet

5 **Realisaties**

München Otto Steidl
AG Building Max Bill
Tafel von Ballmoos Krucker
Norm Modul Steiger

1 Ontwerpgidsen

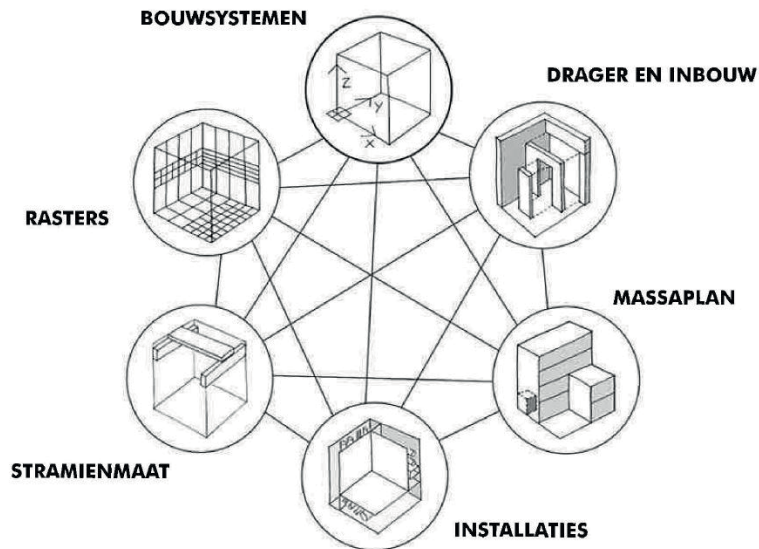
1.1 KU Leuven / FEBELCEM

- 1 F. De Troyer (KULeuven),
N. Naert (FEBELCEM),
Bouwen met prefab beton
- ontwerpgids, J.P. Jacobs,
Brussel, 2002

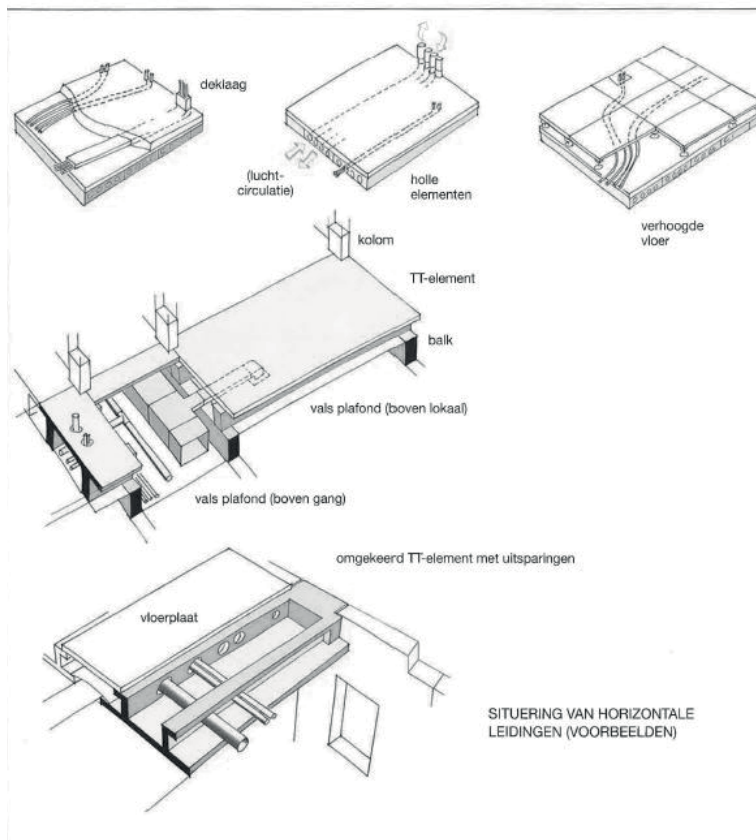
KU Leuven en FEBELCEM stellen in 2002 samen een ontwerpgids op rond werken met prefab beton¹. Het document heeft als doel een ontwerper te informeren (in tegenstelling tot het opleggen van een bepaalde denkwijze of bouwsysteem). In het kader van deze masterproef bewijst het document zijn grootste nut bij de aanvang van het ontwerpproces in prefab beton. Zonder een voorkeur uit te spreken voor een bepaald systeem wordt een beknopt overzicht verschaft van de mogelijke voor- en nadelen van ontwerpkeuzes. Hoe kunnen rasters worden ingezet? Wanneer geven maatafwijkingen problemen? Waar liggen de uitdagingen voor het uitwerken van een bouwknop? Waarom mag je de impact van installaties niet onderschatten? Hoe bepaal je overspanningsmaten? De gids, die zeer vlot leest, wordt bovendien voorzien van een groot aantal tekeningen die de inhoud naar de lezer toe vrij grafisch en schematisch verduidelijken.

Kenmerkend voor ontwerpproblemen is, dat bij het begin niet duidelijk is wat precies de opdracht is. Het probleem omschrijven is deel van de opgave. Evenmin is duidelijk hoe oplossingen moeten geëvalueerd worden. Welke criteria zijn er? Hoe belangrijk zijn ze ten opzichte van elkaar? Zijn ze onafhankelijk? Zijn ze volledig? Hoe kunnen de prestaties ten opzichte van elk criterium gemeten worden? ... Soms moeten van bij het begin details onderzocht worden om te controleren of bepaalde hoofdopties wel kunnen, soms moeten opties herzien worden na het uitwerken van details. Door ervaring kan men soms heel wat nodeloze verkenningen uitsluiten. Maar routine kan ook beletten tot originele oplossingen te komen. (F. De Troyer, N. Naert)

De ontwerpgids kent waarschijnlijk zijn grootste waarde in handen van een onervaren ontwerper die zich een beeld wil vormen van de verschillende ontwerpmatige keuzes die relevant zijn voor betonnen prefabconstructies. Omdat het document een creatief ontwerpproces niet in de weg wil staan, blijft het eerder oppervlakkig. Dit betekent dat besproken thema's nooit dieper dan schetsmatig of technisch worden uitgewerkt waardoor ervaren ontwerpers op hun honger zullen blijven zitten. Aangezien het document wordt gepubliceerd door FEBE en FEBELCEM blijven nadelen van het werken in beton alsook constructies in alternatieve materialen achterwege.



Afb. Verschillende thema's die in de gids aan bod komen.
(Bouwen met prefab beton)



Afb. Afbeelding uit het deel 'Technieken: een onderschatte structuur'.
(Bouwen met prefab beton)

- 2 http://www.febe.be/nl/nieuws-en-publicaties/detail/modelcursus-prefab-beton?utm_source=febe&utm_medium=fork-search&utm_term=model-geraadpleegd 10/01/2015

1.2 Modelcursus prefab beton²

FEBE stelt een modelcursus rond het ontwerp van prefab betonnen constructies ter beschikking voor het opleiden van ingenieurs en architecten. Negen hoofdstukken van dit onderzoek zijn interessant voor het onderzoek in deze masterproef:

- 1 Algemene beschouwingen
- 2 Prefab bouwsystemen
- 3 Horizontale stabiliteit
- 4 Constructieve verbindingen
- 5 Portiek en skeletconstructies
- 6 Vloeren en daken
- 7 Dragende wandconstructies
- 8 Constructiedetails
- 9 Brandweerstand

Doordat de cursus ontwerpmatige keuzes combineert met uitvoeringsmogelijkheden én hun berekeningswijze is het een erg compleet document dat de lezer een goed inzicht geeft in de manier waarop prefab constructies ontworpen worden.

- 3 <http://betonplaza.nl/publicaties/boeken/handboek-prefab-beton-geraadpleegd> op 10/01/2015

1.3 Handboek prefab beton³

Op de website van BFBN (Bond Fabrikanten Beton Producten) kan een vrij omvangrijke ontwerp-gids voor prefab beton worden gevonden. Het boek bestaat uit 14 hoofdstukken die elk een bepaald aspect of toepassingsgebied van prefab beton aanhalen: woningbouw, industriebouw, parkeergarages, ontwerp in prefab beton, productie van elementen en geprefabriceerde funderingen. In het kader van deze masterproef wordt vooral het hoofdstuk rond 'ontwerpen in prefab beton' geraadpleegd.

1.4 IFD - Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen

1 'Toekomstgericht ontwerpen' ⁴

Deze publicatie toont in 3 thema's mogelijkheden om toekomstgericht te bouwen:

- via demonteerbaarheid
- door te kiezen of keuzes open te laten
- via flexibiliteit door modulatie en rastergebruik

Items zoals keuze van bouwknopen, integratie van technieken, definitie van een drager komen beknopt en overzichtelijk aan bod. F. De Troyer, één van de auteurs van de 'ontwerp-gids: bouwen met prefab beton', heeft ook meegewerkt aan deze publicatie waardoor in beide werken dezelfde illustraties terug te vinden zijn.

- 4 <http://www.ifdbouwen.be/media/docs/BOEK-IFD-BOUWEN.pdf> - geraadpleegd op 10/01/2015

2 'IFD cursus prefab' ⁵

Deze cursus wordt gepresenteerd op een studiedag van Syntra. Het document vormt een waardevolle aanvulling op de publicatie 'Toekomstgericht ontwerpen'. Vooral omdat meer in detail wordt ingegaan op omgaan met maattoleranties en schoringen tijdens de montage. Ook worden een aantal producenten genoemd die producten op de markt brengen die rekening houden met de integratie van technieken binnen een bouwsysteem.

- 5 http://www.ifdbouwen.be/media/docs/artikels/Cursus_prefab_IFD.pdf - geraadpleegd op 10/01/2015

3 'Rationele op- of inbouw van leidingen in IFD gebouwen' ⁶

Deze presentatie spitst zich concreet toe op de integratie van technieken binnen vloer- en wandsystemen of een combinatie van beide. Bij elk systeem wordt een link gelegd naar concrete producenten zoals Geberit (wandsysteem), Infra plus (vloersysteem) of VBI Flexcasco (combinatiesysteem).

- 6 http://homepage.tudelft.nl/f2n51/02_IFDvloeren,.pdf - geraadpleegd op 10/01/2015

2 Normen

7 <http://www.duurzametechnieken.be/sanitair/sanitair-binnenshuis/waterafvoer> - geraadpleegd op 10/01/2015

2.1 Afvoerleidingen⁷

FICHE 202 WATERAFVOER

Onderwerp

Deze fiche somt de voornaamste aandachtspunten op bij de aanleg van leidingen voor de afvoer van zowel koud als warm water.

Eigenschappen

Een degelijk waterafvoersysteem zorgt voor een vlotte afvoer van water, vermijdt verstoppingen en brengt geen geluidsoverlast met zich mee.

Toepassingsvoorwaarden

Om te beginnen is de keuze van het materiaal van belang. Gebruik bij voorkeur dikwandige, heetwaterbestendige buizen, ook als de afvoer in eerste instantie niet bedoeld is voor warm water. Bij nieuwbouw worden vrijwel uitsluitend kunststofbuizen gebruikt. Voordelen hiervan zijn dat je er gemakkelijk andere buizen of hulpstukken kan op aansluiten. Bovendien zijn ze 100% waterdicht en hebben ze een zeer gladde binnenwand, wat een goede doorstroming mogelijk maakt.

Daarnaast is ook de keuze van de diameter van de buizen belangrijk. Binnenshuis zijn courante diameters 50, 75 of 90 mm. Voor de afvoer van WC's worden doorgaans buizen van 90 of 110 mm gebruikt. De tabel hierbij geeft aan welke minimale diameter je moet respecteren, naargelang je werkt met of zonder secundaire verluchting.

Vereiste diameters bij diverse sanitaire toestellen

Apparaten	Zonder secundaire verluchting	Met secundaire verluchting	
	Minimale diameter (mm)	Min d primaire verluchting (mm)	Min d secundaire verluchting (mm)
Bad	56	50	40
Stortbad	50	40	40
Gootsteen	56	50	40
Wastafel	50	40	40
Bidet	50	40	40
Wastrog 6-10 pers.	56	50	40
Staluroir	56	56	40
Wasmachine	50	40	40
Uitgietbak <70 cm	90	90	50
Uitgietbak >70 cm	110	90	50
WC	110	90	50

Zorg er voor dat de horizontale afvoerleidingen voldoende helling hebben. Vuistregel hierbij is een minimale helling van 2 cm per meter. Voor diameters tot 100 mm hanteert Technisch Voorschrift 114 een minimale helling van 1,5 cm/m. Vermijd echter ook té grote hellingen, want daarbij blijft zwevend vuil makkelijker liggen.

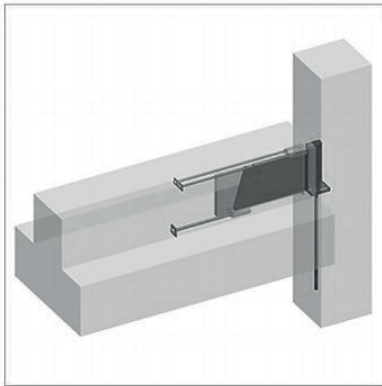
Vermijd bochten van 90° om ophoping en verstopping te voorkomen.

Beperk lawaaihinder. Laat daarom leidingen niet aan de woonkamer grenzen, isoleer de leidingen en voorzie geluidsarme beugels en leidingmateriaal.

3 Betonproducenten

3.1 Hakron - BSF balk/kolomverbinding⁸

8 www.hakron.be
Technische fiche:
BSF balk/kolomverbinding



BSF-units vormen onzichtbare verbindingen tussen prefab-betonnen balken en kolommen. Ze behoren tot de systemen die "Invisible Connections" worden genoemd.

Het principe is een uitschuifbare stalen plaat in de balkunit, die op eenvoudige wijze bij de montage op de bouwplaats wordt ingehaakt in de kolomunit. Het resultaat is een volkomen onzichtbare verbinding!
Het alternatief met oplegging op consoles is dan niet meer nodig.

Toepassing

Wordt toegepast om een fraai ontwerp te realiseren bij het opleggen van betonnen balken op kolommen. Ook oplegging van secundaire balken op primaire balken is hiermee goed mogelijk.

Ook constructief biedt dit systeem voordelen, omdat een veel minder grote momentkracht optreedt die moet worden afgewapend naar de kolom.

Toepassingsgebied

Met name toepasbaar in prefab-betonconstructies, maar ook mogelijk bij stalen kolommen.

Producteigenschappen

Diverse versies voor verschillende belastingen, hoge capaciteiten, eenvoudige en snelle montage op de bouwplaats. Bij de inbouw behoort er niet aan de units te worden gelast.

Productgegevens

BSF-units zijn leverbaar in de volgende typen, toepasbaar bij de aangegeven balkafmetingen:

Unit	Max. verticale belasting (UGT) [kN]	Globale minimale balkafmetingen om de maximale capaciteit te benutten (b x h) [mm]
BSF 225	225	300 x 450
BSF 300	300	300 x 500
BSF 450	450	350 x 550
BSF 700	700	550 x 800

De dragende delen van de BSF-units worden in S355 uitgevoerd.

Levering / verpakking

BSF-units worden normaliter als complete set (balkunit + kolomunit) geleverd. Aanvullend benodigde ophangwapening wordt door Hakron niet meegeleverd.
Wordt altijd projectmatig besteld; is geen standaard voorraadartikel. Er moet dan ook altijd met een levertijd van ca. 2 - 3 weken rekening worden gehouden.
Elk type heeft een eigen kleurcodering (bij elkaar behorende balk- en kolomunit):
BSF225: blauw; BSF300: groen; BSF450: rood; BSF700: bruin.

Opslag / houdbaarheid

Deze staalproducten zijn onbehandeld en moeten tijdens de opslag worden afgeschermd tegen vocht, om corrosie te voorkomen.

Testrapporten / certificaten

Het BSF-systeem heeft CE-goedkeuring en een Europese goedkeuringsverklaring (ETA).

Verwerking

Verwerkingsvoorschriften worden bij levering verstrekt.

Veiligheid

Het BSF-systeem voldoet aan de Europese wetgeving en de rekenregels van de Eurocodes.
Het systeem is uitgebreid getest door gezaghebbende instanties.

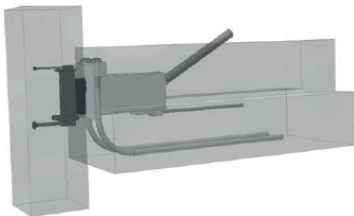
Opmerkingen

Toepassing van het BSF-systeem behoeft altijd vooraf de schriftelijke instemming van de constructeur.

De in dit Product-Informatie-Blad vermelde informatie is met zorg samengesteld. Desondanks is het mogelijk dat deze informatie onvolledig is en/of onjuistheden bevat. Hakron Nunspeet B.V. sluit alle aansprakelijkheid uit voor enigerlei directe of indirecte schade, van welke aard ook, voortvloeiende uit het gebruik van deze informatie.

Deuvels en technische verankering - Technische verankeringen

BCC balk/kolomverbinding



De BCC-units (INVISIBLE CONNECTIONSTM) zijn ontwikkeld vanuit het vertrouwde BSF-systeem en dienen het zelfde doel, namelijk een onzichtbare en draagkrachtige verbinding tussen balken en kolommen in prefab-beton.

Bij het BCC-systeem is meer standaardisatie qua leverbare types doorgevoerd, terwijl de bijbehorende wapening is vereenvoudigd en niet meer aan de units behoeft te worden gelast, maar met schroefdraad wordt verbonden.

Bovendien is de kans op lekkage van cementwater rondom de units tijdens het storten kleiner dan bij het BSF-systeem.

Leverbare types: BCC 250 (capaciteit 250 kN), BCC 450 (capaciteit 450 kN) en BCC 800 (capaciteit 800 kN).

9 www.peikko.nl
Technische fiche:
PC Staalconsole

Een voordeel van de staalconsole is dat de bevestigingselementen binnen de afmetingen van een kolom in de betonbekisting worden voorzien. De bekisting wordt hierdoor minder complex. Bovendien kan de plaats van de het bevestigingselement in de bekisting variëren.

3.2 Peikko - Staalconsole⁹

1. Product properties

Even though PCs Corbels are available in several model variations to solve even the most complicated structural details, PCs system is always composed of the following parts:

- Corbel part: that includes the corbel plate (3), washer plate (2) and bolts (5) with washers (4)
- Column part: steel plate welded (by Peikko) together with vertical and horizontal fastenings (1)

The column part is cast into the column together with the main reinforcement of the column; supplementary reinforcement to ensure the interaction between the column part of PCs Corbel and the rest column has also to be provided. This supplementary reinforcement is detailed in this Technical Manual (Annex A).

The corbel part is installed on the column part only after concrete is hardened and formwork is removed. By this way, it is possible to use solid mould without having to shape it around the corbel as it would be needed for traditional concrete corbels.

The surface of column plate and corbel plate is machined so that horizontal teeth are created on both of these surfaces. The teeth on both surfaces fit together and combined with horizontal bolts enable to develop a load transfer mechanism between the two connected elements.

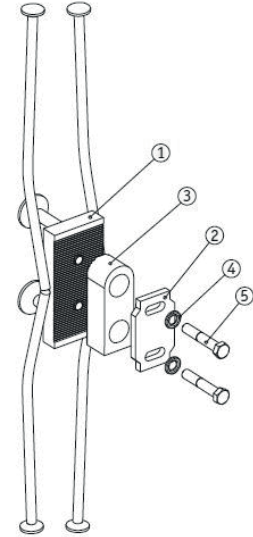


Figure 1. PCs and PCs UP system with Deltabeams and detailed view to PCs Corbel parts

Afb. De staalconsole kunnen
maattoleranties tot 12mm in
beide richtingen opnemen.

When installing the corbel plate to the column plate, the position of the corbel plate may be rectified by 12 mm in vertical and horizontal direction with regards to centric position with standard parts (Figure 8)

Figure 8. Max. edge positions of the corbel plate in horizontal and vertical direction

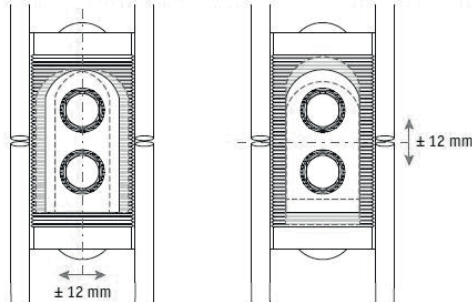
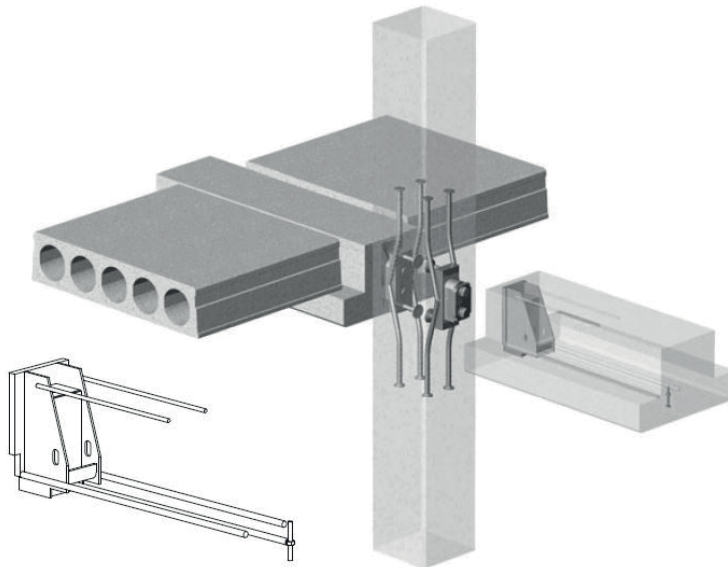


Figure 1 PCs Corbel system (PCs Corbel + PC Beam Shoe) with reinforced concrete beam



Afb. www.peikko.nl
Technische fiche:
PC Staalconsole - geraad-
pleegd op 10/01/2015

Bij deze verbinding wordt
er van uit gegaan dat de
verbinding tussen balk en
kolom wordt opgegoten met
gietmortel. Hierdoor is ze niet
demontabel.

3.3 Peikko - Sumo Wandschoen¹⁰



10 [http://www.peikko.com/pro-
duct/p=SUMO+Wall+Shoes](http://www.peikko.com/product/p=SUMO+Wall+Shoes) -
geraadpleegd op 10/01/2015

11 Productcatalogus STRUCTO
www.structo.be

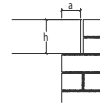
3.4 Structo - info over voorgespannen welfsels¹¹

Afb. Catalogus Structo

D. OPLEG EN VERBINDING

1. Op metselwerk

Als het steunvlak van het metselwerk oneffen is, dient men een mortelbed te voorzien, vooraleer de elementen worden geplaatst. De nominale opleglengte a bedraagt respectievelijk:

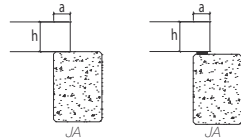


$h < 220 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 70 \text{ mm}$
$220 \text{ mm} \leq h \leq 260 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 100 \text{ mm}$
$h > 260 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 150 \text{ mm}$

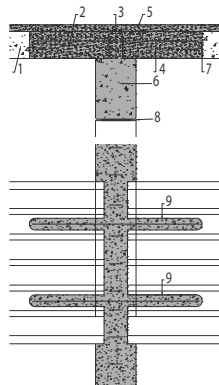
2. Op betonbalk

Als de elementen op effen betonoppervlakken worden gelegd, moet het contact van het element met de rand van het oplegvlak vermeden worden door de rand af te schuiven en/of het tussenvoegen aan de oplegging van een mortelbed en/of neopreenband.

De nominale opleglengte a bedraagt hier respectievelijk:



$h < 260 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 70 \text{ mm}$
$260 \text{ mm} \leq h \leq 320 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 100 \text{ mm}$
$h > 320 \text{ mm}$	$\rightarrow a \geq 130 \text{ mm}$



Verklaring figuur:

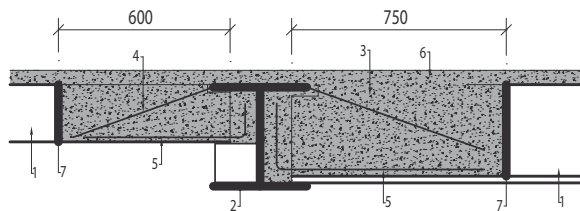
- 1) element type EC/ DC
- 2) vullingsbeton
- 3) uitstekende beugels
- 4) verbindingsstaaf
- 5) eventuele, al dan niet meewerkende, druklaag
- 6) dragende betonbalk
- 7) stoppen – in geval van elementen van het type DC
- 8) neopreenoplegging
- 9) vooraf gemaakte opening

N.B.

Op aanvraag kunnen de stoppen door de firma Structo worden geleverd. (Niet voor de elementen type EC)

3. Op metalen ligger

Nominale opleglengte: zie punt 2 hiervoor

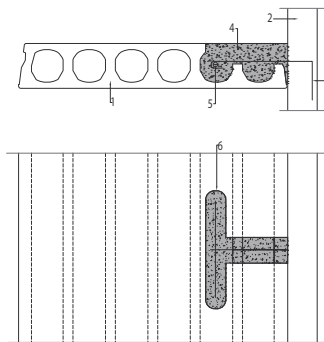


Verklaring figuur:

- 1) element type EC/ DC
- 2) metalen ligger
- 3) vullingsbeton
- 4) verbindingsstaaf
- 5) steunpuntversterkende wapening
- 6) eventuele, al dan niet meewerkende, druklaag
- 7) stoppen – in geval van elementen van het type DC

E. HAMERKOPVERBINDING

Dit is een verbinding die zich uitermate goed leent tot het verbinden van een zijdelings element die op een geprefabriceerde vloer aansluit.



Verklaring figuur:

- 1) element type EC/ DC
- 2) te verbinden wandelement en/of balk
- 3) verbindingsstaaf
- 4) vullingsbeton
- 5) sleutel
- 6) vooraf gemaakte opening

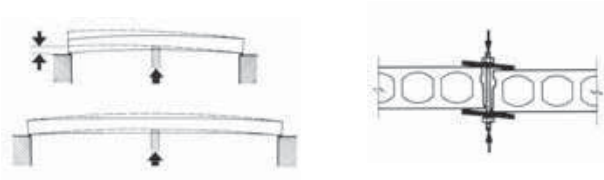
F. OPWAARTSE BUIGING

De elementen vertonen een opwaartse buiging als gevolg van het voorspannen.

De fabricageprocedures verzekeren een betrekkelijke gelijkheid ervan voor elementen met een normale slankheid (= verhouding lengte / dikte).

Voor elementen met een grote slankheid en elementen met grote insnijdingen kunnen merkbare verschillen voorkomen. In dit geval is het dankzij de buigbaarheid van de elementen mogelijk deze verschillen weg te werken door het opstutten op halve lengte. Deze werkwijze wordt wel afgeraden voor weinig slanke elementen, omwille van het risico dat de uiteinden zouden worden opgetild. De stutten dienen verwijderd te worden voor het gieten van de druklaag, maar na het aanbrengen van de voegvulling!

Een andere oplossing bestaat erin een schroefbout te gebruiken. Deze wordt aangebracht tussen twee aaneensluitende elementen die een onaanvaardbaar verschil in opwaartse buiging vertonen. Twee verdeelplaten van voldoende afmetingen en dikte worden naar elkaar toe geschroefd zodat het verschil in opwaartse buiging wordt weggewerkt.



G. OPVOEGEN

Deze bewerking is zeer belangrijk want de degelijke dwarsverbinding van de elementen hangt ervan af.

Volgorde van de bewerkingen:

1. Enkele planken worden dwars over de elementen geplaatst om een rijpad te vormen voor de vervoermiddelen van enig gewicht. Op die manier worden de relatieve bewegingen van de elementen tijdens het verharden van de voegmortel vermeden.
2. De voegwanden worden overvloedig bevochtigd om te beletten dat het water uit de mortel door het droog beton zou worden opgezogen.
3. De hoeveelheden mortel aanmaken die nodig zijn. De eigenschappen zijn de volgende:
Sterkteklasse: $\geq$ C12/15
Grootste korrelafmeting van het grove toeslagmateriaal $\leq$ 8 mm
Voor verdere details, zie certificaat op onze website (www.structo.be)
4. De mortel in de voeg gieten.
5. De gevulde voeg tegen een te snel uildrogen beschutten door het aanbrengen van vochtige zakken of door besproeiing.

1. Prefabricatie in beton

Denkt u aan prefabricatie, voer die dan zo ver mogelijk door. Ons gamma laat een prefabricatie toe van fundering tot dakconstructie. Daartoe zijn de elementen zodanig op elkaar afgestemd dat de ruwbouw herleid wordt tot een snelle montage van de bouwonderdelen.

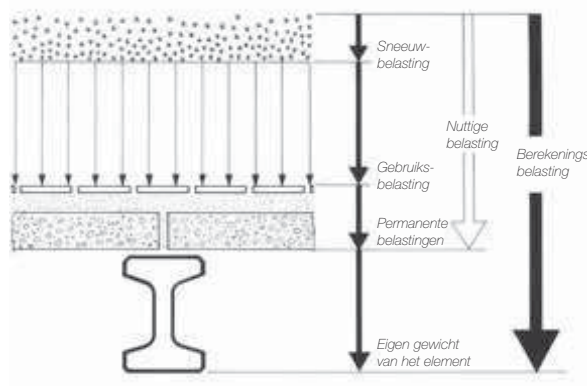
RICHTLIJNEN VOOR EEN ECONOMISCHE BOUWCONSTRUCTIE

- Zorg voor zo groot mogelijke repetities
 - blijf bij een eenvoudig en regelmatig grondplan
 - verdeel het gebouw in identieke modules
- Maak zoveel mogelijk gebruik van standaard afmetingen. Houd dus rekening met de gangbare modules (veelvouden van 1,2 m) van gevel-, vloer- en dakelementen.
- Benut de gebruiksmogelijkheden van de elementen maximaal. Houd er rekening mee dat spanbetonelementen performanter zijn dan elementen in gewapend beton.
- Zorg voor een uniforme constructiehoogte; zo vermijdt u ingewikkelde knooppunten daar waar elementen met een verschillende hoogte samenkomen.
- Houd uniforme belastinggevallen aan.
- Kies de inplanting en de afmetingen van liftschachten en trapconstructies doelbewust:
 - indien mogelijk, gebruik deze als stijve kernen
 - vermijd passtukken
 - verbreek de repetitie zo weinig mogelijk
- Vermijd overdreven kleine of grote overspanningen
- Vermijd uitzonderlijk hoge belastingen op kleine oppervlakken

VOORDELEN VAN PREFABRICATIE IN BETON

- Hoge kwaliteit:
 - fabricatie in betere werkomstandigheden
 - constante kwaliteitscontrole
- Gering onderhoud
- Hoge brandweerstand, die kan verbeterd worden mits men bijkomende wapeningsschikkingen in acht neemt
- Kortere opleveringstermijnen
- Stutwerk wordt tot een minimum herleid
- Technische bijstand i.v.m. bevestigingswijzen van bouwelementen, in te betonneren hulpstukken,...
- Besparing op bouwplaatsuitrustingen en werforganisatie...

2. Belastingen



A. BLIJVENDE EN OPELEGDE BELASTINGEN VOLGENS EUROCODE 1

Sinds 1 januari 2006 heeft de NBN EN 1991-1-1 en zijn Nationale Bijlage (ANB) de plaats ingenomen van de Belgische normen NBN B03-102 en NBN B03-103 uit 1976 die respectievelijk handelen over de blijvende belastingen te wijten aan het eigengewicht en de opgelegde belastingen in gebouwen. De NBN EN 1991-1-1, die het eerste deel van de Eurocode 1 vormt, geeft een aantal aanwijzingen over de blijvende en de opgelegde belastingen.

E. UITZETTINGSVOEGEN

Als grote dak- of vloeroppervlakken toegelegd worden, moeten een voldoende aantal voegen dwars doorheen de dak- of vloerconstructie worden voorzien. Deze kunnen worden gerealiseerd door:

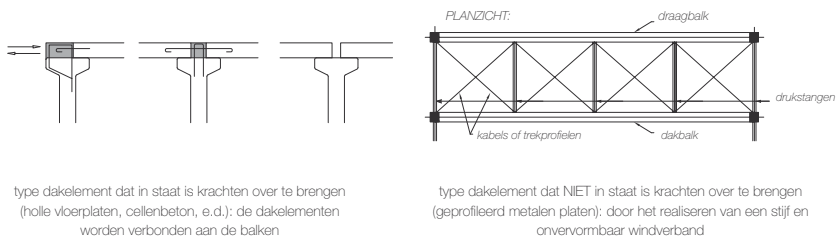
- het ontdubbelen van de dragende structuur
- het voorzien van een vaste en een mobiele oplegging op eenzelfde dragend element
- uitzettingsvoegen volgens de draagrichting van vloeren dienen samen te vallen met de lange voeg gevormd tussen twee elementen. Bij toepassing van een meewerkende druklaag dient deze eveneens te worden onderbroken.

F. WINDVERBAND

Bij een gevelstructuur, waarbij de horizontale krachten worden uitgeoefend op de dakstructuur, is het windstijf maken ervan meestal noodzakelijk.

Het is zo dat sommige dakbalken niet toelaten buiging op te nemen in het horizontaal vlak, gezien hun geringe breedte.

Dit is onder meer van toepassing bij kopgevels, verticale gevelpanelen, enz. Wij onderscheiden volgende mogelijkheden om deze windstijfheid te realiseren naargelang het type dakelement:



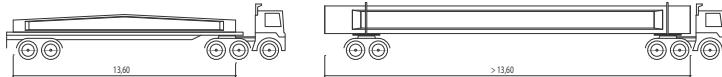
type dakelement dat in staat is krachten over te brengen (holle vloerplaten, cellenbeton, e.d.): de dakelementen worden verbonden aan de balken

type dakelement dat NIET in staat is krachten over te brengen (geprofileerd metalen platen): door het realiseren van een stijf en onvervormbaar windverband

G. VERVOER, MANIPULATIE EN PLAATSIING

Vervoer

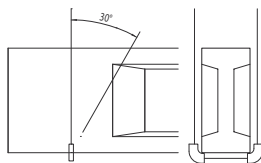
Balken tot 13,60 m worden vervoerd door middel van een gewone oplegger. Balken met een lengte groter dan 13,60 m worden vervoerd door middel van uitzonderlijk transport. Afhankelijk van losplaats en combinatie lengte/gewicht kan gekozen worden voor, hetzij een uitschuifbare oplegger, hetzij een afzonderlijk getrek (dolly), waarvan de voorkant op het draaistel van de tractor rust.



Manipulatie en plaatsing

Bij het optillen wordt ingehaakt in de hefogen die daartoe uit het bovenvlak van de balk steken. Wanneer per helpunt meerdere hefogen voorzien zijn, dan dient het erop inhaken te gebeuren op een manier dat elk hefhoog een gelijk deel van de totale kracht per hefhoog opneemt.

De plaatsing kan ook geschieden door middel van lusvormige kabels, voorzien van beschuttende schoenen. In dit geval mag de helling ten opzichte van een verticale as niet groter zijn dan 30°, dit om het wegglijden te beletten.



Belangrijke opmerking

Het gebruik van de in de fabriek voorziene hefogen, op de manier hierboven beschreven, is aanbevolen. Wordt daarvan afgeweken, dan dient het optillen evenwel steeds te gebeuren in de sectie waar deze hefogen voorzien zijn; dit om volgende redenen:

- om te grote uitkrachten te vermijden
- omdat er kipgevaar is bij balken van veranderlijke hoogte, dit omwille van het niveau van het zwaartepunt dat vrij hoog is ingeplant ten opzichte van de optilpunten.

Plaatsing

Als de balken lange tijd onbelast aan weersinvloeden worden blootgesteld, moeten de nodige voorzorgen worden genomen om deze onderling aan elkaar te verbinden en om zo de stabiliteit te verzekeren en het omkantelen tegen te gaan.

12 <http://www.megaton.be/dut/~/>
Productinfo - geraadpleegd op
10/01/2015

3.5 Megaton - info over voorgespannen welfsels¹²

Manipulatie en plaatsing

Voor de plaatsing van de elementen moet de gepaste klem worden gebruikt. De veiligheidsvoorschriften moeten hierbij steeds worden nageleefd! Grote uitkragingen zijn niet toegelaten.



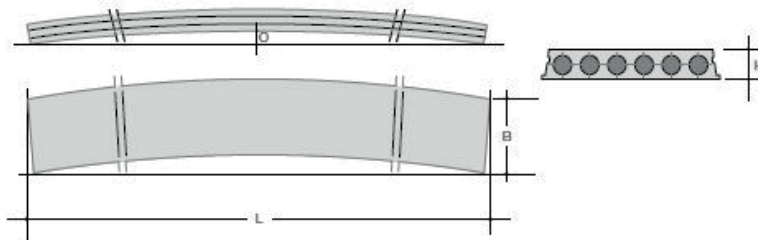
Toleranties volgens EN1168

Maatafwijkingen

Voor de hoofdafmetingen van de vloerelementen gelden de hierna volgende **toelaatbare afwijkingen** van de werkelijke individuele maten t.o.v. de nominale maten.

- Afwijking op $H \leq 150$ mm: $-5 / +10$ mm / $H \geq 250$ mm: ± 15 mm / $150 \text{ mm} < H < 250$ mm: lineaire interpolatie
- Afwijking op L : ± 25 mm
- Afwijking op B : ± 5 mm (op de nominale breedte van 1200 mm)

Deze maatafwijkingen zijn niet van toepassing op pasplaten.



Vormafwijkingen

De **afwijking van de rechtheid** van de langsranden in het horizontale vlak mag niet groter zijn dan $5 + 0.0005 L$ (mm), met een maximum van 12 mm.

Het toegelaten verschil tussen de opbuiging O van voorgespannen vloerelementen met dezelfde kenmerken en gemeten op dezelfde ouderdom bedraagt $10 + 0.001 L$ (mm).

Brandweerstand

Op basis van hun afmetingen bedraagt de brandweerstand van de welfsels in voorgespannen beton minimaal 60 minuten. Welfsels met een grotere brandweerstand kunnen worden uitgevoerd waarbij de studie wordt uitgevoerd conform de norm NBN EN 1992-1-2.



Hulpstukken

Pasplaten

Pasplaten kunnen worden verwezenlijkt volgens onderstaande tabel.

Type	Breedtematen gelegen tussen (in mm)		
WXT 165	350	en	390
	490	en	530
	630	en	670
	770	en	810
	910	en	950
WXT 200	1050	en	1090
	460	en	510
	640	en	690
	830	en	880
	1020	en	1070

Type	Breedtematen gelegen tussen (in mm)		
WXT 265	560	en	630
	780	en	850
	1000	en	1070
WXT 320	680	en	750
	960	en	1030
WXT 400	680	en	750
	960	en	1030

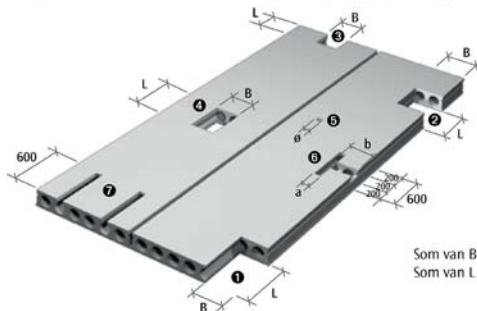
Raveelconstructies

Raveelconstructies van staal of beton maken het mogelijk belangrijke doorgangen te verwezenlijken.



Uitsparingen

Uitsparingen worden in principe in de fabriek aangebracht in het verse beton. De mogelijkheden zijn afhankelijk van het type vloerplaat. Meer informatie omtrent de toelaatbare sparingen per vloertype vindt u in onderstaande tabel.



Sparingen	WXT 165		WXT 200		WXT 265		WXT 320		WXT 400	
	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B
① Hoeksparing	600	300	600	300	600	300	600	300	600	300
② Sparing Zijkant	1000	300	1000	300	1000	300	1000	300	1000	300
③ Kopsparing	600	300	600	300	600	300	600	300	600	300
④ Sparing Midden (rechth)	1000	300	1000	300	1000	300	1000	300	1000	300
⑤ Sparing Midden (rond)	ø50-60-90-100		ø50-60-90-100-125		ø50-60-90-100-125-150		ø50-60-90-100-125-150		ø50-60-90-100-125-150	
⑥ Hamerkop	a	80	a	80	a	80	a	120	a	120
	b	250	b	320	b	380	b	460	b	460
⑦ Sleuven (standaard 600mm)	8 kanalen, sleuven in 2 en 7		6 kanalen, sleuven in 2 en 5		5 kanalen, sleuven in 2 en 4		4 kanalen, sleuven in 2 en 3		4 kanalen, sleuven in 2 en 3	

4 Bouwsystemen

13 <http://www.adviesburo-snijders.nl/levo-systeem.html> - geraadpleegd op 10/01/2015

Door een kleine, balkvormige console tussen verschillende wanden te plaatsen kunnen welfsels centraal op de wanden ophangen.

4.1 Het LEVO-systeem¹³

Constructie & uitvoering
Utiliteitsbouw

Economischer bouwen met scharnierende verbinding tussen wand en vloer

Het LEVO-systeem

ing. L. Snijders en ir. E.P.A.M. van Alphen, Adviesbureau ing. L. Snijders bv, Valkenswaard



1 | LEVO-blokje; de kanaalplaten zijn van uitsparingen voorzien



2 | LEVO-blokje tussen wandelementen en kanaalplaten



3 | Wandelementen worden op het LEVO-blokje gesteld, vrij van de vloer

Steeds meer utiliteitsgebouwen worden volgens het concept van dragende wanden en prefab vloerplaten gemaakt. Redenen hiervoor zijn de bouwfysische voordelen van dragende gevelwanden, de mogelijkheid grotere vloeroverspanningen te realiseren en de meer industrieel gerichte productie van wandelementen en kanaalplaten, waardoor dit concept economisch aantrekkelijk wordt. Belangrijk constructief detail hierbij is de 'wand-vloer-wand'-verbinding. Een nieuwe ontwikkeling hierin is het LEVO-systeem, ontwikkeld door Adviesbureau Snijders bv te Valkenswaard. Hierbij worden de dragende wanden verticaal doorgesloten via een zogenoemd LEVO-blokje, waardoor de kanaalplaatvloeren centrisc en scharnierend op de wand kunnen worden opgelegd. De trekbandwapening voor de schijfwerking van de vloeren wordt in de wand en in het LEVO-blokje geïntegreerd, dus zonder stortstrook of druklaag.

Doordat een hoge bouwsnelheid steeds belangrijker is geworden, is gezocht naar eenvoudige te monteren verbindingen. Door te kiezen voor scharnierende verbindingen tussen wand en vloer, kan de bouwtijd aanzienlijk worden bekort.

Het LEVO-systeem is ontstaan uit de standaardoplossing waarbij de kanaalplaatvloer scharnierend wordt opgelegd op aan de wand gestorte nokken. Nadeel van deze oplossing is het excentrisch opleggen van de vloerplaat, waardoor buiging in de wand ontstaat en wringing in de bovenregel van gevelopeningen.

Uitgangspunten bij het ontwikkelen van het LEVO-systeem wa-

ren: vlakke elementen, dunnere wanden, eenvoudige verbindingen en weinig beton in het werk storten. Primair is gestreefd naar een fabrieksonafhankelijk, economisch systeem.

Opbouw

Het systeem is opgebouwd uit dragende wanden, kanaalplaatvloeren en het specifieke element: het LEVO-blokje (foto 1). Dit blokje wordt ter plaatse van de verticale wandvoegen, ter dikte van de kanaalplaatvloeren in een uitsparing hierin, geplaatst en vervult de functie van horizontale en verticale koppeling (foto 2). Het blokje is voorzien van verticale beugelwapening en horizontale haarspelden om de in de betonwanden aanwezige trekband door te kunnen koppelen.

De bovenstaande wanden worden losgehouden van de kanaalplaatvloer en rusten op het LEVO-blokje (foto 3). Hierdoor liggen de vloerplaten volledig scharnierend op de wanden, zonder toepassing van nokken. Doordat tussen vloer en wand geen inklemmingsmoment ontstaat, kunnen kanaalplaten worden toegepast. Deze liggen centrisc op de wand, waardoor geen buiging in de wand ontstaat en geen wringing in de bovenregel. Hierdoor kan

worden volstaan met een wanddikte van 150 mm, hetgeen direct tot uiting komt in lagere kosten, zowel in het skelet als in de fundering.

Stabiliteit

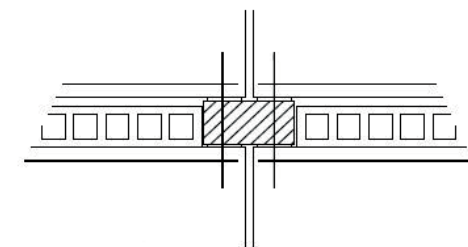
De stabiliteit van het systeem wordt traditioneel verzorgd door schijfwerking van de vloerplaten. Hiervoor is een trekband nodig. Bij het LEVO-systeem wordt de trekband niet in het werk gestort, maar loopt door de (boven- en onderliggende) wand, via het LEVO-blokje naar de volgende wand (fig. 4). Het blokje wordt met een stek-dookverbinding aan de onderstaande en bovenstaande wand gekoppeld. De gaines worden gevuld met gietmortel die binnen 24 uur de vereiste sterkte heeft, zodat de schoren dan kunnen worden verwijderd. Alle wanden vormen één geheel en de kanaalplaatvloeren worden opgesloten tussen de LEVO-blokjes. Groot voordeel van het systeem is dat de trekband niet meer in het werk hoeft te worden aangebracht.

Stramien

Het LEVO-systeem is gebaseerd op een stramien van 3,60 m. De kanaalplaatvloeren overspannen van gevel naar gevel met een kolomvrije overspanning tot 14,40 m bij een vloerdikte van 320 mm. Een andere mogelijkheid is het toepassen van een tussenbalk op kolommen met een h.o.h.-afstand van 3,60 m. Hierbij kan de vloerdikte beperkt blijven tot 200 mm. De kanaalplaten overspannen aan de ene zijde van de balk 7,20 m en aan de andere zijde 7,20 of 5,40 m.

De knoop

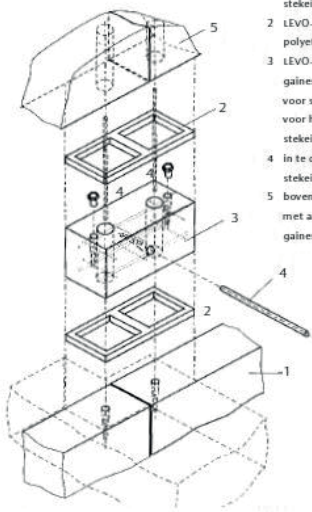
In de wand zijn stekankers ingestort (fig. 5). Om oneffenheden op te vangen en voor een goede afdichting tussen de wanden en het LEVO-blokje wordt een LEVO-kranen aangebracht, gemaakt van flexibel samendrukbaar materiaal (polyethyleen). Vervolgens worden de stekeinden in de ankerbussen



4 | Trekband in wand-elementen wordt via het LEVO-blokje doorgekoppeld

gedraaid en wordt het blokje over de stekken op de kranen geplaatst. De ruimte binnen de kranen wordt via de gaines met gietmortel aangevuld. Dit is een essentieel onderdeel van het systeem. Uit experimenteel onderzoek is gebleken dat deze ruimte goed (zonder luchtbelletjes) is te vullen en dat er een goede verbinding ontstaat tussen de wanden en het blokje.

Voor de horizontale koppeling van het blokje en de vloer steekt een horizontaal stekeinde in de aan te storten voeg. Om de wanden van de volgende verdieping op de juiste hoogte te kunnen stellen, is het blokje voorzien van ankerbussen waarin stelbouten worden gedraaid. Op het blokje wordt een tweede kranen geplakt, waarna de wanden van de volgende verdieping met de gaines over de stekeinden worden geplaatst. Ten slotte worden de gaines aangevuld en is de verbinding tot stand gebracht.



5 | Detaillering knoop ter plaatse van LEVO-blokje

- 1 onderstaande wanden met ankerbussen voor stekeinden
- 2 LEVO-kranen van polyethyleen
- 3 LEVO-blokje met gaines, ankerbussen voor stelschroeven en voor horizontaal stekeinde
- 4 in te draaien stekeinden
- 5 bovenstaande wanden met aan te gieten gaines



6 | LEVO-balk

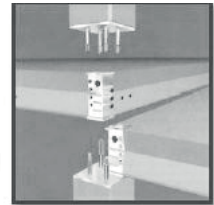
Afb. Een stalen balk met oplegelementen die in de vloerhoogte wordt verwerkt, kan doorhangende balken vermijden.

14 <http://cd20.nl/>- geraadpleegd op 10/01/2015

4.2 CD20 Bouwsysteem¹⁴

Dit systeem wordt opgebouwd uit vloerelementen en kolommen. Hierdoor is een snelle montage mogelijk en zijn geen balken binnen het systeem aanwezig. De constructie kan hierdoor op vele verschillende manieren worden ingevuld met technieken en afwerking.

CD20 is een prefab beton systeem dat bestaat uit vloerelementen en kolommen, deze worden door een stalen verbinding eenvoudig met elkaar verbonden (zie afbeelding 1). Er kan snel gemonteerd worden en er zijn geen balken nodig. De standaardmaten voor een vloerplaat zijn 7,2 × 3,6 m en 5,4 × 3,6 m. Bij deze afmetingen heeft de vloer een dikte van 200 mm. Grotere overspanningen zijn ook haalbaar, maar dan wordt vanzelfsprekend ook de vloer dikker. Als de elementen hergebruikt moeten worden, is het voordeligst om met de standaard afmetingen te werken.

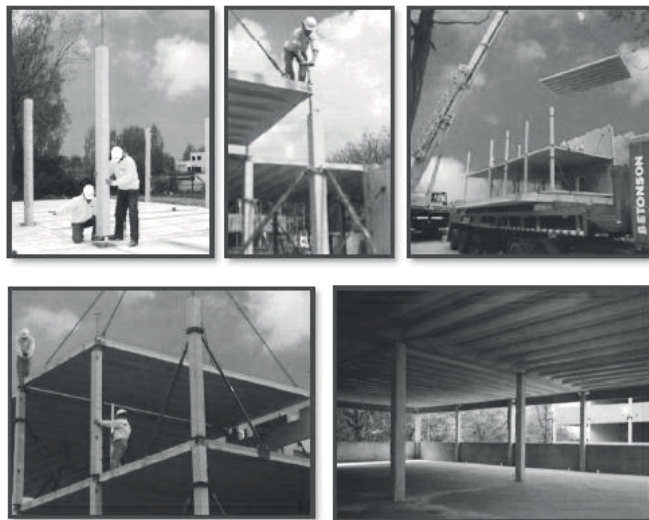


Afbeelding 1: Principe aansluiting (Bron: Handboek CD20)

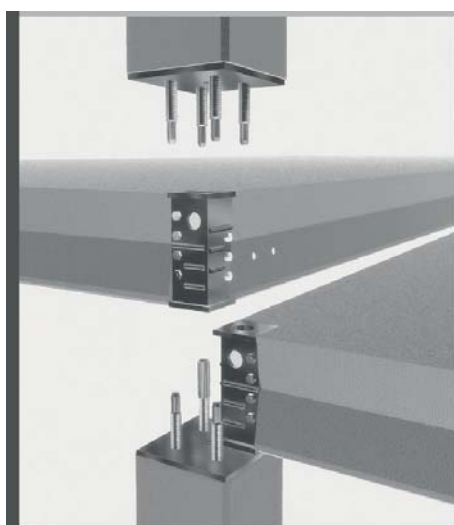
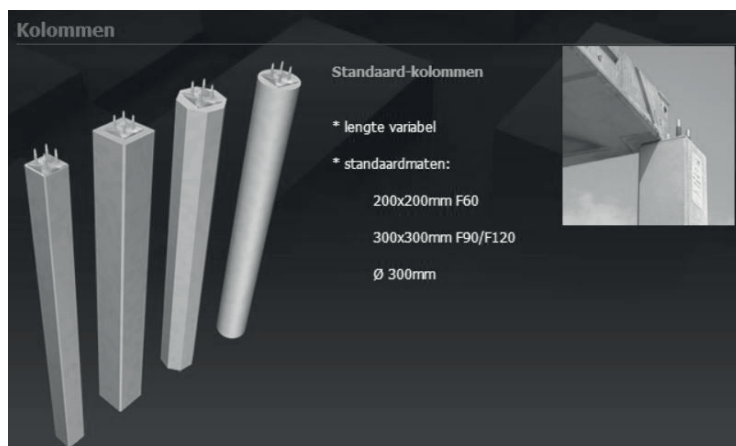
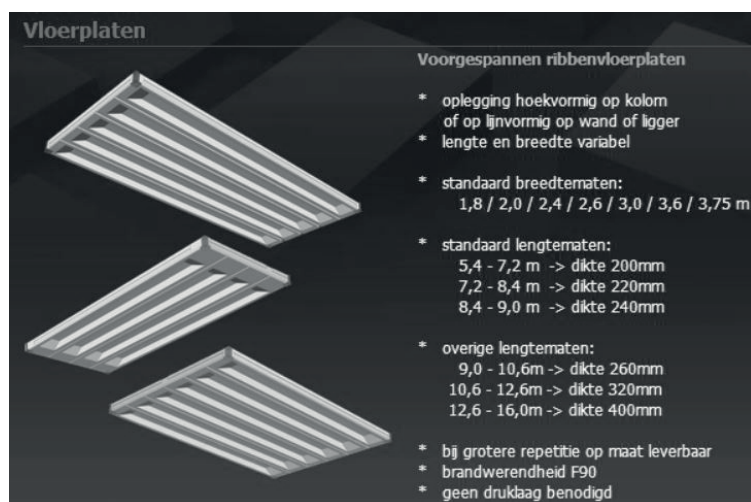
Doordat met de standaard aansluiting wordt gewerkt kan er snel gemonteerd worden. De bouwers van CD20 houden aan dat op één dag zo'n 800 m² aan bruto vloeroppervlak gebouwd kan worden. Omdat de elementen maatvast zijn, is dit systeem geschikt om te hergebruiken. De elementen die geleverd worden kunnen direct gemonteerd worden. Er is dus nauwelijks opslagruimte benodigd. Ook het bouwafval is gering.

De kolommen zijn leverbaar in standaard afmetingen van 200 × 200 en 300 × 300 mm. Voor hogere gebouwen zijn ook grotere kolommen beschikbaar. In principe is om de 3,6 m een kolom nodig. Het is mogelijk om één kolom weg te laten, en een ligger met een overspanning van 7,2 m op de kolommen te plaatsen. Hierdoor kunnen de vloerplaten in de kolomvrije ruimte op deze ligger gelegd worden. Op de ligger bevindt zich een zelfde aansluiting als op de kolom, waarmee de vloeren bevestigd worden. Om sparringen te realiseren wordt een stalen UNP-lijger in de vloer mee gestort.

Met betrekking tot het hergebruik van de elementen, zal in dit onderzoek gewerkt worden met vaste maten van de elementen. Dus standaard vloerplaten van 7,2 × 3,6 m met een dikte van 200 mm en kolommen van met een afmeting van 200 × 200 mm.



Afb. <http://cd20.nl/>- geraadpleegd op 10/01/2015



4.3 Betonson

- 15 PLUS installatievloer
<http://www.betonson.com/plus-producten/default.aspx> -
 geraadpleegd op 10/01/2015

De hoogte van de uitsparing
 in het element is beperkt.
 (ongeveer 10cm)




PLUS installatievloer PLUS installatievloer 200

Afmeting		
Elementhoogte (mm)	200	
Maximum plaatlengte (m)	7,5	
Pasplaatbreedte met langsgoten (mm)	700/800/900/1000/1100	
Pasplaatbreedte zonder langsgoten (mm)	400/500/600	
Standaardbreedte (mm)	1196	
Werkendebreedte (mm)	1200	
Constructie		
Betonpuingranulaat (%)	20% op aanvraag	
Brandwerendheid (minuten)	60	
Oppervlakte bovenzijde (normaal/ruw)	normaal/ruw	
Staalkwaliteit hoofdwapening (streng)	FeP 1860	
Sterkteklasse (beton)	C53/65	
Gewicht		
Gewicht standaard element (kg/m²)	403	
Oplegging		
Opleglengte beton (mm)	80	
Opleglengte metselwerk (mm)	100	
Opleglengte staal (mm)	70	
Toleranties		
Tolerantie breedte (+mm /-mm)	+12/-12	
Tolerantie dikte (+mm /-mm)	+12/-12	
Tolerantie lengte (+mm /-mm)	+28/-28	



Verwerking	
Voegvulling (l/m²)	8,7
Hijsvoorziening	hijsklem/hijsogen
Oppervlakte-beoordelingsklasse onderzijde (Conform NEN6722;2000)	Standaardklasse A

Beton Son B.V.
 Ekkersrijt 3301, 5692 CJ Son
 Postbus 5, 5690 AA Son

Tel +31 (0)499 - 486 486
 Fax +31 (0)499 - 486 666
 E-mail info@betonson.com


betonson

Betrokken
 Betrouwbaar



- 16 Wing vloer
<http://www.betonson.com/plus-producten/default.aspx> -
 geraadpleegd op 10/01/2015

De populaire Wing vloer van Betonson is intussen verwerkt in talloze kantoren. De slanke vloer biedt ruimte aan voorzieningen als klimaatbeheersing, ICT, ventilatie, gas, elektriciteit en water. Alles blijft gemakkelijk bereikbaar voor onderhoud.

Met de nieuwste ontwikkelingen in betonkernactivering is dit vertrouwde, succesvolle product nog verder geperfectioneerd. Betonson komt met de vernieuwde Wing vloer.

Alle installaties zoals klimaatleidingen voor koeling en verwarming van gebouwen kunnen worden opgenomen in de vloer.

De voordelen van de nieuwe Wing

De nieuwe, lichte Wing vloer is toepasbaar in combinatie met de standaard kanaalplaat en heeft grotere inkassingen op de koppen. De vloer biedt een grote vrijheid in het aanbrengen van de installaties en ook in het hoge deel zijn nu leidingen mogelijk. De nieuwe Wing vloer is aanpasbaar in combinatie met een flexibele afdekking én is licht: de nieuwe Wing heeft 28% minder eigen gewicht.

Warmte en koeling via vloer én plafond

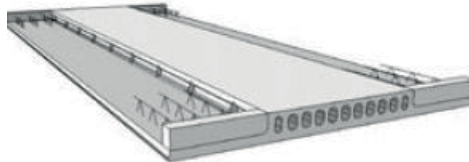
Lage temperatuurverwarming (in de vorm van vloerverwarming of betonkernactivering) biedt behalve een energiebesparing ook een verhoging van het comfort. Door toepassing van de door Betonson op de

- 17 Wing vloer
http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgw/wing-vloer_6_brochure_techniek_www_betonson_com.pdf - geraadpleegd op 10/01/2015

PRODUCTGEGEVENS

Toepassing

De voorgespannen Wing wordt toegepast als verdieping- en dakvloer in zowel woning- als utiliteitsbouw.
Enkele toepassingen: Als woningscheidende vloeren voor appartementsgebouwen, toepassing bij b.v. ronde gebouwen met tapse platen, alle installaties in de vloer, met een grotere bereikbaarheid en aanpasbaarheid. Geen ondersteuning, randkist en weersafhankelijk bouwen (scheiding ruwbouw-afbouw). *Specifieke toepassing:* Voorzien van klimaatleidingen voor koeling en verwarming van gebouwen.



Vloertype

Vloertype en afmetingen Onderdek: 60-80-100 mm
 Bovendek: 120-140-160-180 mm (11 kanalen)
 320 mm (4 kanalen) De totale hoogte wordt bepaald uit de som van het onderdek en het bovendek.

vloertype	dikte in mm
Wing 60-120	180
Wing 60-140	200
Wing 60-160	220
Wing 60-180	240
Wing 80-120	200
Wing 80-140	220
Wing 80-160	240
Wing 80-180	260
Wing 80-320	400
Wing 100-120	220
Wing 100-140	240
Wing 100-160	260
Wing 100-180	280
Wing 100-320	420



Afmetingen

De standaard breedte is 2396 mm, de werkende breedte is 2400 mm. Deze standaardbreedte bestaat uit een vleugelgedeelte van 600 mm, een kanaalplaatgedeelte van 1200 mm en weer een vleugelgedeelte van 600 mm. Op aanvraag kan een breedte van 1800 mm worden geleverd, met een vleugeldeel van 300 mm. De maximale lengte varieert van ca. 6 m tot 16 m, afhankelijk van het vloertype. De vloerplaat kan in vele vormen worden geleverd.

Pasplaten

Met de Wing vloerplaat zijn vele pasplaatvormen en afmetingen mogelijk. De pasplaatbreedte voor het bovendek, is voor de 11 kanaals plaat bij voorkeur 600 en voor de 4 kanaals plaat 460 of 740 mm. Pasplaatbreedten voor het onderdek zijn maten afgerond op 25, 75 of 100 mm, met een maximum van 2300 mm.



Kopbalken

De platen kunnen worden voorzien van balken t.p.v. de kopse zijde t.b.v. de ondersteuning van de bouwmuur. Op deze kopbalken kan direct na het leggen van de platen weer worden doorgemetseld.

Winggoten en hun afdekkingen

Door de platen tegen elkaar te leggen ontstaan er leidinggoten. Afhankelijk van de toegankelijkheid in de gebruiksfase, kan men deze goten op de volgende manieren afdekken:

multiplex plaat wordt gelegd, welke wordt ondersteund door kunststof verstelbare schroefvijzels.

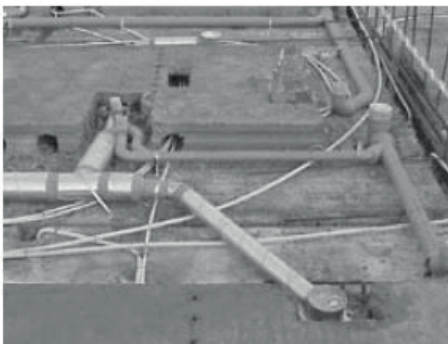
- Op de bovendecken kan een zwaluwstaartvloer worden aangebracht.
- Indien constructief noodzakelijk kunnen de goten worden volgestort met grindbeton. Indien niet constructief noodzakelijk behoort een schuimbetonvulling tot de mogelijkheden.
- Een computervloer behoort eveneens tot de mogelijkheden.



Sparingen

De volgende standaard sparingsen worden fabrieksmatig aangebracht:

- Doorgaande sparingsen met veelvouden van 25 mm en een minimum van 100 mm.
- Loze sparingsen met veelvouden van 25 mm en een minimum van 100 mm. Bij deze sparingsen wordt het bovendeck ingekast tot op het onderdek.
- Inkassingen bovenin een onderdek van 100 mm



- Sparingen gevuld met gasbeton met veelvouden van 25 mm en een minimum van 100 mm.
- Bij de vloertypen met een onderdek van 100 mm is het mogelijk om over de totale breedte van het bovendeck op ca. 100 mm uit de kop van de plaat een sleufsparring te maken met een breedte van 500 mm.

Gedetailleerde richtlijnen worden op aanvraag toegezonden.

Dwarskanalen

Door het bovendeck kunnen dwarskanalen fabrieksmatig worden aangebracht. Deze kanalen vormen de verbinding tussen de winggoten. Bij het type met een bovendeck van 160 dan wel 180 mm is een dwarskanaal mogelijk met een diameter van 85 mm en bij het type 320 mm een diameter van 150 mm. Deze kanalen moeten liggen op een afstand uit de kop van 50 mm + 2 x de totale hoogte van de vloerplaten en liggen op een afstand van 0,5 x de totale hoogte uit elkaar. De minimale h.o.h. afstand bedraagt 200 mm.

Elektradozen

Elektradozen worden fabrieksmatig aangebracht tussen de voorspanwapening. De volgende elektradozen kunnen worden aangebracht:

Elektradoos HAF C75-Z met 4 x 2 zijaansluitingen rond 16 mm in het onderdek

Elektradoos HAF 169-Z met 2 x 4 zijaansluitingen rond 16 mm en 8 bovenaansluitingen rond 16 mm en 1 bovenaansluiting rond 19 mm t.p.v. het bovendeck. Tevens wordt hier het dwarskanaal voorzien van een inkassing van het bovendeck t.p.v. de elektradoos.

Millieubelasting

Op aanvraag kunnen de vloerplaten worden geleverd met toepassing van een betonmengsel waarin 20% betonpuingranulaat is verwerkt.

Afb. Wing vloer

Afb. Wing Vloer

CONSTRUCTIE

Gewicht

vloertype	gewicht inclusief voegvulling in kg/m ²
60 -120/140/160/180	225/248/243/266
80 -120/140/160/180/320	277/300/290/313/379
100 -120/140/160/180/320	319/342/337/361/427

Milieuklasse

De Wing vloerplaten worden geleverd in milieuklasse 1 volgens NEN 5950. Milieuklassen 2 t/m 5 zijn op aanvraag mogelijk.

Brandwerendheid

De brandwerendheid bedraagt standaard 60 minuten. Op aanvraag kan een hogere brandwerendheid van 90 of 120 minuten worden gerealiseerd.

Stabiliteit

Op aangeven van de constructeur kan een wingvloer worden meegenomen als integrerend onderdeel van de constructie. Betonson adviseert u hierover graag in een vroegtijdig stadium.



Draagvermogen

In verband met de vele mogelijkheden is geen draagvermogensgrafiek opgenomen. Als richtlijn kan worden aangehouden, dat de overspanning ca 35* de totale vloerhoogte bedraagt, e.e.a. afhankelijk van sparingen en belastingen. Betonson adviseert u hierover graag in een vroegtijdig stadium.

In de opdrachtfase kan in overleg de totale vloer en de druklaagwapening worden berekend en uitgetekend.

Kwaliteit

De sterkteklasse van het beton bedraagt B65. De eventuele druklaag is in het algemeen B25 of hoger. Het voorspanstaal heeft een kwaliteit van FeP 1860, de overige wapeningen, staven en beugels, alsmede de druklaagwapening zijn FeB 500.

UITVOERING

Massa

vloertype	massa per standaard vloerplaat (2400) in kg/m ³
60 -120/140/160/180	540/595/583/638
80 -120/140/160/180/320	665/720/696/751/910
100 -120/140/160/180/320	766/821/809/867/1025

Eventuele druklagen dienen hierop te worden opgeteld.

Voegen

De standaard vloerplaat is aan beide langsijden voorzien van een vellingkant. De pasplaten hebben een rechte zijde. Vellingkanten zijn op aanvraag mogelijk.



Raveelconstructie

Bij het maken van het legplan wordt een zodanige indeling aangehouden, dat in de meeste gevallen geen raveelijzer noodzakelijk is. Indien dit wel noodzakelijk is, kan gebruik worden gemaakt van een in het werk gestorte raveelconstructie of kan een raveelconstructie worden toegepast bestaande uit een thermisch verzinkt raveelijzer.

Opleggingen

De opleglengte van het kanaalplaatgedeelte bedraagt standaard 100 mm op metselwerk, 80 mm op beton en 70 mm op staal. Voor het vleugelgedeelte kan een kleinere opleglengte worden toegepast. Bij zwaardere belastingen en grote overspanningen kunnen grotere opleggingen noodzakelijk zijn. Standaard dient t.b.v. de centrering een oplegrubber van SBR 40 x 3 mm of SBR 60 x 5 mm te worden toegepast. Hiervoor kan Betonson het oplegrubber meeleveren. Andere materialen zijn op aanvraag mogelijk.

Verwerking



De vloerplaten worden in het algemeen rechtstreeks vanaf de vrachtwagen in het werk gemonteerd. Er is geen tussenopslag noodzakelijk. De vloerplaten zijn voorzien van hijsogen en dienen te worden gehesen met een viersprong. De verwerkingsvoorschriften worden op aanvraag toegezonden.

Afb. Wing Vloer



18 <http://documenten.vbi.nl/brondocumenten/X5a-007-Brochure-Leidingvloer.pdf>

In de betonplaten is het mogelijk sleuven te voorzien in een deel van de constructieve hoogte. Technieken in deze sleuven zullen afhankelijk van de latere afwerking wel of niet bereikbaar blijven.

4.4 VBI leidingvloeren¹⁸

De plaats en afmetingen van de sleuven

In de lengterichting kunnen de platen worden voorzien van sleuven met een breedte van 140, 240, 340 of zelfs 440 mm. Met deze mogelijkheden blijkt in de praktijk elk leidingverloop probleemloos te kunnen worden gerealiseerd. Door de standaard sleufdiepte van 120 mm bij de VBI Appartementenvloer 260 en 135 mm bij de VBI Appartementenvloer 320 kunnen ook rioleringsbuizen van Ø 90, 110 mm onder afschot worden aangebracht.

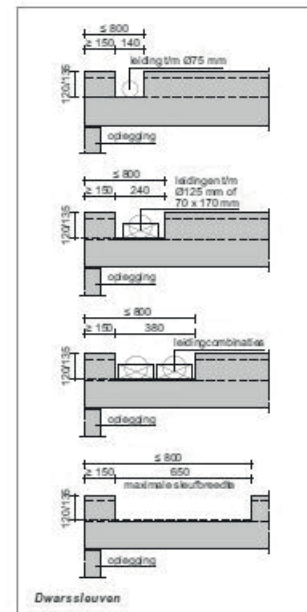
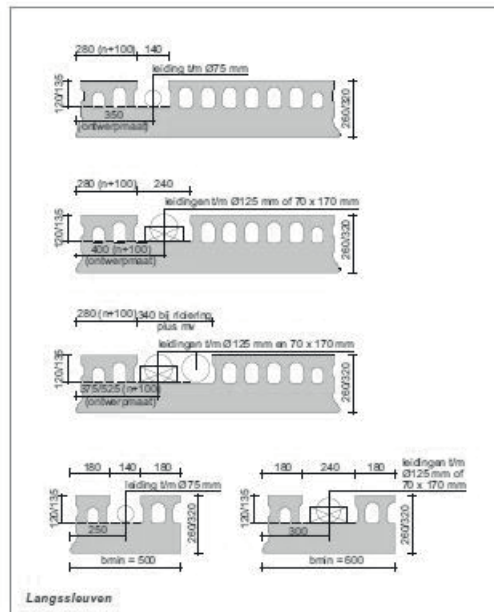
In de breedterichting kunnen de plaatvloeren worden voorzien van sleuven met een breedte van 140, 240, 380 en 650 mm nabij de oplegging van de plaat.



Leidingsleuven in VBI Appartementenvloeren

Maatvoering sleuven VBI Appartementenvloer 260 en 320

Voor overige leidingsleuven en sparingen zie het Handboek VBI Plaatvloeren.



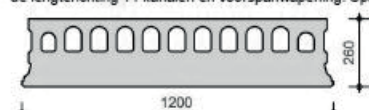
Leidingvloeren zijn vrijdragende voorgespannen systeemvloeren met vooraf aangebrachte ruimte voor leidingen. De vloer ontvlecht bouwkundige en installatietechnische werkzaamheden, wat leidt tot grote flexibiliteit tijdens het bouwproces en de gebruiksfase. Met een verend opgelegde kan uitstekend worden voldaan aan de eisen voor geluidwering van woningscheidende vloeren.

In vergelijking met een traditionele vloer kan vaak met een geringere vloerdikte worden volstaan of kan met dezelfde vloerdikte een veel grotere overspanning worden gerealiseerd.

Het assortiment kanaalplaatvloeren van VBI is opgebouwd uit vloertypen die aansluiten op de (Bouwbesluit) vereisten van de diverse gebouwfuncties. Daar is niet alleen materiaalbesparing maatgevend (Duurzaam Bouwen), maar ook de kwaliteit van de vloeroplossing.

Product omschrijving

De systeemvloeren zijn samengesteld uit geprefabriceerde voorgespannen kanaalplaten. In de betonnen plaat bevinden zich in de lengterichting 11 kanalen en voorspanwapening. Sparingen



kunnen fabrieksmatig in de plaat worden opgenomen.

Doorsnede

Toepassing

De Leidingvloer 260 wordt voornamelijk toegepast in de grondgebonden woningbouw als vrijdragende, verdiepingsvloer of dakvloer. De vloer is leverbaar als geïsoleerde variant en als Klimaatvloer.

Constructieve eigenschappen

De maximum dagmaat wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van leidingen bij het trappgat of leidingsschacht. Hiervoor zijn de onderstaande richtlijnen van toepassing.

Afmeting trappgat	Lengte raveelijzer	Max. dagmaat
1,00 x 3,00	1,20 m	8,8 m
2,40 x 1,50	2,40 m	7,3 m

Tabel: richtlijnen maximum dagmaat

De tabel is samengesteld op basis van de uitgangspunten:

- Berekening volgens NEN-EN 1992-1-1 en NEN-EN 1992-1-2
- Representatieve waarde van de belastingen
- Afwerking 1,4 kN/m²
- Verplaatsbare scheidingswanden 0,8 kN/m²
- Maximale bijkomende doorbuiging 0,003 x L
- Milieuklasse XC1
- Brandwerendheid 30 minuten
- Geen sparingen, geconcentreerde belastingen en constructieve druklaag gerekend

Vrije indeelbaarheid

Ten aanzien van vrije indeelbaarheid kunnen lichte scheidingswanden in rekening worden gebracht als een gelijkmatig verdeelde belasting van maximaal 1,2 kN/m². Zwaardere wanden worden apart in rekening gebracht.

Bouwsnelheid in het ontwerp

Kanaalplaatvloeren maken een zeer hoge bouwsnelheid mogelijk, behoeven doorgaans geen onderstempeling en zijn na verwerking direct volledig belastbaar.

Loodrecht op de overspanningsrichting van de kanaalplaatvloeren kan het beste worden gekozen voor stramienlijnen op een n x 1200 raster. Hierdoor blijft het aantal pasplaten beperkt, waardoor de sparingsmogelijkheden het grootst zijn en er geen montagetijd verloren gaat door het hijsen van een onnodig aantal pasplaten.

Bouwfysische eigenschappen

Brandwerendheid

Brandwerendheid dient per project rekenkundig bepaald te worden.

Luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie

Toepassing volgens de details uit het KOMO-attest-met-productcertificaat VBI Plaatvloer en af te stemmen op het Bouwbesluit 2012, Afdeling 3.4. Geluidwering tussen ruimten van verschillende gebruiksfuncties voor nieuwbouw.

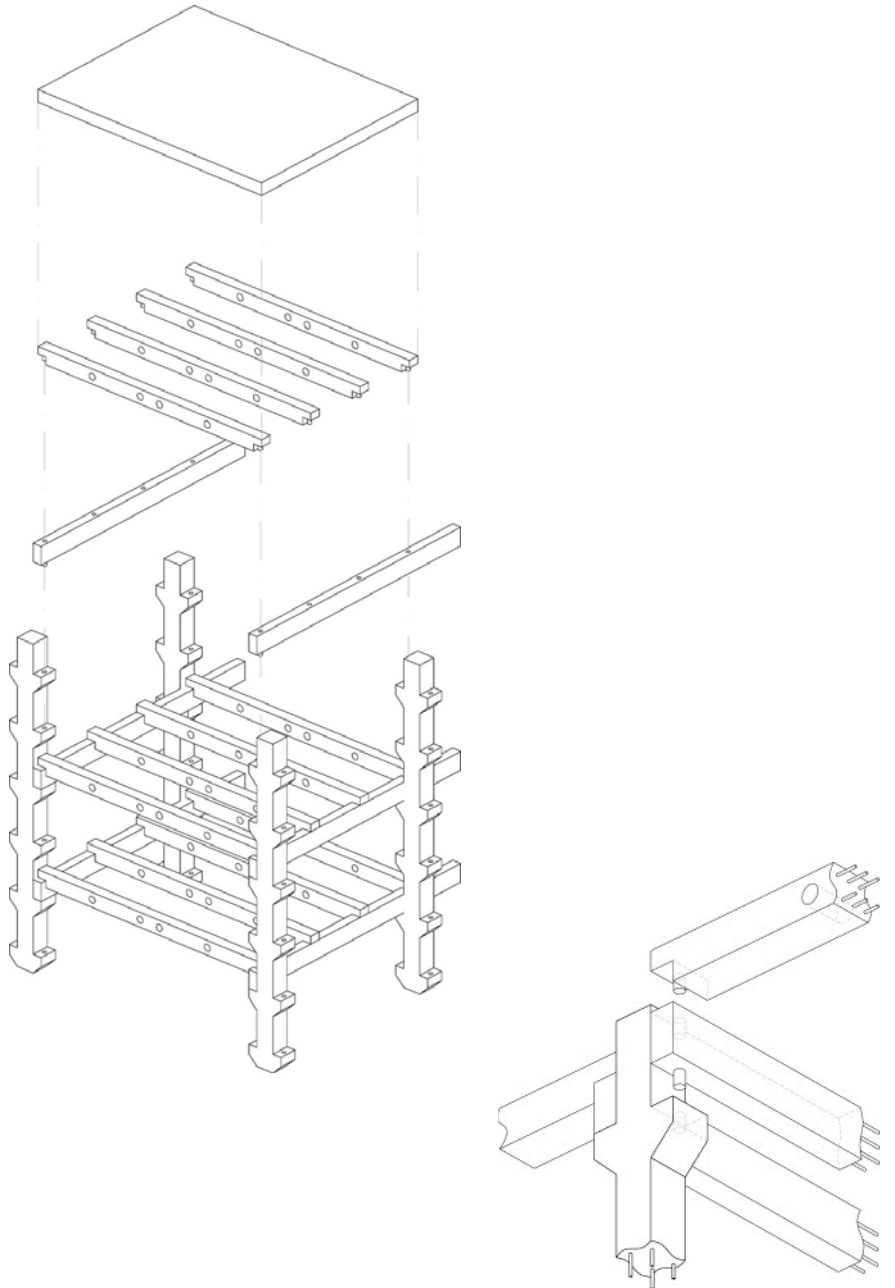
Voor de geluideisen van woningscheidende draagvloeren voldoet de vloer aan het Bouwbesluit ($D_{nT,A,K} \geq 52$ dB en $L_{nT,A} \leq 54$ dB) in combinatie met een verend opgelegde dekvloer met $\Delta L_{nT} \geq 10$ dB en een uitvlaklaag. Om te voldoen aan de comfort variant ($D_{nT,A,K} \geq 57$ dB en $L_{nT,A} \leq 49$ dB) wordt de vloer afgewerkt met een hechtende uitvlaklaag van 25 mm en een verend opgelegde dekvloer met $\Delta L_{nT} \geq 13$ dB.



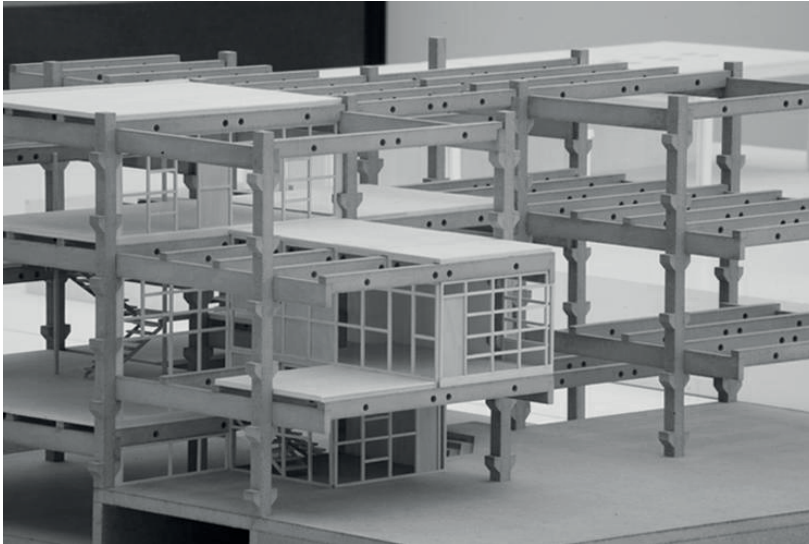
5 Dragere uit beton

- 19 <http://kin-ho.blogspot.be/2009/11/wohnanlage-genter-strasse-otto-steidle.html> - geraadpleegd op 10/01/2015

5.1 Wohnanlage Genter Strasse München 1971- Otto Steidl¹⁹



Referenties



Afb <http://www.detail.de/architektur/termine/wendepunkte-im-bauen-ndash-ausstellungsbesuch-000762.html> - geraadpleegd op 10/01/2015



Afb http://www.dbz.de/artikel/bildpopup_123273.html?image=0 - geraadpleegd op 10/01/2015



Afb http://www.dbz.de/artikel/bildpopup_123273.html?image=0 - geraadpleegd op 10/01/2015

5.2 Ballmoos Krucker Architekten

- 20 Project: ETH Zurich
http://www.af-z.ch/files/Krucker_Tafel_Screen_0.pdf
- geraadpleegd op
10/01/2015



e-lab ETH Zürich, Grundriss 1. Obergeschoss



e-lab ETH Zürich, Strukturmodell, Zueganasseite



EW Buchs, Innenraumcharakter aus der primären Rohbaustuktur

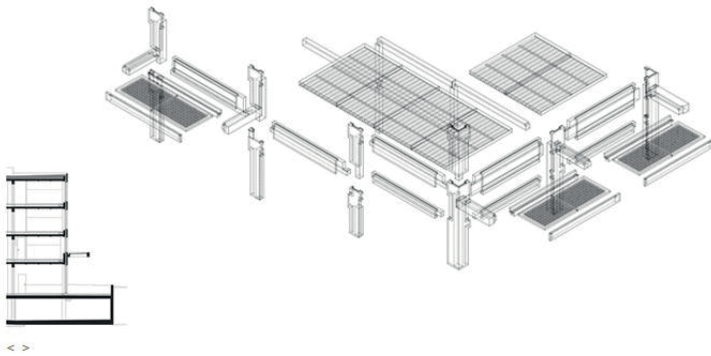
032 Werkgebäude EW Buchs

Projektwettbewerb auf Präqualifikation 1. Preis 2001, Ausführung 2002 - 2004

Bauherrschaft: Elektrizitäts- und Wasserwerk der Gemeinde Buchs SG

Bausumme: CHF 8.5 Mio

Fotografie: Georg Aerni / Roger Frei



Das Grundstück liegt in der Zentrumszone von Buchs: Unter Ausnützung von Niveaudifferenzen wird eine öffentliche Wegverbindung durch die Parzelle etabliert und damit der urbane Charakter der Anlage unterstützt. Das Gebäude erhält eine einfache Struktur, die mit den auskragenden Vordächern und der Direktheit der Materialisierung einen eigenständigen Ausdruck erzeugt.

Das Gebäude ist bis auf den Treppenbereich vollständig vorfabriziert. Mit einer Deckenkontur werden Orte geschaffen, die technische Teile (Beleuchtung und Akustik) sowie flexible, sekundäre Trennwände aufnehmen können. Entlang der Fassade sind die Auflager der Deckenelemente als Überzüge ausgebildet. Diese verlaufen bündig zur Decke und bringen somit den Übergang von der Decke zur Fassade in unmittelbaren Bezug.

Die an den Fassaden liegenden Stützen sind in Sandwichbauweise produziert und mit einer fertigen Oberfläche versehen: einem fein abgesäuerten Beton, der sich als «edle Werkstatt» in das städtische Umfeld einfügt. Mit der kompakten Art der Vorfabrikation gelingt es, die auskragenden Vordächer direkt in den Verbund der Struktur zu integrieren. Dadurch erhält das Gebäude eine homogene Erscheinung, die sich erst bei näherer Betrachtung als Fügung aus Teilen offenbart. Die leicht figurativen Teile verleihen dem Gebäude eine angenehm vertraute, fast organische Erscheinung, trotz der rohen Fügung der Struktur. Mit dieser konstruktiven Umsetzung erhält das Gebäude einen charakteristischen Ausdruck und eine hohe Neutralität zugleich; beides sind wesentliche Eigenschaften, um langfristig als Bestandteil des urbanen Gefüges bestehen zu können.

- 21 Project: EW Buchs
http://www.af-z.ch/files/Krucker_Tafel_Screen_0.pdf -
 geraadpleegd op 10/01/2015

5.3 Norm Modul - P. Steiger, N. Henauer

- 22 R. Steiger, P. Steiger, Norm-Modul, (onbekend), Zurich, (onbekend)

