

WELL

De industriële bouwsector

De ontwikkeling van methoden voor de omschakehg
naar industriële woningbouw

De industriële bouwsector

De ontwikkeling van methoden voor de omschakeling
naar industriële woningbouw

Onderzoeksrapport van het afstudeerproject "De industriële bouwsector" voor de
opleiding Product Design and Engineering aan de Technische hogeschool van Utrecht

Julian la Fleur & Steven Blankestijn

Mei 2005

Dit afstudeerproject is begeleid door:

Afstudeerbegeleider Well Design:	M. van Dijk
Afstudeerbegeleider Metz Consult:	R. Metz
Afstudeerbegeleider HvU:	R. Gonthier

voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van Julian la Fleur en Steven **Blankestijn**; onze **documentatie** van het afstudeerproject "bouwbeter". Na vier maanden stage bij WeLL Design, in samenwerking met **MetzConsult**, is dit het resultaat van ons afstuderen aan de Technische hogeschool van Utrecht (HvU) richting: Product Design and **Engineering**.

Om een, voor ons geheel nieuwe bedrijfstak (de bouw) te betreden, was een grote uitdaging. Dankzij onze werkplek bij WeLL Design en de begeleiding van **MetzConsult** hebben we een goed beeld gekregen van de omvang en de werkwijze binnen deze grote organisatie van de **industriector**. De toepassing van onze ervaringen kennis van het industrieel ontwerpen op een ander vakgebied, heeft ons een goed inzicht gegeven welke eigenschappen zo specifiek zijn voor het industrieel ontwerpen. Daarom beschouwen we dit project als een volwaardige afronding van onze studie.

Dij dezen willen we graag de volgende mensen bedanken voor het feit dat we het project op deze **manier** hebben kunnen afronden. Allereerst onze **bedrijfsbegeleiders**; **Mathijs** van Dijk van WeLL Design en Rens **Metz** van **MetzConsult**. Daarnaast onze docentbegeleider **Robin** Goth van de Hogeschool. Hun feedback en begeleiding hebben ons in de goede **richting** gestuurd. **Daarnaast** d e n we iedereen van WeLL Design bedanken die hun medewerking aan dit project hebben verleend.

Samenvatting

De huidige ontwikkel- en bouwprocessen van bouwconcerns zijn steeds minder toereikend. Dit komt door huidige ontwikkelingen in de woningmarkt, zoals veranderende **marktwensen** en regelgeving. Faalkosten zijn een van de grootste problemen in de huizenbouwprojecten. Dit zijn alle kosten die ten behoeve van het eindproduct zijn gemaakt, ontstaan door vermijdbare tekortschieten.¹ Bovendien is er behoefte aan vernieuwing van processen vanuit innoverende bedrijven. In dit onderzoeksrapport wordt gekeken of de industriële productontwikkeling uitkomst zou kunnen bieden voor de bouwsector.

Allereerst zal de huidige bouwnijverheid bekeken en afgebakend worden om inzicht te **krijgen** in deze bouwwereld. De bouw is een sector met een eigen karakter. Hierbij speelt de consument nog een te kleine rol.

Consumenten zijn op zoek naar meer variatie en gemak. Een duurzame en gezonde omgeving is belangrijk. De beslissingsmomenten en **keuzevrijheid** van de consument zal leiden tot:

- **samenwerking** toeleveranciers
- reductie **doorlooptijd ontwikkelkosten**
- projectongebonden productie
- reductie faalkosten
- meer flexibiliteit
- betere **prijs/kwaliteitsverhouding**

Al deze ontwikkelingen hebben invloed op de eisen die in de (nabije) **toekomst** gesteld worden **aan** nieuwbouwwoningen. Het is van belang dat een aanbiedende partij hiervan op de hoogte is en erop in kan spelen door middel van een aangepast **woningaanbod**.²

Door bouwelementen demontabel te maken zal het aandachtspunt meer bij de consument gelegd worden waardoor deze een grote rol krijgt in de bouwsector. In de industriële sector is dit al heel normaal. In de toekomstige situatie zal de professionele opdrachtgever, die in bezit van grond is, initiatief nemen tot bouwen in samenspraak met de woonconsument. De regelgeving wordt afgebakend door de overheid.

De moeilijkheidsgraad zit in het feit dat de **ontwikkeling** van een bouwprojecten bouwnijverheid zelf twee duidelijk gescheiden activiteiten zijn. Dus moet er op twee vlakken veranderd worden. Om dit proces in kaart te brengen is de **multi-dimensionale matrix** ontwikkeld **waarin** alle bouwcomponenten van een huis ingedeeld kunnen worden. De bouwcomponenten zijn gerelateerd aan de keuzemogelijkheden van de consument. Door deze methode toe te passen ontstaat er een overzicht van relaties tussen de toeleveranciers, de opdrachtgevers, de consumenten en de bouwcomponenten. De klant **kan** aan de hand van eigen wensen het koopproces doornemen en zijn keuzes maken. De

¹ SBR, 'oorzaken faalkosten', www.sbr.nl

² MetzConsult

toeleverancier en de professionele opdrachtgever kunnen met deze informatie direct de technische oplossingen vinden in de matrix.

Door de functionele decompositie (**hamburgermodel**) van de woning komen de relaties tussen de hoofdfuncties duidelijk naar voren. Deze hoofdfuncties **definieren** de parameters voor de multi-dimensionale matrix,

Het pakket van eisen (PvE) van de woning laat zien dat de keuzeflexibilititeiten gebruikerflexibiliteit van de consument centraal staat. Het **belangrijke** gevolg daarvan is dat er een rangschikking ontstaat welke bouwcomponenten die flexibiliteit toelaten en welke niet. Voor de multi-dimensionale matrix geeft dat weer een extra dimensie: de flexibiliteitsniveaus.

In dit flexibiliteitsprofiel valt per bouwdeel of bouwsysteem af te lezen in hoeverre de toepassing van de betreffende oplossing; de toepassing van oplossingen die de andere hoofdfuncties beïnvloeden. Als er in een bepaalde parameter een product een flexibiliteitsniveau opschuift, zal deze invloed hebben op andere producten die in relatie staan met dit product. Dikwijls vereist het ene product een bepaalde flexibiliteit van een ander product, terwijl het ook kan zorgen dat andere producten meer flexibel, klantgericht en goedkoper worden. In het laatste hoofdstuk van dit onderzoeksrapport is hier een voorbeeld van **gegeven**. De flexibiliteitsprofielen leiden tot:

- **samenwerking** tussen de verschillende toeleveranciers
- consumentgericht bouwen en verbreding van assortiment

Hieruit kunnen we concluderen dat de methodes van de productontwikkeling laten zien dat er mogelijkheden liggen voor een nieuwe indeling van het proces en dat de elementen uit de productontwikkeling hierin bruikbaar zijn. Dit biedt mogelijkheden tot:

- het creëren van een industriële woningbouw
- door middel van project ongebonden bouwen, wat gevolg is van een industriële woningbouw, kostenreductie op het totale project (met namen in de bouwfase)
- reductie van ontwerp- en bouwfouten, daarmee verhoging van de bouwkwaliteit
- reductie in de doorlooptijd van het ontwikkelproces

Inhoudsopgave

<i>Voorwoord</i>	5
<i>Samenvatting</i>	7
<i>Inhoudsopgave</i>	9
1 Inleiding	13
Achtergrondbedrijf	13
Uitdaging	13
Doel	13
Resultaat	14
Afbakening	15
Werkwijze en opbouw rapport	15
2 Flexibiliteit	19
2.1 INLEIDING	19
2.2 ONTWERPFLEXIBILITEIT	19
Productiemethoden	20
De cultuur in de bouwsector	22
Bouwkolom	23
2.3 PROCESFLEXIBILITEIT	25
Kopersinspraak	26
2.4 GEBRUIKSFLEXIBILITEIT	27
'De nieuwe bouwkolom'	28
2.5 CONCLUSIE	29
3 Methode	33
3.1 INLEIDING	33
3.2 FUNCTIONELE DECOMPOSITIE WONING	33
3.3 PROGRAMMA VAN EISEN (PvE)	35
3.4 MULTI-DIMENTIONALE MATRIX	36
3.5 CONCLUSIE	38
4 Toepassing matrix	39
4.1 INLEIDING	39
4.2 FLEXIBILITEITPROFIELEN	39
Voorbeeld 1	39
Voorbeeld 2	40
Voorbeeld 3	43
4.3 CONCLUSIE	45
5 Conclusie	47
5.1 CONCLUSIES	47
Literatuurlijst	51

1 Inleiding

Achtergrond bedrijf

WeLL Design bestaat sinds 1979 en is gevestigd in Utrecht. Het is uitgegroeid tot het grootste productontwerpbureau van Nederland. Er werken ongeveer 40 vaste **Engineers**, 4 Designers en een aantal **freelancers**. Ook is er plaats voor stagiaires. Deze studenten zijn van MBO tot Universitair, van afstudeer tot korte stage, van modelbouw tot langdurige projecten.

WeLL Design betekent:

- product-innovatie
- product-realiseren
- product-design

Innovatie, op het gebied van gebruik van het product, technieken en markt van het product.

Realisatie, dat **wil** zeggen de constructie en productie van het product tot op het schap.

Design, zowel esthetisch als technisch. WeLL Design specialiseert zich behalve in productontwikkeling ook in het industriële ontwerpen. WeLL Design probeert de stijl van de klant te volgen wat leidt tot tevredenheid van de **opdrachtgevers**.³

Uitdaging

Het feit dat de huidige bouwwereld zou kunnen leren van de industriële productontwikkeling is duidelijk. Maar hoe en welke aspecten er zouden kunnen worden overgenomen is nog niet duidelijk. Om hier helderheid over te scheppen bekijken we in de voorstudie wat de plaats van de consument in de huidige situatie is en wat die kan betekenen in de toekomst.

De **uitdaging** is: "Het beschrijven van het **proces** over de omschakeling van de huidige wijze van huisbouw naar het ontwikkelen van nieuwe methoden voor dit proces. De huisbouw is momenteel projectgericht, het toekomstige beeld is een projectoverschrijdende huisbouw."

Doel

WeLL Design heeft de intentie om de bestaande vorm van huisbouw te innoveren en is van plan de productiemethode van de woningbouw te automatiseren. Dit idee is ontstaan **vanuit** BouwBeter, een project van SBR

³ WeLL Design, [ivwww.weilldesign.com](http://www.weilldesign.com)

(Stichting Bouw Research) en een aantal bedrijven in de bouw. BouwBeter is een **platform** voor proces-innovatie in de bouwsector en brengt innovatieve bedrijven bij elkaar die samenwerken aan nieuwe initiatieven.

Uit onderzoek blijkt dat consumenten pas zes weken voor de oplevering van hun huis achter hun keuzes staan.⁴ Belangrijk is het bouwplan af te stemmen op "hoe" de consument wil kiezen. Zo creëert men ook de mogelijkheid om een eigen identiteit aan een huis te geven. Daarnaast verandert de situatie van levensstijl gemiddeld om de zeven jaar. De gedachtegang is dan ook het creëren van een "ingroei-woning". Hiermee bedoelen we een woning die zonder slopen (demontabel) naar smaak van de bewoner veranderd kan worden. De **doelstellingen hierbij zijn:**

- de huidige situatie in kaart brengen van datgene wat aanleiding geeft tot verandering
- de consument de vrijheid geven in de besluitvorming van zijn keuzes betreffende hun woning
- de visie van het proces van omschakeling van de huidige huizenbouw naar de toekomstige huizenbouw in onze visie en hoe die **samenwerking** tot stand kan komen
- het creëren van concrete stappen voor de realisatie van dit project

Resultaat

Dit onderzoeksrapport gaat over een methode voor ordening van bestaande producten. Dit leidt dan tot een **samenwerkingsverband** tussen de verschillende partijen in de bouwsector, zodat er nieuwe producten kunnen worden **ontwikkeld**. Het resultaat is niet een **vergelijking** tussen de bouwmethoden en de industriële ontwerpmethoden, maar concentreert zich op de toepassing van methoden uit de industriële productontwikkeling in de bouwkundige processen. Dit leidt tot verbeteringen zoals:

- reductie faalkosten
- reductie doorlooptijd ontwikkelkosten
- samenwerking toeleveranciers

Maar ook tot verbeteringen voor de consumenten:

- verhoging flexibiliteit
- consumentgericht ontwikkelen

⁴ MetzConsult

Afbakening

Om de omvang van het project te beperken is de opdracht afgebakend. Allereerst beperkt het project zich tot de woningbouw, en wordt de utiliteitsbouw en infrastructurele werken buiten beschouwing gelaten. Daarbij richt het onderzoek zich op een methode tot proceswijziging, en geeft geen uitwerking over hoe het product "woning" zou kunnen veranderen. Het geeft alleen weer, hoe het product zou kunnen veranderen. Door de uitwerking van deze methode ontstaat er een voorstel voor het doorvoeren van de proceswijziging. Tot slot is het uitgangspunt voor dit onderzoek een samenwerkingsverband tussen verschillende partijen te creëren. De aannahme wordt gedaan dat de methode van WeLL Design en MetzConsult representatief is voor de manier waarop andere bouwconcerns werken. Enige mate van extrapolatie van deze methode is daarbij mogelijk.

Werkwijze en opbouw rapport

Om tot een resultaat van deze opdracht te komen, wordt er in hoofdstuk 2 een analyse gemaakt van de huidige werkwijze in de bouwsector. Daarbij ontstaat ook een visie die een beeld geeft over de bouwindustrie in de toekomst. Deze voorstudie is tot stand gekomen door bestudering van interne handboeken, cases en projecten. In het 3^e hoofdstuk wordt op basis van de voorstudie een methode voorgesteld. De methode kan een samenwerkingsverband realiseren tussen de verschillende partijen die betrokken zijn bij de woningbouw. Op deze manier kan het innovatieproces in de bouwsector op gang geholpen worden. Naast de uitleg van de methode komen er twee hulpmiddelen aan bod die geholpen hebben de methode te definiëren. In hoofdstuk 4 wordt de toepassing van de methode beschreven aan de hand van een voorbeeld uitgelegd. Dit is uitgewerkt door de nieuwe methode te introduceren en te inventariseren welke stappen er nodig zijn om het innovatieproces in de bouwsector op gang te brengen. Tot slot worden in hoofdstuk 5 de conclusies van het project gepresenteerd.

2 Flexibiliteit

2.1 Inleiding

Als men het over een product heeft waarbij de klant inspraak heeft van ontwerp tot en met gebruik worden er drie hoofdvormen van flexibiliteit onderscheiden:

- ontwerpflexibiliteit
- procesflexibiliteit
- **gebruiksflexibiliteit**

Ontwerpflexibiliteit met **betrekking** tot een woning betekent vrijheid tijdens het ontwerpen.

Procesflexibiliteit houdt in dat de ontwerpers **ruimte** hebben gelaten voor de klant om keuzes te maken tijdens het bouwproces.

Gebruiksflexibiliteit wil zeggen dat de bouwelementen zodanig demontabel zijn dat tijdens het gebruik er nog veranderd kan worden. Bij het gebruik van deze **flexibiliteitsniveaus** is het aandachtspunt al meer bij de consument gelegd waardoor zijn stem heel **belangrijk** wordt

2.2 Ontwerpflexibiliteit

De ontwerper heeft de vrijheid voor de start van de bouw. De ontwerper bedenkt wat er mogelijk is met de vorm en het materiaal. Hij houdt zich nauwelijks bezig met de klant.

In de volgende paragraaf wordt een beeld gegeven van de huidige situatie in de bouw. De **markten** die naar voren komen **zullen** tevens de argumenten zijn om de huidige bouw te veranderen.

In Nederland zijn er een aantal woningen te onderscheiden. Zo zijn er vrijstaande woningen, de twee-onder-een-kapwoningen, appartementen (hoogbouw) en rijtjeswoningen. In dit **onderzoeksrapport** wordt gefocust op **nieuwbouwprojecten** en specifiek op de middenwoning (eengezinswoning) omdat die markt het grootst is. Procentueel ziet het er ongeveer als volgt uit:

- 20% hoogbouw
- 16% vrijstaand
- 16% twee-onder-een-kap
- **48% rijtjeswoning**, waarvan:
 - 16% hoekwoning
 - 32% middenwoning⁵

⁵ MetzConsult

Productiemethoden

Omdat het ontwerp van een woning en de manier waarop het casco (de draagconstructie van een woning) gemaakt wordt sterk in relatie met elkaar staan, wordt de woning beperkt in mogelijkheden. Voor verschillende processen zijn verschillende productiemethoden nodig.

Men onderscheidt er vier:

- stapelbouw
- gietbouw
- montagebouw
- houtskeletbouw

De casco's kunnen op verschillende manieren gebouwd en ingevuld worden. Vaste elementen van een woning zijn:

- fundering
- dragende wanden
- vloeren
- dak

Variabele elementen zijn:

- binnenwanden
- plaats en afmeting van keukens en sanitair
- uitrusting van de woning zoals het keukenblok en sanitaire ruimtes
- afwerking van wanden en vloeren
- leiding die (vanuit vaste punten in de drager) variabele elementen verbindt met de hoofdaansluiting
- buitenafwerking
 - meterkast
 - leidingkoker
 - mantelbuizen en sparingen

Als het mogelijk is om deze vaste elementen los te koppelen van het casco, zal de flexibiliteit toenemen naar procesflexibiliteit of zelfs gebruiksflexibiliteit. De volgende alinea's geven een korte indicatie van de vier verschillende bouwmethoden die men in de huidige Nederlandse woningbouw kent:

Stapelbouw:

- Wanden:
 - op elkaar gestapelde blokken
 - op elkaar gestapelde elementen
- Vloeren:
 - combinatievloeren (begane grond)
 - breedplaatvloeren en kanaalplaatvloeren (verdieping)
- **Kap:**
 - gordingkappen
 - sporenkappen
- **schil:**
 - betonpannen
 - keramische pannen

Gietbouw:

- Bouwmethode:
 - vloeibaar beton in een bekisting storten. De bekisting is van tevoren voorzien van stalen wapeningsnetten om de constructie voldoende stijfheid te bieden
- Wanden en vloeren:
 - wanden en vloeren kunnen in een keer worden gestort (tunnelgietbouw)
 - afzonderlijk wandbekistingen en vloerbekistingen
- **Kap:**
 - geprefabriceerde dakelementen (pannendak of plat dak)

Montagebouw:

- Bouwmethode:
 - grote geprefabriceerde elementen gemonteerd tot een woningcasco. Het ontwerp en de betonproducten moeten op elkaar afgestemd zijn
- Wanden, vloeren en schil:
 - behoren tot hetzelfde systeem. In principe is de **detaillering** voor elk casco gelijk
- **Kap:**
 - dakelementen behoren niet tot het montagebouwcasco: geïsoleerde prefab dakelementen worden op het casco gemonteerd, afgewerkt met dakpannen of als plat dak

Houtskeletbouw:

- Bouwmethode:
 - regelwerk van hout
 - dit skelet wordt bekleed met **afwerkingmaterialen** en gevuld met isolatiemateriaal
- Wanden, vloeren en kap:
 - geprefabriceerde elementen
- **Schil:**
 - de begane vloer is meestal van beton
 - verdiepingsvloer** prefab elementen van balkhout en triplex platen⁶

⁶ SBR, 'moderne productiemethoden woningbouw'

De cultuur in de bouwsector

De bouwnijverheid is een sector met een eigen karakter. De producten en het productieproces in de bouw worden gekenmerkt door een aantal bijzondere eigenschappen en omstandigheden:

- over het algemeen is sprake van een relatief hoge kostprijs per eenheid product door het zeer arbeidsintensieve karakter van de bouw
- assemblage op locatie is nu vrijwel altijd **noodzakelijk**
- de aard van het eindproduct brengt met **zich mee** dat de bouw is onderworpen aan een uitgebreide wetgeving en **overheidsregulering** (plaatselijke bouwverordeningen, bouwvergunningenstelsel, welstandstoezicht en ruimtelijke ordeningsprocedures).

Daarbij staat het productieproces in de bouwnijverheid altijd onder tijdsdruk. Omdat niet alle werkzaamheden bij aanbesteding kunnen worden gepland, heeft de aannemer altijd te maken met een grote onzekerheid of hij het tijdstip van oplevering wel kan halen. Veel partijen bieden zich voor een opdracht aan dus worden de opdrachten vaak te snel aangenomen. Er heerst angst om over te gaan op procesflexibiliteit vanwege deze tijdsdruk. In paragraaf 2.3 kopersinspraak wordt ingegaan op procesflexibiliteit waar uit blijkt dat de tijd tussen de start van de bouw en de oplevering aanzienlijk korter zal zijn ten opzichte van ontwerpflexibiliteit. Doordat veel opdrachten te snel worden aangenomen moet in de laatste bouwperiode meer personeel worden ingeschakeld om de verloren tijd weer in te halen. Dit leidt tot een van de grootste kostenpost; faalkosten.

Faalkosten in de bouw zijn al geruime tijd een **hardnekkig** probleem. Faalkosten zijn alle kosten die ten behoeve van het eindproduct zijn gemaakt, ontstaan door vermijdbaar tekortschieten. De faalkosten worden veroorzaakt doordat het bouwproces onnodig inefficiënt verloopt, het eindproduct niet aan de afgesproken kwaliteitseisen voldoet dan wel door het feit dat er zaken moeten worden hersteld of vervangen.⁷ Het komt in de bouw vaker voor dan andere bedrijfstakken. Faalkosten dragen in sterke mate bij aan ontevredenheid bij de klanten. Dit leidt tot tegenvallende rendementen en een negatief imago voor de gehele bedrijfstak. Het volgende schema geeft de situatie weer:

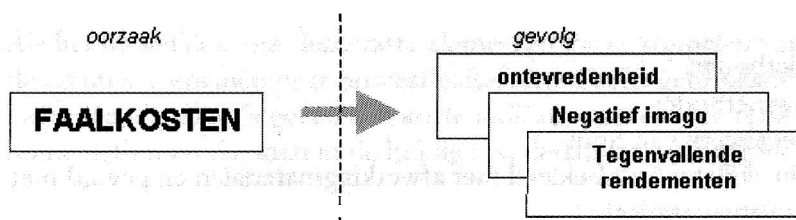


Fig.1 oorzaak en gevolg van de faalkosten

De bouwsector kan gezien worden als een verzameling bouwprojecten waar elke keer een nieuwe organisatie voor wordt opgericht. Dit leidt tot projectmatige oplossingen met als gevolg dat niet geleerd wordt van gemaakte fouten. Hierdoor geeft de bouw de indruk conservatief te zijn. Met deze instelling is er geen ruimte voor innovatie.

⁷ SBR, 'oorzaken faalkosten', www.sbr.nl

Door van een huis een industrieelproduct te maken kan er projectongebonden worden geproduceerd. Dit leidt tot leren van fouten en op langer termijn tot kostenbesparing. Bovendien zal de toeleveranciersneller met modulaire bouwsystemen komen en dat leidt weer tot meer flexibiliteitsvariatie.'

Bouwkolom

Als er verandering wil plaatsvinden in de bouwsector moeten er verschillende partijen actie ondernemen.

Om notie te krijgen hoe de huidige bouwsector in elkaar steekt volgt hier een chronologisch beknopt overzicht van een bouwproject.

De partijen die momenteel een rol spelen zijn:

- woonconsument
 - particulier opdrachtgeverschap
 - collectief
- professionele **opdrachtgever**
 - woningcoöperatie
 - projectontwikkelaar
 - zelfstandige ontwikkelaar
 - ontwikkelde bouwers
 - koopbeleggers
 - huurbeleggers
- overheid
- architect
- adviseurs
- bouwer en/of aannemer
 - onderaannemer
 - installateur
 - bouwmaterialenhandel
- toeleveranciers

Omdat er niet **naar** wens van de klant wordt gebouwd nemen de woonconsumenten en de professionele opdrachtgever in enkele gevallen samen het initiatief om een nieuw bouwproject te starten. Dit kan in de vorm van een particuliere opdrachtgever of een groep met consumenten die **gezamenlijk** een bouwplan hebben.

Maar in de meeste gevallen zal de professionele opdrachtgever een woningcoöperatie of een projectontwikkelaar zijn. Deze partij neemt het initiatief om een bouwproject te starten en is vaak de bezitter van grond. De professionele opdrachtgever houdt het bestemmingsplan nauw in de gaten en is verantwoordelijk voor het samenstellen **van** een programma van eisen over het bouwproces en het soort woning.

De vrijheid van de professionele opdrachtgever wordt afgebakend door de overheid. In hoofdlijnen zal tussen het volgende worden besloten:

- bestemmingsplan
- welstand
- VINEX afspraken
- stedenbouw

Met het programma van eisen van de projectontwikkelaar, kan de architect aan de slag. Deze maakt een ontwerp en wordt getoetst aan adviseurs en aan dit eisenprogramma.

De adviseurs controleren of het voorlopige ontwerp aan bepaalde eisen voldoet, waaronder:

- geluid
- constructie
- milieu

Hieruit volgt een definitief ontwerp waarmee het bestek gemaakt kan worden zodat de aannemer met zijn werk kan beginnen. Het bestek is een raming van de kosten van een werk dat door een professioneel wordt uitgevoerd.

De aannemer maakt prijsafspraken met de professionele opdrachtgever en gaat het werk voorbereiden zodat de bouw kan starten.

Dit gaat in samenspraak met de:

- onderaannemer
- installateur
- bouwmaterialenhandel
- toeleveranciers

Nu kan de bouw beginnen van ruwbouw naar afbouw tot aan de oplevering. Het onderstaande schema geeft de relaties en volgorde van de huidige partijen weer in het bouwproces.⁹

⁹ MetzConsult

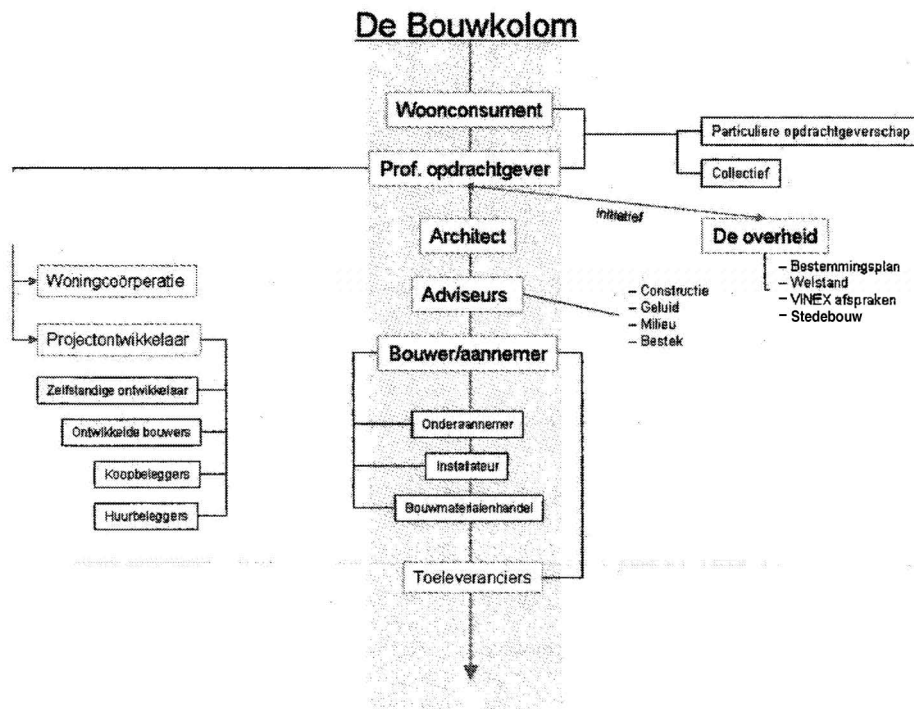


Fig.2 De bouwkolom

Het blijkt dat gemiddeld 39 partijen betrokken zijn bij een bouwproject. Stel dat een partij een ander (beter) systeem wil hanteren, dan zal deze dit aan alle andere partijen moeten uitleggen. De bouwsector is een enorme sector met veel verschillende soorten bedrijven dus met verschillende belangen. Menig initiatiefnemer heeft simpelweg geen zin om hier energie in te steken. Hier volgen enkele nadelen van het huidige systeem in de bouwnijverheid:

- elk bouwproject een nieuwe organisatie
- projectmatige oplossingen
- assemblage op locatie
- regelgeving
- **overheidsregulering**
- productgericht i.p.v. klantgericht
- discontinuïteit
- scheiding tussen ontwerp en uitvoering

2.3 Proces flexibiliteit

Door in te spelen op de **klant**, is flexibiliteit tijdens het bouwproces vereist. Hier wordt al rekening mee gehouden in het ontwerp. De projectontwikkelaars geven de Mant keuzes tijdens de bouw voor onderdelen die nog niet op dat moment besloten moeten worden. Des te dichter bij de oplevering, des te flexibeler en **modulairder** het product.

Kopersinspraak

Klanten zijn op zoek naar meer variatie en gemak. Een duurzame en gezonde omgeving is belangrijk. De beslissingsmomenten en keuzevrijheid van de klant, binnen de huidige aanbodstrategie van de bouwsector, zijn gerelateerd aan de logistieke processen van de aanbieders. Op deze manier wordt er geen rekening gehouden met de wensen van de klant. Dit terwijl de vraag naar betere prijs/kwaliteitgarantie, meer flexibiliteit, aandacht en deskundige begeleiding bij het koopproces groot is. Het volgende schema geeft de huidige situatie weer over de inspraak van de klant:

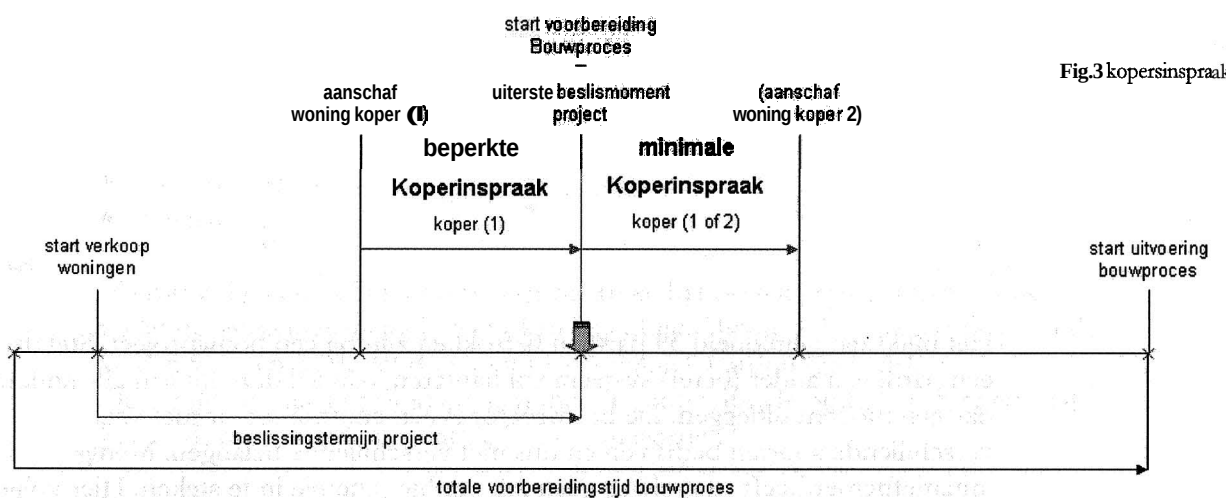


Fig.3 kopersinspraak

In het schema komt naar voren dat het beslissingstermijn van het project eindigt als de voorbereiding van het bouwproces begint. Een klant die over onvolledige informatie beschikt, komt al snel voor verrassingen te staan. Maar door gebrek aan flexibiliteit in het ontwerp kan er minimaal worden gewijzigd. Hierdoor ontstaan er vraagtekens over de kwaliteit en betrouwbaarheid van de partijen waarmee de klant in zee is gegaan.

Om beter te kunnen voldoen aan de klantverwachting moet de wens van de klant in beeld gebracht worden. Meer kennis over doelgroepen en marktsegmenten is noodzakelijk. De aanbodstrategie wordt op deze manier door de klant bepaald. Zo kan de bouwsector op drie fronten (beleid, uitwerking, uitvoering) projectongebonden innoveren. Het idee is dat door deze ontwikkelingen het hele bouwproces van begin tot eind klantgericht en flexibeler wordt en het volgende schema ontstaat:

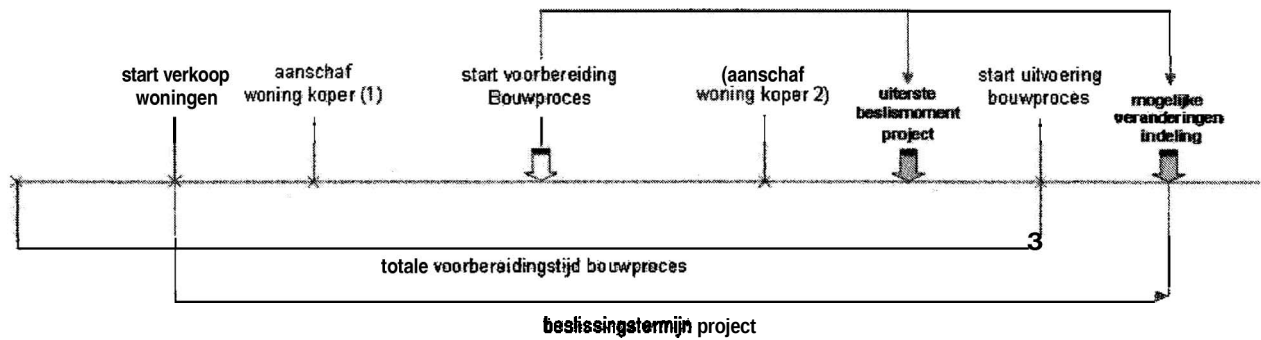


Fig.4 Ideale kopersinspraak

Al deze **ontwikkelingen** hebben invloed op de eisen die in de (nabije) toekomst gesteld worden aan **nieuwbouwwoningen**. Het is van belang dat een aanbiedende partij **hiervan** op de hoogte is en **erop** in kan spelen door middel van een aangepast woningaanbod. Momenteel komt deze manier van denken sporadisch voor in de **bouwnijverheid**.¹⁰

2.4 Gebruiksflexibiliteit

Om de consument niet alleen tijdens het proces tegemoet te komen maar ook tijdens het gebruik van de woning noemt men **gebruiksflexibiliteit**. Door bouwelementendemontabel te maken zal het aandachtspunt meer bij de consument gelegd worden waardoor deze een grote rol **krijgt** in de bouwsector. In de industriële sector is dit al heel **normaal**. (zie **figuur 5**)
In **figuur 5** is beknopt de essentie van het nieuwe bouwen weergegeven.

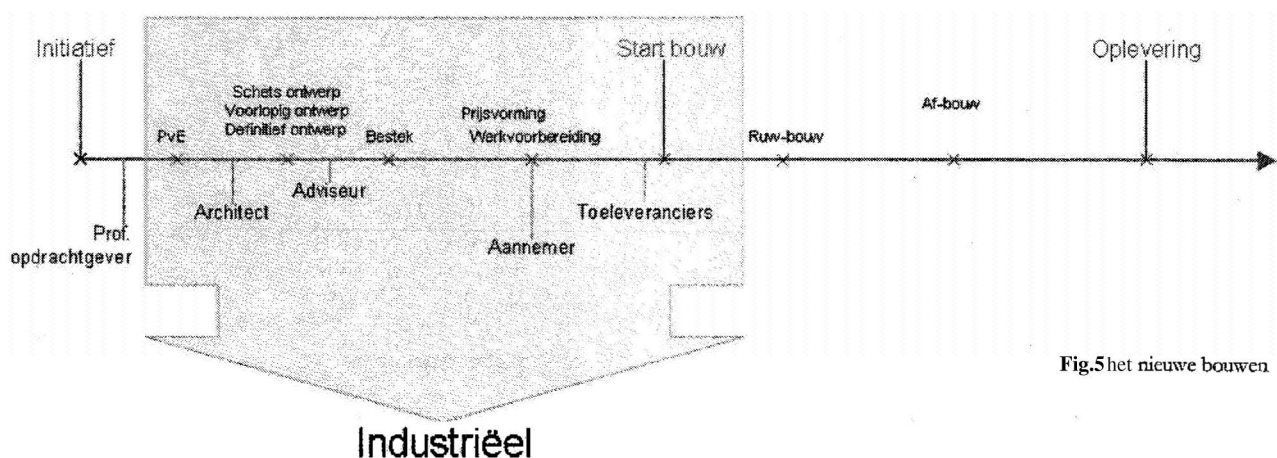


Fig.5 het nieuwe bouwen

¹⁰ SBR, 'innovatie in de bouw'

J. Leenen, TU Eindhoven, rapport: 'Realiseren van maximale kopersinspraak'

'De nieuwe bouwkolom'

Met het idee dat van een huis een industrieel product wordt gemaakt, komt er verandering in de partijen die betrokken zijn bij het bouwproces. Hiervoor is het volgende model gemaakt genaamd: 'De nieuwe bouwkolom'.

Hierin centraal staat het **modulaire huis** temidden van een **visuele cirkel** waar maar drie partijen van invloed zijn:

- professionele opdrachtgever
- toeleveranciers
- woonconsument

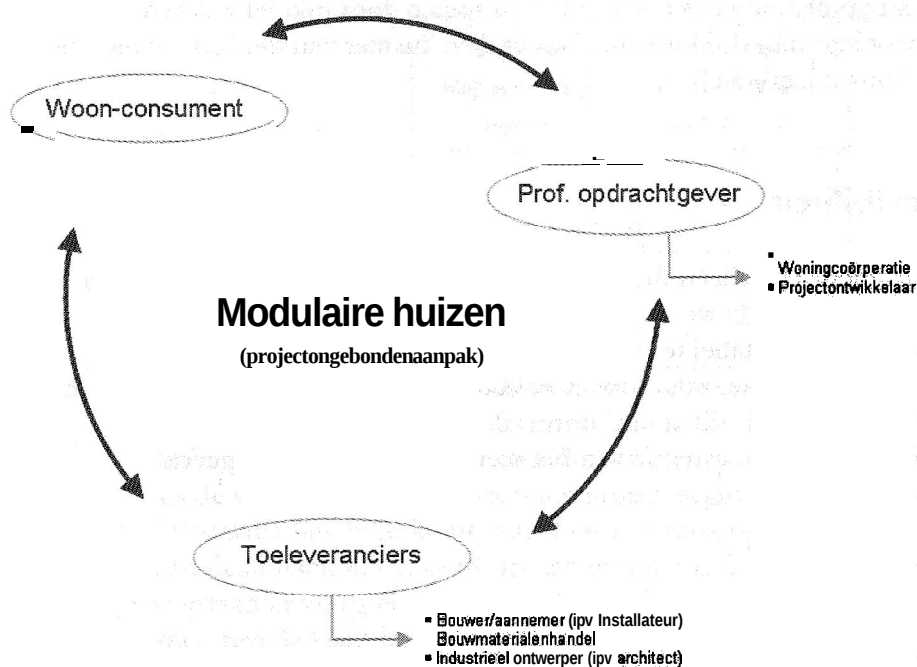


Fig.6 Verschuiving partijen naar de industriële sector

Deze partijen vervangen in totaal alle huidig betrokken partijen en het toekomstbeeld voor de projectongebonden aanpak die van de bouwsector een consumentgerichte industriële sector zal maken.

Tot de toeleveranciers behoren de volgende partijen:

- bouwer/aannemer (i.p.v. installateur)
- bouwmaterialindustrie
- industrieel ontwerper (i.p.v. architect)

De toeleveranciers zullen modulaire systemen leveren. Ideale situatie is als elke leverancier zijn eigen specialisme heeft waardoor een **concurrentiemarkt** ontstaat met veel variatie. Opvallend is dat de industriële ontwerper de taak van de

architect (**modulaire** systemen) en de adviseurs (programmavrije eisen) overneemt, ook de installateur zal overbodig worden als gevolg van toegankelijke systemen.

Door de variatie in aanbod zal de woonconsument een breed scala aan keuzes krijgen en kiest een eigen stijl. In **samenwerking** met de opdrachtgevers de toeleveranciers wordt het huis samengesteld naar wens van de consument en alle opvolgende keuzes van de consument flexibel gekozen worden. Na onderzoek blijkt dat de consument zijn beslissingen als volgt wilt nemen:

- volume
- *schil*
- indeling
- comfort

In de toekomstige situatie zal de professionele opdrachtgever, die in bezit van grond is, initiatief nemen tot bouwen in samenspraak met de woonconsument. De regelgeving wordt afgebakend door de overheid. Hieruit volgt een programma van eisen waarna de **opdrachtgever** de beslissingen overlaat aan de consument.

25 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de **flexibiliteitsniveaus** in de bouwnijverheid weergegeven voor nu en voor in de toekomst. Aan de hand van productiemethoden, de **cultuur** in de bouwsector, kopersinspraken de bouwkolom is een beeld geschapen hoe deze sector in elkaar zit en waar de mankementen liggen. Zo zijn er veel faalkosten, deadlines worden niet behaald en er wordt niet klantgericht gebouwd. Door in te spelen op de klant komen er wel **flexibiliteitsaspecten** bij kijken. De **flexibiliteitsniveaus** laten ook zien hoe de bouw in de toekomst meer op een industriële sector kan lijken. Bijvoorbeeld de architect zal zich meer moeten ontwikkelen als een industriële vormgever en overgaan op specifieke systemen. Hij wordt dus een 'Industrieel architect'. Met deze visie is het **mogelijk** te innoveren.

De ontwikkelingen bouw zijn twee duidelijk gescheiden activiteiten. Dus moet er op twee vlakken veranderd worden.

Om dit in kaart te brengen wordt er in hoofdstuk 3 ingegaan op methoden die dit idee ondersteunen.

Met de huidige producten en processen is de hedendaagse woningbouw in staat volledig **klantspecifiek** te bouwen. Bij het denken in opties en varianten om **variatie** in het aanbod te realiseren hoeft **flexibiliteit** in het aanbod niet aan de orde te zijn. We zouden nu dus tot de conclusie kunnen komen dat er geen nieuwe bouwsystemen nodig zijn. Toch blijkt dat de huidige oplossingen onvoldoende mogelijkheden bieden.

Kopers worden gedwongen keuzes zo vroeg mogelijk te maken. In andere bedrijfstakken dan de bouw streeft men er juist naar **klantspecifieke** keuzes zo laat mogelijk in het proces te maken. Men wil het zogenaamde klantorder ontkoppelpunt (KOOP) daar zo laat mogelijk leggen. Omdat het verder

industrialiseren van de bouw (het overnemen van bepaalde processen uit de industrie) als een van de verbeterrichtingen voor de bouw wordt gezien, lijkt het moment van beslissen over een optie dus een belangrijk beoordelingsaspect is. Hierbij speelt het aspect flexibiliteit een rol. Afhankelijk van het moment van kiezen spreken we over ontwerp-, proces-, en gebruiksflexibiliteit

3 Methode

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk komt sterk naar voren dat als de woningbouw wil veranderen de toeleveranciers, opdrachtgevers en consumenten met elkaar moeten gaan samen werken. De moeilijkheidsgraad zit in het feit dat de ontwikkelingen bouw twee duidelijk gescheiden activiteiten zijn. Dus moet er op twee vlakken veranderd worden. Om dit proces in kaart te brengen is een **multi-dimensionale matrix** ontwikkeld. Dit is een afgeleide van een multi-dimensionale matrix waarin de bouwcomponenten van een huis ingedeeld kunnen worden. De bouwcomponenten zijn gerelateerd aan de keuze van de consument. Door deze methode toe te passen ontstaat er een overzicht van relaties tussen de toeleveranciers, de opdrachtgevers, de consumenten en de bouwcomponenten. In de volgende paragrafen zullen de stappen naar de multi-dimensionale matrix uitgelegd worden.

3.2 Functionele decompositie woning

w

Om **inzicht** te krijgen in de structuur van een huis is het handig een functionele decompositie van een woning te maken. Door vanuit de functies van een huis te denken in plaats van uit de oplossingen kan er met een nieuwe blik naar de opbouw gekeken worden. Om een beeld te scheppen wordt de decompositie kort uitgelegd.

Van een product kan de hoofdfunctie opgedeeld worden in deelfuncties. De deelfuncties kunnen weer opgedeeld worden in subdeelfuncties. **Doormiddel** van deze ontleding is het mogelijk de structuur van een product te modelleren. Elke functie, **deelfunctie** en subdeelfunctie worden voorzien van een technische oplossing, de **functie vervuller**. De **productstructuur** wordt gevisualiseerd met behulp van een model. Het beschrijft dus eigenlijk een product door het op te delen in functies, **functie vervullers** en de relaties daartussen. Om een product te kunnen configureren, wordt bij het maken van een functionele decompositie ook de benodigde kennis vastgelegd. Hierdoor worden bepaalde onzinnige of onmogelijke combinaties door het systeem uitgesloten. In **figuur 7** is een voorbeeld weergegeven van een model:

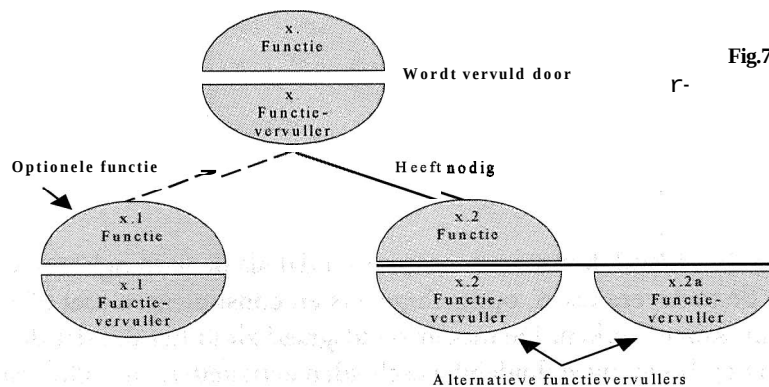


Fig.7 voorbeeld functie-functie-ervuller

In het **figuur** is te zien dat een functie wordt vervuld door een functie-ervuller. Een functie-ervuller heeft daaronder weer een functie nodig en wordt aangegeven met een dichte lijn. Een optionele functie wordt aangegeven door een gestippelde lijn. Het komt ook wel eens voor dat er bij een functie meerdere functie-ervullers mogelijk zijn. Deze noemt men **alternatieve functie-ervullers** en worden genummerd met a, b, c, enz. De decompositie gaat door tot het niet meer mogelijk is een functie verder op te splitsen.

Een Product Occurrence Model (POM) is een product model dat betrekking heeft op een concreet product. In de meeste gevallen is het niet nodig het productmodel op te stellen tot het laagste niveau. Over het algemeen kan men stoppen tot er geen keuzes meer gemaakt kunnen worden. Dit heeft tot gevolg dat de het model van het POM niet op alle takken even diep is opgesplitst. Maar wel zodanig dat de informatie en relaties over de structuur van het product vast liggen. Door in het model niet uit te werken tot onderdeelniveau maar door op **modulairniveau** te blijven, komen de relaties tussen de hoofdfuncties duidelijk naar voren." Vanuit deze gedachtegang heeft men een functionele decompositie van 'de woning' gemaakt.¹²

Om een **multidimensionale** matrix samen te stellen zijn er parameters nodig. Omdat de methode vanuit de gedachtegang 'consument gericht bouwen' is ontstaan, is het belangrijk dit te verwerken in de matrix. In hoofdstuk 2 is verondersteld dat de consument zijn beslissingen bij het kopen van een huis als volgt wilt nemen:

- volume
- schil
- indeling
- comfort

Dit zijn termen die in de functionele decompositie terug komen als volume, indeling en uitrusting. Welke parameters daar onder vallen kan direct uit de decompositie gehaald worden. Deze parameters bieden de mogelijkheid bestaande bouwcomponenten van 'de woning' op volgorde van de consument

¹¹ Dhr. Huygevoort, www.expa.hvu.nl

¹² Bijlage I, bijgevoegd cd-rom

zijn keuzes gestructureerd weer te geven. Door de **functionele** decompositie zijn de parameters dus te **definieren**.

3.3 Programma van Eisen (PvE)

Het doel van deze methode is om tussen de verschillende partijen in de bouwindustrie een samenwerkingsverband te creëren. Omdat van de woning een industrieel product **gemaakt** gaat worden, is het gevolg van deze samenwerking zo belangrijk. Het **samenwerkingsverband** leidt tot een nieuw soort huizenbouw waar ook nieuwe bouwcomponenten voor nodig zijn. Dit is het gevolg van **consumentgericht** bouwen en de consument keuzevrijheid en verandermogelijkheden bieden op:

- ontwerp
- proces
- 'gebruik

Dit heeft tot gevolg dat de bouwcomponenten van een huis demontabel moeten worden om de flexibiliteit voor verandering te realiseren. Hierdoor wordt een situatie gecreëerd waar de bouwcomponenten op elkaar afgestemd moeten zijn. Omdat de multi-dimensionale **matrix** een overzicht geeft van alle bouwcomponenten is ook af te leiden welke toeleveranciers hun producten op elkaar moeten afstemmen. De nieuwe bouwcomponenten zorgen voor het ontstaan van de industriële woning. En bij **een** nieuw product ontstaat een nieuw **programma** van eisen. In de volgende alinea is beknopt uitgelegd wat een **programma** van eisen inhoudt.

Een **PvE** zijn de eisen die de opdrachtgever en de gebruiker stellen aan het systeem of product. Het bestaat **uit** een lijst van globale en **gedetailleerde** punten, waar het uiteindelijke product aan moet voldoen. Die lijst kan groeien en veranderen tijdens het verloop van het proces, maar er is in de eerste instantie sprake van een '**ontwerpbeeld**'. Belangrijk is dat de volgende aspecten belicht worden:

- eisen
- wensen
- technische product data
- optioneel

Onder de eisen vallen de globale specificaties waaraan het product of systeem moet voldoen. Alle wensen bij elkaar vormen de visie op het product of systeem. Daarnaast moet de ontwerper rekening houden met belangrijke zaken als materiaaleigenschappen en fabricagemogelijkheden wat onder technische product data valt. **Als** een specificatie net buiten een eis valt maar ook geen wens of technische product data is, is het optioneel.

Een **PvE** heeft het volgende doel:

- Het krijgen van een helder beeld van de te vervullen functies. Hierdoor is het mogelijk gericht te zoeken naar mogelijke oplossingen van het ontwerpprobleem
- Randvoorwaarden aangeven waaraan de oplossing moet voldoen.

De randvoorwaarden hebben vaak te maken met de lokale situatie. Er moet nagedacht worden over aspecten als:

- de omgeving waarin het product wordt gebruikt (plaats, mensen die er mee te maken hebben etc.)
- de beschikbare tijd om het probleem op te lossen
- de beschikbare materialen, gereedschappen en apparaten om het probleem op te lossen
- het aantal personen dat aan de oplossing werkt
- waar de informatie vandaan kan komen
- de maten van het eindproduct
- de kosten van de gebruikte materialen.

Omdat het product 'industrieel huis' nog volledig in ontwikkeling is, bevat het programma van eisen nog niet veel informatie relevant voor het eindproduct. Er is hier sprake van de grote lijnen die het ontwerpbeeld en de visie van het product aangeeft. De PvE van de woning¹³ laat zien dat de keuzeflexibiliteit en gebruikerflexibiliteit van de consument centraal staat. Het belangrijke gevolg daarvan is dat er een rangschikking ontstaat welke bouwcomponenten die flexibiliteit toelaten en welke niet. Voor de multi-dimensionale matrix geeft dat weer een extra dimensie: de flexibiliteitsniveaus.

3.4 Multi-dimensionale matrix

De functionele decompositie en het programma van eisen zijn de stappen naar de multi-dimensionale matrix¹⁴ geweest. Een multi-dimensionale matrix is eigenlijk een afgeleide van een morfologische matrix maar door zijn complexiteit zijn er wat dimensies aan toegevoegd. Om hier een beeld van te krijgen wordt in de volgende alinea beknopt uitgelegd wat een multi-dimensionale matrix inhoudt en wat de methode morfologie betekent.

Een matrix is opgebouwd uit parameters en componenten. De parameters beschrijven de kenmerken of functies die een product of proces respectievelijk moet vervullen. De componenten zijn de middelen waarmee de karakteristieken, vastgelegd in de parameters, kunnen worden verwezenlijkt. De parameters zijn abstract en algemeen. De componenten zijn concreet en specifiek. Elke combinatie van componenten, met een component uit iedere rij, geeft een oplossing voor het probleem. Het systematisch combineren van deeloplossingen is dus het proces voor het genereren van een hoofdoorlossing. Kenmerkend voor de morfologische benaderingswijze is bovendien de scheiding van het genereren

¹³ Bijlage II, bijgevoegd cd-rom

¹⁴ Bijlage III, bijgevoegd cd-rom

van oplossingen en het kiezen daartussen. Dit maakt dat deze methode heel toepasbaar is voor ons probleem. De gedachte hierbij is dat de klant mag kiezen uit de componenten volgens de parameters die afgestemd zijn op hun keuzevolgorde. De componenten zijn de bouwcomponenten die de toeleveranciers aanbieden. Of te wel de toeleveranciers genererende oplossingen en de klant maakt daar zijn keuzes uit. Hierdoor ontstaat er vraag en aanbod. De multi-dimensionale matrix is dus een hulpmiddel voor alle bouwpartijen:

- toeleveranciers
- klanten
- professionele opdrachtgever

Om dit als geheel in een matrix duidelijk te laten overkomen worden de volgende aspecten belicht in dit model:

- Alle bouwsystemen
 - visueel
 - technisch
 - definitie
- Mate van flexibiliteitniveau van elk bouwsysteem
 - geplaatst op niveau van het betreffende aspect
 - gerelateerd aan andere aspecten
- Chronologische volgorde koopproces
 - keuze van de koper

Hierin zijn de parameters de gekozen aspecten:

- Volume:
 - fundering
 - casco
 - uitbreidingen
- Schil:
 - gevel
 - gevel- dak aanbouwen
- Indeling:
 - ruimten
 - verkeer
- Uitrusting:
 - comfort
 - waterinstallatie
 - elektriciteitsinstallatie
 - keuken
 - sanitair
 - afwerking

Anders dan bij een gewone matrix is dat de volgorde van de componenten afhankelijk van het niveau van flexibiliteit gerelateerd aan de bijbehorende parameter. Binnen de 3 bestaande flexibiliteitsniveaus kan men in totaal 5 niveaus onderscheiden:

- Ontwerpflexibiliteit:
 - niveau 0: Standaardoplossing, niet aanpasbaar
 - niveau 1: Vooraf gedefinieerde opties, keuze bij opdracht totaalsysteem
- Procesflexibiliteit:
 - niveau 2: Vooraf gedefinieerde opties, keuze tijdens uitvoeringsproces totaalsysteem
- Gebruiksflexibiliteit:
 - niveau 3: Vooraf gedefinieerde principes, keuze uitvoering tijdens gebruik (plug and play)
 - niveau 4: Vrij te kiezen oplossing tijdens gebruik.¹⁵

De parameters zijn dus afgeleid uit de functionele decompositie. De componenten zijn afgeleid uit de PvE waar een rangschikking ontstaat welke bouwcomponenten die flexibiliteit toelaten en welke niet.

3.5 Conclusie

De multi-dimensionale matrix geeft het flexibiliteitsniveau van de bouwsystemen aan, maar ook de relaties die betrekking hebben tot het flexibiliteitsniveau van een ander bouwcomponent.

Door de functionele decompositie niet uit te werken tot onderdeelniveau maar op modulairniveau, komen de relaties tussen de hoofdfuncties duidelijk naar voren. Deze hoofdfuncties definiëren de parameters voor de multi-dimensionale matrix.

De PvE geeft de richtlijnen aan waarin de industriële woning ontworpen moet worden. Het geeft de uitgangspositie voor het ontwerp van de industriële woning weer. Het ontwerpbeeld en de visie komen daarin sterk naar voren. De PvE van de woning laat zien dat de keuzeflexibiliteit en gebruikerflexibiliteit van de consument centraal staat. Het belangrijke gevolg daarvan is dat er een rangschikking ontstaat welke bouwcomponenten die flexibiliteit toelaten en welke niet. Voor de multi-dimensionale matrix geeft dat weer een extra dimensie: de flexibiliteitsniveaus.

Door het combineren van de matrix met de functionele decompositie kunnen de knelpunten aan worden gegeven en vanuit de verschillende invalshoeken daarbij ook de relaties tussen de verschillende aspecten. Dit geeft ons handen en voeten voor de productontwikkelingsfase.

¹⁵ MetzConsult

4 Toepassing matrix

4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn de stappen en de uitleg over de opbouw van de matrix aan bod gekomen. Hieruit is **een multi-dimensionale matrix** ontstaan **die** voor alle **bouwpartijen** ondersteuning geeft. De klant kan aan de hand van eigen wensen het koopproces doornemen en zijn keuzes maken. De toeleverancier kan **innovatiekansen** zien en gaat kijken of **een** product kan opschuiven naar een hoger flexibilitateitsniveau. De professionele opdrachtgever kan met **deze** informatie direct **de technische oplossingen vinden** in de **matrix**. Het volgende hoofdstuk gaat over het **gebruik** en de toepassing van de matrix.¹⁶

4.2 Flexibiliteitsprofielen

Al eerder is **aangegeven** dat bouwdelen en bouwsystemen als **functievervuller** van een bepaald keuzeaspect niet altijd **onafhankelijk** van andere **bouwdelen** kunnen worden toegepast. **Ontkoppeling** van bouwdelen zou een vrijere keuze van de verschillende componenten bevorderen al is dit tot op heden nog moeilijk te realiseren. Omdat eerder in de **ordening** bij de multi-dimensionale matrix uit is gegaan van bestaande oplossingen waarbij die **ontkoppeling** nog niet mogelijk is, is het niet mogelijk om de onderlinge relatie van bouwdelen en bouwsystemen niet te erkennen. Dit betekent dat als er een systeem is gekozen, bekeken wordt wat dit systeem over andere aspecten en **flexibiliteitsniveaus** zegt. Om **hierin een** ordening aan te brengen is het begrip **flexibiliteitsprofiel** ingevoerd. In dit profiel **valt** per **bouwdeel** of **bouwsysteem** af te lezen in hoeverre de toepassing van de betreffende oplossing de toepassing van oplossingen voor de andere hoofdfuncties **beïnvloedt**. Het profiel wordt als volgt opgesteld:

1. Bepaal voor het bouwdeel, bouwsysteem de **hoofdfunctie** en de daarbij behorende mate van flexibiliteit en plaatst deze in de multi-dimensionale matrix.
2. Bepaal vervolgens of de betreffende oplossing een ander aspect **beïnvloedt**.¹⁷

Met twee voorbeelden wordt de toepassing van de **flexibiliteitsprofielen** toegelicht.

Voorbeeld 1

De **installatiecomponenten** en **bouwdelen** die tot de parameter **indeling** behoren zijn afhankelijk van de keuze van het systeem **waarmee** het casco wordt vervaardigd. De tunnelgietbouw voorziet in **volumeflexibiliteit** op alle aspecten diepte, breedte, hoogte. Varianten kunnen in de ontwerpfase worden bepaald voor het **uitvoeringsproces**. Dit geeft **de tunnelgietbouwvoor** de parameter

¹⁶ Bijlage 7c, bijgevoegd cd-rom

¹⁷ Metz Consult

volume flexibiliteitsniveau 1. Het systeem wordt verder gedefinieerd door het onderstaande flexibiliteitsprofiel:

Flexibiliteitsprofiel bouwdeel/bouwsysteem tunnelgietsbouw					
Flexibiliteitsniveau	0	1	2	3	4
Volume					
Schil					
Indeling					
Uitrusting					

De volumeflexibiliteit met flexibiliteitsniveau 1 (zie boven) heeft op de schil geen invloed. De tunnelgietsbouw laat schiltoepassing vrij. Het geeft de indeling flexibiliteitsniveau 2, dat wil zeggen dat er verschillende trapgatvarianten en leidingkokers in tunnel voor te programmeren zijn, en de keuze gemaakt kan worden tijdens het proces. Voor de uitrusting geldt maximaal flexibiliteitsniveau 2, dit wil zeggen dat er verschillende leidingen voor diverse voorzieningen in wand en vloer voor te programmeren zijn, en de keuze kan worden gemaakt tijdens het proces.

Voorbeeld 2

Een dragende wand van kalkzandsteenblokken is als bouwcomponent een onderdeel van het aspect volume en speelt een rol bij alle subaspecten. Daarbij is maximaal flexibiliteit 3 aan de orde. Gedurende de uitvoeringsfase is het nog eenvoudig uitrustingsvarianten toe te voegen of aan te passen. Ook in de gebruiksfase is het nog mogelijk relatief eenvoudig uitrustingsvarianten aan te passen. Dit geeft de uitrusting flexibiliteitsniveau 3. Voor de schil en indeling is er geen directe relatie.

Flexibiliteitsprofiel bouwdeel/bouwsysteem kalkzandsteen blokkenwand					
Flexibiliteitsniveau	0	1	2	3	4
Volume	diepte				
	breedte				
	hoogte				
	uitbouw				
Schil					
Indeling					
Uitrusting					

De flexibiliteitsprofielen geven niet alleen weer hoe een bouwdeel of bouwsysteem andere hoofdfuncties beïnvloedt. Toeleveranciers kunnen elkaar opzoeken doormiddel van de flexibiliteitsprofielen. Bij het ontwerpen van nieuwe bouwcomponenten zijn de relaties met andere bouwcomponenten, dus andere toeleveranciers via de profielen op te sporen. Zo kan er contact gezocht worden voor eventuele samenwerking zodat de componenten op elkaar afgestemd worden. De vraag van de consument naar bouwcomponenten die nog niet ontwikkeld zijn worden de lege vlakken in de multi-dimensionale matrix genoemd. Dit zijn de componenten waar nog geen oplossingen voor bestaan. Deze lege vlakken zijn ook op te sporen via de profielen en geven meteen de mogelijkheid een samenwerkingsverband te creëren tussen verschillende

toeleveranciers om nieuwe producten te ontwikkelen. De opvulling van deze lege plekken in de matrix zorgt ervoor dat er een keuze verbreding komt voor de consument. Dit zijn de stappen naar consument gericht bouwen. Maar niet alleen voor de toeleveranciers is flexibiliteit in het proces een positief aspect. Per partij in de keten zijn de volgende argumenten aan de orde:

Vanuit ontwikkelaar/opdrachtgever:

■ Op projectniveau

ontwerpflexibiliteit:

- voor verschillende doelgroepen verschillende uitvoeringen binnen een **basisstructuur**
- mogelijkheid tot onderscheid ten opzichte van concurrentie binnen zelfde basis
- switchen naar andere componentenaanbieder, vergelijkingen van toeleveranciers mogelijk
- aanpassingen in geval van **herontwikkeling** eenvoudiger,
- door breder toepasbaar concept beter verkoopbaar, minder **herontwikkeling** noodzakelijk

procesflexibiliteit

- in proces nog keuzes mogelijk door koper na **start** bouw
- snellere "**time** to market" tussen ontwikkelingen oplevering, keuzes voor specifieke leverancier of uitvoering later te maken,

gebruiksflexibiliteit

- **koper/huurder** kan tijdens **gebruiksfase** aanpassingen doorvoeren, andere **gebruiksbehoefte**, **gezinsamenstelling**, fysieke gebreken, noodzaak in verband met **vervanging/reparatie**, betere techniek, energiezuiniger,
- overheidsbeleid (sluimerend) opdrachtgever verantwoordelijk voor wat hij neerzet
- scheiding bij sloop, **ecowaarde** woning hoger (opbrengst te slopen pand hoger indien minder sloopkosten, meer **hergebruik** mogelijk)

■ Op woningconceptniveau

ontwerpflexibiliteit

- repetitie van projectopzet mogelijk; alleen sturen op de afwijkingen, kosten daardoor beter beheersbaar, meer inzicht in marktontwikkeling in **tegenstelling** tot niet goed vergelijkbare concepten nu, aanbieders beter vergelijkbaar, switchen mogelijk

Vanuit consument:

ontwerpflexibiliteit:

- individuele keuzes van de koper in **ontwerpfase** mogelijk zonder ingrijpende consequenties voor **totaalontwerp** (kosten, tijd)

procesflexibiliteit

- heroverweging gedurende ontwerpfase mogelijk
- in proces nog keuzes mogelijk na start bouw,
- eerst ruwbouw zien voor koopbeslissing (behoefte aan modelwoning)
- individuele invloed mogelijk
- afbouw mogelijkheden door koper op verschillende momenten

gebruiksflexibiliteit

- koper/huurder kan tijdens gebruiksfase aanpassingen doorvoeren, andere gebruiksbehoefte, gezinsamenstelling, fysieke gebreken, noodzaak in verband met vervanging/reparatie, betere techniek beschikbaar, energiezuiniger, (ook verkoopargument)
- tijdelijke behuizing mogelijk, kan gewenst zijn bij binnenstedelijke ontwikkeling locatie beschikbaar voor 5 tot 10 jaar
- opdrachtgever verantwoordelijk voor wat hij neerzet
- scheiding bij sloop, ecowaarde woning hoger (opbrengst te slopen pand hoger indien minder sloopkosten, meer hergebruik mogelijk)

vanuit toeleverancier (bouwer):

ontwerpflexibiliteit

- breed assortiment maakt positie voor specifieke toeleverancier sterker, comakership mogelijk
- indien de bouwer de aanbodketen vertegenwoordigt is een gestructureerd aanbod met verschillende mogelijkheden per doelgroep, locatie voor opdrachtgevers een voordeel

procesflexibiliteit

- KOOP (KlantOrder OntkoppelPunt) later biedt logistieke voordelen
- keuzevrijheid nog tijdens het proces

gebruiksflexibiliteit

- toeleverancier kan later nog gekozen worden,
- specifieke uitvoering kan gedurende het bouwproces nog gekozen worden, meer toegevoegde waarde mogelijk
- hergebruik, terugnemen van product na gebruik bij bepaalde materialen door overheid gewenst
- binding met koper mogelijk, indien vooraf rekening gehouden met toekomstige aanpassing (scheiding vast en variabel) door bouwer te realiseren
- wijzigingen tijdens gebruik eenvoudig, bij aanpassing gebruik opnieuw inzetten in ander project

Voorbeeld 3

Om de toepassing van de matrix te verduidelijken is er een voorbeeld situatie geschetst die het proces tot samenwerking van toeleveranciers eerder duidelijk maakt. In dit voorbeeld wordt een product gebruikt dat niet is **uitontwikkelt**, maar tot op concept niveau is uitgewerkt.

In de functionele decompositie van de woning komt dan ook duidelijk naar voren dat de w- en e-installatie betrekking hebben tot een groot aantal functies en **functievervullers** in een huis. Daarom is de keuze gevallen om in het voorbeeld met de w- en e-installatie als uitgangspunt te nemen. Om de componenten waaruit een huis bestaat flexibeler te maken en de klant de mogelijkheid te geven een indeling te kunnen samenstellen, is het eerste knelpunt waar aandacht aan besteed moet worden de w- en e-installatie.

De consumenten stellen steeds hogere eisen **aan** hun woning. De bewoner **wil** zijn indeling kunnen aanpassen aan zijn eigen veranderende behoeften. Door het ontwikkelen van flexibele inbouwsystemen en **stekkerklare** bouwproducten wordt er ingespeeld op deze behoefte. Uit de conclusie de functionele decompositie kan worden vastgesteld dat de w- en e-installatie het hart van het huis is. Om bijvoorbeeld tot een stekkerklaar keukenblokken sanitair **inbouwproducten** te komen en deze vrij te kunnen positioneren, zullen er ontwikkelingen binnen de w- en e-installatie moeten plaatsvinden.

Qua flexibiliteit is de e-installatie nog net wat verder dan de w-installatie. Het 'KISS-systeem' van HAGER is een systeem voor de e-installatie wat niet meer in het straatje zit van procesflexibiliteit maar onder **gebruiksflexibiliteit** valt. KISS is een zogenaamd plintstelsel; alle draden die door elektriciteit gevoed worden liggen in een plint. Op elke willekeurige plek aan die **plint** kan een contactdoos bevestigd worden.

De w-installatie zit nog in de **ontwerpflexibiliteit**. Waterleidingen moeten voor aanvang van de bouw worden gedefinieerd. Dit legt grote **beperkingen** op voor apparatuur die afhankelijk zijn van water aan- en afvoer. Het grote nadeel is dat een keuken of een sanitair blok ingedeeld wordt met als hoogste prioriteit de positie van de leidingen.

Onder een aantal voorwaarden zal het **watersysteem** net zo flexibel kunnen zijn als het elektriciteitssysteem. Dit kan gerealiseerd worden door met bestaande toeleveranciers samen te werken. Vooral de sanitair- en keukenbranche kunnen

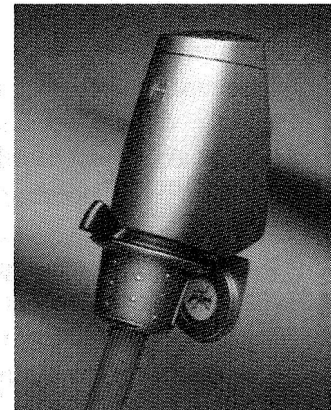
flinke stappen maken naar apparaten en producten die een stuk flexibeler zijn, ook tijdens het gebruik.

Hier volgen een aantal voorwaarden:

- Watercontacten
- Pomp
- Vermaler
- KISS-systeem met plintgoot in het casco

Fig.8 watercontact van WeLL Design

Net als bij stopcontacten voor elektriciteit is het mogelijk om contacten te hebben voor water. Voorbeeld hiervan is het watercontact van WeLL Design. Met dit gegeven worden sanitaire producten plug and play. Er kunnen meerdere aansluitpunten in de badkamer aanwezig zijn waardoor de sanitaire producten verplaatst kunnen worden. Maar er kan ook gewerkt worden met aansluitslangen. Deze slangen bevatten een warm- en koudwatertap en afvoer. Optimaal **flexibiliteitsniveau** wordt bereikt als de slangen niet alleen uit de muur komen maar optioneel uit de vloer of zelfs uit het plafond. De slangen naar het plafond kunnen als nadeel worden gezien, maar als de ontwerper er creatief mee omgaat, kan het juist een mooi beeld geven.



Nieuw voor de toiletruimte is dat er in plaats van een reservoir een pomp aanwezig is die de ontlasting wegspoelt. Het voordeel is dat deze pomp geen vaste plek eist maar uit het zicht en daarmee weggewerkt kan worden. In het closet wat vrij op de vloer staat zal zich een **vermaler** bevinden. Die zorgt dat de afvoerslang niet groot hoeft te zijn. Door elk closet zijn eigen aan- en afvoerleidingen te geven en het mogelijk is de afvoer rond 50mm te houden, kan de dikte van aan- en afvoerslangen beperkt blijven tot 70mm (inclusief warm/koud water toevoer).¹⁸

Een soortgelijk systeem als KISS voorziet dan de basis van waar alle leidingen doorgetrokken kunnen worden. Door het leidingsysteem van de drager (het casco) te ontkoppelen hoeft men de punten voor watervoorziening niet meer van tevoren vast te stellen. Hierdoor kunnen leidingen voor de verwarming, de **energie** en de communicatie op genomen worden in een soortgelijk KISS-systeem en bevat het constructieve gedeelte van het casco dus geen leidingen. Met deze toepassing kan men optimaal gebruik maken van de ruimte omdat alle leidingen in de muur, vloer of plafond zijn verwerkt. Hierdoor schuift de w- en e-installatie op naar **flexibiliteitsniveau 3**. Het flexibiliteitsprofiel hieronder laat zien wat voor een invloed dat heeft op de ander componenten in de **multi-dimensionale matrix**.

¹⁸ www.jung-pumpen.de

Flexibiliteitsprofiel Watercontact KISS-systeem					
Flexibiliteitsniveau	0	1	2	3	4
Volume					
Schil					
Indeling					
Uitrusting					

Doordat de w- en e-installatie opgeschoven zijn naar flexibiliteitsniveau 3 is het voor de indeling van sanitaire producten mogelijk gemaakt **flexibiliteitsniveau 4** aan te nemen. Als in de multi-dimensionale matrix voor de parameter **indeling** naar flexibiliteitsniveau 4 wordt gekeken, kan er worden geconcludeerd dat daar een leeg vlak is. De toeleverancier van het watercontact KISS-systeem kan contact zoeken met een toeleverancier in sanitaire producten. Dit leidt tot een **samenwerkingverband** dat positief uitpakt voor de bouwindustrie. Doordat de toeleveranciers nu hun producten op elkaar kunnen afstemmen en **vernieuwingen** doorgevoerd worden naar andere toeleveranciers ontstaat er een breed aanbod voor de **consument**.¹⁹

4.3 Conclusie

Omdat bij de ordening van de multi-dimensionale matrix uitgegaan is van bestaande oplossingen is de ontkoppeling van de bouwdelen niet mogelijk. Dit heeft tot gevolg dat in de matrix de onderlinge relaties van bouwdelen en bouwsysteem niet achenvegen gelaten kunnen worden. Om hier een ordening in te brengen zijn de **flexibiliteitsprofielen** ontwikkeld.

De flexibiliteitsprofielen geven weer hoe een **bouwdeel** of bouwsysteem andere hoofdfuncties beïnvloedt. In dit profiel valt per bouwdeel of bouwsysteem af te lezen in hoeverre de toepassing van de betreffende oplossing de toepassing van oplossingen voor de andere hoofdfuncties beïnvloedt.

De flexibiliteitsprofielen geven ook de mogelijkheid om op andere vlakken relaties te vinden. Toeleveranciers kunnen elkaar opzoeken doormiddel van de **flexibiliteitsprofielen**. Bij het ontwerpen van nieuwe bouwcomponenten zijn de relaties met andere bouwcomponenten, dus andere toeleveranciers via de profielen op te sporen.

Niet alleen voor de toeleveranciers is flexibiliteit in het proces een positief aspect. Per partij in de keten zijn er positieve argumenten aan de orde voor het gebruik hiervan.

¹⁹ Bijlage V, bijgevoegd cd-rom

5 Conclusie

5.1 Conclusies

De hoofdvraag van dit project was: heeft het gebruik van een industriële productontwikkelingmethode een positieve invloed op de bouwprocessen in de woningbouw? Het antwoord hierop is: 'JA'. Door bouwconcern, klant en gebruiker worden een aantal problemen in de **huidige** ontwikkel- en bouwprocessen geconstateerd. Tevens wordt **ervaren** dat deze processen de **aanleiding** zijn van deze problemen. De methodes van de productontwikkeling laten zien dat er mogelijkheden liggen voor een nieuwe **indeling** van het proces en dat de elementen uit de productontwikkeling hierin bruikbaar zijn. Wijzigingen ten opzichte **van** de **huidige** bouwprocessen bieden mogelijkheden tot:

- het creëren van een industriële woningbouw
- door middel van project ongebonden bouwen, wat gevolgt is van een industriële woningbouw, kostenreductie op het totale project (met name in de bouwfase)
- reductie van ontwerp- en bouwfouten, **daarmee verhoging** van de bouwkwiteit
- reductie in de doorlooptijd van het ontwikkelproces

De punten bieden een antwoord op de door bouwer en koper ervaren problemen van faalkosten en **bouwkwiteit**. Door de geconstateerde verandering in de markt omgeving is consumentgericht bouwen mogelijk. Door in te spelen op de Mant komen er wel flexibiliteitsaspecten kijken. De **PvE** van de woning laat zien dat de keuze flexibiliteiten **gebruikerflexibiliteit** van de consument centraal staat. Het belangrijke gevolg daarvan is dat er een rangschikking ontstaat **welke** bouwcomponenten die flexibiliteit toelaten en welke niet. Voor de **multi**-dimensionale kaart geeft dat weer een extra dimensie: de **flexibiliteitsniveaus**. De **multidimensionale** matrix geeft het **flexibiliteitsniveau** van de **bouwssystemen** aan, maar ook de relaties **die betrekking** hebben tot het flexibiliteitsniveau van een ander bouwcomponent. Omdat bij de ordening van de morfologische kaart uitgegaan is van bestaande oplossingen is de ontkoppeling van de bouw delen niet mogelijk. Om hier een ordening in te brengen zijn de flexibiliteitsprofielen ontwikkeld. De **flexibiliteitsprofielen** leiden tot:

- **samenwerking** tussen de verschillende toeleveranciers
- consumentgericht bouwen en verbreding van assortiment

Het bestaan van deze methode is niet nieuw of onbekend, maar wordt op dit moment niet toegepast in de woningbouwprojecten. Naast het bieden van een methode voor problemen in de huidige **situatie**, slaan de voorstellen voor een andere aanpak een brug naar modulair bouwen, systeembouwen en industrialisatie van het product woning. Duidelijk is dat deze innovaties met de huidige bouwprocessen niet realiseerbaar zijn.

Literatuurlijst

- 1 SBR, 'oorzaken faalkosten', www.sbr.nl
- 2 MetzConsult
- 3 WeLL Design, www.welldesign.com
- 4 MetzConsult
- 5 MetzConsult
- 6 SBR, 'moderne productiemethodenwoningbouw' SBR, ISBN: 90-212-9033
- 7 SBR, 'oorzaken faalkosten', www.sbr.nl
- 8 'Rapport' Michiel Laurensse TU Eindhoven
- 9 MetzConsult
- 10 SBR, 'innovatie in de bouw'
J. Leenen', TU Eindhoven, rapport: 'Realiseren van maximale
kopersinspraak'
- 11 Dhr. Huygevoort, www.expa.hvu.nl
- 12 Bijlage I, bijgevoegd cd-rom
- 13 Bijlage II, bijgevoegd cd-rom
- 14 Bijlage III, bijgevoegd cd-rom
- 15 MetzConsult
- 16 Bijlage IV, bijgevoegd cd-rom
- 17 MetzConsult
- 18 www.jung-pumpen.de
- 19 Bijlage V, bijgevoegd cd-rom