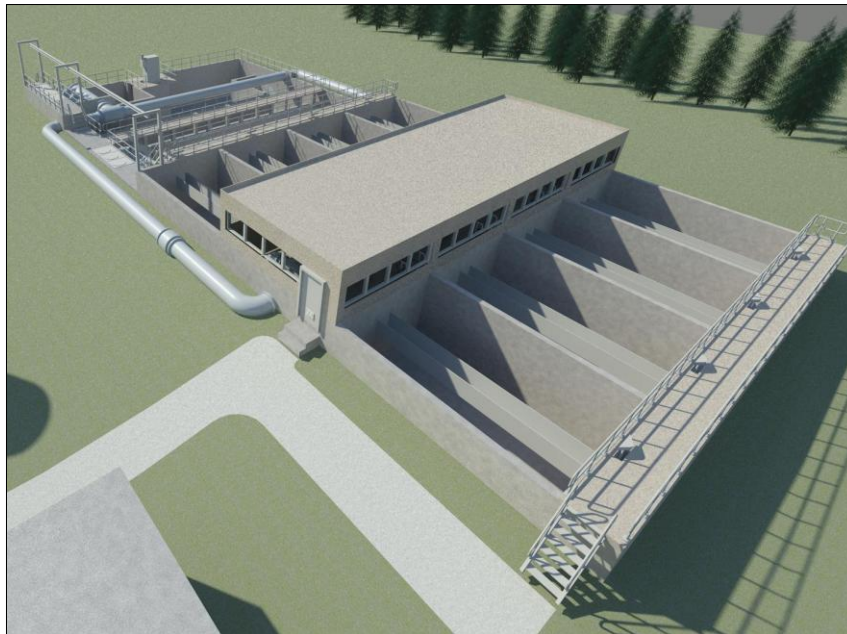


Van aannemer naar aanbieder dankzij BIM

Van projectmatig objectgebaseerd naar een op relaties gebaseerd model



“De tragiek van de architectuur:

Telkens wil de bouwkunst het heden vangen en telkens weer zet zij het verleden op sterk water”

Godfried Bomans, *korte berichten*.

Colofon

<u>Titel rapport</u>	Van aannemer naar aanbieder dankzij BIM
Datum publicatie	December 2010
Status	Concept eindversie
Universiteit	TU Delft
Faculteit	Civiele Techniek
Master	Building Engineering
Sectie	Bouwprocessen

<u>Bedrijf</u>	GMB
	Dalwagenseweg 51
	4043 MT Opheusden
	T: (0488) 44 94 49

<u>Student</u>	Hendrik Anton de Vree
Mail	h.a.devree@student.tudelft.nl
Telefoon	06 18246470
Studienummer	1159631

Afstudeercommissie

Professor	prof. dr. ir. H.A.J. de Ridder TU Delft, Civiele Techniek, Bouwprocessen h.a.j.deridder@tudelft.nl
-----------	---

Dagelijks begeleider	dr. ir. G.A. van Nederveen TU Delft, Civiele Techniek, Bouwprocessen g.a.vannederveen@tudelft.nl
----------------------	---

Dagelijks begeleider	ir. R.J. Vos GMB, Infra robvos@gmb.eu
----------------------	--

Extern begeleider	dr. ir. J.C. Hubers TU Delft, Bouwkunde, Hyperbody j.c.hubers@tudelft.nl
-------------------	---

Samenvatting

Introductie

In de huidige bouw wordt het aanbod geproduceerd vanuit een gefragmenteerde keten waarin samenwerking vaak slechts op basis van projecten bestaat. De markt is echter aan het veranderen en grote opdrachtgevers kiezen steeds vaker voor modernere bouworganisatievormen. Geïntegreerde contractvormen bieden meer ruimte voor geïntegreerde product- en procesontwikkeling en hierbij is de opdrachtnemer zelf verantwoordelijk voor ontwerp en uitvoering. Dit zorgt voor een regievoerende rol die de gecontracteerde partij moet spelen.

De informatieuitwisseling in de bouw is inefficiënt en brengt een grotere kans op misinterpretaties, fouten en verlies van informatie met zich mee. Hierdoor is deze gebrekkige informatie uitwisseling een bron van faalkosten. De fragmentatie en de gebrekkige informatie- en kennisuitwisseling vormen een barrière voor de ontwikkeling van een integraal en dynamisch aanbod in de bouw. Via het werken met bouw informatie modellen (BIM) moet dit tot het verleden behoren.

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het ontwikkelen van een visie en implementatieplan voor een BIM bij GMB. De veronderstelling is dat GMB door gebruik te maken van een BIM een integraal en dynamisch eindproduct kan aanbieden. De hoofdvraag die vervolgens gesteld wordt is hoe GMB dit kan bereiken.

Aanbod gedreven markt

Door marktprincipes toe te passen in de bouw kunnen aanbieders integrale en dynamische producten gaan creëren. Een aanbieder kan een aantrekkelijk aanbod creëren door betere producten te ontwikkelen of lagere kosten te maken dan de concurrentie. Voor de concurrentiepositie is een bedrijf afhankelijk van de waarde creëerende capaciteit van de gehele keten. De activiteiten in de keten moeten gericht zijn op het leveren van maximale waarde voor de klant. Het is noodzakelijk voor een aanbieder om zich te onderscheiden van de concurrenten en onzekerheden en risico's voor de klant weg te nemen en hiermee vertrouwen op te bouwen.

De bottom-up ontwikkeling van het aanbod zorgt ervoor dat het standaardisatieniveau omhoog zal gaan. Door met partners deel te nemen in producten is er voor partijen geen belemmering om kennis te delen en het proces en product te optimaliseren. Om hierbij de efficiëntie te verhogen kunnen bedrijven geïntegreerd en voor onbepaalde tijd samenwerken in stabiele combinaties.

De eindaanbieder moet in staat zijn om producten en diensten van verschillende partijen te integreren in één aanbieding, en de productie en levering van het aanbod voor een individuele klant coördineren. Hij aggregeert en configureert de producten, systemen en diensten uit de

keten en treedt op als vertegenwoordiger. Door de variatie van klantbehoeften is heldere communicatie van informatie en kennis in de keten heel belangrijk.

Huidige bouwinformatiemodellen

Het bouwproces kent een informatiesysteem dat stuurinformatie geeft aan het reële systeem. Modellen zijn onderdeel van het informatiesysteem en geven de relevante eigenschappen van de werkelijkheid weer. De huidige programma's waarmee een BIM gemaakt kan worden zijn gestoeld op parametrische principes. Objectparametrisch CAD gaat uit van 3D parametrische bouwobjecten met parametrische eigenschappen. Objecten en ontwerpen zijn ook te genereren vanuit parametrische processen. Deze objecten bevatten dan echter niet zelf de regels waarmee ze gegenereerd worden.

Interoperabiliteit tussen systemen van verschillende partijen is mogelijk door dezelfde software te gebruiken. Er kan dan uitgewisseld worden in merkgebonden bestandsformaten of gebruik gemaakt worden van merkgebonden koppelingen. Met een partij die niet op deze software aan kan sluiten is dan geen directe samenwerking in het model mogelijk. Uitwisseling is dan mogelijk in Industry Foundation Classes (IFC) bestanden, wat door vrijwel elke applicatie ondersteund wordt.

Bij het uitwisselen van informatie en bestanden is er een probleem van versiebeheer en gebrek aan overzicht. De informatie is verspreid bij de verschillende partijen aanwezig. Om alle informatie te beheren is met het gebruik van een database het overzichtelijk delen van data mogelijk. Dit geeft voordelen bij het bewaken van de consistentie van informatie en modellen.

Dynamisch BIM

Het dynamisch BIM is modulair waarbij elke ketenspeler verantwoordelijk is voor zijn module. De relaties en eigenschappen zijn hierin parametrisch gedefinieerd. Met combinaties van dergelijke digitale modules of productfamilies zijn concepten en eindproducten samen te stellen. De productkennis wordt parametrisch vastgelegd in de modellen en wordt zo met de keten gedeeld.

De volgende tabel geeft de verschillen weer tussen de huidige BIM werkwijze en het dynamisch BIM.

Huidig BIM	Dynamisch BIM
Procesparametrisch of objectparametrisch ontwerp	Volledig parametrisch ontwerp
Object parametrisch model	Volledig parametrisch model
Statische uitwisseling met partijen	Dynamische interactie
Gericht op éénmalig product	Gericht op herhaald concept
Topdown	Bottom-up
Ad hoc keten	Vaste ketenpartners
Unieke ontwerpen	Parametrische concepten
Focus op proces	Focus op product
Objectgebaseerd	Relatie-gebaseerd

Flexfilterconcept

In het Flexfilterconcept werkt GMB samen met partners aan een zandfilter voor rioolwaterzuiveringsinstallaties. Het Flexfilter is modulair opgebouwd. Van de gebouwde exemplaren van het concept kunnen de relaties en variaties vastgelegd worden in het model zodat nieuwe productvarianties hiermee te genereren zijn. De gebruikte regels en relaties in het model moeten ervoor zorgen dat het model parametrisch aan te passen is. In het proces van aanbidding laat het waterschap nog weinig ruimte voor een volledig zelf gespecificeerd ontwerp van de aanbieder. Dit zou met een BIM betekenen dat de voorgeschreven objecten in het model verwerkt moeten worden, in plaats van eigen objecten.

Visie en strategie

GMB kan in de toekomst haar eigen aanbiddingen ontwerpen en heeft dankzij een BIM samenwerking zelf de kennis van de totaalproducten die zij aanbiedt in huis. Zij integreert de inbreng van co-makers en werkt zo dynamisch mogelijk. De strategie voor GMB om dit te bereiken is concepten ontwikkelen met vaste partners. Een pilot concept beginnen voor een geschikte markt, en ompetenties ontwikkelen, kennis vasthouden, en het concept en de BIMsamenwerking verbeteren.

Implementatie

Om een BIM te implementeren in de organisatie dient GMB gebruik te gaan maken van een objectparametrisch programma, Revit ligt erg voor de hand. Om waarde/kosten afwegingen snel te kunnen maken dient dit gekoppeld te worden aan een calculatieprogramma. IBIS4BIM is hiervoor geschikt. Verdere uitbreiding van het gebruik van het BIM kan zijn: koppeling met planningssoftware, gebruiken van extensies voor Revit zoals voor parametrisch ontwerp van bruggen, en uitwisseling met Civil3D voor bijvoorbeeld inpassing van een model in de omgeving.

Er zijn twee geschikte manieren om een BIM werkwijze op te zetten met andere partijen. De eerste is in een conceptsamenwerking met vaste partners. Hiervoor dient een zo integraal en dynamisch mogelijk BIM systeem opgezet te worden, bijvoorbeeld op basis van Revit. Voor het delen van kennis binnen dergelijke samenwerking is een wiki een geschikt instrument. Een tweede optie is bij geïntegreerde contracten met geschikte partijen voor een aanbidding een BIM samenwerking opzetten op basis van IFC, zodat gezamenlijk een integraal product samengesteld kan worden.

Conclusie

GMB kan een integraal en dynamisch eindproduct aanbieden door met partners integraal samen te werken en kennis te delen. Producten en productieprocessen moeten met voldoende flexibiliteit worden vastgesteld om van herhaling te leren en kennis te hergebruiken. Hiervoor moeten partners kennis kunnen delen in ontwerp, uitvoering en exploitatie.

Met behulp van BIM kan dit door het inrichten van een integraal en dynamisch BIMsysteem bij een conceptsamenwerking met vaste partners. Hiervoor moeten de objecten en relaties bepaald worden en de parameters afgesproken. Partners moeten bij elkaar gaan zitten en het concept en het BIMsysteem telkens verbeteren. Een wiki is hierbij handig voor het vastleggen, beheren en delen van kennis van product en processen, die (nog) niet in het BIM te vatten is.

Voorwoord

Dit afstudeerrapport is totstandgekomen in het kader van mijn afstudeerproject bij GMB. Dit afstudeerproject is de laatste fase van de masterrichting Bouwprocessen, onderdeel van de master Building Engineering aan de faculteit Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft.

GMB is een bedrijf actief op het gebied van water, energie en bodem. Zij is daarbij actief in de gehele waterketen, van ontwerp tot uitvoering. De ambitie is een positie als middenbedrijf dat door een hoog kennisniveau en praktische toepassingen hiervan de onderscheidende rol als betrouwbare waardetoevoegende partner vervult.

Het doel van dit afstudeeronderzoek is de ontwikkeling van een visie en implementatieplan voor een bouw informatie model (BIM) bij GMB. Dit leidt tot een visie en strategie voor de langere termijn en een stappenplan voor de kortere termijn.

De literatuurreferenties in dit rapport verwijzen naar de literatuurlijst achterin dit document. Referenties naar bijlagen verwijzen naar de betreffende titel in de aangehechte bijlagen. De afkortingen in dit rapport zijn opgenomen in een afkortingenlijst, volgend op de inhoudsopgave.

Graag wil ik alle betrokkenen bij dit afstudeerproject bedanken. Tijdens het onderzoek ben ik bijgestaan door mijn afstudeercommissie. Mijn dank gaat uit naar mijn mentoren van de TU Delft: Prof. dr. ir. Hennes de Ridder, voor zijn inspiratie, enthousiasme en motivatie, dr. ir. Sander van Nederveen en dr. ir. Hans Hubers, voor de inhoudelijke bijdrage, tips en feedback.

Ook ben ik GMB zeer erkentelijk en in het bijzonder mentor ir. Rob Vos, voor het wegwijs maken binnen GMB en het delen van anekdotes. Zijn heldere blik heeft me vaak weer op weg geholpen. Verder bedank ik de geïnterviewden bij GMB en Witteveen+Bos en alle anderen met wie ik heb kunnen spreken over dit afstudeerproject. Bedankt voor de interesse en gezelligheid. Zonder deze medewerking was dit afstudeerproject niet mogelijk geweest.

Als laatste wil ik iedereen in mijn omgeving bedanken voor de steun gedurende het gehele traject van afstuderen. Mijn ouders en broer wil ik bedanken voor de steun. Ik ben ook dank verschuldigd aan mijn vrienden, voor de afleiding en aanmoediging, en natuurlijk aan Mariska voor de steun.

Bedankt!

Henk de Vree

's Gravenhage, 01 december 2010

Inhoudsopgave

Colofon	V
Samenvatting.....	VII
Voorwoord.....	XI
Inhoudsopgave	XIII
Afkortingen.....	XIX
H1: Inleiding onderzoek.....	1
1.1 Definitie BIM.....	1
1.2 Doelstelling onderzoek.....	1
1.3 Probleemanalyse	1
1.4 Probleemstelling.....	4
1.5 Hypothese.....	4
1.6 Onderzoeksvragen.....	4
1.7 Methode	5
1.7.1 Onderzoekstype.....	5
1.7.2 Casestudie	5
1.7.3 Onderzoeksmethode	6
1.8 Afbakening.....	6
1.8.1 Middelgrote aannemer	6
1.8.2 Flexfilter casestudie.....	6
1.9 Opbouw van de scriptie.....	7
H2: Aanbod gedreven markt	8
2.1 Transactie tussen klant en aanbieder.....	8
2.2 De voordelen van een integraal en dynamisch aanbod	8
2.2.1 Integraal aanbod.....	8
2.2.2 Dynamisch aanbod	9
2.3 Concepten voor de ontwikkeling van integrale producten.....	10
2.3.1 Stap naar productontwikkeling	10
2.3.2 Integraal samenwerken.....	11

2.3.3 Lean construction.....	14
2.3.4 Supply Chain Management	16
2.3.5 Systems integrator	19
2.3.6 Marketing.....	20
2.4 Concepten voor de ontwikkeling van dynamische producten	22
2.4.1 Dynamische controle	22
2.4.2 Mass customization	23
2.4.3 Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen.....	24
2.4.4 Living Building Concept.....	25
2.5 Conclusie	27
H3: Huidig BIM	30
3.1 BIM.....	30
3.1.1 De term BIM.....	30
3.1.2 Informatie en kennis	30
3.1.3 Informatiesysteem	31
3.1.4 Modellen	31
3.1.5 Object parametrische CAD-systemen	32
3.1.6 Proces parametrische CAD-systemen.....	33
3.1.7 3D, 4D, 5D, nD modellen.....	33
3.2 Ontwikkeling en gebruik	34
3.2.1 Inleiding.....	34
3.2.1 Interoperabiliteit.....	35
3.2.2 Bestanden uitwisselen	36
3.2.3 Informatie uitwisselen met IFC.....	36
3.2.4 Application programming interfaces	38
3.2.5 Communicatie	38
3.2.6 Client-server en peer-to-peer	39
3.2.7 Bimserver	40
3.3 Conclusie	41
H4: Bottom-up dynamisch BIM.....	44
4.1 Nieuwe markt.....	44
4.1.1 Vraag en aanbod	44
4.2 Ketens en BIM	45
4.2.1 Keten vorming.....	45

4.2.2 Keten strategie	47
4.3 Concepten en BIM	48
4.3.1 Concepten ontwikkelen	49
4.3.2 Concepten aanbieden	50
4.4 Dynamisch BIM	50
4.4.1 Modulair	51
4.4.2 Parametrisch	51
4.4.3 Slimme modules	51
4.4.4 Ontwikkeling	52
4.4.5 Bibliotheken	53
4.5 Conclusie dynamisch BIM	53
4.6 Reflectie huidig BIM vs dynamisch BIM	54
H5: Casestudie Flexfilter	57
5.1 Flexfilterconcept	57
5.1.1 Aanleiding	57
5.1.2 Concept	57
5.1.3 Werking zandfilter	58
5.2 Flexfilterketen	58
5.2.1 Klanten	58
5.2.2 Partners Flexfilter	59
5.3 Dynamisch concept model	59
5.3.1 RWZI's Amersfoort en Veenendaal	59
5.3.2 Keten	60
5.3.3 Dynamisch parametrisch model	61
5.5 Huidige praktijk	65
5.5.1 Huidig tenderproces	65
5.5.2 Partners Amersfoort en Veenendaal	65
5.5.3 Klanten	66
5.5.4 Revitmodel	66
5.6 Conclusie	67
H6: Een BIM visie voor GMB	69
6.1 Visie	69
6.1.1 BIM visie	69
6.2 Strategie	70

6.2.1 Partners.....	70
6.2.2 Concepten	70
6.2.3 Kennismanagement	70
6.2.4 SI en co-makers	71
6.2.5 Competenties.....	71
6.2.6 Samenwerking ontwerp bureau	72
6.2.7 Eigen bibliotheek.....	72
6.2.8 Klanten	72
6.2.9 Contracten	73
6.2.10 Pilots.....	73
6.3 Conclusie	75
H7: BIM implementatie bij GMB.....	77
7.1 Geschiktheid huidige praktijk.....	77
7.1.2 Markt.....	77
7.1.2 Partners.....	77
7.2 BIM implementatie intern	78
7.2.1 Stap 1 Objectparametrisch modelleren.....	78
7.2.2 Stap 2 Bibliotheek aanleggen.....	78
7.2.3 Stap 3 Hoeveelheden en kosten bepaling	78
7.2.4 Verdere stappen	79
7.3 BIM implementatie extern.....	79
7.3.1 Centraal model.....	79
7.3.2 Concepten met vaste partners	80
7.3.3 Projecten met wisselende partners	81
7.4 Stappenplan	83
7.5 Aansluiting op processen GMB	84
7.5.1 Stapsgewijs.....	84
7.5.2 GMC Werkwijze.....	84
7.5.3 Ontwikkelingen	85
7.6 Implementatie kennistool.....	86
7.6.1 Wiki	86
7.7 Conclusie	87
H8: Conclusies en aanbevelingen	88
8.1 Conclusie	88

8.2 Aanbevelingen	88
Epiloog	91
Bibliografie.....	93
Bijlagen	99
Bijlage 1: Profiel GMB.....	99
Bijlage 2: Innovatieve producten GMB.....	100
1.A Dijkdeuvels	100
1.B Box Barrier	100
1.C FlexFilter	101
Bijlage 3: Voorbeelden voor integraal en dynamisch aanbod	102
3.A Conceptueel bouwen	102
3.B Boklok	102
3.C Innoconcept bouwen.....	103
Bijlage 4: Autodesk Revit	105
Bijlage 5: Processen GMB	108
Bijlage 6: Huidige markt	111
6.A Spelers	111
6.B Contractvormen en aanbestedingen.....	111
6.C Innovatie.....	113
6.D Situatie GMB	114
6.E Conclusie.....	114
Bijlage 7: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Amersfoort.....	116
Bijlage 8: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Veenendaal.....	116
Bijlage 9: Geïnterviewden	116

Afkortingen

AK	Algemene Kosten
API	Application Programming Interface
B&U	Burgerlijke- en Utiliteitsbouw
BIM	Bouw Informatie Model
CAD	Computer Aided Design
COINS	Constructieve Objecten en de INtegratie van processen en Systemen
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de GWW
DB	Design Build
DBFMO	Design Build Finance Maintenance Operation
EIB	Economisch Instituut voor de Bouwnijverheid
EMVA	Economisch Meest Voordelige Aanbieding
ERP	Enterprise Resource Planning
GMC	Geïntegreerde en Multidisciplinaire Contracten
GSA	(United States) General Service Administration
GWW	Grond- Weg- en Waterbouw
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organisation for Standardization
KRW	Kader Richtlijn Water
LBC	Living Building Concept
NIBS	National Institute of Building Sciences
PR	Public Relations

RAW	Rationalisering Automatisering Weg- en waterbouw
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SI	Systems Integrator
STEP	STandard for the Exchange of Product model data
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
TNO	Technisch Natuurkundig Onderzoekscentrum

H1: Inleiding onderzoek

Dit hoofdstuk omschrijft het onderzoek. Allereerst wordt de gehanteerde definitie gegeven van een BIM. Aan de hand van de doelstelling en de probleemanalyse zijn een probleemstelling, hypothese en onderzoeksvragen geformuleerd. Vervolgens wordt de methode, afbakening van het onderzoek, en de opbouw van de scriptie gegeven.

1.1 Definitie BIM

De National BIM Standard (NBIMS) is onderdeel van het National Institute of Building Sciences (NIBS) in de VS en hanteert de volgende definitie van BIM:

'A Building Information Model (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle from inception onwards.'
(NIBS, 2007)

Een bouw informatie model (BIM) is volgens deze definitie een digitale representatie van fysieke en functionele eigenschappen van een bouwwerk. Als zodanig dient het als een gedeelde kennisbron voor informatie van een bouwwerk waarmee het een betrouwbare basis vormt voor beslissingen gedurende de levenscyclus vanaf het initiatief.

1.2 Doelstelling onderzoek

Het doel van dit onderzoek is:

Het ontwikkelen van een visie en implementatieplan voor een BIM bij GMB.

Om dit doel te vervullen moet eerst onderzocht worden wat de problemen zijn waarvoor een BIM een oplossing zou kunnen bieden, en welke kansen het creëert.

1.3 Probleemanalyse

In de traditionele bouw zijn vraag en aanbod niet goed op elkaar afgestemd. De klant specificeert zo goed mogelijk zijn vraag en pas daarna wordt het aanbod gemobiliseerd. Het aanbod wordt vervolgens geproduceerd vanuit een gefragmenteerde keten waarin samenwerking vaak slechts op basis van projecten bestaat. Met deze vraaggestuurde marktwerking wijkt de bouw af van vele andere sectoren. Vaak is er in andere sectoren sprake van een geïntegreerd georganiseerd aanbod, waardoor producten op een effectieve en efficiënte manier kunnen worden ontworpen en geproduceerd (De Ridder H. , 2004). De opkomst van deze integrale marktbenadering voor de bouw is in volle gang. Rijkswaterstaat stapt langzaam over op geïntegreerde contracten, waarbij ontwerp en uitvoering in handen komen te liggen van één partij, eventueel aangevuld met diensten als financiering, onderhoud en exploitatie. RWS stelde zich zelfs ten doel om in 2008 voor tachtig procent van alle werkzaamheden geïntegreerde contractvormen te gebruiken (Rijkswaterstaat, 2005). Andere

overheden zoals de provincies, waterschappen en gemeenten, volgen in deze ontwikkeling. Hierdoor krijgt het bedrijfsleven meer ruimte om met creatieve oplossingen te komen.

Een aannemer als GMB bevindt zich in dit veranderend speelveld. Grote opdrachtgevers kiezen steeds vaker voor modernere bouworganisatievormen (EIB, 2009b). Bij de uitvoerende bouwbedrijven is de trend gaande dat steeds meer onderdelen van het werk en de werkzaamheden worden uitbesteed aan leveranciers en onderaannemers. Dit heeft tot gevolg dat hoofdaannemers van een uitvoerende naar een coördinerende functie verschuiven (Butter, 2005). Bij geïntegreerde contracten is de opdrachtnemer zelf verantwoordelijk voor ontwerp en uitvoering en dit versterkt de regievoerende rol die de gecontracteerde partij moet spelen. Daarbij is de oplossing vaak multidisciplinair waardoor de opdrachtnemer ook tussen de verschillende disciplines moet optreden als coördinator. Bij complexe processen als de ontwikkeling, de realisatie, het beheer en de sloop van een bouwwerk is een goede coördinatie van essentieel belang.

De coördinatie kan op verschillende manieren vormgegeven worden. Dit kan via samenwerkende consortia van bedrijven, maar ook door één regievoerend bedrijf te vormen. De extreme situatie is dat een dergelijk bedrijf de volledige regie over de verkoop, de financiering, het ontwerp, de productie en het beheer voert maar alle onderdelen van het bouwproces aan gespecialiseerde bedrijven uitbesteedt. Dit brengt transactiekosten¹ met zich mee. Een goede benutting van de mogelijkheden van ICT kan in de bouw aan een verlaging van de transactiekosten bijdragen. Daarbij dient de inzet van ICT te verschuiven van bijzaak naar hoofdzaak, van intern naar extern gericht (op samenwerking en proactieve sturing) en van vast naar mobiel (Butter, 2005).

Als samenwerkende of coördinerende partij moet een aannemer heel veel informatie uitwisselen met haar partners. Verreweg de meeste informatie wordt met behulp van computerprogramma's gegenereerd. Er zijn veel verschillende softwarepakketten in omloop voor de verschillende taken gedurende de loop van een project maar vaak is deze software onderling niet uitwisselbaar. Personeel moet nog altijd gegevens uit het ene programma overzetten in het andere om de eigen taken uit te kunnen voeren. Dezelfde informatie wordt op die manier meerdere keren ingevoerd. Dat is inefficiënt en brengt een grotere kans op misinterpretaties, fouten en verlies van informatie met zich mee. Hierdoor is deze gebrekkige informatieketen een bron van faalkosten. Via het werken met een BIM moet deze situatie tot het verleden gaan behoren (BIR, 2008).

Om goed in te kunnen spelen op de integrale en multidisciplinaire contracten heeft GMB de handleiding GMB GMC opgesteld. Waarin GMC staat voor Geïntegreerde en Multidisciplinaire Contractbeheersing (GMB-GMC, 2008). In deze handleiding wordt een voorzet gegeven voor de organisatie-indeling tijdens de tender en contractfase en er worden handvatten en tools in omschreven voor de verschillende processen van geïntegreerde en multidisciplinaire projecten. Met deze handleiding geeft GMB aan deze ontwikkeling serieus te nemen. Uit het strategisch beleidsplan van GMB blijkt dat rond de 50% van de contracten die GMB binnenhaalt

¹ Transactiekosten zijn kosten die verbonden zijn aan in- en verkoop, het tot stand komen van de transactie.

geïntegreerde en multidisciplinaire contracten zijn en dat de verwachting is dat dit percentage verder toe zal nemen en binnen een aantal jaar rond 75% kan komen te liggen.

Geïntegreerde contractvormen bieden meer ruimte voor geïntegreerde product- en procesontwikkeling (Dorée, 2002). Dit geeft GMB de gelegenheid om eigen ontwerpen, producten en productcombinaties aan te bieden, waarvan de bouwtijd, kosten en andere eigenschappen vooraf bekend zijn. Doordat het verschil tussen de reële en virtuele bouwwerken steeds kleiner wordt, zouden offertes snel en zelfs online en interactief gemaakt kunnen worden (De Ridder H. , 2006).

Een visie op hoe de bouw zijn producten tot stand kan brengen wordt gegeven in het Living Building Concept (LBC) van Hennes de Ridder. Bouwwerken zouden altijd fit-for-purpose en up-to-date moeten zijn. Dit vraagt om onderhoud en eventueel aanpassing van een werk gedurende de gebruiksfase om de technische en functionele waarde op peil te houden. Om zo flexibel te kunnen zijn moet ook alle informatie en kennis van het bouwwerk up-to-date zijn. Met behulp van een BIM is gemakkelijk in te zien wat voor consequenties aanpassingen aan een bestaand bouwwerk hebben, en kunnen onderdelen die aan vervanging of vernieuwing toe zijn door het BIM bijgehouden worden. Bij problemen als bijvoorbeeld een lekkage kan men in het BIM nagaan welke leidingen zich op die plek bevinden. De betreffende leidingen kan men vervolgens snel afsluiten en het lek kan worden opgespoord. In sommige gevallen verlangt een klant al een As Built BIM van een werk dat GMB uitvoert.

Er zijn verschillende organisaties en instanties die de ontwikkeling van bouw informatie modellen in de bouwsector willen bevorderen. In Nederland zijn er de BIR (Bouw Informatie Raad), het CPI (Centre for Process Innovation in building & construction), PSIBouw (Proces en Systeem Innovatie in de bouw) en het vernieuwingsplatform bouw (voorheen Regieraad Bouw) die allen pleiten voor een verdere ontwikkeling van de BIM technologie, standaarden en werkwijzen. De directies van de Rijksgebouwendiensten van de Verenigde Staten (GSA), Denemarken, Finland en Noorwegen hebben de intentie uitgesproken dat zij het werken met driedimensionale Bouw Informatie Modellen zullen stimuleren en gesteld bouw informatie modellen te gaan bevorderen gebaseerd op de open IFC (Industry Foundation Classes) standaarden (Public statement, 2008). In Nederland hebben onder andere de Nederlandse Rijksgebouwendienst en Rijkswaterstaat dienst infrastructuur verklaard een snelle introductie van bouw informatie modellen als essentieel te zien (1e seminar Bouw Informatie Raad).

Naast het feit dat grote opdrachtgevers het gebruik van bouw informatie modellen zullen stimuleren en kunnen gaan voorschrijven, laat Rijkswaterstaat de regie functie bij bouwprojecten juist meer en meer over aan de markt. Bouwbedrijven zullen eerder geneigd zijn met een BIM aan de slag te gaan wanneer het in hun belang is en de eigen concurrentiepositie hiermee versterkt wordt. Veel eigenschappen van BIM, zoals online productinformatie van fabrikanten en gegevensuitwisseling via een project extranet, zorgen voor een verbeterde concurrentiepositie van het bouwbedrijf (Dolmans, 2000). De algemene verwachting is dat werken met een BIM de efficiëntie en productiviteit kan verhogen en de faalkosten kan verlagen.

Het verbeteren van de 3d modellen, industriële standaarden en de verbetering van de interoperabiliteit zijn zaken die onder andere software ontwikkelaars, BuildingSmart en de BIR aanpakken. Het is echter de verantwoordelijkheid van de aannemers zelf om een nieuwe manier te ontwikkelen van zaken doen waarbij risico's en compensaties aan de juiste partijen in een BIM project worden toegekend. Om dit te bereiken is er een geheel nieuw denkbeeld nodig over de rollen in de bouwindustrie en de toeleveringssystemen.

1.4 Probleemstelling

Vanuit de probleemanalyse kan de volgende stelling geformuleerd worden:

De fragmentatie en gebrekkige informatie- en kennisuitwisseling vormen een barrière voor de ontwikkeling van een integraal en dynamisch aanbod in de bouw.

Om deze stelling te verduidelijken is hieronder gegeven wat met de termen integraal en dynamisch bedoeld wordt:

Integraal aanbod: Met integraal productaanbod wordt bedoeld dat het product compleet met alle toebehoren en diensten kan worden aangeboden door één product vertegenwoordigende partij.

Dynamisch aanbod: Het aanbod is flexibel en demontabel. Het aanbod is snel aan te passen aan veranderende behoeftes en het aanbod is ook achteraf aan te passen.

1.5 Hypothese

Vanuit de probleemstelling en doelstelling is de volgende hypothese geformuleerd:

Door gebruik te maken van een BIM kan GMB een integraal en dynamisch eindproduct aanbieden.

1.6 Onderzoeksvragen

Om de hypothese te kunnen verifiëren is de volgende centrale vraag geformuleerd:

Hoe kan GMB, met behulp van een BIM, een integraal en dynamisch eindproduct aanbieden?

Om de centrale vraag te kunnen beantwoorden is het noodzakelijk om deelvragen te stellen. Deze deelvragen moeten gezamenlijk de kennis opleveren om de centrale vraag te kunnen beantwoorden. Om aan de doelstelling van dit onderzoek te voldoen is de centrale vraag opgesplitst in een theoretisch deel voor het vormen van een algemene theorie (visie) en een empirisch deel om toepassingen voor GMB te onderzoeken. Het theoretische gedeelte vormt zo de basis voor het empirische onderzoek.

Theoretische deelvragen

1. Wat moet een aanbieder doen om een integraal en dynamisch product aan te kunnen bieden?
 - 1.1 Wat zijn de voordelen van een integraal en dynamisch aanbod?
 - 1.2 Hoe kan een aanbieder een integraal product aanbieden?
 - 1.3 Hoe kan een aanbieder een dynamisch product aanbieden?
2. Waar moet een Bouw Informatie Model aan voldoen om (1.) te faciliteren?
 - 2.1 Wat is een BIM?
 - 2.2 Hoe wordt het ontwikkeld en gebruikt?
 - 2.3 Kan huidig BIM helpen een integraal en dynamisch product aan te bieden?

Nadat het theoretische kader is opgesteld volgt het empirische gedeelte van het onderzoek. Hierin wordt vanuit een product van GMB (zie bijlage 1) onderzocht hoe nu een aanbod gecreëerd wordt en hoe de samenwerking met andere partijen is ingericht. Vervolgens wordt gekeken naar de organisatie van GMB en hoe hier met een BIM gewerkt kan worden.

Empirische deelvragen

3. Hoe komt een BIM tot stand voor het Flexfilter?
 - 3.1 Hoe zit het Flexfilter concept in elkaar?
 - 3.2 Hoe zit de huidige markt/keten in elkaar voor het Flexfilter?
 - 3.3 Hoe zou een Flexfilter BIM in elkaar moeten zitten?
 - 3.4 Is het huidige model hiervoor geschikt?
4. Wat moet GMB doen om een BIM te implementeren?
 - 4.1 Wat is de BIM-visie en hoe is dit te bereiken?
 - 4.2 Is de huidige markt geschikt om een BIM te implementeren?
 - 4.3 Hoe moet GMB BIM implementeren?

1.7 Methode

1.7.1 Onderzoekstype

Dit onderzoek is een exploratief theoretische studie. Het belangrijkste kenmerk van exploratief onderzoek is het ontwikkelen en formuleren van vragen voor vervolgonderzoek (Christiaans, 2004). In het vervolgonderzoek gaat het om de bevestiging van de eerder gevonden resultaten. Door middel van een literatuurstudie wordt een exploratieve theorie gevormd. Met een casestudie wordt deze vervolgens geïllustreerd. De casus van dit onderzoek is GMB en haar product Flexfilter.

1.7.2 Casestudie

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van een illustratieve casestudie. Dit houdt in dat de casus vooral beschrijvend van aard is en bedoeld als voorbeeldschets van een situatie (Christiaans, 2004). Daarnaast is het ook een exploratieve casestudie. Exploratieve casestudies gaan vooraf aan uitgebreid onderzoek op grote schaal. De functie ervan is om de vragen op het spoor te komen en de meest geschikte onderzoeksopzet op het spoor te komen. Het gevaar is dat de bevindingen van een dergelijk onderzoek zo overtuigend lijken dat er verregaande conclusies aan worden verbonden (Christiaans, 2004). Tevens dient de casus als voorbeeld om

de huidige ontwerp- en werkprocessen bij GMB in kaart te brengen, zodat aanbevelingen gedaan kunnen worden.

1.7.3 Onderzoeksmethode

De deelvragen worden beantwoord door het bestuderen van literatuur, het houden van interviews en het bestuderen van de casus. Hieronder is per vraag gegeven met welke methoden de vragen beantwoord zullen worden.

1. Waar moet een aanbieder aan voldoen om een integraal en dynamisch product aan te bieden?
Literatuurstudie
2. Waar moet een Bouw Informatie Model aan voldoen om dit te faciliteren?
Literatuurstudie
3. Hoe komt een BIM tot stand voor het Flexfilter?
Interviews/Literatuurstudie/Casestudie
4. Wat moet GMB doen om het Bouw Informatie Modelleren te implementeren?
Interviews/Casestudie/Analyse

1.8 Afbakening

BIM is heel breed en complex en op allerlei vlakken in ontwikkeling. Het is daarom noodzakelijk grenzen aan te geven waarbinnen dit onderzoek plaats zal vinden, en uitgangspunten te formuleren.

1.8.1 Middelgrote aannemer

Dit afstudeeronderzoek richt zich op het ontwikkelen van een visie en handvatten voor een integraal ketenaanbod door gebruik te maken van een BIM, en vooral de rol van GMB in dit proces. Het onderzoek zal zich richten op de ontwikkeling van een BIM en de relaties met de andere partijen, gedurende de ontwerp- en tenderfase. De overige partijen zijn ingenieursbureaus, onderaannemers en leveranciers. Bij integraal ontwerpen zijn al deze partijen betrokken bij het ontwerpproces.

1.8.2 Flexfilter casestudie

Voor de casestudie zal een product van GMB gebruikt worden. Hiervoor komt het product Flexfilter van GMB goed in aanmerking. Het Flexfilter is een product dat voor verschillende locaties toepasbaar is maar voor zijn eigenschappen afhankelijk is van locatiespecifieke randvoorwaarden. De relaties tussen verschillende objecten liggen vast maar de objecten zelf zijn variabel in vorm, capaciteit en andere eigenschappen. Uitgangspunt voor het model is dan ook dat de objecten parametrisch variabel zijn en de relaties vast zijn.

Bij de bouw van een Flexfilter speelt GMB vooral een coördinerende rol. GMB maakt de ontwerpkeuzes en is hierin leidend. Vervolgens kunnen andere partijen dit in detail uitwerken. Door deze uitwerkingen zoveel mogelijk te digitaliseren en in modellen vast te leggen, kan GMB veel makkelijker configureren en de optimale oplossing voor de klant sneller bepalen.

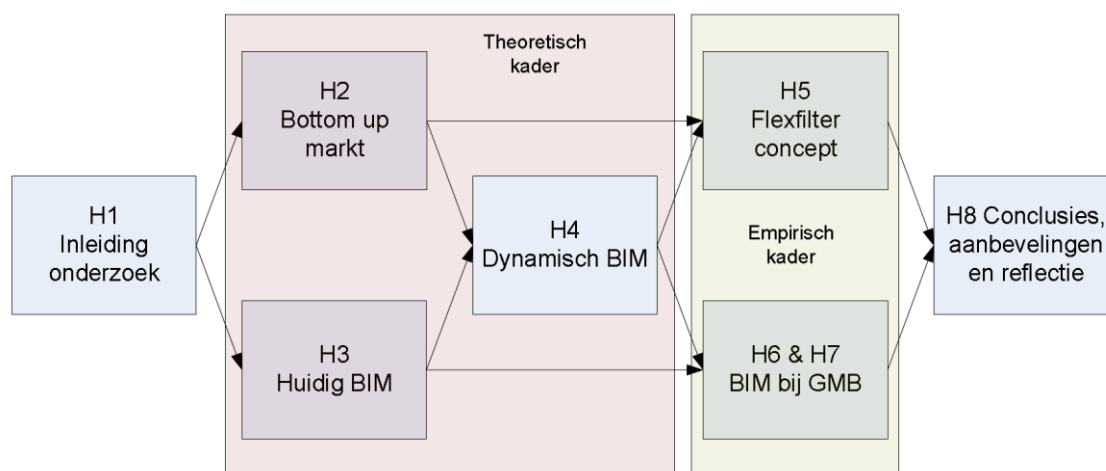
Het 3d model van de FlexFilter is in Autodesk Revit gemodelleerd. Autodesk is één van de marktleiders als het gaat om CAD software. Revit staat voor Revise Instantly, Direct Herzien. Het

specifieke aan dit programma is dat wanneer een wijziging aan een object in het ontwerp wordt doorgevoerd ook gerelateerde objecten veranderen. De ruimtelijke consequenties van een aanpassing worden op die manier snel inzichtelijk. Doordat in Revit allerlei informatie aan objecten gekoppeld en uitgewisseld kan worden, wordt ook gesproken van een intelligent parametrisch 3d model. Het ingenieursbureau Witteveen+Bos heeft reeds een ontwerp van een RWZI in Revit gemodelleerd, en ook een Flexfiltermodel is in Revit beschikbaar.

Voor de uitwisseling van objectgegevens zal het IFC (Industry Foundation Classes) formaat beschouwd worden. De Rijksgebouwendienst van de Verenigde Staten, de GSA (U.S. General Service Administration) kiest voor IFC en voert pilotprojecten uit met BIM (GSA, 2008). Het IFC bestandsformaat is opgenomen als ISO standaard (BuildingSMART IFD).

1.9 Opbouw van de scriptie

De hypothese (H1) geeft aanleiding twee dingen te onderzoeken: Het creëren van een integrale en dynamische producten (H2), en bouw informatie modellen (H3). Hieruit wordt een theorie gevormd over hoe een BIM kan ondersteunen bij het vormen van integrale en dynamische producten (H4). Vervolgens wordt deze theorie gedemonstreerd op een product van GMB (H5) en wordt gekeken hoe de organisatie van GMB nu het beste een BIM werkwijze kan opzetten, met een visie en strategie (H6) en een implementatieplan (H7). Hieruit kunnen conclusies getrokken worden en aanbevelingen worden gedaan.



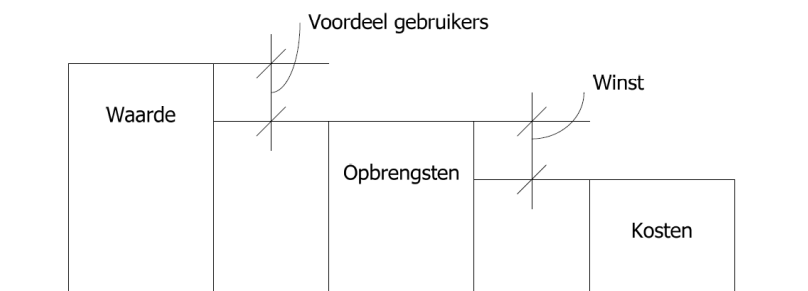
Figuur 1: Opbouw van de scriptie

H2: Aanbod gedreven markt

Dit hoofdstuk behandelt de concepten die voorhanden zijn om een integraal en dynamisch aanbod te produceren. In de beschreven concepten gaat integraal en dynamisch vaak hand in hand. De indeling is gemaakt op basis van de nadruk van het concept. Paragraaf 2.1 gaat in op hetgeen waar het aanbieden van een product toe moet leiden: een transactie. Paragraaf 2.2 bespreekt de voordelen van een integraal en dynamisch aanbod. Paragraaf 2.3 beschrijft concepten voor de ontwikkeling van integrale producten en vervolgens worden in 2.4 concepten voor dynamische producten behandeld. Paragraaf 2.5 behandelt tot slot de conclusies die getrokken kunnen worden voor aanbieders van integrale en dynamische producten voor de bouw. Drie initiatieven voor integrale en dynamische concepten zijn te vinden in Bijlage 2.

2.1 Transactie tussen klant en aanbieder

Voor de verkoop van producten en diensten gelden de economische principes. Een klant koopt iets wanneer de waarde voor hem groter is dan de prijs van het product. Een fabrikant of aanbieder levert een product wanneer de prijs die hij daarvoor ontvangt hoger is dan de kosten die hij moet maken om het product te kunnen leveren. De klant heeft baat bij zoveel mogelijk waarde ten opzichte van de prijs en de aanbieder heeft baat bij een zo hoog mogelijke prijs ten opzichte van de kosten. Daarnaast wordt de aanbieder vanwege concurrentie gedwongen de meest optimale waarde/prijs verhouding voor de klant na te streven en te innoveren.



Figuur 2: Waarde, opbrengsten en kosten (De Ridder H. , 2009)

In een gezonde markt zal de prijs nooit hoger zijn dan de waarde voor de klant en nooit lager dan de kosten voor de aanbieder.

2.2 De voordelen van een integraal en dynamisch aanbod

Door de geïntegreerde contracten en de daaruit voortvloeiende vraag naar integrale aanbiedingen van opdrachtgevers, ontstaat voor aanbieders de kans zich van de overige aanbieders te onderscheiden door een eigen aanbod te ontwikkelen. Eigen producten met bijbehorende diensten moeten de klant binnenhalen.

2.2.1 Integraal aanbod

De Van Dale (Boon & Geeraerts, 2005) geeft in haar 14^e editie als betekenis van integraal:

1. *Op zichzelf bestaand, een geheel uitmakend.*
2. *Waaraan niets ontbreekt, allesomvattend in zijn geheel.*

Integraal aanbod houdt in dat er sprake is van een compleet eindproduct, dat voor de gehele levenscyclus aangeboden kan worden.

Vanwege marktwerking heeft de aanbieder tot doel een eindproduct te leveren dat voldoet aan de behoeften van de klant om zo de waarde voor de klant te maximaliseren. Aan de andere kant heeft de aanbieder er baat bij om het te leveren product zo efficiënt en effectief mogelijk tot stand te brengen en zo de kosten te minimaliseren.

Voordelen van integraal aanbod voor de aanbieder zijn de mogelijkheden om de winstmarges te vergroten:

- Hoe hoger de waarde van het eindproduct, hoe meer de klant bereid is ervoor te betalen.
- Hoe lager de productiekosten hoe meer de aanbieder van de inkomsten overhoudt.

De aanbieder moet innoveren om meer waarde te creëren of de kosten te verlagen. Om de klant voor zich te winnen zal de aanbieder een deel van het gecreëerde voordeel doorgeven aan de klant.

Voordelen van integraal aanbod voor de klant:

- Hij krijgt een allesomvattende oplossing voor zijn probleem.
- Één partij is verantwoordelijk voor het eindproduct.

2.2.2 Dynamisch aanbod

In haar 14^e editie geeft de Van Dale als betekenis van dynamisch:

1. *De dynamica, de beweging betreffend.*
2. *Waarin innerlijke beweging of bewogenheid overheerst.*

Een aanbod dat in beweging is, staat in tegenstelling tot een aanbod dat statisch is. Het aanbod kan op drie manieren in beweging zijn:

1. Dynamische markt. Doordat de aanbieder de veranderende behoeften in de markt volgt en door innovaties toe te passen ontstaan telkens weer nieuwe en andere eindproducten. De klant heeft keuze uit de verschillende producten waarmee de verschillende aanbieders de klant aan zich willen binden. Het aanbod is dus als geheel in beweging en zal zich steeds verder ontwikkelen.
2. Dynamische aanbidding. Om voor zoveel mogelijk klanten een waardevol product te kunnen bieden, en tegelijkertijd de kosten zo laag mogelijk te houden, zijn dynamische/flexibele concepten nodig. Dit zijn uitgedachte concepten die zijn aan te passen aan de specifieke wensen en behoeften die per klant verschillen.
3. Dynamisch product. Het product zal om van optimale waarde voor de klant te zijn, en te blijven, ook dynamisch zijn tijdens de gebruiksfase. Vanwege de lange levensduur van bouwwerken maar de sneller veranderende behoeften moet een bouwwerk aan nieuwe

behoeften aan te passen zijn. Het eindproduct is dus letterlijk in beweging om op optimale waarde-versus-kosten-verhouding te blijven.

Voordelen van dynamisch aanbod voor de aanbieder:

- Met flexibele concepten kan hij de kosten laag houden en toch klantspecifieke producten aanbieden met een betere waarde/kosten verhouding.
- De aanbieder kan de klant langere tijd binden door het eindproduct dynamisch op waarde te houden.

Voordelen van dynamisch aanbod voor de klant:

- De klant heeft keuze uit verschillende producten.
- Er ontstaat nieuw aanbod door innovaties.
- Het product is aan te passen aan de veranderende behoeften van de klant.

2.3 Concepten voor de ontwikkeling van integrale producten

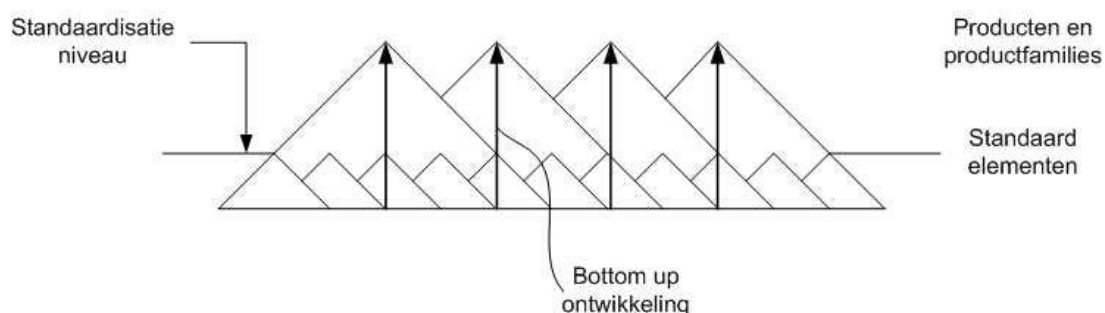
In de vorige paragraaf is uitgelegd waarom een integraal en dynamisch aanbod in de bouw gewenst is. Deze paragraaf gaat in op concepten voor de ontwikkeling van integrale producten in de bouw.

2.3.1 Stap naar productontwikkeling

Om producten te kunnen ontwikkelen en te kunnen innoveren moet de samenwerking tussen ontwerpende en uitvoerende partijen versterken. Een ontwerp dat niet uitvoerbaar is biedt geen oplossing en een gerealiseerd bouwwerk dat niet exploiteerbaar blijkt, is niet levensvatbaar.

Om een succesvol product te ontwikkelen is het noodzakelijk dat de exploitant terugkoppelt naar de aanbieder en dat de uitvoering terugkoppelt naar de ontwerper. Indien de relaties goed worden gelegd dan is het mogelijk om verschillende processen (ontwerp, uitvoering en exploitatie) te benaderen vanuit de gehele levenscyclus. Wanneer dat goed geregeld is worden de eerste stappen gemaakt naar integrale productontwikkeling (De Ridder H. , 2009b).

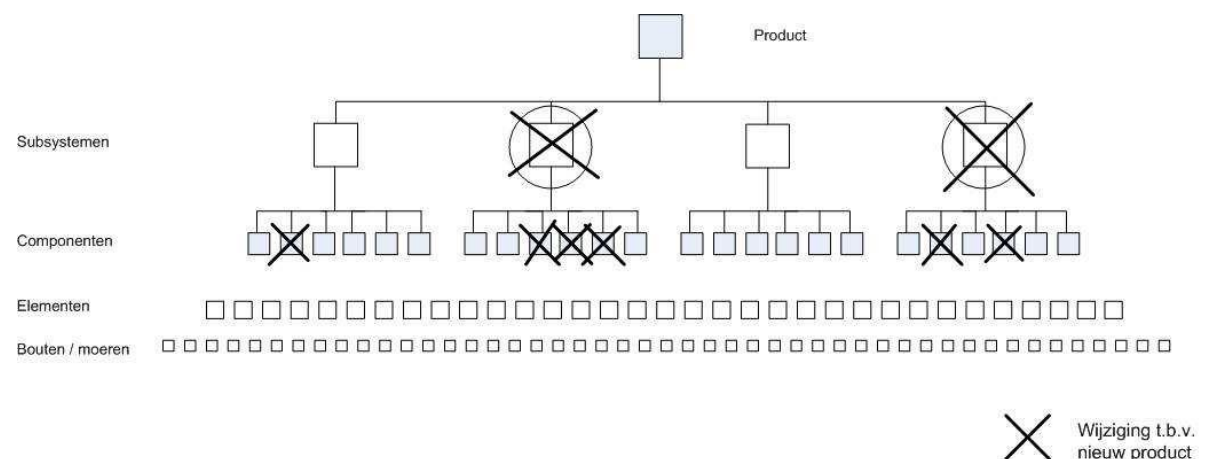
Het niveau van productontwikkeling in de bouw ligt bij de standaardelementen en standaard subsystemen. Een klantspecifieke oplossing wordt verkregen door een unieke combinatie van subsystemen (zie Figuur 3).



Figuur 3: Productniveau in sector (De Ridder H. , 2009b)

Op het laagste niveau zijn boutjes en moertjes gestandaardiseerd, maar bijvoorbeeld ook pompen en volledige hydraulische installaties zijn verkrijgbaar. Met behulp van zulke elementen en subsystemen is het mogelijk een klantspecifieke oplossing te creëren.

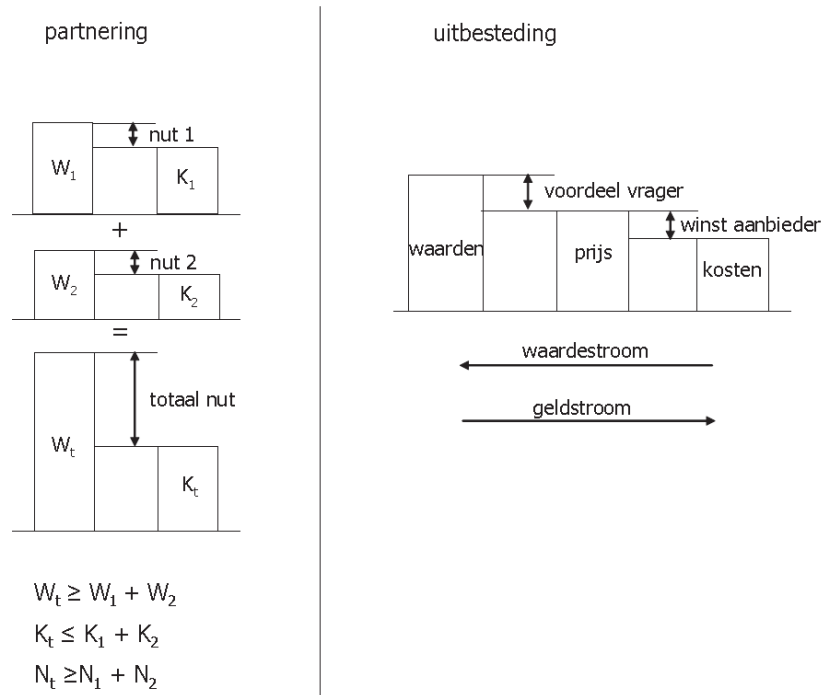
Wanneer de markt bottom-up zijn producten kan ontwikkelen worden nieuwe systemen ontwikkeld op basis van bestaande systemen. Op verschillende schaalniveaus zullen varianten bedacht worden en innovaties doorgevoerd kunnen worden. Dat kan op elk schaalniveau plaatsvinden zoals bij de subsystemen, bij de componenten of bij de elementen. Dit proces is geschetst in Figuur 4.



Figuur 4: Productontwikkeling binnen een bedrijf (De Ridder H. , 2009b)

2.3.2 Integraal samenwerken

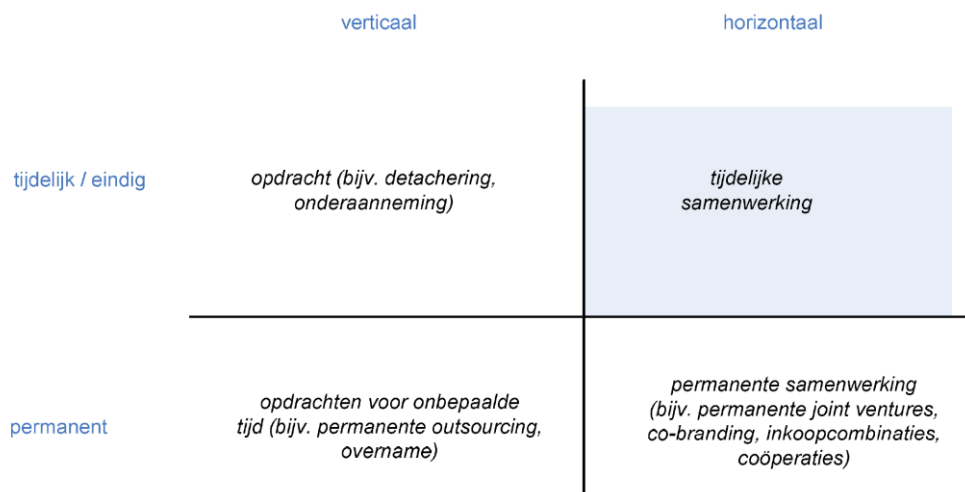
(De Ridder H. , 2006) Beredeneert dat bij samenwerkingen de totaal gecreëerde waarde gelijk is aan, of groter is dan, de som van de waarden die de twee partners toevoegen. Door samen te werken zullen de totale kosten vaak ook lager uitvallen dan de som van de anders apart gemaakte kosten, dit is in Figuur 5 weergegeven. W staat voor waarde en K voor kosten.



Figuur 5: Geïntegreerd samenwerken versus uitbesteden (De Ridder H. , 2006)

Figuur 6 laat verschillende werkverbanden zien. Verticale verbanden worden aangegaan tussen een opdrachtgever en een opdrachtnemer, en horizontale verbanden geven een samenwerking aan. Een andere dimensie waarop werkverbanden van elkaar kunnen verschillen is het vooruitzicht op beëindiging. Voor veel samenwerkingsverbanden is vooraf bepaald wanneer de samenwerking wordt beëindigd. Men kan hiervoor een specifieke datum vaststellen, maar de afspraak kan ook zijn dat een samenwerking pas wordt afgesloten op het moment dat de gezamenlijke doelstellingen zijn behaald.

Er zijn ook veel samenwerkingsverbanden waar geen sprake is van concrete vastgestelde eindtermen. Het gaat daarmee om permanente samenwerking. Het kan dan gaan om het ontwikkelen van een gezamenlijk product of gezamenlijke productielijn. De bedrijven kunnen hiervoor ook een gemeenschappelijke marketingstrategie opzetten. Er wordt in dit verband ook wel gesproken van cobranding (EIM bv., 2008).



Figuur 6: Verschillende werkverbanden (EIM bv., 2008)

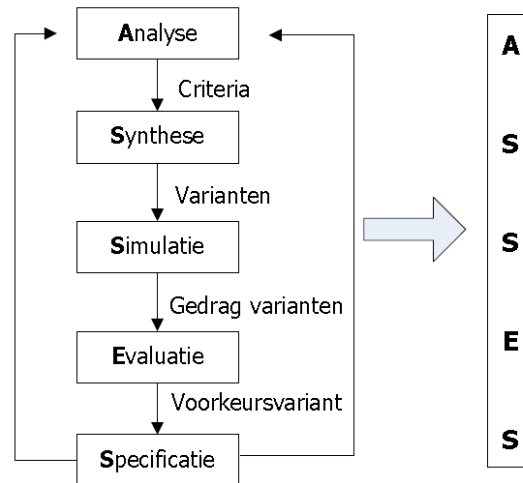
(EIM bv., 2008) stelt dat combinaties van organisaties die kortstondig samenwerken (blauwe vlak Figuur 6) vaak minder efficiënt en effectief zijn dan stabiele combinaties. Teamleden kunnen door lange termijn relaties problemen in een project eerder herkennen en door deze kennis proactief optreden.

Er kan gekozen worden voor een samenwerking waarbij de partner deelneemt in het product, en deelt in de ontwikkelkosten en de opbrengsten, zodat kennisdeling met als doel proces- en productoptimalisatie bij alle teamleden voorop staat. Juist omdat gedeelde doelen en open communicatie zeer belangrijk zijn in een samenwerking, is het van groot belang om degene die kennis wil delen daarvoor ook te belonen.

Integrale projecten zijn projecten waarin met alles rekening gehouden is (zoals omgeving, context, levenscyclus). Een geïntegreerd project beslaat ontwerp en realisatie, en soms ook onderhoud, financiering en uitbating. Integrale projecten zijn (meestal) ook multidisciplinair. De opdrachtnemer van een multidisciplinair project is een bedrijf dat al deze disciplines in huis heeft of een combinatie van bedrijven die de disciplines inbrengen.

Wanneer de verschillende taken van ontwerp, engineering en uitvoering binnen één bedrijf of consortium vallen is geïntegreerd samenwerken een stuk makkelijker omdat dan geen bedrijfsgebonden grenzen gelden. Maar het is ook mogelijk een taak als bijvoorbeeld engineering uit te besteden of in te huren.

Om met verschillende disciplines aan een integraal project te werken kunnen deze disciplines in één bedrijf ondergebracht worden. Een kleiner bedrijf dat niet alle disciplines in huis heeft, kan een samenwerking aangaan op het gebied van één of meerdere van de disciplines. Bij gezamenlijke productontwikkeling zal er ook gezamenlijk een ontwerp totstand gebracht moeten worden. Ontwerpen is een iteratief proces. De opeenvolgende stappen worden meerdere keren doorlopen om tot een bevredigend resultaat te komen. In Figuur 7 is een voorbeeld gegeven van een mogelijke ontwerpcyclus.



Figuur 7: De elementaire ontwerpcyclus (De Ridder H. , 2009)

Om samen met verschillende disciplines een aanbod te ontwerpen waarbij rekening gehouden wordt met de gehele levenscyclus van een bouwwerk, is een goede coördinatie noodzakelijk. Er is hiervoor een aantal methoden beschikbaar, zoals collaborative design, concurrent engineering en systems engineering:

- Collaborative Design wordt omschreven als multidisciplinair gelijktijdig ontwerp vanaf het begin van een project (Hubers, 2009).
- Concurrent Engineering (CE) is volgens de Concurrent Design Facility van ESA een systematische aanpak van geïntegreerde productontwikkeling, dat de beantwoording aan de klantverwachtingen benadrukt. Het belichaamt teamwaarden van samenwerking, vertrouwen en delen, op zo'n manier dat beslissingen worden genomen op basis van consensus, alle perspectieven meegenomen, vanaf het begin van de levenscyclus van een product (Concurrent engineering).
- Systems Engineering (SE) is volgens het INCOSE handbook uit 2004 een interdisciplinaire aanpak en middel voor de totstandbrenging van succesvolle systemen (Systems engineering).

2.3.3 Lean construction

Lean productie is een term die refereert aan het productiesysteem zoals dat als eerste is toegepast bij Toyota in Japan. Begin jaren 60 keek men bij Toyota naar het massaproductie systeem van Henry Ford. Toyota voegde de productie van Ford samen met andere technieken waardoor het Toyota Productie Systeem ontstond (TPS) (Strategos). Bij Toyota was men er achter gekomen dat het Ford systeem enige tegenstrijdigheden en tekortkomingen had, vooral richting werknemers. Hieruit ontstond het idee van teamproductie. Een andere verandering bestond uit productvariatie. Het idee vanuit de Japanse cultuur om geen verspilling te accepteren werd ook in het systeem verwerkt.

Na jaren van doorontwikkelen en door het verbeteren van het productieproces ontstond het TPS, waarmee Toyota kon uitgroeien tot de grootste auto producent ter wereld. James Womack bestempelt dit systeem in zijn boek genaamd 'The Machine That Changed The World' als '*lean manufacturing*'. De term '*lean*' staat voor slank en wordt gebruikt omdat deze Japanse methode

minder gebruik maakte van menselijke inspanning, geïnvesteerd kapitaal, vloeroppervlak, materialen, tijd en ontwerp uren, wanneer vergeleken met massaproductie (Womack, Jones, & Roos, 1990).

De doelen van het lean denken bestaan uit het verbannen van verspilling, verminderen van niet-waarde toevoegende activiteiten en het verhogen van waardetoevoegende activiteiten. Dit leidt tot meer gecreëerde waarde voor de klant. Alles is erop gebaseerd de productiviteit te verhogen en de kosten te verlagen, terwijl de juiste klantwaarde gecreëerd wordt.

De lean fabrikant combineert de voordelen van ambacht en massaproductie, terwijl de hoge kosten van het eerste en de stijfheid van het laatste worden vermeden. Hiertoe maakt men gebruik van multifunctionele teams en zeer flexibele (geautomatiseerde) machines om een grote variatie aan producten te produceren (Womack, Jones, & Roos, 1990).

De term '*Lean construction*' duidt op het toepassen van de lean principes op de bouw (Lean Construction Institute, 2010). De parallel is dat de bouw een hoog ambachtsgehalte heeft. Elk project is volledig uniek en ook het productieproces moet telkens opnieuw bedacht worden. Het productiesysteem zou zich meer moeten begeven richting een flexibel, aan te passen geïndustrialiseerd proces.

Volgens (Melles, 1994) houdt lean ook in dat problemen in de productieketen opgelost dienen te worden door degene die ze veroorzaakt. Wanneer anderen in de keten deze problemen gaan oplossen kan dit de problemen alleen maar groter maken en blijft de oorzaak bestaan. (Melles, 1994) noemt 7 belangrijke instrumenten voor lean production:

1. *Multifunctionele taakgroepen*

Deze groepen kunnen complexe en complete producten maken met één ploeg. Het werk is ingedeeld zodat niet op elkaar gewacht hoeft te worden en er geen voorraden ontstaan. Het personeel moet zelf nadenken over de aanpak.

2. *Gelijktijdige engineering*

Om de ontwikkelingstijd van een product te reduceren zal simultaan ontworpen moeten worden. Door gelijktijdige engineering is het ontwerp en de uitvoering niet meer gescheiden, zowel fysiek als in de tijd, maar geïntegreerd en gesynchroniseerd door samenwerking van ontwerpers en uitvoerders in een productontwikkelingsteam. Miscommunicatie neemt af tussen ontwerp en productie. Ook marktonderzoek moet worden meegenomen.

3. *Kaizen*

Kaizen in Japan voor constante kwaliteitsverbetering. Het idee is dat personeel met ideeën kan komen voor kostenreductie en een betere productie met minder faalkosten.

4. *Just-In-Time leveranties*

JIT staat voor leveranties op het juiste moment, in de juiste hoeveelheid. Zo nemen voorraden op de plaats van productie, de bouwplaats, af. Daardoor kunnen op korte termijn beslissingen worden genomen, gebaseerd op de huidige vraag. Wanneer er al voorraden aanwezig zouden zijn, of de productie te vroeg gestart is, leidt dit tot

verspilling bij wijzigingen. Met JIT worden nieuwe (sub-)systemen pas gecreëerd vlak voordat ze nodig zijn. Hiervoor moet de productie in één keer goed gaan, zonder gebreken, en is een goede en stabiele relatie met de leveranciers nodig.

5. *Co-makers*

Met co-makers wordt een lange termijn relatie op basis van samenwerking aangegaan. Dit houdt in: gezamenlijk technologie uitwisselen, gezamenlijke openheid, gezamenlijke management ondersteuning, afname van voorraden en gezamenlijk delen in de winst. De relatie is gebaseerd op samenwerking in plaats van conflicten. Hierdoor is de co-maker in staat te leren en te innoveren om zoveel mogelijk aan de behoefte van de producent te voldoen. Door een langdurige samenwerking aan te gaan verminderen ook de transactiekosten die anders gemoeid zijn bij elk nieuw uit te besteden werk.

6. *Klant oriëntatie*

Het gehele bedrijf moet op de klant gericht zijn. Klant- en leverancier-relaties bestaan ook binnen de keten. Door goede communicatie met de volgende klant in de keten kunnen zijn problemen worden opgelost.

7. *Informatie-, communicatie- en processtructuur*

Een transparante organisatie staat voor heldere informatie en communicatie, zowel intern als extern. Een simpele organisatiestructuur maakt het makkelijker te communiceren. In een transparante organisatie is het makkelijker de gevolgen in te zien van bestuursacties. Goede communicatie leidt tot minder verspilling.

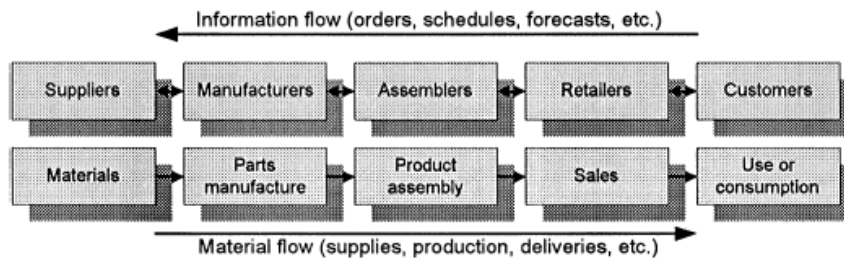
2.3.4 Supply Chain Management

Supply Chain Management (SCM) laat zich vertalen als ‘toeleveringsketen beheer’ en wordt omschreven als de integratie van de processen vanaf de leveranciers die materialen, producten, diensten of informatie leveren en zodoende waarde aan het product toevoegen voor de klant, tot aan het product in de handen van de eindgebruiker (Vrijhoef & Koskela, 2000) (Gunasekaran, 2004).

Supply Chain Management (SCM) is een concept dat zijn oorsprong vindt in de industrie. Zoals (Vrijhoef & Koskela, 2000) vermeldt was één van de eerste SCM toepassingen het Just In Time (JIT) leveringssysteem als onderdeel van het Toyota Productie Systeem. Het idee van het JIT systeem was om te zorgen dat de leveranties aan de Toyota fabriek in precies de juiste hoeveelheid, en precies op het juiste moment aankwamen. Het doel was de voorraden af te laten nemen en de interactie van leveranciers met de productielijn te reguleren. Verdere ontwikkelingen en studies van de toeleveringsketen leidden uiteindelijk tot het SCM concept.

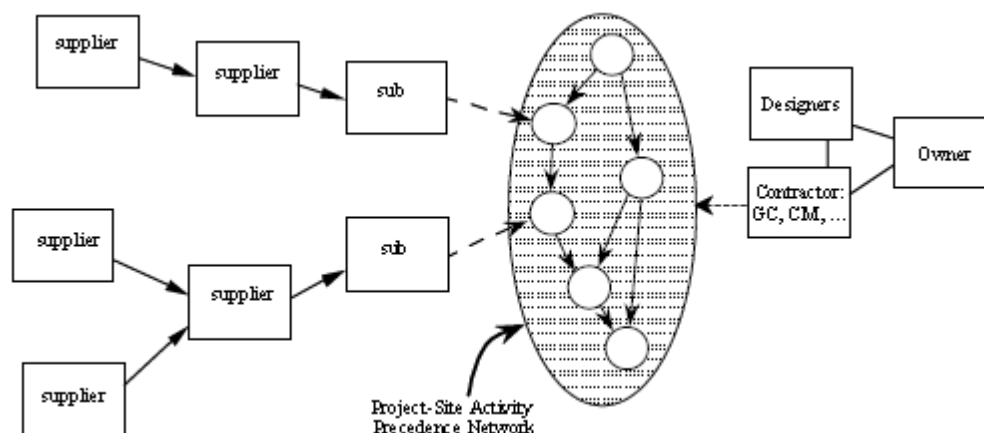
SCM kijkt naar de gehele keten (Figuur 8) en niet alleen het volgende deel of niveau.

Transparantie en optimalisering van de coördinatie en configuratie van de toeleveringsketen, ongeacht functionele of bedrijfsgebonden grenzen. Het idee van SCM is om de afhankelijkheden binnen de gehele keten te herkennen en daarmee de configuratie en integratie van bedrijfsprocessen te verbeteren.



Figuur 8: Gegeneraliseerde configuratie van een toeleveringsketen in een fabricatieproces (Vrijhoef & Koskela, 2000).

Voor vrijwel ieder bedrijf in de bouw geldt, dat ze grondstoffen, bewerkte grondstoffen, halffabricaten, accessoires of een compleet eindproduct inkoopt of verkoopt aan de volgende schakel in de keten.



Figuur 9: Concept toeleveringsketen in een bouwproject (O'brien, 2002)

Figuur 14 beschrijft het concept van de toeleveringsketen in de bouw. Hierin is het idee verwerkt dat de keten langs de locatie gaat. Hoewel dit een versimpelde weergave is geeft het een aardig beeld van de complexiteit van productie met een dergelijke keten. Het is te zien dat het bij een project al snel een groot aantal bedrijven betrokken is en deze allemaal op enig tijdstip op de bouwlocatie aanwezig moeten zijn om materiaal af te leveren of daadwerkelijk hun onderdeel aan het eindproduct toe te voegen.

(Vrijhoef & Koskela, 2000) Beredeneert dat de traditionele manier om naar de productie in de toeleveringsketen te kijken voor een groot gedeelte uitgaat van transformatie, terwijl SCM de productie vooral als een stroom ziet. De transformatie kijk suggereert een onafhankelijke rol van elk stadium in de productie terwijl de stroomvisie meer concentreert op de controle van de totale productiestroom. In deze stroom wordt steeds meer waarde gecreëerd voor de eindgebruiker. Hieraan gerelateerd is het concept dat de toeleveringsketen in zijn geheel gezien kan worden als een fabriek. Dus dezelfde principes en methodes die gebruikt zijn om fabrieken op te zetten kunnen dan gebruikt worden om toeleveringsketens in de bouw te verbeteren. In plaats van de lopende band die het product langs verschillende bewerkingen laat gaan, staat het product in de bouw stil en komen de verschillende bewerkingsteams langs het product. Waar in andere industrieën vaak het product zich langs de productieketen verplaatst, beweegt in de bouw de productieketen zich langs de locatie van het eindproduct.

(Vrijhoef & Koskela, 2000) Erkent drie kenmerken van de toeleveringsketen voor de bouw.

- De toeleveringsketen is convergerend omdat alle materialen uiteindelijk op de bouwplaats terecht komen. De bouwfabriek wordt telkens weer opnieuw opgezet en ontworpen.
- De ketensamenwerking is meestal tijdelijk, bij elk nieuw project wordt een nieuwe projectorganisatie samengesteld. Hierdoor is de toeleveringsketen in de bouw te typeren als instabiel en gefragmenteerd. De tijdelijke ketensamenwerking is voornamelijk het gevolg van de scheiding van ontwerp en uitvoering van bouwwerken.
- Er wordt op bestelling gemaakt, waarbij in elk project een nieuw eenmalig product gemaakt wordt en er weinig repetitie is. Het proces is voor sommige projecten wel hetzelfde.

Deze kenmerken die afwijken van van andere industriën worden in (Vrijhoef, 2005) als de drie eigenaardigheden van de bouw bestempeld. Deze drie voornaamste eigenaardigheden zijn (1) productie op de bouwplaats, (2) het vervaardigen van eenmalige producten en (3) tijdelijke organisatie van de productie.

Productie op de bouwplaats

Productie in de bouw is altijd plaatsgebonden, of er nu een prefab gebouw wordt neergezet of in-situ gebouwd wordt, het moet op één vaste lokatie terechtkomen. Daardoor is de bouw afhankelijk van factoren zoals grondcondities en de weersomstandigheden.

Eénmalige producten

De meeste gebouwde objecten zijn unieke producten. Niet alleen het ontwerp is vaak uniek maar ook het bouwproces verloopt telkens weer anders vanwege zaken zoals de locatie, economische situatie, omgeving en belanghebbende instanties. De bouw kan getypeerd worden als een soort industrie op projectbasis. (Ballard, 2005) Zegt hierover: 'Wanneer de bouw beschouwd wordt als een soort van productieproces gaat men duidelijk voorbij aan het ontwerp, en maakt men waardecreatie aantoonbaar ondergeschikt aan het terugdringen van verspillingen, wat hun juiste relatie omkeert,' maar 'bepaalde aspecten van de bouw zouden moeten bewegen richting de omgeving van repetitief vervaardigen'.

Tijdelijke organisatie

Vanwege de overheersende concentratie op bouwplaatsproductie en eenmalige producten, wordt de bouw meestal georganiseerd met tijdelijke organisaties voor verschillende projecten. Dit is vaak niet eens vanuit zakelijk oogpunt, maar meer een gewoonte waarbij men gericht is op de uitvoering van opeenvolgende projecten en de financiële optimalisatie van delen van een project. Verschillende soorten bedrijven en verschillende mensen vormen voor elk project opnieuw een team. Hierbij wordt amper aandacht geschonken aan kennisoverdracht en een systematische lange termijn aanpak van productieverbetering niet ondersteund. Dit is weer gerelateerd aan het feit dat het in de bouw vaak om unieke producten gaat.

De veronderstelling is dat deze eigenschappen leiden tot variaties, verspilling en een slechte prestatie als het gaat om productiviteit en waarde voor de klant. Om dit tegen te gaan zal men de negatieve effecten van deze drie eigenaardigheden willen minimaliseren.

Het is tegenwoordig onmogelijk om een effectieve toeleveringsketen op te zetten zonder informatie technologie (IT). Om informatie over de verschillende waardetoevoegende activiteiten in de toeleveringsketen efficiënt uit te wisselen is een geïntegreerd informatie systeem nodig (IS). IT is als een soort zenuwstelsel voor SCM (Gunasekaran, 2004).

De markt van de 21^e eeuw is digitaal verbonden en dynamisch van natuur. Bedrijven proberen daarom hun aanpassingsvermogen te verbeteren om er zo voor te zorgen dat ze flexibel zijn en gehoor kunnen geven aan de veranderende behoeften in de markt. Om dit te bereiken hebben vele bedrijven hun waardetoevoegende activiteiten gedecentraliseerd door ze uit te besteden en virtuele bedrijven op te zetten (Gunasekaran, 2004).

De markt is de drijvende kracht voor veranderingen in een organisatie. Hoewel flexibiliteit en responsiviteit belangrijk zijn om te kunnen concurreren, spelen de kosten nog steeds een hele grote rol om concurrerend te kunnen zijn. Het flexibel en responsief inrichten van een organisatie gaat gepaard met kosten. Veel (bouw)bedrijven kiezen voor kostenreductie als strategie om concurrerend te zijn. Om de productiekosten te drukken worden vaak niet-waarde toevoegende activiteiten zoveel mogelijk uitgebannen. Met goede ICT toepassingen kan gezorgd worden voor een snelle en nauwkeurige informatiestroom die ondersteunt in het voldoen aan de veranderende marktbehoeften. Daarnaast worden de kosten voor het verwerken van informatie verlaagd (Gunasekaran, 2004).

Het strategisch plannen van IT moet de lange termijn doelen van SCM, flexibiliteit en respons op veranderende marktbehoeften, ondersteunen. Zo kan IT helpen een snelle samenwerking op te zetten door de juiste informatie beschikbaar te stellen en zo als het ware één virtuele onderneming te vormen.

2.3.5 Systems integrator

Het samenstellen van de verschillende systemen die binnen de keten voortgebracht worden tot één werkend eindproduct wordt door (Vrijhoef & De Ridder, 2005) toebedeeld aan de supply system integrator. De term systems integrator is afkomstig uit de CoPS (Complex Product Systems) industrieën die complexe producten en systemen produceren. Een systems integrator stelt het functionerende product samen uit de producten en systemen van zijn leveranciers.

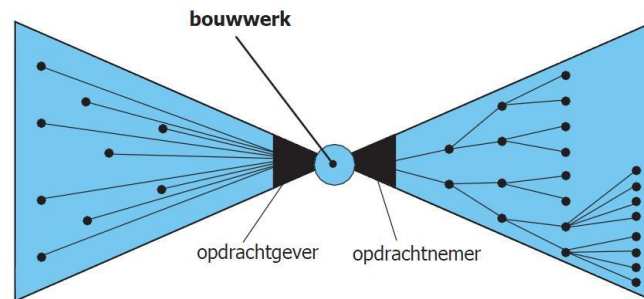
(Davies, Brady, & Hobday, 2007) definiëren een systems integrator als:

'A systems integrator is the single prime contractor organization responsible for designing and integrating externally supplied product and service components into a system for an individual customer.'

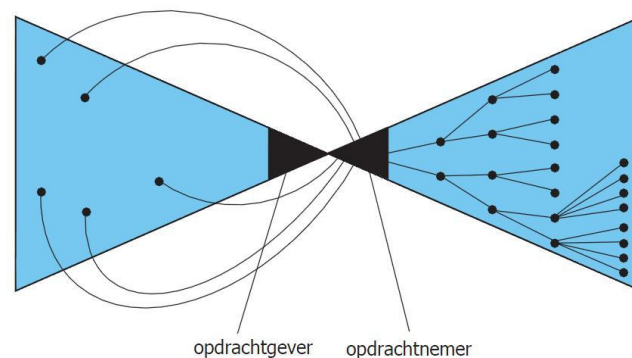
(Verster, 2009) haalt uit deze definitie drie eigenschappen voor een systems integrator:

- Een systems integrator is verantwoordelijk voor het ontwerp en de productie van een functionerend systeem voor de klant.
- De organisatie stelt het systeem samen uit producten en diensten van verschillende externe partijen.
- De organisatie ontwikkelt het systeem voor een individuele klant.

Ook in (Vrijhoef & De Ridder, 2007) pleiten de auteurs voor ketenintegratie door middel van system integrators. Omdat in de bouw vaak geen sprake is van een individuele klant stellen zij voor om ook de vraagzijde te integreren door middel van een systems integrator. Deze organisatie vertegenwoordigt de belangen van de betrokkenen aan de vraagzijde. Figuur 9 geeft een visualisatie van deze gedachte.



Figuur 9: Vraag en aanbod in ketens bij elkaar gebracht door system integrators (De Ridder H. , 2006).



Figuur 10: Integraal werkende opdrachtnemer (De Ridder H. , 2006).

De rol van Systems Integrator wordt in veel gevallen door de hoofdaannemer op zich genomen. Dat is de partij die traditioneel met alle partijen om de tafel zit, en zorgt voor de totstandkoming van het bouwwerk door inpassing van de systemen. Deze rol kan echter ook door een architectenbureau of ingenieursbureau vervuld worden.

De integraal werkende opdrachtnemer houdt ook rekening met de belangen van alle gebruikers en andere belanghebbenden die de opdrachtgever vertegenwoordigt (Figuur 10).

2.3.6 Marketing

De systems integrator is verantwoordelijk voor het ontwerp en de productie van een integraal product of systeem en treedt op als vertegenwoordiger van het systeem. De principes van marketing zijn een leidraad voor winstgevende bedrijfsvoering.

Het woord marketing is een samentrekking van de woorden *market* (markt) en *getting* (verkrijgen). Bij marketing gaat het om de vertaling van wensen en behoeften van de klant naar het aanbod van de onderneming, zo valt te lezen in het rapport 'Marketing in de bouw, op de particuliere markt' (Laudy & Veen, 2005). De onderneming moet ervoor zorgen dat de klant krijgt wat hij wil. Een tevreden klant komt terug, en zo heeft de onderneming een deel van de markt te pakken.

(Laudy & Veen, 2005) Definiëren marketing als volgt:

“De verzameling activiteiten die een bouwbedrijf uitvoert om op een winstgevende wijze klantwensen te begrijpen, toegevoegde waarde te creëren en te leveren.”

De drie begrippen worden hieronder toegelicht:

- *Klantwensen begrijpen:*
De behoefte van de klant in kaart brengen. Het gaat dan niet alleen om wensen die de klant expliciet duidelijk maakt, maar ook om impliciete behoeften waarvan de klant zelf niet eens wist dat hij ze had.
- *Toegevoegde waarde creëren:*
Een product of dienst creëren waaraan de klant nut of plezier beleeft en bereid is een goede prijs voor te betalen.
- *Toegevoegde waarde leveren:*
Dit houdt in dat de behoefte van de klant daadwerkelijk vervuld wordt. Dit gebeurt al vanaf het eerste contact met de klant tijdens het acquisitietraject. Het vervullen van de behoefte gaat door tot en met de oplevering, nazorg en zaken als onderhoud of exploitatie.

In een markt waarin bedrijven zich niet onderscheiden moeten bouwondernemingen elkaar door prijsconcurrentie onder druk zetten, met lagere marges tot gevolg. Marketing is voor een bouwbedrijf de belangrijkste activiteit om zich te onderscheiden van de concurrenten en op die wijze de marges op projecten te vergroten. (Laudy & Veen, 2005) stelt zelfs dat bouwondernemers die niet aan marketing doen, en zich dus niet onderscheiden van concurrenten, uiteindelijk zullen verliezen.

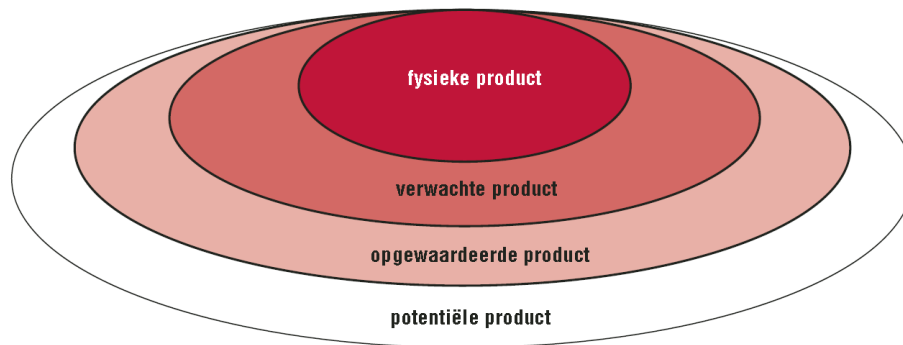
Marketing voor bouwbedrijven is anders dan marketing in andere sectoren zo beredeneren (Laudy & Veen, 2005). De opdrachtgever bindt zich aan een bepaalde partij voordat de eerste steen gelegd is, dus in de bouw gaat aankoop vooraf aan productie en levering. Dit brengt veel onzekerheden en risico's met zich mee en vraagt daarom om wederzijds vertrouwen. Hierdoor loopt de omgang met en het benaderen van klanten anders en hiervoor zou een andere marketingaanpak nodig zijn.

Deze onzekerheid kan echter worden weggenomen door een goede overeenstemming in het beeld en de specificaties van het product en referentie projecten. Consumenten schaffen tegenwoordig ook artikelen aan op internet, en hebben daarbij alleen een beeld en specificaties van het product en referenties en recenties ter beschikking. Met goede productmodellen kan dit in de bouw net zo werken.

Het totale productconcept

(Laudy & Veen, 2005) zien in het totale productconcept een manier om een passend aanbod te creëren: Het aanbod van een onderneming betreft meer dan een product of dienst alleen. Naast het eigenlijke fysieke product is er sprake van het verwachte product, het opgewaardeerde product en het potentiële product. Op het gebied van het verwachte, het opgewaardeerde en het potentiële product liggen de mogelijkheden voor de aanbieders om zich te onderscheiden van concurrenten. Dit kan bijvoorbeeld door middel van garantie-

voorwaarden, tussentijdse voortgangsrapportage of het bieden van een 24-uurs service voor technische gebreken.



Figuur 11: Productlevering en verwachtingen (Laudy & Veen, 2005)

Het opgewaardeerde product overstijgt de verwachting van de klant. Zoals bijvoorbeeld flexibiliteit tijdens de constructiefase. Het potentiële product bestaat uit de behoeftes van de klant die nog onbekend zijn.

Tijdens acquisitie is het van belang met de klant mee te denken in oplossingen en opties. Daarnaast is het van belang de klant de eigen behoefte te laten inzien. Vervolgens moet bij de oplevering worden nagegaan hoe tevreden de klant is over het product en het proces. Tijdens de nazorg zijn het relatiebeheer en de bereikbaarheid van het bedrijf erg belangrijk. Klachten die klanten hebben moeten naar behoren worden afgehandeld en dit is aanleiding om het aanbod te verbeteren.

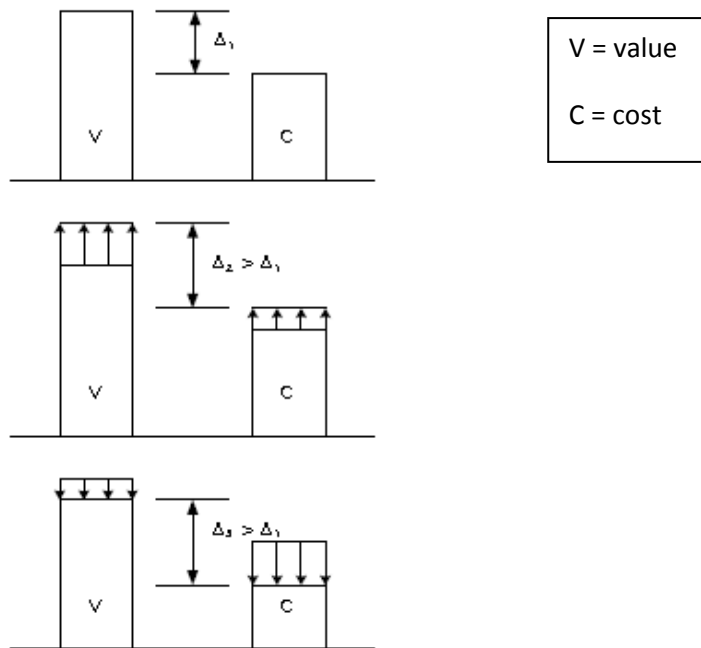
(Laudy & Veen, 2005) gaan voorbij aan het fysieke product als mogelijkheid voor de aanbieders om zich te onderscheiden van concurrenten. Hun studie richt zich op de particuliere markt en daar gaat de veronderstelling wellicht op dat elke aannemer in principe dezelfde fysieke producten kan afleveren, en hier geen onderscheid op te maken valt. In de gww-sector kan door het toepassen van zelf ontwikkelde innovatieve producten het fysieke product zelf echter weldegelijk onderscheidend zijn.

2.4 Concepten voor de ontwikkeling van dynamische producten

In paragraaf 2.2 is uitgelegd waarom een integraal en dynamisch aanbod in de bouw gewenst is. Deze paragraaf gaat in op concepten voor een dynamisch aanbodgedreven bouw.

2.4.1 Dynamische controle

De afweging tussen waarde en kosten voor het bepalen van het optimale aanbod gebeurt in een dynamisch controle model zoals beschreven in (De Ridder H. , 2009c). In het dynamische model wordt controle uitgeoefend door een bepaald verschil tussen waarde en kosten te onderzoeken. Wanneer meer toegevoegde waarde kan worden gewonnen tegen relatief weinig extra kosten, zal de beslisser niet aarzelen te investeren. Dit geldt ook wanneer veel kosten kunnen worden bespaard zonder dat de waarde er erg op achteruit gaat. Dit controle model wordt veel toegepast in de procesindustrie.



Figuur 12: Het dynamische model (De Ridder H. , 2009c)

In de civiele sector wordt dit nog niet actief of op een weldoordachte manier gebruikt. Het wordt wel passief en onbewust gebruikt, maar dat betekent nog niet dat er sprake is van een juist controle model. Met het waarde-denken in het vooruitzicht zal dit model binnen een aantal jaar gemeengoed worden in de civiele techniek (De Ridder H. , 2009c).

2.4.2 Mass customization

Mass Customization (MC) is een productiesysteem waarbij klantspecifieke producten en diensten geproduceerd kunnen worden tegen prijzen die dicht bij die van massaproductie liggen. Om tegemoet te komen aan de diverse en dynamische behoeften van de consument zijn verschillende variaties aangebracht in het standaard productiesysteem.

Met behulp van Computer Numerical Control (CNC) is het mogelijk om een geautomatiseerde maar volledig variabele productie tot stand te brengen. Doordat CNC productierobots door de computer aangestuurd worden kunnen deze machines alles maken wat je in de computer opgeeft, zolang de machine er geschikt voor is. De productiemethode is zodanig geautomatiseerd dat het geen extra tijd of geld kost om iedere keer een vorm te maken die verschilt van de vorige. Zo kan bijvoorbeeld elk gevelpaneel net zo makkelijk een andere vorm krijgen, zoals bij de Beekman tower van Frank Gehry in New York (Figuur 13).



Figuur 13: Gevelpanelen Beekman tower

Producten kunnen dankzij MC of CNC productie systemen volledig klantspecifiek gemaakt worden zonder dat dit veel meer kost dan repetitieve massaproductie.

2.4.3 Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen

IFD bouwen richt zich op een industriële, flexibele en demontabele manier van bouwen.

Industrieel bouwen

‘Industrieel’ verwijst naar het proces om het bouwwerk heen. Zo moet meer dan 80% van het bouwwerk in tijd materiaal en kosten in de fabriek geproduceerd zijn (IFD Platform). Het realisatieproces wordt zo veel mogelijk verplaatst van de bouwplaats naar fabrieken met de juiste productie omstandigheden. Op de bouwplaats vindt alleen montage plaats.

Bij industrieel bouwen is de productie gericht op de optimale inzet van mensen, materialen en (geautomatiseerde) machines. Hiervoor moeten de omstandigheden optimaal zijn. Wanneer de vervaardiging plaats vindt in een fabriek moeten alle eigenschappen, inclusief de afmetingen, vooraf bepaald zijn. Hierdoor kan er sprake zijn van seriematige productie.

Dankzij Lean productie is er steeds meer sprake van flexibele productie. Hierdoor kunnen binnen de seriematige productie een aantal eigenschappen variabel zijn. Dit betekent meer keuzevrijheid voor de klant. In de fabriek worden ook alle verbindingen gemaakt die veel tijd kosten. Op de locatie zelf worden de componenten in principe alleen gemonteerd met een simpele handeling en zonder aanpassingen. Op de bouwplaats vindt alleen voorbereiding, montage en afwerking plaats. Door het verplaatsen van het werk van buiten naar binnen worden de arbeidsomstandigheden beter en veiliger, stijgt de kwaliteit van de bouwonderdelen, kunnen garanties op het eindproduct verstrekt worden en is er een kortere bouwtijd buiten. De industriële bouw is minder afhankelijk van het weer, waardoor het hele jaar gewerkt kan worden. Zo kan industrieel bouwen zorgen voor een lagere prijs van het product, bij een hogere kwaliteit en snelheid.

Flexibel bouwen

Wanneer een bouwwerk flexibel ontworpen is, kunnen op allerlei niveau's aanpassingen gedaan worden. Dit maakt het mogelijk om met een bestaand bouwwerk aan de veranderende eisen en wensen te blijven voldoen. Ook houdt het in dat de eerste gebruiker kan kiezen uit verschillende mogelijkheden. Hierdoor kan voldaan worden aan de steeds meer dynamische eisen en wensen van gebruikers. Bij een volgende gebruiksduur dient het gebouw aangepast te kunnen worden aan de nieuwe eisen en wensen van de nieuwe gebruiker.

De flexibiliteit kan zitten in het product, maar ook in diensten, zoals verschillende mogelijke financieringsvormen. De technische flexibiliteit kan op meerdere manieren bereikt worden. Zowel bouwdelen als installaties zijn te verplaatsen, te vervangen, aan te passen, te verwijderen of aan te brengen.

Het voornaamste doel van flexibel bouwen is dat gebouwen langer geschikt blijven voor de gebruiker en eigenaar. Dit leidt ook tot langer gebruik van de producten waardoor niet vroegtijdig gesloopt hoeft te worden; dit is beter voor het milieu, aangezien de materialen in dat geval langer nuttig gebruikt worden.

Demontabel bouwen

Het idee van demontabel bouwen is dat alle verbindingen relatief eenvoudig los te koppelen zijn en de onderdelen gedemonteerd kunnen worden. Bij de ontmanteling van het bouwwerk kunnen de componenten dan elders worden hergebruikt. Om dit te bereiken moeten de verbindingen bereikbaar zijn en blijven. De verbindingen moeten tevens meerdere malen te demonteren en te monteren zijn. Dit hangt sterk samen met het flexibel bouwen. Door demontabel te bouwen zijn componenten ook makkelijk te vervangen gedurende de gebruiksfase. Hierdoor is het ook goed mogelijk om uit te breiden of in te krimpen, door componenten toe te voegen of te demonteren. Nog een voordeel is dat het mogelijk wordt het bouwwerk te verplaatsen. De eigenaar kan het laten ontmantelen en op een andere locatie opbouwen. De componenten moeten op zichzelf robuust genoeg zijn om vervoerd te kunnen worden.

Wanneer het gehele bouwwerk of componenten niet meer nuttig zijn, kan het hergebruikt worden. In combinatie met andere componenten in een nieuwe configuratie kan zo een nieuw waardevol product ontstaan.

Een groot maatschappelijk voordeel van demontabel bouwen is dat de componenten aan het einde van de gebruiksduur op componentniveau hergebruikt kunnen worden, waardoor er minder afvalvorming en verspilling plaatsvindt. Daarnaast is er ook het voordeel voor de eigenaar dat de componenten zo lang mogelijk gebruikt kunnen worden en zoveel mogelijk waarde behouden. Dat betekent dat hoogwaardig hergebruik op componentniveau daadwerkelijk van de grond kan komen.

2.4.4 Living Building Concept

LBC is een initiatief van prof. dr. Ir. H.A.J. de Ridder, verbonden aan de TU Delft, in opdracht van psi bouw. Het Living Building Concept (LBC) is een benadering van de bouw waarbij rekening gehouden wordt met het feit dat omstandigheden veranderen gedurende de levenscyclus van een bouwwerk. Het uitgangspunt is de bouw te benaderen vanuit de werking van een normale consumentenmarkt en te deze te herstructureren aan de hand van marktprincipes. Hierdoor

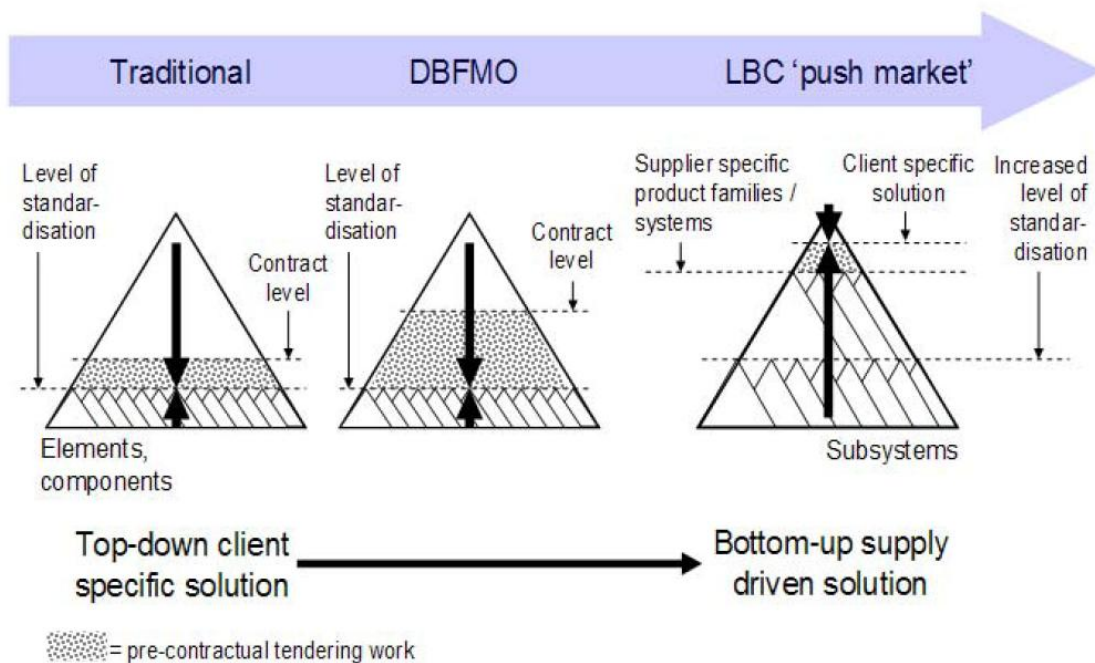
speelt waarde een even grote rol als kosten in alle bouwactiviteiten. Om deze waarde te behouden gedurende de levenscyclus is het noodzakelijk om een bouwwerk aan te kunnen passen aan veranderende behoeften, eisen en omstandigheden zodat het:

- Functioneel 'fit-for-purpose' blijft
- 'Up-to-date' qua vormgeving
- 'State-of-the-art' technologie gebruikt

In een dynamische wereld moeten ook de bouwwerken dynamisch, en dus aan te passen zijn. Wanneer dit het geval is kan een bouwwerk gezien worden als een levend object.

Bottom-up ketens

Om dit te bewerkstelligen zal de keten in de bouw in plaats van de huidige top-down reactieve werking bottom-up proactief moeten werken, zoals in Figuur 14 is weergegeven.



Figuur 14: Transitie van vraaggedreven aanbod naar aanbod gedreven vraag (De Ridder & Beheshti, 2009)

De aanbieder moet de klant de beste aanbieding doen, voor de beste prijs. Dit kan hij alleen verantwoord doen wanneer de aanbieder volledig inzicht heeft in het systeem en de kosten van zijn aanbieding. Zodoende moet de aanbieder zijn aanbod al voor aanbidding ontwikkeld hebben en kennen. De partners in de keten ontwikkelen productfamilies en product modules in een grote variatie. Hiermee zijn de ketens in staat deze productfamilies samen te brengen in een klantspecifieke oplossing (De Ridder, Beheshti, & Van Nederveen, 2010). Door de eigen bottom-up ontwikkeling van producten zal het niveau van standaardisatie in de bouw stijgen. Dit leidt tot lagere productiekosten, maar ook lagere transactiekosten: het samenstellen van een aanbidding is het samenvoegen van bestaande productfamilies.

De eindaanbieder biedt zijn eigen samengestelde product aan en moet hiervoor over de juiste kennis kunnen beschikken. Om LBC echt toe te kunnen passen moet het verschil tussen de echte

wereld en de virtuele wereld verdwijnen. De virtuele wereld moet de zaken en mogelijkheden van de werkelijkheid kunnen nabootsen (De Ridder, Beheshti, & Van Nederveen, 2010).

2.5 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn concepten beschreven voor een integraal en dynamisch aanbod. Uit deze concepten volgt waar een aanbieder aan moet voldoen om een integrale en dynamische aanbieder te worden. De subvragen zijn nu te beantwoorden, evenals deelvraag 1.

Subvraag 1.1 Wat zijn de voordelen van een integraal en dynamisch aanbod?

Wanneer sprake is van een integraal en dynamisch aanbod worden ondernemingen continu aangezet tot innovatie. Ondernemingen investeren in innovatie om de klant voor zich te winnen en te behouden. Ten opzichte van concurrenten moet het meest aantrekkelijke aanbod gecreëerd worden. Dit kan door het ontwikkelen van betere producten of door lagere kosten te maken dan de concurrentie. Wil een onderneming de concurrentiepositie behouden dan moet de nieuw gecreëerde waarde of de kostenbesparing voor een deel doorgegeven worden aan de klant. Op die manier profiteert de klant uiteindelijk van de dynamiek in de markt. Door zich te verdiepen in de wensen en het economisch proces van respectievelijk de gebruiker en eigenaar, kunnen bouwbedrijven de aangeboden functionaliteit maximaliseren en zo betere marges voor zichzelf bedingen.

Subvraag 1.2 Hoe kan een aanbieder een integraal product aanbieden?

Voor het ontwikkelen van integrale producten in de bouw is het noodzakelijk ontwerp, uitvoering en exploitatie met elkaar verbinden. Door bottom-up ontwikkeling kan het standaardisatieniveau omhoog en kunnen verbeteringen en innovaties doorgevoerd worden.

Om de efficiëntie te verhogen moeten bedrijven geïntegreerd en voor onbepaalde tijd samenwerken in stabiele combinaties. Door met partners deel te nemen in het product is er geen belemmering om kennis te delen en het proces en product te optimaliseren.

Het productiesysteem in de bouw zou volgens lean construction meer richting een flexibel aan te passen geïndustrialiseerd proces met oplossingen voor verschillende klantspecifieke wensen moeten gaan. Belangrijke instrumenten hiervoor zijn: Multifunctionele taakgroepen, gelijktijdige engineering, ideeën van (productie-)personeel gebruiken, JIT leveranties, werken met vaste co-makers, klant orientatie en een transparante organisatie. Belangrijk is dat personen en partijen samenwerken in flexibel aan te passen efficiënte processen, zowel intern als met extern, en hierbij goed communiceren met heldere informatie.

Volgens het Supply Chain Management principe zijn de drie voornaamste afwijkende eigenaardigheden van de bouwketen: productie op de bouwplaats, éénmalige producten en tijdelijke organisatie van de keten. Om de productiviteit en de kwaliteit te verhogen dienen deze factoren geminimaliseerd te worden. SCM vergroot het totale profijt op lange termijn voor alle

partijen in de keten en komt tot stand door middel van samenwerken en het delen van informatie.

Een aanbieder die als Systems Integrator fungeert, dient in staat te zijn om producten en diensten van externe partijen te integreren in één ontwerp, en de productie van het functionerende systeem voor een individuele klant te coördineren. Een integraal werkende systems integrator houdt ook rekening met de wensen van alle betrokkenen.

Een aanbieder moet volgens de marketing principes de behoeften van een klant in kaart brengen en een product creëren dat waardevol is voor de klant. Vervolgens moet de behoefte van de klant met het product en bijkomende diensten vervuld worden. Het is noodzakelijk voor een aanbieder om zich te onderscheiden van de concurrenten en onzekerheden en risico's voor de klant weg te nemen en hiermee vertrouwen op te bouwen.

Subvraag 1.3 Hoe kan een aanbieder een dynamisch product aanbieden?

Volgens het principe van dynamische controle moet in een aanbidding waarde en kosten afgewogen kunnen worden.

Bepaalde producten kunnen dankzij MC of CNC productiesystemen volledig klantspecifiek gemaakt worden zonder dat dit veel meer kost dan repetitieve massaproductie. Dit helpt bij het aanbieden van een flexibel product waar het IFD bouwen voor pleit:

Industrieel bouwen streeft naar een optimaal productieproces, waarbij de handelingen 'buiten' tot een minimum beperkt blijven. Binnen de seriematige productie kunnen een aantal eigenschappen variabel zijn. Flexibel bouwen betekent dat op alle niveau's aanpassingen gedaan kunnen worden. Ook diensten kunnen flexibel zijn. Door demontabel te bouwen zijn componenten makkelijk te vervangen, verplaatsen of te hergebruiken.

Het LBC is een concept voor het inrichten en samenbrengen van vraag en aanbod in de bouw. Hierbij moet rekening gehouden worden met de dynamiek van alle omstandigheden over de levenscyclus van een bouwwerk. De partners in de keten hebben in een bottom-up markt hetzelfde doel. Zij zullen productfamilies en productmodules ontwikkelen waarmee klantspecifieke oplossingen te maken zijn en het standaardisatieniveau in de bouw zal toenemen.

Deelvraag 1 Wat moet een aanbieder doen om een integraal en dynamisch product aan te kunnen bieden?

Om een integraal en dynamisch product aan te kunnen bieden moet een aanbieder:

- Met partners integraal samenwerken voor onbepaalde tijd
- Productieprocessen vastleggen met genoeg flexibiliteit
- Producten herhalen met een vaste keten
- Systemen kunnen integreren en de productie kunnen coördineren

- De behoeften van de klant goed in kaart kunnen brengen
- Waarde en kosten kunnen afwegen
- Demontabel bouwen
- Productfamilies en concepten ontwikkelen

De aanbieder moet daarnaast ervoor zorgen dat partners:

- Kennis delen voor optimalisatie van processen en producten door terug te koppelen in ontwerp, uitvoering en exploitatie.

H3: Huidig BIM

Dit hoofdstuk gaat in op de huidige beschikbare techniek voor het totstandbrengen van een bouw informatie model en wat de huidige mogelijkheden zijn voor de ontwikkeling en het gebruik. In 3.1 wordt verkend wat een BIM is en in 3.2 hoe een BIM totstand komt en gebruikt kan worden. Uiteindelijk wordt geconcludeerd of deze mogelijke manieren behulpzaam zijn voor een aanbieder om een integraal en dynamisch eindproduct aan te bieden.

3.1 BIM

Deze paragraaf behandelt wat bouw informatie modellen nou eigenlijk zijn en wat de stand van de huidige techniek is.

3.1.1 De term BIM

In hoofdstuk 1 is al een korte introductie gegeven van BIM.

BIM is de afkorting van bouw informatie model. In (Eastman, 2008) valt te lezen dat de eerste vermelding van de term 'building information model' in het Engels in 1992 komt van Van Nederveen en Tolman, in *automation in construction*. In Nederland is de term bouwinformatiemodel en de afkorting BIM al eerder geïntroduceerd getuige de publicatie (Van Merendonk & Van Dissel, 1989).

De afkorting BIM wordt ook vaak gebruikt voor 'Building Information Modeling'. Daarmee wordt het gehele proces bedoeld van het tot stand brengen en het gebruiken van een bouw informatie model. Of zoals Eastman het in zijn boek noemt: *We define BIM as a modeling technology and associated set of processes to produce, communicate, and analyze building models*.

Omdat het verwarrend is dezelfde term te gebruiken voor twee verschillende zaken (een model en processen), is in Nederland de term 'bimmen' een veelgehoorde aanduiding voor de processen en bijbehorende activiteiten (CPI, 2008) (BNA, 2010) (STABU, 2008).

3.1.2 Informatie en kennis

De 'I' in BIM staat voor informatie. Een eenduidige definitie van informatie is niet voorhanden. Verschillende wetenschappen gebruiken het begrip op verschillende wijze.

In de informatiekunde spelen begrippen als gegevens, informatie en kennis een belangrijke rol. Gegevens of data is het geheel aan gegevens zonder interpretatie. Puur de tekst of symbolen. Wanneer er een bepaalde structuur in de gegevens zit, zodat dit betekenis heeft voor de ontvanger, kan gesproken worden van informatie. Grof gezegd is informatie gestructureerde data.

De volgende beschrijving geeft dit weer:

Gegevens zijn taalkundige, wiskundige en andere symbolische surrogaten waarover we het eens zijn dat ze objecten, gebeurtenissen en concepten kunnen beschrijven. Bij informatie zijn de gegevens in een bepaalde context geplaatst die voor de ontvanger begrijpelijk is (Beheshti & Van de Looij, 2001)

Door informatiebronnen met elkaar in verband te brengen ontstaat kennis. Informatie wordt kennis als het binnen een bepaald domein zinvol bij elkaar gebracht is.

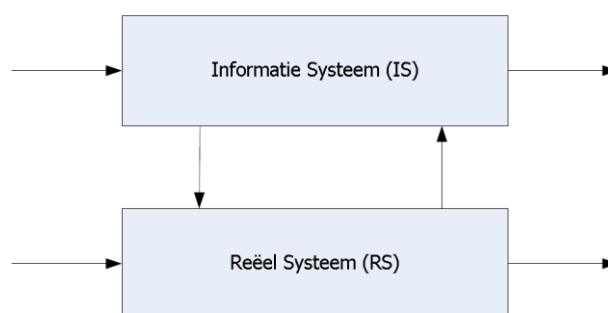
Kennis kan worden onderverdeeld in impliciete kennis en expliciete kennis. Impliciete kennis bestaat uit handelingen, ervaringen, routines en gevoel. Impliciete kennis kan zowel bewust als onbewust bij een persoon aanwezig zijn. Expliciete kennis is buiten de persoon vastgelegd en daardoor gemakkelijk over te dragen.

Het opslaan van kennis in computersystemen zodat we het kunnen hergebruiken, overplaatsen en delen, heet kennis technologie (KT). Kennis kan op verschillende manieren gerepresenteerd worden. Voorbeelden zijn algoritmen, procedures, expert systemen en beslissingstabellen. Deze kennissystemen kunnen kennis van voorschriften bevatten, kostenkennis, kennis van constructieleer, etcetera.

3.1.3 Informatiesysteem

Het daadwerkelijke bouwproces bestaat volgens het IS-RS paradigma uit twee transformatie processen: een die materiaal transformeert en een die informatie transformeert.

Het proces dat materiaal transformeert vindt plaats in het reële systeem (RS) en het informatie transformatieproces in het informatie systeem (IS). De materiaaltransformatie is het feitelijke bouwproces waarbij materialen door mensen en middelen tot een eindproduct worden gevormd. In het IS wordt informatie verwerkt tot nieuwe informatie. Het IS ontvangt statusinformatie en geeft stuurinformatie aan het RS. Het IS bestaat uit mensen, procedures en middelen. Deze wisselwerking is weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15: Wisselwerking informatiesysteem en reëel systeem

Modellen zijn een onderdeel van de middelen in het IS.

3.1.4 Modellen

Een model is een representatie van de werkelijkheid, met één of meerdere kenmerken van de werkelijkheid. Het doel van een model bepaalt welke essentiële eigenschappen in een model

moeten worden opgenomen en welke niet. Daarnaast is er sprake van een afbakening van wat men wel of niet wil beschouwen in de vorm van een systeemgrens. De systeemgrens scheidt het systeem van zijn omgeving.

Wanneer alleen statische eigenschappen beschouwd hoeven te worden volstaat een statisch model. Indien dynamische eigenschappen (in de tijd veranderende omstandigheden) van belang zijn, dienen deze eigenschappen in een dynamisch model te worden opgenomen.

Informatiemodellen

Door informatiemodellen te maken kan de informatie van het te modelleren onderwerp formeel worden vastgelegd. Een informatiemodel beschrijft een bepaalde klasse, of groep problemen of objecten, en de specifieke parameters van het te beschrijven exemplaar zodat de computer hier iets mee kan. Een exemplaar van een ingevuld informatiemodel noemt men een instantie.

Voorbeelden van informatiemodellen, ook wel schema's genoemd, zijn:

- *Productmodellen*
Informatiemodellen waarin bepaalde typen producten worden beschreven noemt men producttype modellen. Een instantie van een producttype model noemt men een product model. Een productmodel beschrijft dus een exemplaar van een product. Een productmodel ontstaat door in een producttype model de parameters en randvoorwaarden van het betreffende exemplaar in te vullen. Productmodellen zijn in staat alle relevante informatie van een product te bevatten en elektronisch over te dragen (Beheshti & Dado, 2004).
- *Procesmodellen* zijn informatiemodellen die een proces beschrijven. Dit kan gebruikt worden om inzicht te krijgen in complexe processen. Een bouwproces is vaak een transformatieproces.
- *Projectmodellen*
Project modellering ligt in het verlengde van product modellering. Een projectmodel is een informatiemodel dat alle belangrijke aspecten van een specifiek project beschrijft, wat betekent dat naast het productmodel, het ook informatie over activiteiten, middelen, en controlemiddelen bevat (Tolman, 2002).

3.1.5 Object parametrische CAD-systemen

De huidige generatie BIM ontwerpprogramma's komt voort uit het object gebaseerd parametrisch modelleren dat ontwikkeld is voor het ontwerp van mechanische systemen (Eastman, 2008). In een object georiënteerd parametrisch ontwerpprogramma is een bouwwerk samengesteld uit parametrische objecten, welke 3D weergegeven kunnen worden.

De algemene abstracte eigenschappen van een object zijn gedefinieerd in een klasse. Een dergelijk model- of objectklasse bevat de relaties en regels waarmee exemplaren kunnen worden beschreven. Een dergelijk exemplaar of object is een instantie van een klasse. Een andere benaming voor klasse is objectfamilie. Zo'n objectfamilie is in staat vele instanties te genereren van zijn type, met verschillende eigenschappen en op verschillende plaatsen.

Objecten kunnen genereerd worden met parameters, zoals afmetingen, afstanden en hoeken. Daarbij kunnen er ook regels opgesteld worden die als eisen gelden waar het object aan moet voldoen, zoals waar het aan vastzit, welke afstand het heeft tot een ander object of waar het loodrecht op moet staan.

Voorbeelden van parametrische objecten zijn elementen zoals kanaalplaten, kolommen, gevel-elementen, muren, deuren en ramen. De objecten zelf kunnen redelijk gecompliceerd zijn qua samenstelling of exacte vorm, maar met slechts enkele parameters kan al een instantie worden beschreven. Veel van dit soort objectklassen zijn vaak al voorgedefinieerd waardoor ze niet meer ontworpen hoeven te worden. De voorgeprogrammeerde objecten kunnen gedragsregels hebben. Wanneer een raam in een muur wordt geplaatst, verdwijnt de muur op die plek en wordt het raam geïntegreerd in de muur.

Een bekend objectparametrisch ontwerpprogramma is de Revit-lijn van Autodesk. Er zijn drie varianten van Revit: Revit Architecture, Revit Structure en Revit MEP. Zie Bijlage 4: Autodesk Revit voor een beschrijving.

3.1.6 Proces parametrische CAD-systemen

Bij proces parametrische ontwerpsystemen wordt een ontwerp gegenereerd aan de hand van algoritmes. De algoritmes zijn verwerkt in een script dat met in te vullen parameters een ontwerp kan genereren. Zo kan het script verschillende ontwerpen genereren met verschillende parameters. Voorbeelden van proces parametrische ontwerpsystemen zijn Generative components van Bentley Systems, Rhino met Grasshopper als plug-in, en Digital Project van Gehry technologies.

Het ontwerp dat hiermee ontstaat is te exporteren als objecten. De objecten zijn aan te passen en verder te detailleren in andere (object parametrische) programma's.

Een voordeel van parametrische ontwerpsystemen voor complexe geometrieën is dat vormen te maken zijn die voorheen amper mogelijk waren. Met deze modellen in combinatie met CNC productie is het mogelijk de complexe vormen rendabel te produceren. Wanneer de productierestricties in het ontwerpsysteem verwerkt zijn, kunnen productieklare ontwerpen gemaakt worden. Deze ontworpen objecten zullen in een object parametrisch model van de totaaloplossing zich wel kunnen aanpassen aan veranderende parameters en omstandigheden volgens de objectparametrische regels, maar niet volgens de ontwerpregels van het script. Bij wijziging van parameters in het script dienen deze objecten opnieuw gegenereerd te worden door het parametrische proces.

3.1.7 3D, 4D, 5D, nD modellen

Met 3D CAD programma's is het mogelijk 3D ontwerpen te maken en deze ontwerpen 3D weer te geven. Bij het gebruik van alleen 3D functionaliteit is er echter nog geen sprake van een BIM (Eastman, 2008). Een 3D representatie is slechts één van de mogelijke weergaven van een BIM, dat volgens de gehanteerde definitie een digitale representatie van fysische en functionele eigenschappen van een bouwwerk is (H1). Het gebruik van het object parametrische 3D model voor verschillende toepassingen heeft geleid tot benamingen zoals 4D, 5D en nD.

Alhoewel het een beetje vreemd is om te spreken van 4, 5 of zelfs n dimensies, is het wel erg populair. (Fox, 2007) spreekt van ‘domains’, domeinen, en gebruikt hiervoor dezelfde duiding ‘ nD ’. Deze benaming is al een stuk geschikter aangezien zaken als kosten en tijd geen dimensie zijn. Een domein zou dan gezien kunnen worden als vakgebied of discipline. Vooral de aanduiding 4D voor tijd en 5D voor kosten is erg populair en terug te vinden in veel literatuur over bouw informatie modellen, waaronder (Eastman, 2008) (Ashcraft, 2007) (CPI, 2008) (AGC, 2006).

Planning (4D)

Modellen kunnen gekoppeld worden aan een planning zodat een tijdsdimensie toegevoegd wordt. Bijvoorbeeld Gehry Technologies Digital Project BIM kan gekoppeld worden aan Primavera (Ashcraft, 2007) en ook Revit kan met MS project of Primavera geïntegreerd worden (Autodesk, 2007b). Het is ook mogelijk om MS Project te koppelen aan Navisworks door objecten en bijbehorende activiteiten in beide programma’s dezelfde naam te geven en hiertussen een koppeling aan te brengen (BIM wiki). De planningsinformatie kan gebruikt worden om de bouwvolgorde te simuleren en zo kunnen verschillende opties voor de uitvoering geëvalueerd worden. In feite kan het project virtueel gebouwd worden voordat het op locatie gebouwd wordt.

Kosten (5D)

Informatie over de kosten kan ook gekoppeld worden aan het model, of in de elementen van het model worden verwerkt, hiermee is het mogelijk om een financiële analyse uit te voeren of de bouwkosten in de gaten te houden (Ashcraft, 2007). Doordat uittreksstaten en maatvoeringen uit het model gehaald worden is deze informatie consistent met dit model. Hoeveelheden en materialen uit Revit kunnen bijvoorbeeld geëxporteerd worden in een excel bestand, maar ook kan een model vanuit Revit direct geëxporteerd worden naar een calculatieprogramma van bijvoorbeeld Innovaya (Autodesk, 2007c).

nD toepassingen

Planning en kosten zijn slechts 2 van de vele bewerkingen die mogelijk zijn met een objectparametrisch 3D model. Een meer uitgebreid gebruik van het model wordt vaak aangegeven met nD in plaats van verder door te nummeren. nD (soms XD) wordt gebruikt wanneer toepassingen zoals bijvoorbeeld energieberekeningen, geluidsimulatie, regelgeving of wat voor domein, expertise of discipline dan ook aan het model gekoppeld zijn.

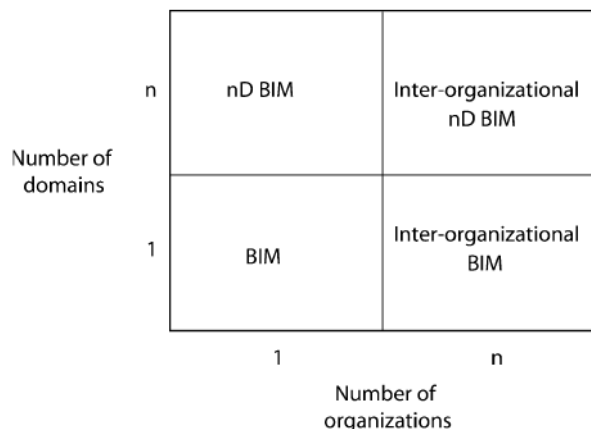
3.2 Ontwikkeling en gebruik

Deze paragraaf gaat in op het totstandbrengen en gebruiken van een BIM.

3.2.1 Inleiding

Het werken met een BIM kan vele voordelen geven ten opzichte van losse informatie en platte 2D tekeningen. Enkele van de genoemde voordelen zijn: éénmalig invoeren van informatie, consistent model, up-to-date informatie, 3D visualisatie, raakvlakkenbeheer (clash detection), automatische generatie van hoeveelheden en kosten, en allerlei analyses en simulaties (Eastman, 2008) (Ashcraft, 2007). In Figuur 16 zijn vier mogelijkheden gegeven voor het gebruik van een BIM. Een BIM kan gebruikt worden binnen slechts één organisatie, maar kan ook gedeeld worden tussen een aantal organisaties. Daarnaast kan een BIM gebruikt worden voor

het modelleren van één aspect, maar kunnen ook meerdere domeinen of disciplines in een BIM gevat worden.



Figuur 16: Scope van BIM gebruik (Fox, 2007)

Voor het aanbieden van een integraal en dynamisch product zal een gezamenlijk multidisciplinair BIM het meest van waarde zijn. Om de informatie van verschillende partijen in het BIM te krijgen en om te zorgen dat alle partijen van de up-to-date informatie gebruik kunnen maken moet deze informatie efficiënt gecommuniceerd kunnen worden. Om dit voor elkaar te krijgen zijn er ontwikkelingen op twee vlakken te herkennen: Interoperabiliteit tussen verschillende (discipline specifieke) applicaties, en inrichting van de communicatie tussen partijen.

3.2.1 Interoperabiliteit

Interoperabiliteit wordt bereikt wanneer computerprogramma's betekenisvol kunnen communiceren. Er zijn meerdere manieren mogelijk voor een multidisciplinair BIM:

- Het ontwikkelen van modelsoftware dat alle bewerkingen van elke discipline kan uitvoeren. Deze programma's zijn nog lang niet geschikt voor alle projecten en alle taken binnen een project. BIM software is nog lang niet zover maar gaat wel steeds meer bevatten en kan meer en meer.
- Het ontwikkelen van een uitwisselingstandaard en gemeenschappelijke definities voor een model waardoor verschillende programma's van verschillende leveranciers informatie in één bestandsformaat kunnen uitwisselen.
- Het ontwikkelen van een systeem waarin de programma's die voor verschillende doeleinden gebruikt worden hun eigen model draaien, waarbij deze modellen direct aan elkaar verbonden zijn door middel van Application Programming Interfaces (API's).

Het is op elk van de vorige manieren mogelijk om met verschillende disciplines aan een model te werken. De eerste optie, het maken van één programma of platform voor alle bewerkingen is echter niet handig. Dit zou te groot en complex worden en er zouden veel compromissen gemaakt moeten worden. Ook moeten altijd de laatste ontwikkelingen op elk vakgebied telkens in het programma verwerkt worden. Één softwarebedrijf kan nooit alle functionaliteiten bieden die anderen ook aanbieden. Op dit moment worden daarom voor elke specifieke taak vaak

programma's gebruikt die speciaal voor deze taak ontwikkeld zijn. Hierdoor bestaan van een project meerdere modellen in verschillende programma's. Deze modellen zijn in elk programma afzonderlijk geoptimaliseerd voor het uitvoeren van een taak met een specifiek doel. In de huidige praktijk blijven de laatste twee opties over. Deze mogelijkheden voor interoperabiliteit komen in de volgende paragrafen aan bod.

3.2.2 Bestanden uitwisselen

Verschillende CAD programma's slaan informatie op in hun eigen merkgebonden formaten en om deze data uit te wisselen tussen programma's zijn vele merkgebonden manieren ontwikkeld.

Een voorbeeld van merkgebonden uitwisseling zijn de programma's van Autodesk. Met Autodesk Revit is het mogelijk bestanden uit te wisselen met andere Autodesk programma's in Autodesk-eigen formaten. In Revitprojecten kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van bouwcomponenten die ontworpen zijn met Autodesk Inventor.

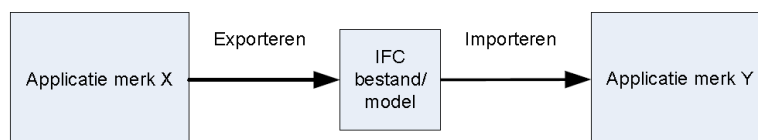
Om informatie te kunnen delen met andere deelnemers in een project zouden vertalers ontwikkeld moeten worden die alle formaten kunnen omzetten, een streven dat in de praktijk amper haalbaar is. Een praktischere benadering voor interoperabiliteit tussen softwarepakketten van verschillende merken is het gebruik van een universele standaard om bouwelementen en systemen te beschrijven.

Voor de ontwikkeling van een universele standaard is de Internationale Standaardisatie Organisatie (ISO) al sinds 1983 bezig met de ontwikkeling van ISO 10303 STEP (STandard for the Exchange of Product model data) (Beheshti & Dado, 2004). Twee Amerikaanse bedrijven, Autodesk en Bentley, hebben het initiatief genomen om met een groep softwareleveranciers en eindgebruikers de Internationale Alliantie voor Interoperabiliteit (IAI) te stichten. Tegenwoordig staat deze bekend als de BuildingSMART alliance. Deze alliantie is begonnen met het ontwikkelen van de Industry Foundation Classes (IFC).

BuildingSMART zet zich in om interoperabiliteit te faciliteren door IFC te definiëren als een uniforme basis voor de uitwisseling van informatie. De applicaties Bentley Architecture, ArchiCad, Revit en nog vele anderen kunnen nu allemaal informatie uitwisselen in IFC formaat. Er zijn ook andere open methoden voor communicatie tussen applicaties, zoals CIS/2, ontwikkeld voor staalconstructies en andere data definitie talen zoals XML, maar IFC is op dit moment de meest gebruikte en meest volwassen open standaard voor BIM modellen (Factsheet open source bimserver, 2010). Ook (Eastman, 2008) meldt dat IFC het enige publieke, niet-merkgebonden en doorontwikkelde data model voor gebouwen is.

3.2.3 Informatie uitwisselen met IFC

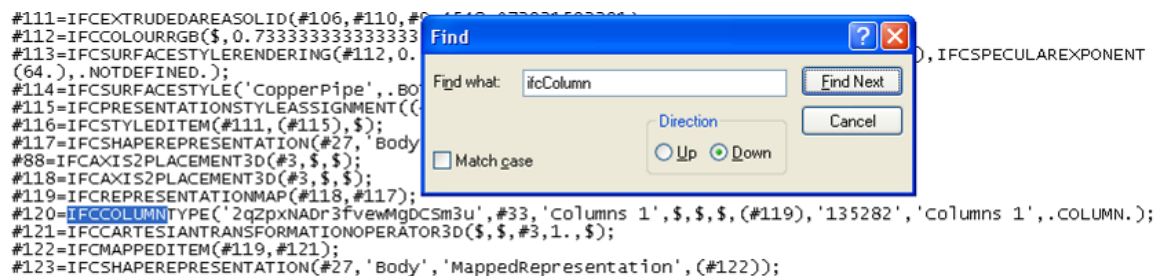
IFC is een merk-neutraal data uitwisselingsformaat voor bouw informatie. Om ermee overweg te kunnen dient een programma '*IFC compliant*' te zijn, een certificatie voor het importeren en exporteren van IFC bestanden. Maar dit is nog niet waterdicht, zoals (Khemlani, 2004) concludeert: Data verlies kan optreden bij het importeren en exporteren van het IFC formaat. Om volledige interoperabiliteit tussen applicaties te bewerkstelligen, zou het IFC een superset moeten zijn van al de data modellen, wat een schier onmogelijke taak is. Het is belangrijk dit te beseffen, zodat de verwachtingen van IFC niet hoger zijn dan de realistische mogelijkheden.



Figuur 17: Uitwisseling met IFC

Heel simpel beschreven werkt uitwisseling met IFC als volgt: Bij het exporteren van objecten uit een objectparametrisch CAD systeem, wordt dit object in een IFC bestand (*.ifc) samengesteld uit het relevante objecttype en de bijbehorende geometrie, relaties en eigenschappen. Na uitwisseling van het bestand gebruikt een ander programma vervolgens de data uit het IFC bestand om het object volgens de eigen definities weer te geven. (Jeong, Eastman, Sacks, & Kaner, 2009) concluderen dat vooral het omzetten van interne objectdata in een merkgebonden model naar IFC objecten nog problemen kan geven.

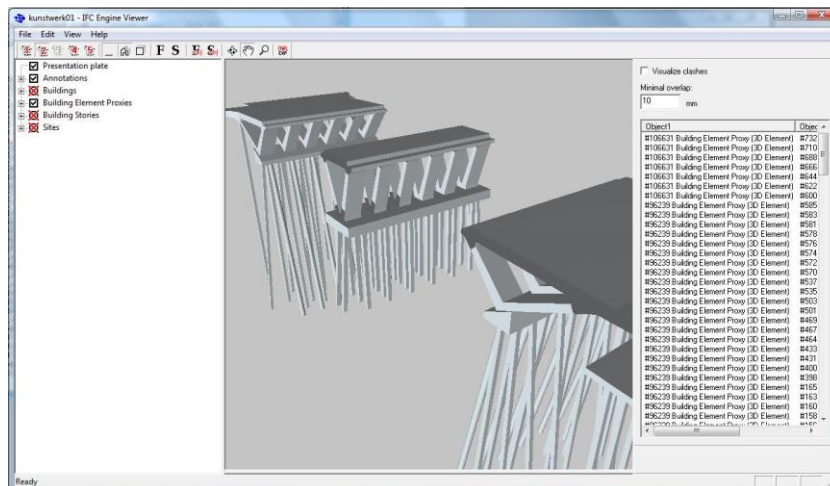
De informatie in een IFC bestand zelf wordt beschreven in een aantal regels. Deze regels zijn te zien wanneer je een IFC bestand in bijvoorbeeld *word* of *notepad* opent. In Figuur 18 is een IFC bestand van een aantal kolommen geopend in notepad. Hierin is de eerste regel opgezocht met het woord 'column' om te zien hoe dit beschreven wordt. Elke regel begint met een # gevolgd door een getal. Hierna volgt '=IFCCOLUMNTYPE' in het geval van regel #120. De eigenschappen en relaties staan hier vervolgens tussen haakjes achter, met verwijzingen naar andere regels. Door de object georiënteerde opbouw is er sprake van overerving van attributen om een object te definiëren.



Figuur 18: Een IFC bestand in notepad (Hubers, 2010)

Het IFC bestand draagt de informatie van één of meerdere objectmodellen, en is daarmee op zichzelf ook als model te zien. Hiervoor zijn 'viewers' beschikbaar die de geometrie en eigenschappen van IFC modellen in 3D kunnen weergeven.

In Figuur 19 is een IFC bestand van de onderbouw van een viaduct, gebruikt tijdens de BIMcaseweek 2010, weergegeven in *ifc engine viewer* van TNO.



Figuur 19: Representatie van een IFC bestand van een viaduct in IFC engine viewer

Een IFC bestand is in staat om objecten met bijbehorende geometrie, relaties en eigenschappen zoals materiaal en prestaties, op te slaan en over te dragen (Eastman, 2008). Een IFC model kan niet alleen bouwobjecten bevatten, maar ook bepaalde concepten zoals activiteiten, ruimtes en kosten. Al deze entiteiten kunnen eigenschappen hebben zoals naam, materiaal en relaties (Khemlani, 2004).

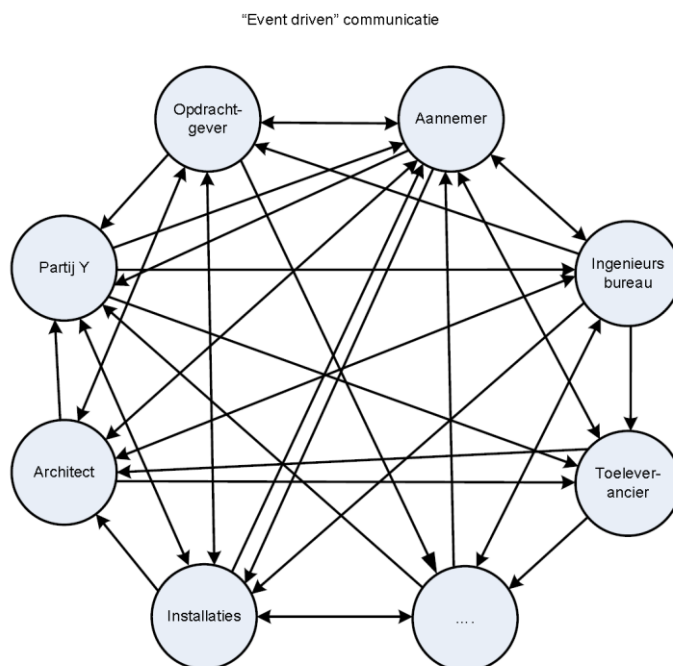
3.2.4 Application programming interfaces

Interactie van een applicatie met een andere applicatie kan plaatsvinden door middel van application programming interfaces (API's). Applicaties kunnen door het gebruik van API's direct met elkaar communiceren. Het gebruik van een API maakt het mogelijk gegevens te delen in plaats van uit te wisselen. Deze API's kunnen merkgebonden zijn of werken volgens een open standaard.

Een integratie door middel van een API kan zorgen voor een directe link tussen applicaties. Deze eigenschap wordt 'dynamisch' genoemd omdat tussen de software dankzij de API directe interactie mogelijk is (Autodesk, 2007a). Zo kan een analyseprogramma als 'add-on' gekoppeld worden aan een object parametrisch CADprogramma, en het hierin gecreëerde model kan worden overgenomen voor analyse in het analyseprogramma. In Bijlage 4: Autodesk Revit staat een voorbeeld. Het is op deze wijze niet nodig bestanden uit te wisselen of te uploaden. Er is in dit geval sprake van meerdere gescheiden, maar consistente, modellen.

3.2.5 Communicatie

In de huidige praktijk moeten gegevens vaak meerdere malen worden ingevoerd en wordt er veel handmatig overgezet. Er zijn veel verschillende instrumenten beschikbaar voor het genereren van allerlei informatie zoals tekeningen, berekeningen, specificaties, begrotingen en plannings. Dit wordt vaak met computerprogramma's gedaan die onderling niet kunnen uitwisselen, waardoor er vaak nog een persoon, handmatig of via een vertaalslag, de uitvoer van het ene programma moet invoeren in het andere programma. Dit zorgt voor veel dubbelwerk en een grote kans op het maken van fouten. Daarnaast zijn er verschillende versies van tekeningen en bestanden in omloop bij verschillende partijen waarbij de vele communicatielijnen (Figuur 20) ervoor zorgen dat niet één partij het overzicht heeft van alle juiste informatie.



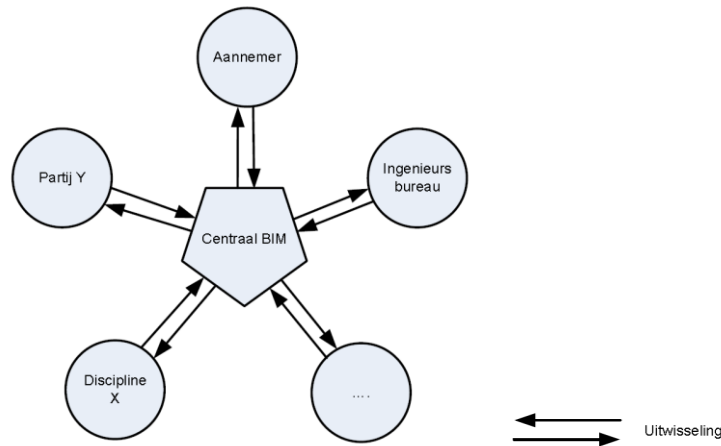
Figuur 20: De huidige communicatie in de bouw

Het continu uitwisselen van bestanden tussen allerlei applicaties geeft een hele grote uitdaging op het gebied van data- en informatiemanagement. Iedereen moet telkens van de laatste bestanden worden voorzien en wijzigingen moeten bijgehouden worden om te kunnen terugkijken. Voor het uitwisselen of delen van bouw informatie in een BIM zijn verschillende opties beschikbaar. Manieren voor het communiceren van BIM data komen in de volgende paragraaf aan bod.

3.2.6 Client-server en peer-to-peer

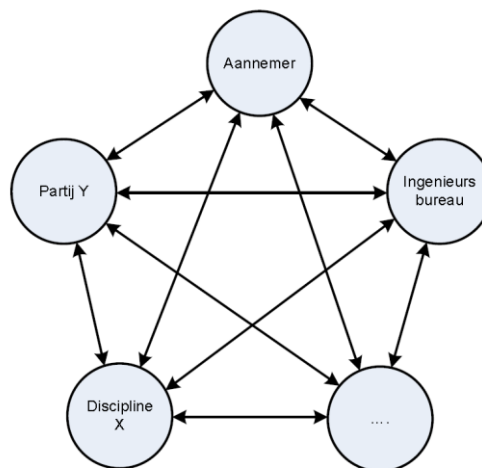
Om een wirwar van uitwisselingen te voorkomen kan de coördinatie worden gedaan door middel van uitwisseling met een database systeem. Er zijn verschillende van dergelijke 'bouw model depots' ontwikkeld op basis van IFC (Eastman, 2008). Bij deze systeem architectuur kan ook gesproken worden van een 'kernmodel' dat samengesteld wordt door verschillende 'bronmodellen' samen te voegen. Een dergelijk kernmodel bevindt zich in een gezamenlijk toegankelijke database. Deze database kan gefedereerd zijn of bestaan uit één centrale database.

Voor het realiseren van elektronische communicatie wordt er vaak gebruik gemaakt van client-server systemen waarbij databases en programma's niet meer op de eigen pc's staan, maar via internet of een lokaal intranet toegankelijk zijn. Servers zijn de computers met de programma's en databases waar de clients gebruik van maken. clients zijn de computers waarop de eigen applicaties gedraaid worden zoals visualisatie- of ontwerpprogramma's.



Figuur 21: Uitwisseling via een centrale server

In tegenstelling tot het client-server model zijn bij een peer-to-peer (p2p) netwerk de verschillende werkstations gelijkwaardig met elkaar verbonden. Hierdoor is directe communicatie en samenwerking tussen partijen mogelijk.



Figuur 22: Peer-to-peer communicatie

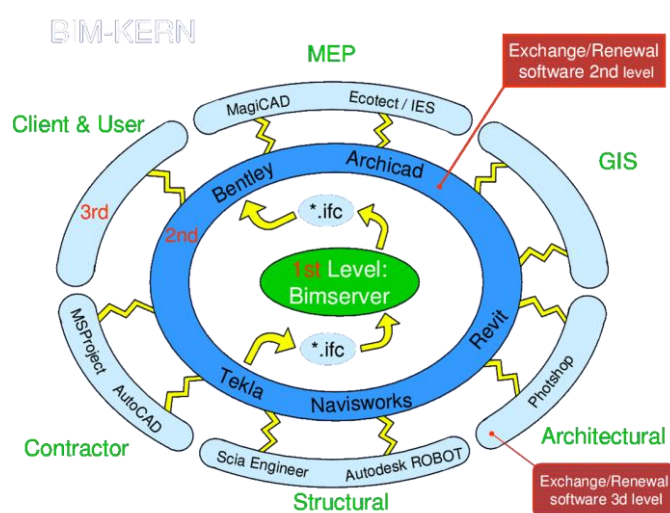
Peers maken een deel van hun middelen zoals rekenkracht, opslag of bestanden beschikbaar voor andere deelnemers, zonder het gebruik van een centrale server. In een peer-to-peer netwerk zouden de modellen bij de verschillende partijen automatisch synchroon moeten zijn.

3.2.7 Bimserver

Het client-server principe is toegepast bij de BIMserver. Het is een bouwmodeldepot op basis van IFC. De opensource BIMserver is software die op elke computer te installeren is. Na installatie fungeert de computer als een IFC BIMserver. De BIMserver kan omgaan met IFC bestanden en deze kunnen op de server gezet worden. De software analyseert de data in de bestanden en zet deze data in een onderliggende database. De BIMserver maakt het mogelijk gelijktijdig met verschillende disciplines te ontwerpen door te werken in subprojecten. De subprojecten worden na elke wijziging samengevoegd in het overkoepelende project (Factsheet open source bimserver, 2010). Hierbij waakt het programma over de consistentie bij de invoer.

De BIMserver is geen fileserver maar gebruikt IFC data en slaat dit op in een database. Uit de database exporteren is in allerlei formaten mogelijk. Er kan ook een clashdetectie uitgevoerd worden op de samengevoegde IFC data. Door automatisch versiebeheer zijn wijzigingen terug te vinden en met filters en zoekopdrachten is precies de gewenste informatie op te halen.

Iedereen kan toegang gegeven worden tot de BIMserver, het enige wat een gebruiker nodig heeft is een webbrowser. Elke aangemaakte gebruiker kan verschillende rechten toegewezen krijgen zodat de één alleen kan bekijken en downloaden en de ander een model bijvoorbeeld ook mag wijzigen. Elke deelnemer gebruikt daarvoor zijn eigen systemen. Op deze wijze kan elke discipline of partij op eigen wijze aan het model werken met welke software dan ook, en bepaalde informatie, kennis en tussentijdse versies binnen de eigen organisatie houden. Door te uploaden naar de centrale projectserver kan een nieuwe versie van het model gedeeld worden met andere deelnemers.



Figuur 23: Schema voor uitwisseling met de database (plaatje Bimcaseweek 2010)

In Figuur 23 is een schema weergegeven voor bestandsuitwisseling met een Bimserver. De Bimserver (1^e niveau) communiceert in IFC formaat met ieder programma van welk merk dan ook dat IFC ondersteunt (2^e niveau). Deze programma's kunnen (een deel van) de data wijzigen en de gewijzigde IFC bestanden terugsturen naar de Bimserver, waar dit samengevoegd wordt in het overkoepelende model. Bij de verschillende disciplines zelf is het mogelijk dat de programma's op een andere wijze dan IFC uitwisselen met discipline specifieke programma's (3^{de} niveau). Om de gewijzigde informatie vervolgens in het totale model te krijgen moet in dat geval eerst het bestand weer omgezet worden in IFC waarna het geupload kan worden op de Bimserver.

3.3 Conclusie

Dit hoofdstuk behandelt wat bouw informatie modellen in de praktijk zijn en wat de stand van de huidige techniek is om een BIM te produceren, communiceren en gebruiken. Vervolgens wordt geconcludeerd of deze mogelijke manieren behulpzaam zijn voor een aanbieder om een integraal en dynamisch eindproduct aan te bieden.

Subvraag 2.1 Wat is een BIM?

Volgens de definitie van NIBS is een BIM een digitale representatie van fysieke en functionele eigenschappen van een bouwwerk en dient het als een gedeelde kennisbron voor informatie van een bouwwerk waarmee het een betrouwbare basis vormt voor beslissingen gedurende de levenscyclus vanaf het initiatief.

In theorie is een BIM een informatiemodel dat in staat is alle relevante informatie van een bouwproduct te bevatten en elektronisch over te dragen.

In de huidige praktijk komt een BIM tot stand met parametrische objecten in een objectparametrisch CAD programma. Ook een proces parametrisch CAD programma kan parametrische objecten genereren die vervolgens in een objectparametrisch programma verder te voorzien zijn van informatie. Deze modellen kunnen 3D weergegeven worden en door informatie als planning, kosten en allerlei andere gewenste zaken en disciplines aan het model te koppelen, kunnen verschillende analyses worden uitgevoerd.

Subvraag 2.2 Hoe wordt een BIM ontwikkeld en gebruikt?

Om bij het samenstellen en gebruiken van een BIM efficiënt te werken met verschillende applicaties is interoperabiliteit een vereiste. In de huidige praktijk zijn hier 2 technieken voor beschikbaar: uitwisselen van bestanden of koppelen van applicaties via API's. Om uitwisseling tussen verschillende programma's mogelijk te maken is IFC gedefinieerd als de standaard beschrijving van bouwobjecten en modellen. Met dit neutrale formaat kunnen objectparametrische bouw informatie modellen beschreven en uitgewisseld worden.

Daarnaast zullen verschillende partijen de informatie moeten uitwisselen of delen over een netwerk. Hiervoor zijn verschillende architecturen denkbaar zoals p2p of een database. Van deze opties is de centrale database met een IFC BIM op dit moment een goede mogelijkheid tot het creëren van één gezamenlijk BIM. Hiermee is het mogelijk een IFC productmodel te delen op een server, waarbij alle partijen en disciplines eigen software gebruiken en binnen de eigen organisatie eigen werkwijzen, uitwisselingen en koppelingen kunnen gebruiken.

Subvraag 2.3 Kan huidig BIM helpen een integraal en dynamisch product aan te bieden?

Het uitwisselen in IFC bestanden is er op gericht dat ad hoc partners met elkaar aan een éénmalig project kunnen werken, onafhankelijk van de gebruikte software. Het uiteindelijke samengestelde IFC model is een uniek gespecificeerd exemplaar, waarin geen kennis vastgehouden, gedeeld of teruggekoppeld kan worden. Enkel de eigenschappen kunnen worden aangepast, of informatie toegevoegd. Er wordt bij elk project opnieuw een uniek exemplaar gemaakt, van grof naar fijn, waarbij het gehele systeem opnieuw in elkaar gezet moet worden. Het uiteindelijke model kan multidisciplinair zijn en over verschillende levensfasen geanalyseerd worden. Het is dus goed mogelijk een integraal BIM samen te stellen, maar het proces is

topdown en heeft slechts een statisch exemplarisch productmodel als resultaat waarin de objecten zijn vastgelegd, maar niet de systeemrelaties.

Deelvraag 2 Waar moet een Bouw Informatie Model aan voldoen om een aanbieder te faciliteren een integraal en dynamisch product aan te bieden?

Het huidige (IFC) BIM voldoet niet in het faciliteren van een integraal en dynamisch productaanbod. In een bottom-up markt met integrale en dynamische producten is een ander soort BIM nodig dan het huidige. Waar moet het dan wel aan voldoen? Deelvraag 2 wordt beantwoord in hoofdstuk 4.

H4: Bottom-up dynamisch BIM

In hoofdstuk 2 is een aantal theorieën en ontwikkelingen gegeven die de bouw kunnen helpen bij het ontwikkelen van integraal en dynamisch aanbod. In hoofdstuk 3 zijn de huidige mogelijkheden voor de ontwikkeling van bouw informatie modellen behandeld en geconcludeerd dat dit huidige BIM niet voldoet voor het aanbieden van een integraal en dynamisch product. Dit hoofdstuk 4 geeft een theoretisch perspectief voor de rol van bouw informatie modellen in de bottom-up ontwikkeling van producten. Hiermee wordt de vraag beantwoord hoe een BIM zou kunnen helpen een integraal en dynamisch product aan te bieden. Het geeft een mogelijk wenselijk toekomstbeeld voor de marktbenadering van aanbieders met behulp van bouw informatie modellen.

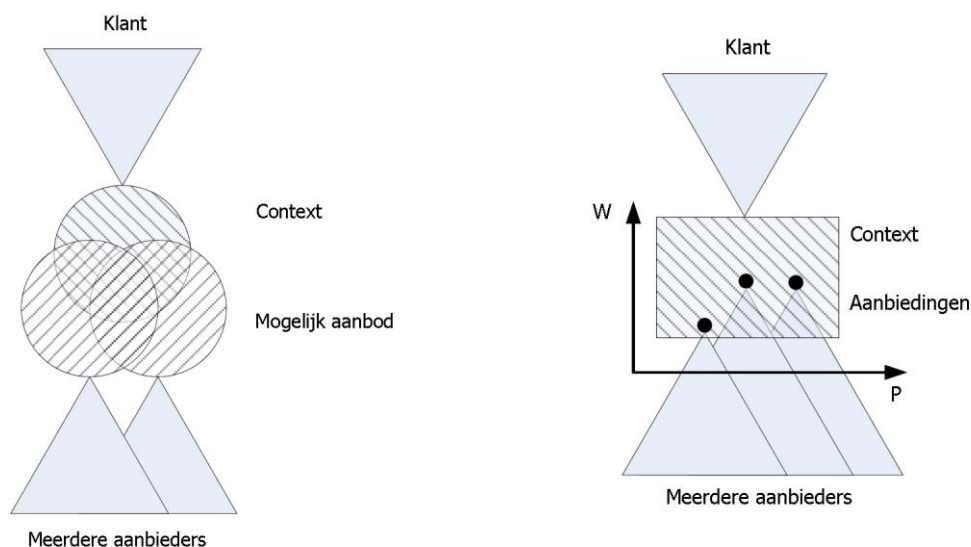
4.1 Nieuwe markt

Dankzij nieuwe contractvormen veranderen de bouwprocessen. Bouw informatie modellen kunnen nieuwe processen en een geheel ander marktmodel ondersteunen waarbij aanbieders integrale en dynamische producten kunnen aanbieden. Hoe dit eruit kan zien wordt in deze paragraaf beschreven.

4.1.1 Vraag en aanbod

Om gebruik te maken van een goed integraal en dynamisch aanbod zal de klant niet aan moeten komen met volledige productspecificaties, maar moet hij een oplossingsruimte geven gebaseerd op de context en wensen. De technische oplossing blijft zo open voor de aanbieder en dit biedt ruimte voor innovatie. De specificaties van het product komen niet van de klant, maar van degene die het ontwikkeld heeft. De aanbieder is daarmee verantwoordelijk voor het functioneren van het eigen product en zal moeten aantonen dat het product als oplossing voldoet en hier ook garantie op geven.

De aanbieders ontwikkelen producten en concepten die op meerdere projecten ingezet kunnen worden. Hiertoe zullen zij hun aanbod afstemmen op de markt en zich onderscheiden van concurrenten. In Figuur 24 is te zien dat aanbieders zich kunnen onderscheiden in het gebied dat binnen de oplossingsruimte van de klant ligt en dat buiten de mogelijkheden van een concurrent valt.



Figuur 24: Oplosingsruimte en mogelijk aanbod en waarde prijs afweging van aanbiedingen

De klant heeft de keuze uit verschillende ontwerpen op basis van verschillende concepten van aanbieders. Aanbieders kunnen met hun concepten, waarvan zij een parametrisch BIM hebben, voor verschillende klanten virtueel een product op maat maken. Om een aanbod te kunnen laten zien aan een klant is een model nodig met specificaties en een prijs. Dit kan in het BIM gedaan worden. Het BIM moet waarde- en kostenafwegingen ondersteunen zie Figuur 24.

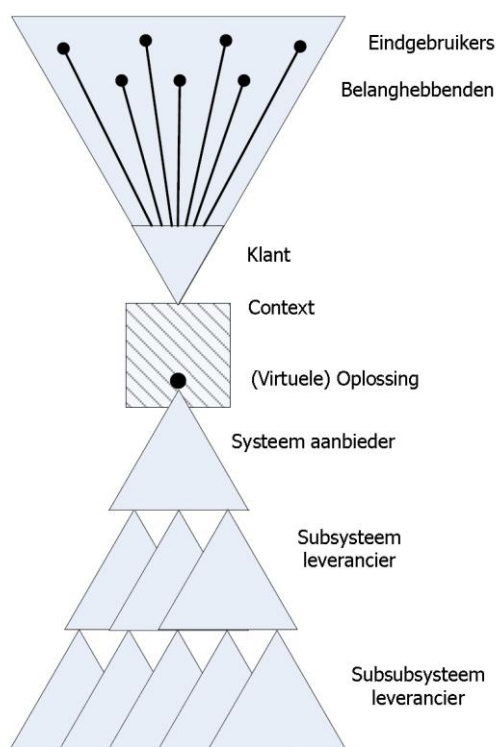
Het aangeboden bouwwerk wordt afgestemd op de behoeften van de individuele klant en op de locatiespecifieke kenmerken. De aanbieder met het beste aanbod zal de klant binnenhalen. Het is zaak voor de aanbieders om hun producten zo goed mogelijk te positioneren en de voordelen duidelijk te laten zien.

4.2 Ketens en BIM

Lang niet alle aanbieders kunnen totaalconcepten in hun eentje ontwikkelen en eindproducten in hun eentje produceren. Hiervoor zijn zij afhankelijk van partners. Met partners wordt een productieketen gevormd, die moet concurreren met andere ketens die eindproducten aanbieden.

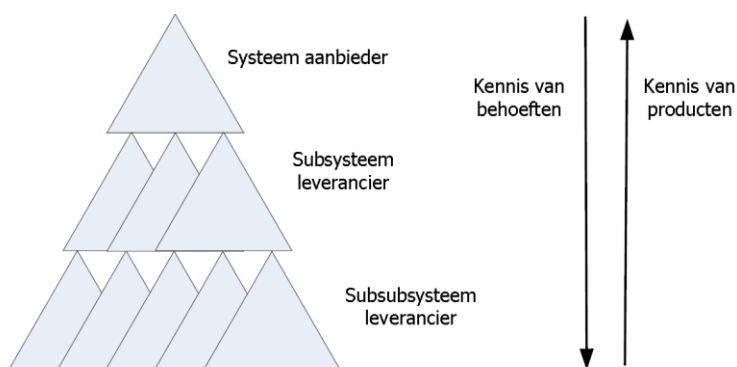
4.2.1 Keten vorming

De ketensamenwerking moet plaatsvinden over projecten heen, zodat de samenwerking zich goed kan ontwikkelen. In Figuur 25 is het idee van de SI aan de vraagzijde overgenomen van het LBC. Aan de aanbodszijde wordt de opbouw van de keten weergegeven. De aanbieder brengt meerdere onderaannemers van subsystemen bij elkaar, die elk weer hun eigen leveranciers hebben.



Figuur 25: De klant is verantwoordelijk voor de context en de aanbieder voor de juiste oplossing

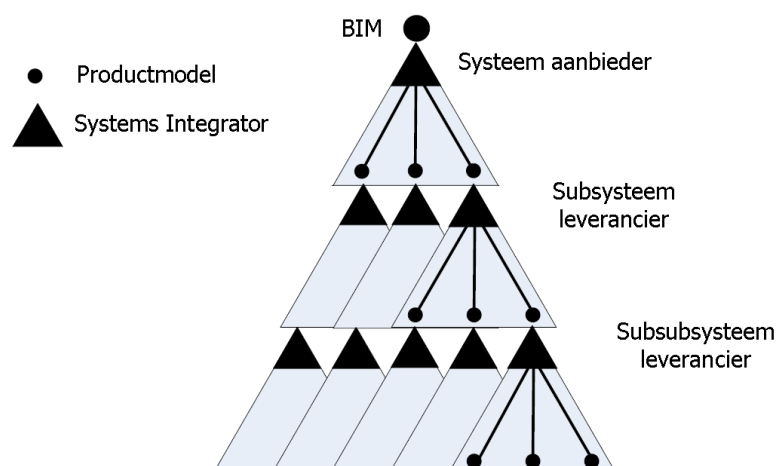
In deze aanbodschain moet van onder naar boven kennis van de producten gedeeld worden om de juiste aanbieding te kunnen maken. Van boven naar onder moet de kennis van de juiste klantbehoeften worden doorgegeven om de juiste producten te kunnen ontwikkelen. Dit is weergegeven in Figuur 26. Bij gewenste aanpassingen en wijzigingen na productieproblemen, klachten, marktonderzoek of defecten is terugkoppeling aan partners noodzakelijk.



Figuur 26: Keten en de kennisbehoefte

Een aanbieder moet beschikken over alle relevante kennis van het product. Kennis delen in de keten kan door langdurige samenwerking. Maar dit kan ook door alle kennis in een model te vatten, en de productkennis bottom-up door te geven.

De aanbieder, als system integrator, integreert deze modellen. Zoals ook (Verster, 2009) voorstelt, kun je op elk niveau van (sub)systems integrators spreken. Elke aanbieder treedt op als SI en integreert het aanbod van leveranciers. De productkennis kan helder gecommuniceerd worden aan de hand van modellen. Het is hierbij de taak van de systems integrator om zorg te dragen dat productmodellen van partijen in de keten in één BIM komen. Door goed de raakvlakken te beheren en de relaties vast te leggen kan hiermee de productie verschuiven van de bouwplaats naar de keten.



Figuur 27: De aanbieder integreert productmodellen voor het BIM van de totaaloplossing

4.2.2 Keten strategie

De concurrentie speelt zich af rond de totaalproducten, die alleen door volledige ketens geproduceerd kunnen worden. De concurrentie speelt zich dus ook af tussen deze ketens onderling. Ketens ontleen hun competitief vermogen aan de competitieve kracht van elke ketenpartner afzonderlijk en de efficiëntie van de onderlinge organisatie. Er zijn hierbij strategische keuzes te maken. Partijen kunnen producten exclusief voor de eigen keten ontwikkelen om de concurrentiepositie van de keten te versterken en een hoger rendement na te streven, of voor volledig uitwisselbare producten kiezen en inzetten op hogere omzetten.

Gesloten concept

Als ketenstrategie zouden ketens specifieke aansluitingen, maatvoeringen e.d. gebruiken waarmee andere partijen niet overweg kunnen. reparaties en onderhoud kunnen dan alleen door de aanbieder en haar ketenpartners uitgevoerd worden. Zo wordt ook voorkomen dat een andere partij het onderhoud kan doen, of dat deze concurrent de producten en innovaties kan kopiëren. Van eigen producten zal de keten ook zelf vervangingen, renovatie, opschalingen en dergelijke willen doen. Om de productkennis te beschermen, kan de keten gebruik maken van een eigen 'gesloten' BIM, waar alleen de ketenpartners mee overweg kunnen. Met eigen netwerken kunnen bedrijven objecten uitwisselen onder gezamenlijke afspraken. Bedrijven of

ketens die de waarde inzien van het delen van productmodellen kunnen deze modellen delen of samen ontwikkelen. Dergelijke netwerken maken het mogelijk dat bedrijven de modelinhoud kunnen delen en tegelijkertijd de kennis van de keten kunnen beschermen. Een afweging die gemaakt moet worden is of klanten blij zijn met dergelijke merkbindingen concepten, maar in tal van sectoren is dit heel gebruikelijk.

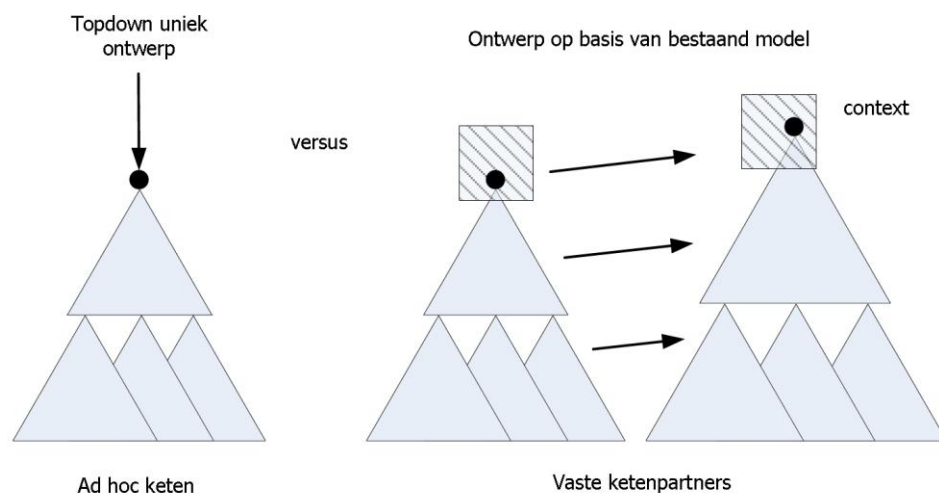
Open concept

Om volledig open te bouwen zijn er sectorbrede standaarden nodig wat betreft aansluitingen en maatvoeringen. De uitwisseling van systemen van verschillende partijen is dan mogelijk op alle niveau's. Hier kan een klant naar op zoek zijn, om niet afhankelijk te zijn van één aanbieder. Hier hoort ook een 'open' BIM bij. Elke partij moet met het BIM van het bouwwerk overweg kunnen en hiervoor moet dus ook een algemene standaard en werkwijze voor gebruikt worden.

Uiteindelijk zullen er altijd unieke projecten of onderdelen van projecten zijn die specifieke aandacht verdienen, waardoor zij niet uit bestaande zijn en door een vaste keten geproduceerd kunnen worden. Op deze projecten zal een tijdelijke projectsamenwerking tot stand gebracht moeten worden. In deze gevallen zal het systeem ook opgebouwd worden uit elementen, producten en systemen waarvan een model aanwezig is. Met deze modellen kan een unieke combinatie gevormd worden, door unieke partners. Na evaluatie van het project kan eventueel besloten worden of er verder wordt gegaan met het ontwikkelde concept. Voor unieke projecten met unieke samenwerkingen zal altijd een open BIM samenwerking nodig zijn.

4.3 Concepten en BIM

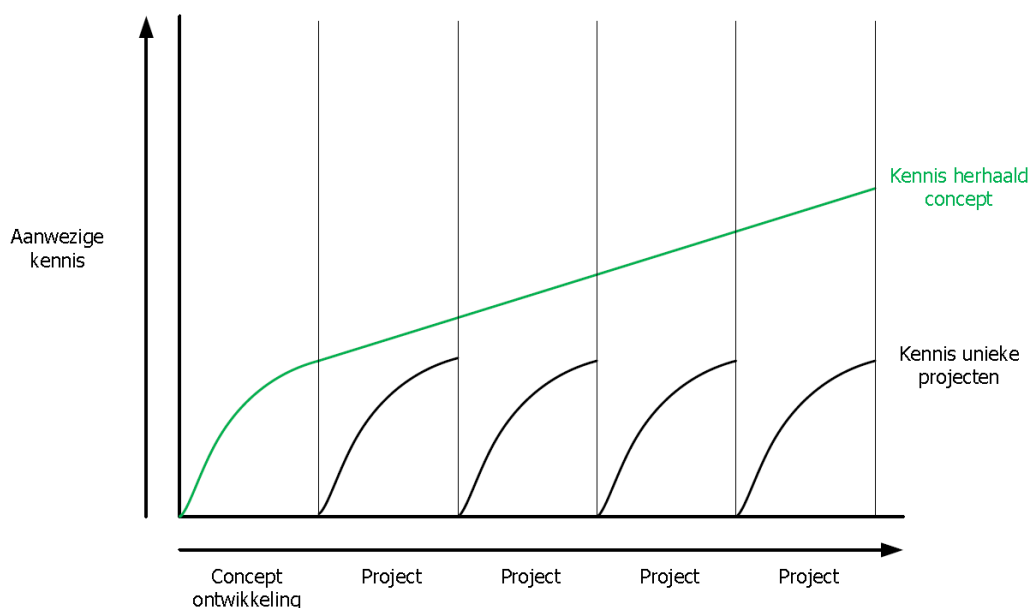
De bottom-up werkwijze van het zelf ontwikkelen van conceten stelt aanbieders in staat de relaties in de keten, de processen en de producten te verbeteren, in tegenstelling tot de topdown aanpak, zoals weergegeven in Figuur 28.



Figuur 28: Topdown uniek ontwerp versus herhaald concept

In plaats van telkens opnieuw een systeem te ontwerpen zal de keten bij een bottom-up aanbidding uitgaan van zekerheden en een relevant bestaand systeem aan een nieuwe situatie aanpassen. Zo wordt een nieuw product ontwikkeld op basis van voorgaande producten. Dit betekent dat van succesvolle systemen die een keten reeds gemaakt heeft, een model gemaakt

kan worden waarin alle relaties vastgelegd zijn. Dit concept is voor verschillende contexten aan te passen, met verschillende waarde/prijs verhoudingen, maar met dezelfde keten en hetzelfde concept.



Figuur 29: Toenemende productkennis dankzij herhaling met vaste partners en een BIM

Indien er geen concept beschikbaar is voor een probleem wordt een unieke oplossing ontworpen. Dit kan vervolgens als uitgangspunt dienen voor een nieuw concept. Door de ervaring en opgedane kennis uit de uitvoering van het project, het onderhoud en het beheer terug te koppelen in het concept wordt het concept steeds meer verfijnd en met elk project handiger ontworpen en uitgevoerd. Dit idee is geschetst in Figuur 29.

4.3.1 Concepten ontwikkelen

Een concept wordt ontwikkeld voor meerdere projecten, waardoor de productie en de levering efficiënt kunnen worden ingericht. De eindproducten die uit de totaalconcepten voortvloeien zijn combinaties van bestaande productfamilies. De digitale modellen die van de productfamilies ontwikkeld worden, gedragen zich precies zoals het product in werkelijkheid en kunnen alle mogelijke uitvoeringen van het product genereren.

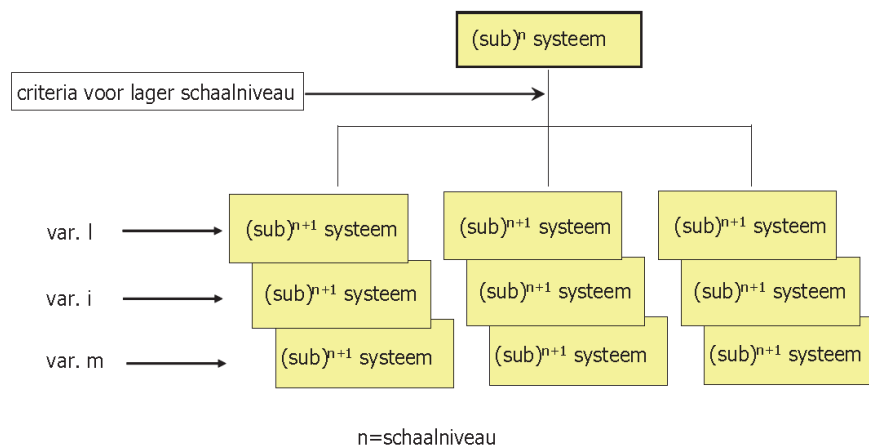
Om totaalconcepten samen te kunnen stellen moet een aanbieder integraal samenwerken. Dit betekent producten ontwikkelen met partners en meerdere disciplines met het oog op de gehele levenscyclus. Het BIM moet hiertoe de dynamische modellen van verschillende partijen kunnen integreren. In het concept worden de productfamilies en relaties bepaald en in het BIM kunnen deze worden vastgelegd.

In dit dynamische BIM vindt aggregatie en configuratie van productfamilies plaats. Alle mogelijkheden van de productfamilies en productie in de werkelijkheid, worden idealiter volledig nagebootst in de virtuele wereld zodat het concept te configureren is tot een uitvoeringsontwerp.

4.3.2 Concepten aanbieden

De ontwerper van een eindproduct heeft met het dynamische BIM van zijn concept de beschikking over een tool waarin de ontwerp- en productiekennis verwerkt zit, en kan een productieklaar ontwerp maken gericht op de context en wensen van de klant. Het doen van aanbiedingen en unsolicited proposals wordt met dit BIM eenvoudig doordat een oplossing voor een geconstateerde behoefte snel geconfigureerd kan worden.

Het model van het concept fungeert in de aanbiedingsfase als generator voor een aanbiedingsprototype: Een virtueel exemplaar van het concept. Het digitale prototype moet aan de gewenste prestaties voldoen en de klant kunnen overtuigen. Alle mogelijke variaties van het systeem zijn in het BIM verwerkt. Figuur 30 geeft de variatie in subsystemen weer.



Figuur 30: Selectie van subsystemen voor een aanbieding (De Ridder H. , 2006)

De klant kan aangeven welke aspecten hem aanspreken, waarop de aanbieder het aanbod aanpast naar de wensen van de klant. Alle gewenste informatie zoals prestatie, bouwtijd, energieverbruik, omgevingshinder en prijs van verschillende varianten zijn direct aanwezig in het BIM. Bij aanbieding is vanwege het samengestelde BIM voor de bouw al exact duidelijk wat elke ketenpartner aan werk en kosten zal hebben. De afspraken hierover zijn in het concept bepaald.

Het gebruik van een BIM levert zelf ook toegevoegde waarde voor de klant. Het model dient als communicatiemiddel tussen aanbieder en gebruiker. Het geeft de oplossing van de aanbieder weer. Het beeld van het aanbod dat de klant heeft, vormt zich door het BIM. Als documentatie er niet in slaagt het werkelijke systeem duidelijk over te brengen, krijgt de klant een verkeerd beeld van de oplossing. Dankzij de 3D weergave kan de aanbieder een duidelijk beeld geven van het ontworpen systeem, maar dankzij virtual reality kunnen daadwerkelijk alle aspecten van het aangeboden product ervaren worden.

4.4 Dynamisch BIM

Het beoogde BIM voor ketensamenwerking en totaalconcepten is op meerdere vlakken dynamisch te noemen. Het BIM zelf is dynamisch vanwege dynamische koppelingen en varianten ondersteuning, en het bouwwerk is dynamisch aan te bieden en te beheren dankzij het BIM. Ook veranderingen in de tijd zijn meegenomen in het dynamisch BIM.

4.4.1 Modulair

Leveranciers leggen in hun modellen de objecten en regels vast op basis waarvan het subsysteem ontworpen wordt. De aanbieder maakt gebruik van de kennis in de modellen van subsystemen, en legt zelf alleen de relaties vast van het totale systeem. Het model is samengesteld uit modellen van een lager niveau door hiertussen de relaties te definiëren. Het BIM moet dus modulair worden opgebouwd, zodat de configuratie kan worden gewijzigd. Dit vergroot de flexibiliteit. Een auto biedt bijvoorbeeld meerdere opties voor de klant, zoals verschillende motoren, bekleding, handgeschakeld of automatisch. Om te zorgen dat verschillende motoren in de auto passen, zijn de relaties tussen motor en chassis gestandaardiseerd. Elke motor gebruikt dezelfde bevestigingen op dezelfde plaats zodat er verschillende motoren in de auto geplaatst kunnen worden. De relaties tussen het gehele systeem en een onderdeel moet in het model vastgelegd zijn. Modules in het systeem kunnen volledig flexibel zijn, als de relaties maar bepaald zijn. CNC productie van modules met complexe en unieke vormen is zo dan ook prima in het systeem te passen.

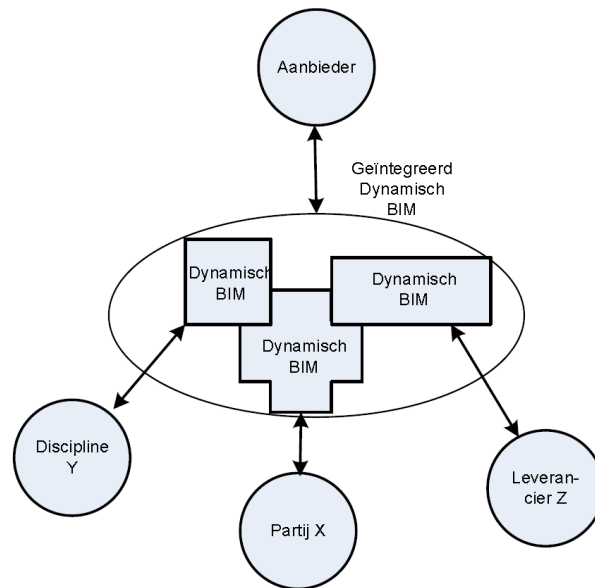
4.4.2 Parametrisch

De modules hebben parametrische eigenschappen. In parametrische modellen worden eigenschappen van het model bepaald door relatieve parameters. De parametrische onderdelen bepalen de varianten van het model, door aanpassing van de voorgedefinieerde invoermogelijkheden. Met het verwerken van wiskundige formules wordt het mogelijk zeer complexe verhoudingen tussen parameters en eigenschappen op een gemakkelijke manier te gebruiken. Een expert zet de parametrische relaties in het model en een gebruiker kan complexe constructies opbouwen uit de geparametriseerde modules. Voordelen zijn niet alleen dat een ontwerp snel tot stand kan komen, maar ook dat complexere ontwerpen te maken zijn en analyses uit te voeren zijn door simpelweg parameters aan te passen. Ook optimalisaties zijn hierdoor mogelijk.

4.4.3 Slimme modules

De 'slimme' modules weten in wat voor omstandigheden ze zich bevinden, wat hun rol is en wat hun toepassingen zijn. De modellen gedragen zich volgens bepaalde regels maar hoe dit precies werkt is niet van belang voor de gebruiker van het model. Voor de SI is het niet interessant wat er allemaal in de modellen is geprogrammeerd, als ze maar de juiste uitkomsten genereren. Toegang tot de kennis in het model blijft in handen van de maker, een expert. Het gaat dan dus om een voor de gebruiker gedefinieerd kennismodel. De expert kan een persoon, discipline of organisatie zijn, en draagt de verantwoordelijkheid voor de inhoud van het model.

In Figuur 31 is dit weergegeven. De verschillende expertises beheren hun dynamisch model, en de aanbieder beheert de relaties tussen deze modellen onderling waardoor een geïntegreerd model ontstaat.



Figuur 31: Een dynamisch model met dynamische interactie tussen de disciplines

Kennis ontstaat door het verbinden van informatie. In dit opzicht zou voor dergelijke slimme en dynamische modellen de benaming ‘bouw kennis model’ (BKM) beter passen dan bouw informatie model (BIM). In plaats van een model waar allerlei informatie aan moet worden toegevoegd, zoals nu bij de huidige BIM modellen het geval is, hoeft bij een dynamisch BIM alleen een aantal parameters ingegeven te worden en komt alle informatie uit het model.

4.4.4 Ontwikkeling

Door gebruik te maken van parametrische regels definiëren bedrijven hoe hun objectfamilies ontworpen moeten worden, wat de productiecriteriën zijn, en hoe ze (parametrisch) aangepast kunnen worden voor verschillende samenstellingen. Van de bouwwerken die al gemaakt zijn maakt men een model waarin alle relaties vastgelegd zijn. De bedrijven stoppen hun bedrijfskennis en ervaring van wat wel en wat niet werkt, gebaseerd op eerdere ontwerpen, productie, samenstellingen en onderhoud, in een parametrisch dynamisch productmodel. Dit is vooral de moeite waard wanneer een bedrijf veel variaties van een product maakt. In de ultieme situatie zijn ook alle rekenregels, de logistiek, de regelgeving, fysica en de kosten naast de 3D representatie van het model verwerkt, zodat het flexibele model altijd valide en productie gereed is. Eigenschappen kunnen zich ook buiten het model bevinden en door middel van een koppeling opgenomen worden als eigenschappen van het model. Zo zijn al deze zaken dynamisch te beheren, zoals fluctuerende kostprijzen en andere dynamische eigenschappen. Met een dergelijk BIM kunnen bouwbedrijven oplossingen samenstellen en deze verantwoord aanbieden voor een gefundeerde prijs.

Zo heeft de gebruiker de beschikking over een productmodel met alle regels, relaties en kennis, dat in te zetten is als een modulaar model zodat dat fungeert als flexibele legosteent in een totaalaanbieding. Dankzij dergelijke modellen kunnen de leveranciers snel virtueel een optimaal product of systeem creëren voor de volgende in de keten of uiteindelijk de aanbieder. Een volgende stap is dat de eindaanbieder een dergelijke tool zelf in handen krijgt bij het ontwerpen van het eindproduct, en de subsystemen kan vormen met de kennis die de modellen herbergen.

Nóg een stap verder en de klant kan zelf online zijn gewenste eindproduct in elkaar zetten dankzij (versimpelde) modellen. Dit laatste is voor complexe werken alleen mogelijk wanneer de gehele keten zijn productie en modellen volledig op elkaar af kan stellen. Wanneer dit uiterste geval ooit bereikt zal worden, zou zelfs de klant een complex systeem kunnen ontwerpen aan de hand van het model. In de woningbouw en meubelinrichting gebeurt dit al met simpele configuratiemodellen (SBI, 2009)

4.4.5 Bibliotheken

Producenten leggen zelf bibliotheken aan die zij vullen met hun producten. Alle niveaus van elementen, componenten, subsystemen tot complete systemen, oplossingen en concepten, zullen in deze bibliotheken of catalogi te vinden zijn. Er kan een (inter)nationale bibliotheek worden opgericht, maar leveranciers kunnen ook hun eigen online catalogi beheren of exclusieve bibliotheken oprichten binnen samenwerkingen in de keten.

Toegang tot productbibliotheken wordt cruciaal voor aanbieders in de bouw. In deze bibliotheken bevinden zich de state- of-the-art producten en is de informatie up-to-date. De kennis die in deze modellen en de modelbibliotheken gaat zitten wordt na verloop van tijd een strategische aanwinst. Bedrijven verbeteren hun virtuele producten naar aanleiding van eerdere ervaringen en op die manier worden de modellen steeds geavanceerder. Door de virtuele producten te delen met eindaanbieders ontstaat een virtuele legodoos, met flexibele objectmodellen als losse steentjes of flexibele productmodellen als kant en klare onderdelen. Ook stukken en bouwdelen van sloopprojecten kunnen virtueel gemaakt worden en aan een bibliotheek worden toegevoegd, zodat een eindaanbieder deze makkelijk in kan passen en hergebruiken in een nieuw project.

Welke bibliotheken voor een aanbieder van belang zijn hangt af van de producten en informatie die zich in deze bibliotheken bevinden. In een algemeen toegankelijke open bibliotheek voor de bouw zullen leveranciers wel hun productinformatie willen delen, maar niet zo snel de volledige ontwerp en productie kennis. In een vast samenwerkingsverband, of zodra ze betrokken zijn bij een project, zullen zij eerder hun eigen, veel geavanceerdere, productbibliotheek openstellen waardoor de aanbieder slagvaardiger wordt. Door zulke afspraken is de aanbieder gebonden aan en afhankelijk van zijn partners maar aan de andere kant levert dit een strategisch voordeel op.

Dankzij de bibliotheken en marktplaatsen zijn bouwobjecten dynamisch te beheren en kunnen te allen tijde nieuwe configuraties en samenstellingen geëvalueerd worden in het model, zodat het bouwwerk van maximaal nut blijft.

4.5 Conclusie dynamisch BIM

Dit hoofdstuk ging in op deelvraag 2, omdat in H3 bleek dat de huidige BIM technieken niet volstaan in het faciliteren van een bottom-up productaanbod.

Deelvraag 2 Waar moet een Bouw Informatie Model aan voldoen om een aanbieder te faciliteren een integraal en dynamisch product aan te bieden?

Om een aanbieder te faciliteren een integraal en dynamisch product aan te bieden moet een BIM modulair en parametrisch zijn. Dit maakt dat het dynamisch aan te passen is.

Het dynamisch BIM moet modulair zijn, waarbij elke ketenspeler verantwoordelijk is voor zijn module. De relaties liggen hierin vast en zijn parametrisch gedefinieerd. Met combinaties van dergelijke digitale modules of productfamilies zijn concepten en eindproducten samen te stellen. De productkennis wordt parametrisch vastgelegd in de modellen en wordt zo met de keten gedeeld. Bij elk project vindt uitbreiding plaats van de kennis.

Alle relevante kennis en informatie van de echte wereld moet uiteindelijk in het model verwerkt worden zodat het model altijd valide is. Door eigenschappen dynamisch te beheren kunnen oplossingen altijd verantwoord aangeboden worden voor een gefundeerde prijs.

4.6 Reflectie huidig BIM vs dynamisch BIM

De huidige CAD software die gebruikt wordt om BIM modellen te maken kan worden opgedeeld in procesparametrisch en objectparametrisch CAD. Een combinatie van beide is ook mogelijk waarbij algoritmes parametrische objecten gegeneneren. Dit wordt ook wel volledig parametrisch ontwerp genoemd (Hubers, 2010). IFC ondersteunt alleen objectparametrische CAD systemen. Procesparametrische systemen kunnen wel IFC data schrijven, maar IFC data lezen heeft geen zin. Er is geen mogelijkheid om van de data in een IFC bestand af te leiden hoe het script aan te passen is.

Dynamisch BIM zorgt voor een transitie van een objectgebaseerd ontwerpproces naar ontwerpen op basis van relaties. Het ontwerp is daarmee geautomatiseerd en de ontwerper configureert het model tot een gewenst resultaat.

Met het huidig BIM ligt de focus op het proces. Aan elk product moet een nieuw ontwerpproces vooraf gaan en het uitvoeringsproces bepaald worden. Met impliciete proceskennis wordt een expliciet product ontworpen. Met dynamisch BIM ligt de focus op het product, omdat het ontwerp- en productieproces expliciet vastligt in het model.

De volgende tabel geeft de verschillen aan tussen huidig en dynamisch BIM.

Huidig BIM	Dynamisch BIM
Procesparametrisch of objectparametrisch ontwerp	Volledig parametrisch ontwerp
Object parametrisch model	Volledig parametrisch model
Statische uitwisseling met partijen	Dynamische interactie
Gericht op éénmalig product	Gericht op herhaald concept
Topdown	Bottom-up
Ad hoc keten	Vaste ketenpartners
Unieke ontwerpen	Parametrische concepten
Focus op proces	Focus op product
Objectgebaseerd	Relatie-gebaseerd

Tabel 1: Huidig BIM vs Dynamisch BIM

H5: Casestudie Flexfilter

De theorie zoals behandeld in hoofdstuk 4 beschrijft de rol van een BIM bij het leveren van een integraal en dynamisch product. Dit hoofdstuk vormt samen met hoofdstuk 6 het empirische deel van het onderzoek. Hoofdstuk 5 beschrijft de casus en het beschikbare model. Vervolgens wordt aan de hand van de theorie gedemonstreerd hoe een Flexfilter BIM en de ketensamenwerking eruit zouden kunnen zien.

Het Flexfilter is als casus gekozen omdat het een concept is, bedoeld voor meerdere uitvoeringen, en het in samenwerking met ketenpartners is ontwikkeld. Er is ook een conceptmodel van beschikbaar in Autodesk Revit. De informatie in dit hoofdstuk komt van literatuur en interviews.

5.1 Flexfilterconcept

5.1.1 Aanleiding

Door de invoering van de Europese Kaderrichtlijn water (KRW) moeten veel rwzi's hun zuiveringstechnieken verbeteren om aan de nieuwe eisen voor waterkwaliteit te voldoen. De KRW is sinds december 2000 van kracht en maakt het mogelijk om waterverontreiniging van rivieren internationaal aan te pakken (stowa). Zo moet de KRW ertoe leiden dat aquatische ecosystemen en gebieden die rechtstreeks afhankelijk zijn van deze ecosystemen, niet verder achteruit gaan.

Het doel van de richtlijn is dat alle wateren per 2015 in 'goede' toestand verkeren. Één van de maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren is het toepassen van een zogenaamde vierde trap op rwzi's. GMB heeft samen met Witteveen+Bos en Reinders Waterbehandeling een oplossing ontwikkeld voor deze vierde zuiveringstrap, genaamd het Flexfilter.

5.1.2 Concept

Het Flexfilter is een modulair systeem, wat het mogelijk maakt om het voor verschillende capaciteitseisen in te kunnen zetten. Door deze compacte en modulaire opbouw van de installatie in betonnen eenheden, is achteraf uitbreiden erg gemakkelijk. Met een prefab leverancier zijn hiervoor standaard betonnen bakken ontworpen.

De eenheden worden uitgevoerd met een meerlaags, neerwaarts doorstroomd filterbed. Het Flexfilter is normaal gesproken bedoeld voor stikstof en fosfaatverwijdering. Door een ander filtermedium te plaatsen zoals kwartszand, basalt, antraciet, granaatzand of granulair actief kool, zijn ook andere stoffen uit het water te filteren. Hiermee wordt de toekomstwaarde van de installatie vergroot.



Figuur 32: Een afbeelding uit de folder van het originele bovengrondse Flexfilter concept

Met het Flexfilter kunnen ook medicijnresten verwijderd worden wanneer actief kool gebruikt wordt. Voor verschillende doeleinden zijn er verschillende benamingen in het leven geroepen: Flexfilter Basic is geschikt voor fosfaat verwijdering, Flexfilter Silver voor fosfaat- en nitraatverwijdering, en Flexfilter Gold verwijdert zowel fosfaat, nitraat als medicijnresten uit het effluent.

5.1.3 Werking zandfilter

Het fosfaat kan uit het water gehaald worden door middel van flocculatie. Flocculatie is een proces dat bij waterzuiveringen wordt gebruikt om stoffen uit het water te verwijderen. Door toepassing van flocculatiemiddelen, ook wel flocculanten genoemd, ontstaan vlokken in het water. De gevormde vlokken kunnen uit het water gehaald worden door ze te laten bezinken of opdrijven of door het water te filteren. Bij Amersfoort en Veenendaal wordt gebruik gemaakt van een zandfilter.

Metaalzout is een flocculant voor fosfaat. De vlokken die ontstaan zijn worden afgevangen in een zandbed. Om ervoor te zorgen dat het zandbed niet in verloop van tijd verstopt raakt, kan het gespoeld worden door de stromingsrichting van het water om te draaien en vrijkomende vlokken op te vangen in een vuilwaterbuffer.

5.2 Flexfilterketen

5.2.1 Klanten

De waterschappen verrichten het meeste werk bij de implementatie van de KRW. Nederland telt 27 waterschappen die het waterbeheer en het bewaken en verbeteren van de waterkwaliteit als belangrijkste taak hebben. Deze waterschappen beheren de rwzi's en zullen op de markt kijken naar oplossingen om de aan de richtlijn te voldoen. In Nederland komt er gemiddeld één keer per jaar een tender voor, waarbij het Flexfilter aangeboden kan worden. Bij de ontwikkeling van het concept was de verwachting dat dit er meer zouden zijn.

5.2.2 Partners Flexfilter

De partners in het concept zijn GMB, Reinders Waterbehandeling en Witteen+Bos Raadgevende ingenieurs. Penvoerder van het concept is GMB, wat inhoudt dat zij het product vertegenwoordigen.

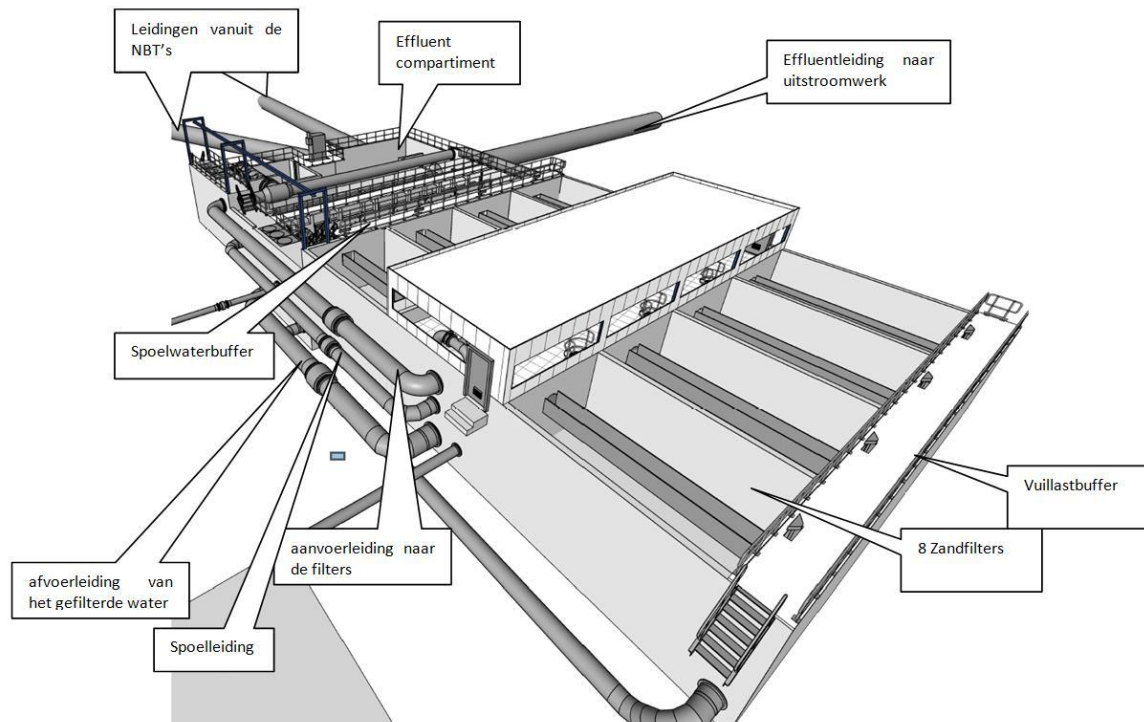
5.3 Dynamisch concept model

Deze paragraaf behandelt hoe de Flexfilter keten en hun BIM eruit zou kunnen zien. Uit gebouwde exemplaren zijn relaties variaties en regels te halen voor het BIM van de productfamilie. GMB bouwt de nabehandelinginstallaties bij de RWZI in Amersfoort en de RWZI in Veenendaal. Het Flexfilterconcept stond aan de basis van de aanbidding die GMB gedaan heeft.

5.3.1 RWZI's Amersfoort en Veenendaal

Deze vallen beide onder de verantwoordelijkheid van Waterschap Vallei & Eem. De samenwerkende partijen in het Flexfilterconcept hebben op basis van het concept samen het ontwerp voor de zandfilters in Amersfoort en Veenendaal gemaakt. Amersfoort Veenendaal is een DBM opdracht die Europees is aanbesteed.

Het ontwerp van de nabehandelingsinstallatie voor de RWZI in Amersfoort bestaat uit 8 zandfilters met een capaciteit van $4590 \text{ m}^3/\text{h}$ inclusief spoelwater. Hogere debieten worden over de bypass in het effluentcompartiment rechtstreeks afgevoerd naar het lozingspunt. De nabehandelingsinstallatie wordt gevoed door twee nieuwe leidingen die de nabezinktanks (NTB's) verbinden met de nabehandelingsinstallatie. Het effluent van de nabehandelingsinstallatie wordt met een nieuwe leiding afgevoerd naar het nieuw te bouwen uitstroomwerk, zie Figuur 33 en Bijlage 7: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Amersfoort.



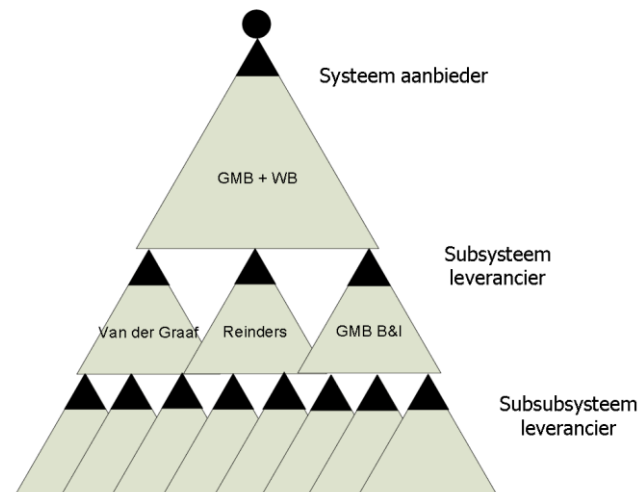
Figuur 33: Nabehandelingsinstallatie Amersfoort

Voor het ontwerp van de nabehandelingsinstallatie van RWZI Veenendaal zijn 4 zandfilters toegepast. De capaciteit bedraagt hier $1530 \text{ m}^3/\text{h}$ inclusief spoelwater en bij hogere debieten wordt het water over een bypass afgevoerd, zie Bijlage 8: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Veenendaal.

5.3.2 Keten

Bij de projecten Amersfoort en Veenendaal is nog een partij betrokken: Van der Graaf installatie techniek. Deze partij verzorgt de elektrotechniek.

GMB vormt samen met Witteveen+Bos de systeem aanbieder die het integrale systeem aanbiedt. Als leverancier van subsystemen zijn de drie producerende partijen Van Der Graaf, Reinders en GMB B&I te herkennen als co-makers.



Figuur 34: Ketenopbouw van het flexfilter

5.3.3 Dynamisch parametrisch model

Door alle relaties tussen alle modules in de Flexfilter productfamilie vast te leggen, kunnen de parameters die een module definiëren afgeleid worden uit de topparameters van het systeem. De relaties zorgen er dus voor dat als een topparameter wordt aangepast, alle betrokken parameters tot op het laagste niveau automatisch mee veranderen.

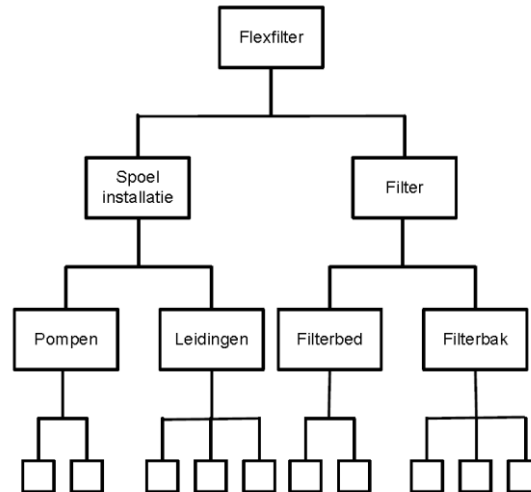
Alle zaken en relaties die vast te leggen zijn, moeten in het model gedefinieerd worden.

Layout:

Zoals de regel dat zoveel mogelijk wanden alzijdig gebruikt worden, om kosten te besparen. De filterinstallaties bij Amersfoort en Veenendaal hebben allebei de leidingstraat in het midden, met aan weerszijden de filterbakken. De twee installaties hebben allebei een even aantal filterbakken.

Modules:

In Figuur 35 is een decompositie gegeven van het flexfilter om een aantal modules te kunnen duiden. De modules pompen en leidingen zijn onderdeel van de module spoelinstallatie, waar Reinders verantwoordelijk voor is. De modules filterbed en filterbak zijn onderdeel van de module filter, waar GMB verantwoordelijk voor is.



Figuur 35: Decompositie voor modulaire opbouw model

Als belangrijkste hoofdparameters voor modules zou het volgende kunnen gelden:

- Het filterbed, met drie verschillende samenstellingen en een ongetrapt variabele dikte
- De betonnen bak, met ongetrapte variabele afmetingen (insitu), of getrapte variabele afmetingen (prefab)
- De pompen, een database met verschillende type pompen
- De buizen, een database met verschillende diameters

Relaties

In het concept waren twee zaken vastgelegd die juist belangrijke variabelen bleken te zijn. De in het concept vooraf bepaalde afmetingen van de bak bijvoorbeeld. Door te spelen met de afmetingen van de bakken, kan er misschien net een bak minder nodig zijn met alle kostbare bijbehorende installaties. Dit kan enorm in de kosten schelen. Ook bleek de liggingshoogte van de bak variabel te moeten zijn, waar in het concept uitgegaan werd van plaatsing op het maaiveld. Het energieverbruik van de pompen was dermate maatgevend dat de bakken verdiept aangelegd moesten worden voor een zo klein mogelijke opvoerhoogte.

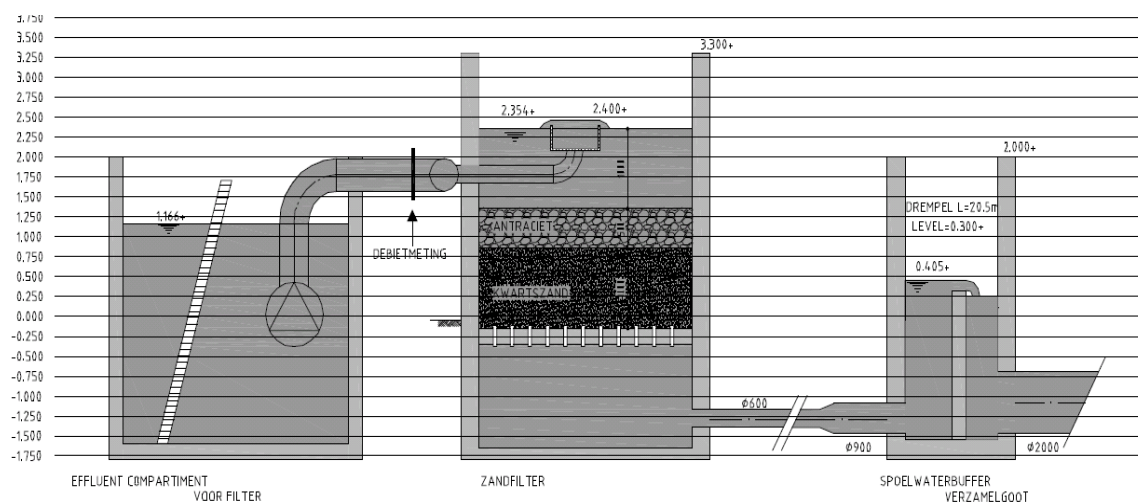
De kostenefficiëntie vereist dus een minimaal benodigd filteroppervlak en een zo klein mogelijke opvoerhoogte. De optimalisatie algoritmes hiervoor moeten zich in het model bevinden. Het aantal variabelen dat deze twee criteria beïnvloedt is vrij groot: Debiet van het effluent, fosfaatconcentratie in het effluent, dikte van het filterbed, flocculatietijd, spoelsnelheid door het zandbed, terugspoelsnelheid, aanvoerhoogte effluent, liggingdiepte van de bak, hoogte van het lozingspunt, om er maar een paar te noemen.

Aan de hand van de twee te optimaliseren variabelen volgen twee simpele voorbeelden van de vast te leggen dynamische relaties tussen modules:

- Eigenlijk zijn er maar twee echte topparameters voor het optimaliseren van de lay-out van de nabehandelingsinstallaties. De *fosfaatconcentratie* bepaalt bijvoorbeeld de dikte van het filterbed. Hieruit zijn de spoelsnelheid en terugspoel snelheid af te leiden. Aan de hand van het *debiet* is vervolgens de minimaal benodigde oppervlakte van het

filterbed te bepalen. Deze minimale oppervlakte is input voor de optimalisatie van het aantal bakken en hun afmetingen in het model.

- De opvoerhoogte in Figuur 36 wordt bepaald door drie parameters: de hoogte van het instromend water, de hoogte van het lozingspunt en de weerstand van het filterbed. Een algoritme berekent de liggingsdiepte van de bak, zodat het water na één keer oppompen onder natuurlijk verval uit kan stromen. Met het aantal bakken en hun afmetingen kan de juiste pompcapaciteit voor een bak bepaald worden, en selecteert het model de benodigde pompen. Ook de afmetingen van de buizen veranderen automatisch mee.



Figuur 36: Doorstroomd profiel van een zandfilter.

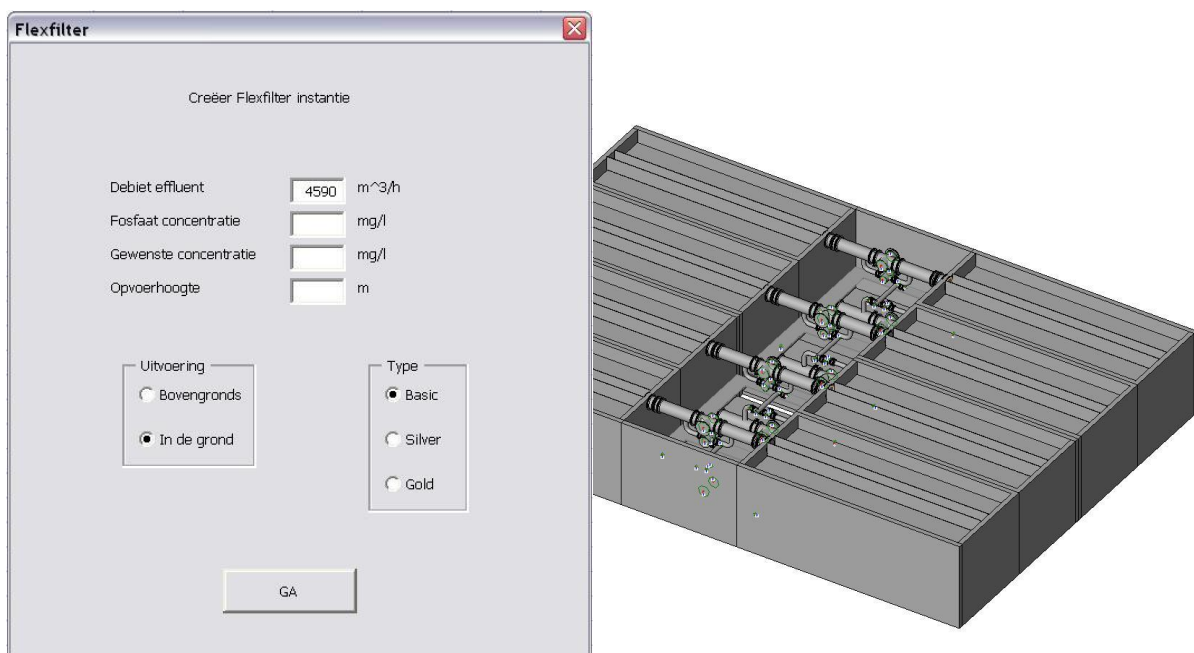
Bij het manueel aanpassen van de bakken, of selectie van een ander filterbed, starten direct allerlei complexe berekeningen en worden automatisch controles uitgevoerd. Automatische 3D weergave zorgt ervoor dat de gebruiker een goed beeld heeft van de lay-out van de installatie, waardoor een snelle visualisatie van de resultaten verkregen wordt. De gebruiker gaat door totdat hij genoeg inzicht heeft en met de geldende topparameters een optimaal ontwerp bereikt heeft.

De kosten van de modules zijn bekend en dynamisch gelinkt met de aanbieder van de module, zodat de prijs de dynamische ontwikkelingen op de markt volgt (bijvoorbeeld de fluctuerende staalprijs, of een vol orderboek bij een prefab leverancier die vervolgens zijn prijs opschroeft). Hierdoor kan de prijs en samenstelling van een aanbieding een half jaar later volledig anders zijn. Ook de kosten van energieverbruik en onderhoud zijn in het model meegenomen. Niet alleen de kosten, maar alle dynamische eigenschappen van een module moeten door de expert dynamisch kunnen worden beheerd.

Het parametrisch modelleren van het Flexfiltersysteem zou al vooraf kunnen gebeuren bij de ontwikkeling van het concept. Maar pas na het ontwerp en de bouw van een systeem is daadwerkelijk te bepalen wat de beste ervaringen zijn die in model moeten worden verwerkt, zoals de keuze voor prefab of in situ wanden, etc. De beste ervaringen tijdens alle levensfasen van uitvoering, onderhoud, beheer en sloop/hergebruik dienen terug te worden gekoppeld in het model om het product te verbeteren. Bij elk ontwerp zullen nieuwe mogelijkheden of restricties

in het model verwerkt kunnen worden. Verbetering gebeurt aan de hand van gerealiseerde exemplaren.

Figuur 37 laat een voorbeeld zien van een voor de gebruiker gemaakte model-interface, in dit geval van het totale systeem. Aan de hand van een invulveld met systeemparameters kan razendsnel een heel ontwerp gegenereerd worden waarin alle objecten volledig gespecificeerd zijn. Zo zijn civiele producten te genereren vanuit een parametrisch conceptmodel. Hiermee is de configuratie van het flexfilter snel te maken en zijn direct allerlei gegevens bekend, zoals kosten en prestaties op verschillende gebieden. Dit voorbeeld is een sterk versimpeld invoerblad, maar geeft wel de essentie weer van het idee. De parameters werken door tot in de laagste schaalniveau's. Aparte parametrische invoer, of selectie van opties is ook mogelijk op verschillende schaalniveau's.



Figuur 37: Invoerblad voor Flexfilter met mogelijke output

De lagere niveau's van productfamilies en objectfamilies waaruit het ontwerp kan worden samengesteld zijn verwerkt in het conceptmodel. Hierin zijn de relaties van objecten t.o.v. elkaar gedefinieerd en ook de van belang zijnde opties voor verschillende objecten. Als goed voorbeeld hiervan geldt de keuze voor de wanden van de bakken: holle wanden, prefabwanden of in situ wanden. Deze systemen kunnen in het model worden geëvalueerd op criteria als kosten, planning, risico, kwaliteit etcetera.

De levensduur is ook een belangrijke systeemparameter: Als kortstondige, tijdelijke maatregel is het Flexfilter heel goed boven de grond toe te passen. De aanlegkosten zijn dan laag, maar het energie verbruik is hoog. Voor langere periodes wegen duurzaamheidseisen en eisen in energiegebruik zo zwaar dat een Flexfilter in de grond gewenst is. Het algoritme voor dit omslagpunt kan ook in het model verwerkt worden. Er kan ook voor gekozen worden om het bovengrondse en ondergrondse Flexfilter te bestempelen als verschillende productfamilies, met elk hun eigen model, vanwege de sterk afwijkende eigenschappen.

5.5 Huidige praktijk

GMB heeft samen met ketenpartners het Flexfilterconcept ontwikkeld en er worden hier nu twee van gebouwd. De huidige praktijk is nog niet zo ver.

5.5.1 Huidig tenderproces

De opdrachtgever voor de bouw van de nabehandelinginstallaties bij Amersfoort en Veenendaal is het waterschap Vallei & Eem. Voor de sturing in het aanbestedingsproces trekt het waterschap een adviseur aan, al een half jaar voordat om aanbiedingen gevraagd wordt.

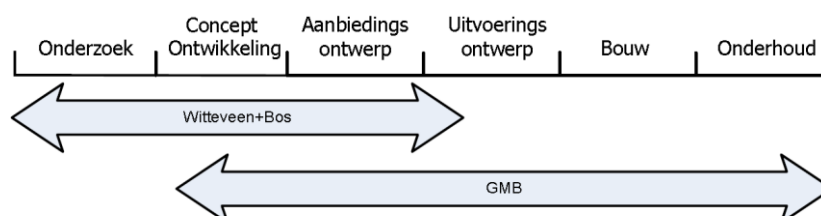
In Bijlage 5: is een schema gemaakt van het tenderproces zoals dat typisch plaatsvindt voor RWZI's.

Na de selectie begint het aanbestedingsproces met een 'aanwijs' op lokatie. De lokatie waar de installatie moet komen wordt bekeken. Vervolgens zijn er individuele inlichtingen voor alle partijen, dus ook tussen GMB en opdrachtgever. Dan is er vaak al een voorontwerp. De prijs komt niet ter sprake, alleen techniek en kwaliteit. Vervolgens zijn er sluitingstermijnen voor nota's van inlichtingen voor vragen die zijn ontstaan. Deze vragen en antwoorden worden met alle inschrijvers gedeeld. Vragen die je niet met anderen wilt delen moet je stellen in de individuele sessie. Zo'n traject duurt ongeveer 3 maanden waarna het aanbestedingsontwerp wordt ingediend en de envelop met de prijs. De kwaliteit van de aanbiedingen wordt bekend gemaakt op basis van de EMVA score. Vervolgens gaan de enveloppen open met de prijzen waarbij gekeken wordt naar de TCO (Total Cost of Ownership). Zaken als het energieverbruik en chemicaliënverbruik tellen dus mee. Hierna kan de winnende aanbidding aangewezen worden.

5.5.2 Partners Amersfoort en Veenendaal

GMB trekt de tendertrajecten voor het Flexfilter. Tijdens de ontwikkeling van de aanbidding is er nauw overleg tussen Witteveen+Bos en GMB. Gedurende de tenderfase van drie maanden is er eens in de week een halve dag overleg.

GMB maakt inzichtelijk wat de wegingscriteria van de opdrachtgever zijn zodat duidelijk is waar deze waarde aan hecht. Voor het ontwerpen van een aanbidding wordt er gestuurd op deze EMVA criteria. In de fase van aanbidding is het ontwerp er puur op gericht om het werk binnen te halen. Hiervoor moet de optimale waarde/prijs verhouding gevonden worden, die voor een gedeelte door de EMVA criteria bepaald wordt.



Figuur 38: Posities in het spectrum van de Flexfilter productontwikkeling.

Figuur 38 laat zien waar de zwaarte van de activiteiten van W+B en GMB ligt. De onderlinge samenwerking vindt vooral plaats in de conceptontwikkeling en het maken van een aanbidding.

W+B werkt het ontwerp voor de aanbidding uit en hiervoor worden de uren tegen gereduceerde tarieven gedeclareerd bij GMB. Daarvoor in de plaats is er een bonus voor W+B bij het binnenhalen van het werk. Op basis van het aanbiddingsontwerp moet een prijs gemaakt worden en hiermee moet ook aangetoond kunnen worden dat het voldoet aan de gestelde eisen van de opdrachtgever. Hierdoor was het ontwerp bij Amersfoort en Veenendaal voor de aanbidding al aardig dicht bij een definitief ontwerp.

Reinders doet zelf alleen de detailengineering. Het watersysteem wordt door W+B ontworpen in een schematische weergave met buisdiameters. Hoe het ontluchtingsklepje en de metertjes eruit zien, vult Reinders zelf in. Reinders is bij Amersfoort Veenendaal ingehuurd als onderaannemer omdat zij geen samenwerkingsovereenkomst wilde tekenen. Toch wordt er vergaand samengewerkt.

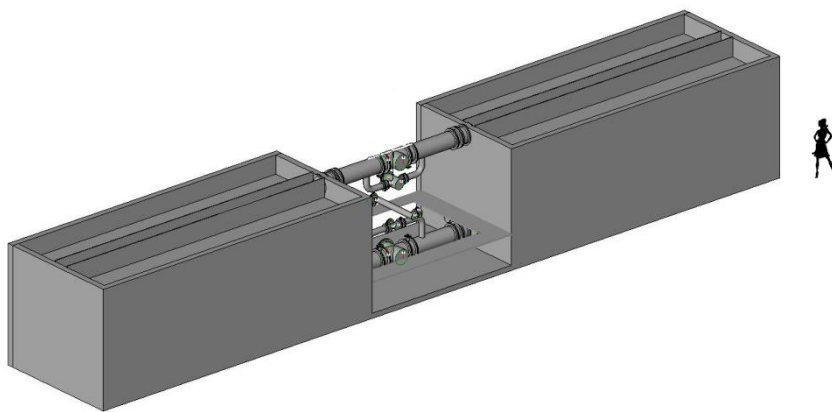
5.5.3 Klanten

Tot nu toe is de ervaring dat waterschappen erg traditioneel zijn ingesteld en veel willen voorschrijven, ook bij DB contracten. Er is veel technisch opgeleid personeel in dienst, vooral op de aspecten werktuigbouw en elektrotechniek. Voor deze twee disciplines gelden dan ook erg veel eisen. Op sommige punten is er bijna tot op besteksniveau gespecificeerd. Om aan deze objecteisen te ontkomen probeert GMB de uitgespecificeerde componenten zo min mogelijk in het ontwerp te gebruiken. Door alle voorschriften wordt het ontwerp anders onnodig duur. Het risico van een falend systeem ligt geheel bij GMB. Zij moet een werkend systeem afleveren, met een jaar garantie en eventueel 10 jaar onderhoud. Desondanks bemoeit het waterschap zich met risico's, en dwingt aanvullende maatregelen af.

Waterschappen willen alleen bewezen systemen inzetten. Wanneer een aanbieder een techniek ontwikkelt, zal hij dus vooraf moeten bewijzen dat de techniek werkt. Hiervoor is de STOWA opgericht. De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer ontwikkelt, verzamelt en deelt kennis die nodig is voor de uitvoering van opgaven in het waterbeheer. Het werk van de stichting wordt gefinancierd door de waterschappen, hoogheemraadschappen, zuiveringschappen en provincies (Stowa in het kort). Wanneer een techniek in de STOWA rapportages staat vertrouwen waterschappen erop dat het werkt.

5.5.4 Revitmodel

Het Flexfilter is door Witteveen en Bos in Revit gemodelleerd en ook de nabehandelingsinstallaties voor de RWZI's van Amersfoort en Veenendaal zijn door Witteveen+Bos in Revit gemodelleerd. Het Flexfilter model is een Revit family bestand (rfa). Dit is een object familie of klasse waarmee instanties te genereren zijn.



Figuur 39: 3D aanzicht in Revit

Figuur 39 is een weergave van het Flexfiltermodel in Revit. Het Flexfiltermodel bestaat uit twee bakken met daartussen installaties. Dit kan nu als basis dienen voor een verder ontwerp. Door te kopiëren en elementen toe te voegen is heel snel en eenvoudig een aantal bakken naast elkaar te plaatsen.

Om een heel ontwerp voor een klant te maken moet er nog veel gebeuren. Het Flexfilter model zelf moet met de hand worden aangepast aan de situatie en de juiste afmetingen. En het juiste aantal moet met de hand gegenereerd en geplaatst worden.

Als subsysteem is het model een stap in de goede richting maar bij lange na kan er nog niet een compleet flexfilter systeem gegenereerd worden. Het buizensysteem bijvoorbeeld zal geïntegreerd moeten worden met het model van de filterbakken om één consistent model te verkrijgen.

Aan het oorspronkelijke model was een database gekoppeld met daarin de geometrische eigenschappen van verschillende buistypes in CSV(comma separated values) bestanden. Wanneer van een buis een parameter veranderd werd, zoals de diameter, veranderde alle andere eigenschappen mee. De dikte van de buis neemt dan de waarde aan van het bij die diameter horende type buis.

Een BIM samenwerking tussen GMB en W+B kan ook totstandkomen met Revit. Naast het uitwisselen van bestanden kunnen Revit gebruikers modellen centraal delen over een netwerk, zie *worksharing* in Bijlage 4: Autodesk Revit.

5.6 Conclusie

Dit hoofdstuk ging in op de vraag hoe een BIM tot stand komt voor het Flexfilter.

Subvraag 3.1 Hoe zit het Flexfilter concept in elkaar?

Het Flexfilterconcept is een samenwerking tussen GMB, Witteveen+Bos en Reinders en is ontwikkeld voor fosfaatverwijdering uit het effluent van rwzi's. Het Flexfilter is een modulair opgebouwde zandfilter. Waterschappen zijn als beheerders van de rwzi's de beoogde klanten voor het concept.

Subvraag 3.2 Hoe zou een Flexfilter concept BIM in elkaar moeten zitten?

De ketenpartners in het flexfilterconcept zijn te onderscheiden in GMB en W+B samen als systems integrator, en GMB B&I, Reinders en Van der Graaf als integrators van de subsystemen. Deze partijen zouden hun modules in moeten brengen in het totaalmodel. Van de gebouwde exemplaren van het concept kunnen de relaties en variaties vastgelegd worden in het model zodat nieuwe productvarianties hiermee te genereren zijn. De gebruikte regels en relaties in het model zorgen ervoor dat het model parametrisch aan te passen is.

Subvraag 3.3 Is het huidige model hiervoor geschikt?

Het huidige model van de flexfilterbak is een revit family bestand. De modellen van Amersfoort en Veenendaal zijn ook in revit gemaakt. Deze modellen zijn objectparametrisch en bevatten niet de relaties die nodig zijn om meerdere exemplaren te genereren. Uitwisseling tussen GMB en Witteveen+Bos kan plaatsvinden in IFC bestanden of, wanneer GMB ook revit gebruikt, in revit bestanden. Net als met IFC is het met revit ook mogelijk informatie in een centraal model te delen tussen partijen.

Subvraag 3.4 Is de huidige praktijk hiervoor geschikt?

De huidige praktijk voor het Flexfilter is hiervoor niet geschikt. Het tenderproces laat nog weinig ruimte voor een volledig zelf gespecificeerd ontwerp van de aanbieder. De waterschappen schrijven nog veel voor. Dit zou met een BIM betekenen dat de voorgeschreven objecten in het model verwerkt moeten worden, in plaats van eigen objecten. GMB probeert vanwege de kosten al zoveel mogelijk van de door de klant uitgespecificeerde objecten uit het ontwerp te houden.

Deelvraag 3 Hoe komt een BIM tot stand voor het Flexfilter?

Een Flexfilter BIM komt tot stand door van meerdere gebouwde exemplaren de regels, variaties en relaties vast te leggen in een parametrisch model. In de huidige praktijk is het Flexfilter BIM door Witteveen+Bos gemaakt in Revit en is het objectparametrisch.

H6: Een BIM visie voor GMB

Bij een theoretisch onderzoek gaat het om het ontwikkelen van nieuwe theoriën en bij een praktijkgericht onderzoek gaat het om het oplossen van een probleem in een bestaande situatie. Deze scriptie heeft beide elementen in zich. Op basis van literatuur is een theorie voor een dynamisch BIM ontwikkeld voor de lange termijn en op basis van de praktijk worden de mogelijkheden voor de korte termijn gegeven.

De theorie in hoofdstuk 4 beschrijft hoe een aanbieder en de keten idealiter gebruik kunnen maken van een dynamisch BIM bij het aanbieden van een product. Hoofdstuk 6 beschrijft een visie voor het toekomstig gebruik van modellen bij GMB. Vervolgens is een strategie nodig om een visie te kunnen bereiken. Paragraaf 6.1 geeft de visie weer en in paragraaf 6.2 is de strategie uiteengezet. Paragraaf 6.3 geeft de conclusie op de vraag: Wat is de BIM-visie en hoe is dit te bereiken? In hoofdstuk 7 volgt de implementatie in een stappenplan.

6.1 Visie

Een visie verwijst naar het gewenste lange termijnperspectief van een organisatie. Hoe deze zichzelf het liefst ziet in de toekomst. BIM zal deel uitmaken van de toekomst van de bouwindustrie, en deze toekomst zelfs gaan vormen. De visie op BIM komt tot stand aan de hand van de in H4 beschreven theorie en uit de empirische bevindingen.

6.1.1 BIM visie

Dankzij de kennis in BIMsystemen is GMB minder afhankelijk van ontwerpbureau's en kan zij met ketenpartners aanbiedingen ontwerpen. Door met een BIM samen te werken met partners kan GMB aanbiedingen en projecten coördineren en de regie voeren bij ontwerp en uitvoering. GMB heeft de kennis van de totaalproducten die zij aanbiedt, en laat de uitwerking van subsystemen over aan de co-makers. Het BIM voorziet hierbij in de integratie van de inbreng van verschillende disciplines en partijen. In de toekomst heeft GMB een zo integraal en dynamisch mogelijke BIM samenwerking met partners zodat dit zo goed als mogelijk ondersteunt in het aanbieden, produceren en verbeteren van de producten.

6.2 Strategie

In een strategie is bepaald hoe de visie verwezenlijkt kan worden.

6.2.1 Partners

BIM is een technologie waarmee projecten op een geheel nieuwe manier tot stand kunnen worden gebracht. Hier komen andere (nieuwe) risico's, winsten en relaties bij kijken. Deze nieuwe mogelijkheid van zakendoen heeft de markt nog niet veranderd en de eersten die de nieuwe technologie oppakken proberen deze in de conventionele gang van zaken te implementeren (Ashcraft, 2007).

Dit is iets wat GMB niet moet gaan doen. De traditionele praktijk wordt gekenmerkt door ad hoc relaties. Door met vaste partners een BIM te gebruiken kan een eigen werkwijze tot stand gebracht worden, en de samenwerking steeds beter verlopen. Dit zal kunnen afwijken van ontwikkelingen bij anderen waardoor het wat lastiger kan worden aansluiting te vinden met partijen buiten de vaste ketenpartners. Partijen zullen dus keuzes moeten maken met wie ze zaken willen doen en met wie zij meegaan in het opzetten van systemen en werkwijzen. Sectorbrede standaarden zijn handig bij wisselende partijen, maar met vaste partners met op elkaar afgestelde systemen en werkwijzen zullen er geavanceerdere mogelijkheden zijn.

Het gebruiken van een BIM zorgt niet automatisch voor integratie van de keten. Ketenpartners die willen samenwerken, moeten ook afspraken maken over het gebruik en integratie van een BIM. Voor GMB is de strategie om met vaste partners uit te vinden wat wel werkt en wat niet, wat de beste werkwijzen zijn en hoe de meeste efficiëntie te behalen is. Daarbij staat het modeleren van de eigen producten voorop, gericht op herhaling en verbetering. Met vaste partners kan GMB een pro-actieve houding aannemen ten aanzien van een BIM samenwerking.

6.2.2 Concepten

Het loont het best om een BIM te gebruiken bij de eigen concepten. In deze conceptsamenwerkingen zijn afspraken gemaakt met vaste partners zodat de belangen hetzelfde zijn en in meerdere projecten hetzelfde product gemaakt kan worden. Dit biedt de kans om te leren en kennis van het product en het BIM samen te ontwikkelen.

Voor concepten geldt dat wanneer er een markt is voor een product waarvan:

- Er meerdere verkocht gaan worden
- Een projectoverstijgende samenwerking opgezet kan worden met gezamenlijk doel
- Voldoende zaken parametrisch vast te zetten zijn

Dat het dan zeer goed lonen om samen een parametrisch model op te zetten voor het genereren van valide aanbiedingen. Om de kennis van een concept vast te houden en uit te kunnen breiden is het nodig om samen met de partners de kennis te kunnen beheren.

6.2.3 Kennismanagement

Om de geleerde lessen en ervaringen te documenteren en over te kunnen dragen dient deze kennis te worden beheerd. Ervaringen van het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud dienen gedeeld te worden zodat de ontwerpen steeds beter worden.

Kennis management reikt mechanismes aan voor het systematisch beheren van kennis die zich binnen een organisatie ontwikkelt. Technologie kan hierbij helpen door communicatie en samenwerking te faciliteren. Een kennismanagement systeem is een systeem dat faciliteert in het verwerken van kennis.

Met behulp van kennistechnologie kan kennis toegankelijk gemaakt worden in kennissystemen. Integratie van productdatatechnologie en kennistechnologie houdt in dat een kennissysteem zelf zijn benodigde informatie terug kan vinden in een productmodel (Tolman, 2002). Zo kunnen tijdens het ontwerpen van een BIM verschillende kennissystemen meedraaien met bijvoorbeeld voorschriftenkennis of kostenkennis, en is deze kennis beschikbaar voor de gebruiker bij het opzetten van een BIM.

6.2.4 SI en co-makers

GMB zal de regie voeren door alle informatie te coördineren en te bewaken. GMB is eindverantwoordelijk voor het product, dus GMB is de partij die er als geen ander belang bij heeft dat alle informatie klopt en op tijd bij de juiste partijen terecht komt.

Voor GMB zijn er twee verschillende rollen te onderscheiden; GMB als systems integrator, en als co-maker. De aanpak voor BIM bij GMB onderscheidt zich op deze twee functies:

- GMB als SI houdt het overzicht op het totale systeem met een ontwerp/informatie leider. Dit kan een tendermanager, projectleider of BIMmanager zijn, die overzicht houdt op alle (model-) informatie en op het integrale project.
- De verschillende disciplines (de werkmaatschappijen) ontwerpen als co-maker met eigen specialistische software.

6.2.5 Competenties

GMB is van origine aannemer. Daar is productontwikkeling en aanbieden bijgekomen. Deze competenties zijn nog niet volledig bij GMB aanwezig. Het ontwikkelen en ontwerpen wordt samen met een ontwerpbureau gedaan. Om dit zelf te kunnen zal er meer ontwerp-kennis bij GMB nodig zijn. Tot die tijd is een ingenieursbureau onmisbaar. De rollen zijn wel omgedraaid: GMB vraagt het ingenieursbureau om uitwerkingen en advies, in plaats van dat het ingenieursbureau namens de klant aan GMB opdraagt wat zij moet maken.

Uit de conclusies van (PSI Bouw, 2008) zijn twee belangrijke conclusies aan te halen die ook van toepassing zijn op het implementeren van een BIM gebaseerde werkwijze:

‘Ontwerpcompetenties, projectmanagementcompetenties en competenties ten aanzien van het aantoonbaar maken van de kwaliteit behoren vaak niet tot de aanwezige kern-competenties van het MKB bedrijf.’

En vervolgens:

‘Ontbrekende competenties bij MKB bedrijven ten aanzien van D&C contracten kunnen worden ingevuld door:

- *Het eigen bedrijf aan te passen (inhuren en aanemen van gekwalificeerd personeel, bedrijfsovernames en opleiden van eigen personeel) en/of*

- *Het aangaan van samenwerking (onderling met management- en ontwerp-bureaus)*

Hetzelfde valt te zeggen voor competenties die nodig zijn bij het ontwikkelen en gebruik van een BIM. GMB kan op bovenstaande manieren op korte termijn intern kennis hebben van 3D modelleren, om in eerste instantie zelf wijzigingen te kunnen maken en met het ontwerp-bureau te kunnen uitwisselen.

Uit ervaring blijkt dat het zelf ontwikkelen van modellen binnen de eigen organisatie beter is dan het uit te besteden (AGC, 2006). Op langere termijn zal het aan te raden zijn volledig zelf te kunnen ontwerpen en modelleren en eigen bibliotheken te beheren.

6.2.6 Samenwerking ontwerp-bureau

Bij DB contracten ontwerpt GMB vaak met een ingenieurbureau. GMB is dan de opdrachtgever voor het maken van een ontwerp, en het ingenieurbureau werkt het uit. (Chao-Duivis, 2009) stelt dat het er voor arbiters toe doet wie de ontwerper is en wie dus het auteursrecht heeft van het model. In een BIM kan er sprake zijn van een gemeenschappelijk werk of een combinatie van werken. 'Van een gemeenschappelijk werk is sprake indien de bijdragen geen voorwerp van afzonderlijke beoordeling kunnen zijn.' Wanneer het werk wel duidelijk gescheiden kan worden is er sprake van een combinatie van werken. In het geval van een gemeenschappelijk werk komt het exploitatie-auteursrecht toe aan de auteurs gezamenlijk en is voor de exploitatie de instemming van alle auteurs nodig. Bij een combinatie van werken kan iedere auteur voor zijn eigen deel het exploitatierecht zelfstandig uitoefenen.

Om werkwijzen en afspraken te ontwikkelen voor het hergebruik en exploiteren van ontwerpen is het dus aan te raden dit met een vast bureau te doen.

Voor de eigen concepten moet GMB zelf een ontwerpafdeling oprichten en de kennis in huis halen. Om de kennis van alle benodigde facetten in huis te halen, zoals beton, staal, grond, fundering, wapening en water, zou GMB een flinke ingenieursafdeling op moeten richten. Nu wordt al deze kennis ingehuurd op het moment dat daar behoefte aan is.

6.2.7 Eigen bibliotheek

De parametrische objecten in CADsystemen en in sectorbrede bibliotheken zijn een weergave van de standaard praktijk en bevatten alleen standaard objecten. Hiermee is het voor bouwbedrijven lastig zich te onderscheiden. De ervaringen die de ontwerper en het bedrijf hebben opgebouwd in hoe elementen ontworpen en gemaakt moeten worden, moeten worden vastgelegd. De standaard parametrische objecten bevatten niet de expertise van het bedrijf en daarom zou elk bedrijf zijn eigen objectfamilies moeten maken.

Wanneer een bedrijf vaker werkt met speciale objectfamilies, is de extra arbeid makkelijk te rechtvaardigen om deze parametrisch te definiëren (Eastman, 2008). De parametrische objecten voorzien in automatische inbreng van de ervaring van het bedrijf in de verschillende contexten van projecten. Dit kan op een hoog niveau voor inrichting van het ontwerp, productfamilies of objectdetails.

6.2.8 Klanten

De opdrachtgevers moeten de ruimte geven voor eigen oplossingen. Als de overheidspartijen doorzetten met zaken als concurrentie gerichte dialoog, EMVA beoordelingen en ook

ongevraagde aanbiedingen op waarde en prijs gaan beoordelen, ontstaat een markt waarin aanbieders uit de voeten kunnen en dan zullen zij concepten en producten (moeten) ontwikkelen. Dit geeft ruim baan voor innovatie en eigen productontwikkeling, waarbij bouw informatie modellen het aangewezen hulpmiddel zijn voor het integreren van disciplines en het genereren van aanbiedingen.

Uit de interviews en de casus bleek dat de publieke sector aan meer regels is gebonden dan marktpartijen, en door de vele voorschriften het aanbieden van een eigen product nu nog lastig kan zijn. Concepten kunnen daarom voorlopig het best gericht worden op marktpartijen in de industrie.

6.2.9 Contracten

GMB neemt nog veel opdrachten aan die traditioneel aanbesteed worden. In de huidige markt geldt dit voor ongeveer 50% van de werken.

Bij het creëren van een BIM is het belangrijk dat alle partijen ook verantwoordelijk zijn voor het eindresultaat en dat zij vroeg in het proces betrokken zijn. Het maken van een BIM werkt het best als alle partijen belang hebben bij een goede samenwerking, en informatie en kennis met elkaar willen delen. Hoe eerder het BIM wordt ontwikkeld en gedeeld hoe nuttiger het is (Eastman, 2008). Daarnaast is bij geïntegreerde contracten één partij verantwoordelijk voor het ontwerp en de bouw, zodat beide vakgebieden goed kunnen deelnemen in de ontwerpfase. Traditionele samenwerkingsvormen zijn dus minder geschikt voor het samenstellen en het gebruik van een BIM dan geïntegreerde contracten.

GMB werkt met veel wisselende partijen. Maar op de DB projecten wordt juist wel vaak met dezelfde partners aangeboden. Langdurige relaties zijn beter geschikt om kennis te delen en de processen en producten te verbeteren. Bij projectoverstijgende samenwerkingen zijn de partners al betrokken bij de eerste ontwerpbeslissingen en kan hun kennis gebruikt worden bij het ontwerp van het model. Dit brengt het meeste voordeel met zich mee en daarbij kunnen eigen ontwikkelde parametrische productmodellen efficiënt ingezet worden.

Uiteindelijk zullen leveringscontracten opgesteld kunnen worden. De ontwerpfase gaat met een parametrisch BIM vooraf aan de aanbidding, dus de enige overeenkomst die vervolgens te sluiten is, is die van levering, inclusief garantie en eventueel onderhoud.

6.2.10 Pilots

Voor de eerste toepassing in de praktijk zal een pilot gestart moeten worden. Het is handiger om een pilot concept te nemen dan een éénmalig pilot project. Dit heeft drie redenen:

- Vanwege de herhaling van het product en dus het kunnen hergebruiken van het model en de objecten.
- Vanwege de vaste partners waarmee modelinformatie uitgewisseld kan worden en ervaringen gedeeld en lessen geleerd kunnen worden voor de volgende keer.
- Projecten kunnen met elkaar vergeleken worden, zodat vooruitgang gemeten kan worden.

Als goede mogelijkheid kan gekeken worden naar het opzetten van een parametrisch BIM voor de composteringstunnels. Deze tunnels, ontworpen door GMB slibverwerking, zet men in om de

stankoverlast voor de omgeving te beperken, meeuwen te weren, het composteringsproces te versnellen en de extra warmte die hierbij vrijkomt te kunnen gebruiken. Van origine zijn deze tunnels ontworpen voor slib, maar ze kunnen ook geschikt gemaakt worden voor GFT afval. Per project gaat het om meerdere tunnels.

Een tweede mogelijkheid is de hallenbouw waarin GMB ook actief is. Er zijn verschillende hallen gebouwd voor de industrie, zoals de hallen voor de Van Bentum Recycling Centrale.



Figuur 40: De Van Bentum Recycling Centrale als voorbeeld voor hallenbouw voor de industrie

Voor dergelijke industriële hallen in staal wordt al vaak het 'pre-engineering' concept gebruikt (Rammant, 2009). Om de kosten te reduceren wordt bij een 'pre-engineered building' (PEB) het ontwerp, de details en de fabricage vastgelegd in een groep standaard gebouwen, met vooraf bepaalde breedtes, hoogtes en belastingen. Met de software toepassingen van vandaag de dag hoeft het niet meer te blijven bij dergelijke voorgedefinieerde keuzes, maar kunnen parameters vrij gekozen worden.



Figuur 41: Pre-engineered building (Rammant, 2009)

GMB kan proberen met een partner die al een dergelijke modellen gebruikt voor staalconstructies een conceptsamenwerking aan te gaan. Zo kan men werken aan een model om een complete aanbidding te kunnen genereren inclusief betonwerk zoals fundering, keerwanden en kolommen.

Andere geschikte producten voor conceptontwikkeling en parametrische BIM systemen kunnen bijvoorbeeld viaducten en bruggen zijn.

Het nieuw te bouwen GMB hoofdkantoor kan een goede start zijn van een eigen concept voor bedrijfsruimtes. Ontwerp, uitvoering, beheer en onderhoud, GMB kan er allemaal eerst zelf ervaring mee opdoen.

6.3 Conclusie

In hoofdstuk zijn de visie en strategie gegeven voor een BIM bij GMB. Het antwoord op subvraag 4.1 kan nu gegeven worden.

Subvraag 4.1 Wat is de visie voor BIM en hoe is dit te bereiken?

De visie is in het kort: GMB kan in de toekomst haar eigen aanbiedingen ontwerpen en heeft dankzij een BIM zelf de kennis van de totaalproducten die zij aanbiedt in huis. Zij integreert de inbreng van co-makers en werkt zo dynamisch mogelijk.

De strategie voor GMB om dit te bereiken is:

- Met vaste partners pro-actief een BIM samenwerking ontwikkelen
- Concepten ontwikkelen
- Parameters afspreken voor parametrisch model
- Kennis beheren
- Als totaalaanbieder richten op integratie van systemen
- Als co-maker richten op ontwerp/modellering deelsystemen
- Ontwikkelen van ontwerp- en modelleringscompetenties
- Eigen bibliotheek aanleggen
- Geschikte klanten benaderen
- Van geïntegreerde contracten naar leveringscontracten
- Met pilotconcept beginnen

H7: BIM implementatie bij GMB

De visie beschreven in hoofdstuk 6 is een beeld van hetgeen GMB kan bereiken met een BIM. De strategie beschrijft hoe dit beeld op verschillende vlakken bereikt kan worden.

Op basis van de huidige technieken zoals behandeld in H3, en de huidige praktijk zoals uit het empirisch onderzoek blijkt, wordt in dit hoofdstuk de implementatie van een BIM bij GMB beschreven.

7.1 Geschiktheid huidige praktijk

Deze paragraaf beschrijft of markt en partners klaar zijn voor een BIM implementatie.

7.1.2 Markt

De economische situatie in de civiele sector is op dit moment zwaar en ook GMB heeft hier last van. Voor de middellange termijn wordt echter stabilisatie in de sector verwacht op een stevig productieniveau. De overheid is zeer sterk vertegenwoordigd als opdrachtgever in de gww sector. Traditionele contracten, met bijbehorende topdown marktstructuur komen nog veel voor maar de tendens is duidelijk richting geïntegreerde contractvormen (Bijlage 6: Huidige markt). De vraag van klanten naar innovatieve oplossingen neemt toe en de verwachting is dat dit in de toekomst doorzet. GMB houdt rekening met een sterke toename van DB contracten in de portefeuille.

7.1.2 Partners

Naast de concepten waarin vaste samenwerkingsverbanden zijn aangegaan zijn er binnen GMB meer projecten waar heel duidelijk aan ketensamenwerking wordt gedaan. Zo zijn er bedrijven vanaf het begin bij projecten betrokken en ontwerpen ze mee aan het project. GMB heeft door de diversiteit aan projecten in de gww te maken met heel veel wisselende partners. Daardoor worden er per project geschikte ketenpartners gezocht. Uit interviews blijkt dat GMB daarbij graag samenwerkt op basis van partnerschap en de keten wil integreren. Voor aanbidding wordt dan voor het project bepaald wat iedereen gaat maken, wat de verantwoordelijkheden zijn en wat de prijs is die daarvoor betaald wordt. Dit biedt een goede basis voor samenwerking met een BIM. GMB zal partners moeten aansporen een gezamenlijk BIMsysteem op te zetten, of hier andere geschikte partners voor moeten zoeken.

Tegelijkertijd met het schrijven van deze scriptie vond een afstudeerscriptie plaats over ketenintegratie bij GMB. In het rapport van J.A. Wicherson zijn conclusies te vinden over de manier waarop GMB haar toeleveringsketen kan integreren op projectniveau, met inachtneming van randvoorwaarden die in de huidige markt spelen.

7.2 BIM implementatie intern

Deze paragraaf beschrijft de te nemen stappen voor het implementeren van een BIM werkwijze binnen GMB.

7.2.1 Stap 1 Objectparametrisch modelleren

De eerste voordelen die te behalen vallen bij het werken met een 3D objectparametrisch ontwerpprogramma zijn voor de tekenaar. Deze hoeft een wijziging nog maar één keer in het model te maken, en alle aanzichten zijn automatisch consistent. Het genereren van gewenste aanzichten kan in een handomdraai gebeuren. Daarnaast is er direct het ruimtelijke inzicht zodat fouten in het model eerder aan het licht komen.

Het 3D beeld is ook een groot voordeel bij de aanbidding. De klant kan veel beter en sneller zien wat voor oplossing de aanbieder voorstelt.

Door zelf met een 3D model te werken is het mogelijk doorsnedes en aanzichten te generen waar dit ook maar gewenst is, zonder hiervoor het ingenieursbureau te moeten bellen. Dit modelleren zal, zeker nog bij de eerste projecten, gebeuren samen met het ingenieursbureau. Dit betekent dat er afspraken nodig zijn over hoe objecten gedefinieerd worden, en wat de tekenafspraken zijn. GMB dient zelf ook het 3D modelleren onder de knie te krijgen. Werken met een objectparametrisch CAD programma: Revit

7.2.2 Stap 2 Bibliotheek aanleggen

Er zijn objecten bibliotheken te koop om een begin te kunnen maken. Tijdens het oefenen met modelleren op een typisch project ontstaan de eerste eigen objecten. Van alle gedetailleerde objecten en componenten wordt een bibliotheek aangelegd. Ook de objectmodellen van leveranciers kunnen gebruikt worden. De ervaring hiermee leert echter dat bijvoorbeeld modellen van mechanische componenten, zoals pompen, te gedetailleerd kunnen zijn met als gevolg dat het model te zwaar wordt en het programma vertraagd. Een oplossing hiervoor kan zijn om dergelijke componenten om te zetten in solids.

7.2.3 Stap 3 Hoeveelheden en kosten bepaling

In Revit kunnen hoeveelheden bepaald worden en deze kunnen in excel geëxporteerd worden ten behoeve van calculatie (Autodesk, 2007c). Dit biedt een eerste houvast voor kosten calculatie en kan zo handmatig aansluiten op de huidige werkwijze.

Met een kostenprogramma zoals IBIS4BIM kunnen elementen en objecten aan prijzen kostenrecepten worden gekoppeld. Standaardonderdelen kunnen automatisch worden voorzien met de correcte eenheidsprijs uit de kostenbibliotheek (Koks, 2009).

Door een koppeling tussen objecten en een database kan IBIS4BIM hoeveelheden genereren, specificatielijsten maken en begrotingen en calculatie rapporten opstellen. IBIS4BIM kan onder andere uitwisselen met Autodesk Revit 2008 (ibis4BIM, 2010). Het programma ontleedt geometrische en beschrijvende kenmerken, hoeveelheden en toegekende bouwdeelspecificaties. Om nauwkeurig te calculeren kunnen parametrische recepten worden samengesteld. Die worden vervolgens aan CAD-objecten toegekend. Recepten bevatten een kostenkengetal of een onderbouwde prijs, opgebouwd met activiteiten, materiaal, arbeid, materieel en onderaanneming (ibis4BIM, 2010).

Met een dergelijk programma is het dus mogelijk snel verschillende alternatieven te calculeren. Zo kan gestuurd worden op waarde en kosten, in plaats van calculatie achteraf.

7.2.4 Verdere stappen

Verder stappen die te nemen zijn is het koppelen van een planning aan het model voor visualisatie van de uitvoering. Faseringen kunnen geëvalueerd worden, en het inzicht in de uitvoering neemt toe bij alle partijen.

Met extensies voor Revit is het mogelijk allerlei relaties vast te leggen. Bruggen dimensioneren kan parametrisch met behulp van de 'bridge definition' extensies. Parametrisch ontwerp van bruggen en viaducten is met behulp van deze extensies voor Revit mogelijk (Autodesk, 2010).

Tussen Revit structure en Autodesk Civil 3D is het mogelijk een koppeling aan te brengen. Het programma civil3D is geen parametrisch CADprogramma en kan niet omgaan met IFC. Globale bruggen die gemaakt zijn in Civil 3D kunnen door middel van een extensie geïmporteerd worden in Revit Structure (Autodesk, 2010). Ook een weg configuratie kan van Civil 3D in Revit geïmporteerd worden. Andersom kan vervolgens een complete brug uit Revit in Civil 3D geplaatst worden als een solid object dat precies aansluit op het profiel van de weg.

7.3 BIM implementatie extern

Deze paragraaf beschrijft twee verschillende manieren om een BIM werkwijze met partners op te zetten, afhankelijk van de omstandigheden.

7.3.1 Centraal model

GMB zal altijd met andere partijen tenderen. Hierbij wil GMB meer de regie voeren bij tenders en projecten. Zij laat nu al snel het ontwerpbureau leidend worden wanneer de kennis niet in huis is. Dit kan te dure ontwerpen opleveren waarmee tenders verloren worden. GMB wil met partners aanbieden en hierbij de regie voeren.

Wanneer er teveel combinanten in een projectteam zitten wordt het steeds moeilijker om een goede inschrijving te doen. Uit interviews blijkt dat hoe minder spelers, hoe efficiënter en succesvoller de samenwerking vaak is. Combinaties voor inschrijvingen zijn vaak te groot. Met vaste partners gaat dit wel beter, is de ervaring.

Door te werken met één Bouw Informatie Model werken alle partijen met dezelfde basisinformatie. In de huidige praktijk zullen niet alle partijen hun bewerkingen direct vanuit een centraal model uitvoeren, maar met software werken die data uit het centrale model kan importeren om later weer het centrale model te updaten. Twee voorbeelden die op een dergelijke wijze werken zijn Revit met filesharing en de IFC BIMserver.

Vanwege de wisselende partijen waarmee GMB te maken heeft bij haar projecten, wordt naast de optie om met vaste partners een BIM samenwerking aan te gaan, ook de optie beschreven om met wisselende partijen aan een BIM te kunnen werken. Het streven met vaste partners in een concept is een integraal en zo dynamisch mogelijk BIMsysteem. Het streven met wisselende partijen is het creëren van een integraal BIM.

7.3.2 Concepten met vaste partners

Bij een vast concept kan ten behoeve van het ontwerp/tenderteam een modelgebaseerde werkwijze opgezet worden met dynamische koppelingen, zodat voor elke klant en situatie snel een aanbieding te maken is. Met vaste partners is het mogelijk de moeite waard om een ruimte in te richten met systemen voor elke partner, snelle pc's en voldoende grote schermen etcetera. Voor het maken van een aanbieding zitten alle partijen dan fysiek bij elkaar en software kan zo goed mogelijk aan elkaar 'geknoopt' worden. Op deze manier zullen de handigste werkwijzen het snelst naar boven komen. Op den duur kunnen ontwikkelingen op het gebied van telesamenwerking fysiek overleg en koppeling van systemen overbodig maken.

Met vaste partners waarmee al ervaring is opgedaan met het werken met modellen, kan deze werkwijze en ervaring uiteindelijk ook goed ingezet worden bij afwijkende projecten waar met dezelfde partijen een aanbieding kan worden gemaakt.

Wanneer co-makers hun systemen in een BIM aanleveren zijn zij zelf auteur en eigenaar, en geven zij de systems integrator toestemming dit te gebruiken in een model omdat dit in ieders belang is. De co-maker kan daarbij helpen de optimale configuratie van zijn systeem te bepalen voor het totaalproduct. Ieder is verantwoordelijk voor zijn product en productinformatie, en de Systems integrator is verantwoordelijk voor de samenstelling van het eindproduct en het maken van de aanbieding.

Het opzetten van een integraal en min of meer dynamisch systeem met vaste partners vergt een zorgvuldig uitgekende combinatie van programma's en eventueel eigen programmeerwerk, maar is voor een aanbieder veel waardevoller dan een object parametrisch model gebaseerd op IFC. Vaste ketenpartners hoeven geen gebruik te maken van IFC maar kunnen een eigen parametrisch systeem ontwikkelen. Het lastige met de huidige software is om de verschillende software die nodig is voor verschillende functies 'aan elkaar te knopen'. Vervolgens kunnen grote delen van een ontwerp automatisch gegenereerd worden aan de hand van een aantal parameters.

Door het automatiseren van ontwerp-, berekenings- en detailleringsprocessen, neemt ook de kans op voortschrijdende fouten toe, wanneer tussenstappen niet meer door mensen gedaan en gecontroleerd worden. Een ingenieur of deskundige zal altijd de invoer in het systeem moeten controleren en de uitvoer moeten nagaan.

Met vaste partners kan men afspreken te werken op basis van één bepaald software pakket. Samenwerking op basis van Revit is met vaste partners een goede mogelijkheid. Revit is in dit afstudeerproject al eerder ter sprake gekomen in hoofdstuk 5 en is beschreven in Bijlage 4: Autodesk Revit. Hier is ook de werking van de model communicatie weergegeven.

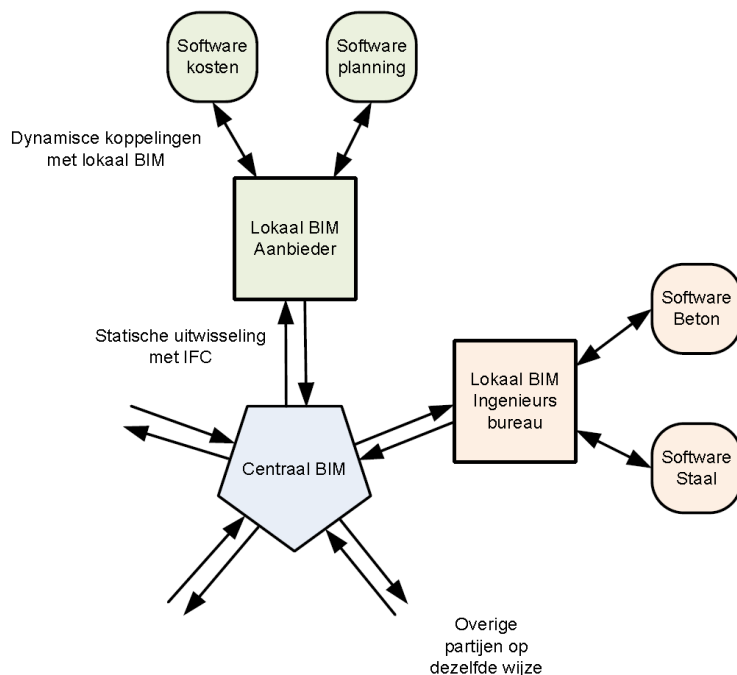
Interne disciplines evenals vaste partners kunnen onderling met een merkgebonden formaat uitwisselen, met API's, of met *filesharing* in het geval van Revit. Vaste methoden van uitwisseling en interactie kunnen worden ingericht en optimaal op elkaar afgestemd voor het zo dynamisch mogelijk genereren van aanbiedingen van het gezamenlijke product.

7.3.3 Projecten met wisselende partners

Met bouwcombinaties, dus bij gezamenlijke belangen, winst en risico's, is het goed mogelijk voor een aanbieder een BIM werkwijze op te zetten en zo een ontwerp te maken. Er vindt hier echter verschuiving plaats van het schaalniveau: De bouwcombinatie is de totaalaanbieder en GMB is leverancier van een subsysteem. De BIM samenwerking binnen de combinatie zal in overleg moeten worden opgezet waarbij de beste ervaringen van alle partners meegenomen moeten worden. Op dit moment is IFC de gebruikelijke open standaard voor een dergelijke samenwerking. Vrijwel alle BIM software kan dit formaat exporteren en inlezen. Onafhankelijk van hoe GMB het subsysteem in haar eigen BIM werkwijze vormgeeft, kan dit met een BIMserver altijd in IFC geïntegreerd worden in het totaalmodel van de bouwcombinatie.

Wanneer een samenwerking met wisselende partners voorkomt, zal uitwisseling in IFC bestanden al snel nodig zijn. Alle gangbare BIM applicaties ondersteunen deze uitwisseling. Wanneer meer dan twee partijen met het model moeten werken dan wordt het gebruik van een centrale database op een server aan te raden, om het overzicht te houden. Hiervoor biedt de gratis BIMserver uitkomst.

Met een centrale database is het mogelijk om alle (IFC) informatie samen te voegen in één database, terwijl iedere partij op zijn eigen manier aan het project kan werken. Door zo samen te werken aan een BIM kan een integraal productmodel aangeboden worden. In het centrale BIM kunnen bijdrages van alle disciplines geïntegreerd worden en planningsimulaties voor de uitvoering gedaan worden. De ontworpen modellen van disciplines zijn te integreren en te beschouwen vanuit één centraal model. Met de server is het mogelijk terug te zoeken, vergelijken, raakvlakken controleren. Zie Figuur 42 voor deze inrichting van de communicatie.



Figuur 42: Communicatie op basis van centrale IFC BIMserver

Voor het doorvoeren van wijzigingen moet per discipline (een deel van) het model geladen worden in de eigen software. Nadat de handelingen verricht zijn moet het nieuwe model met de nieuwe informatie weer geladen worden naar de server. Hierdoor is het centrale model niet volledig up-to-date. Het is bij deze werkwijze zeer belangrijk het centrale BIM regelmatig up te daten, zodat veranderingen voor andere partijen duidelijk zijn.

7.4 Stappenplan

BIM Intern	
3D modelleren in Revit	
Eigen bibliotheek	
Koppeling met kosten (5D)	
Uitbreiden (4D, nD)	
BIM Extern	
Concepten	Projecten
Benoemen concept	Geïntegreerd contract?
Partners betrekken	Kunnen partijen met IFC werken?
Systeem, objecten en relaties bepalen	Kan project leiden tot concept? (niet noodzakelijk)
Parameters bepalen	Willen partijen meewerken?
Inrichten integraal en dynamisch ² BIM systeem	Integraal systeem ontwerpen
BIM maken/genereren	Integraal BIM maken
Evaluatie: verbeteringen mogelijk in concept en werkwijze?	Evaluatie: concept samenwerking mogelijk?

² Zo dynamisch mogelijk: zoveel mogelijk parametrische relaties en direct gekoppelde programma's

7.5 Aansluiting op processen GMB

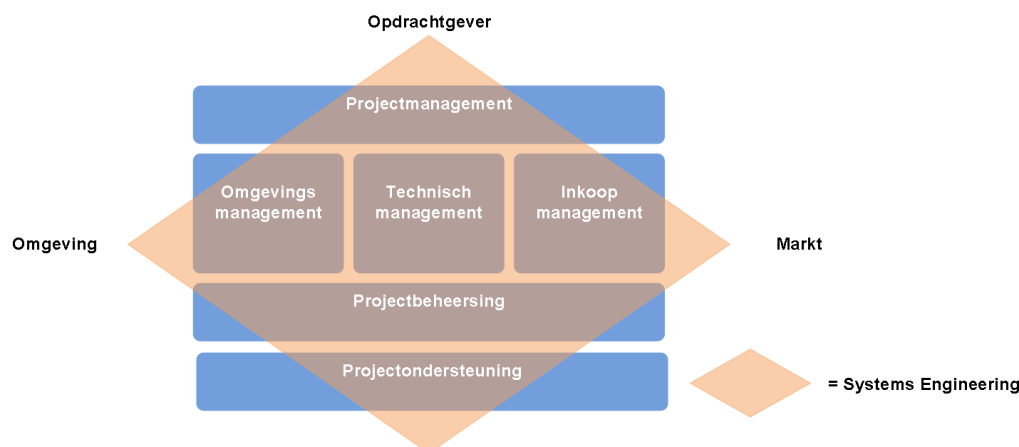
7.5.1 Stapsgewijs

Als middelgrote aanbieder kan GMB stapsgewijs met een BIM gaan werken en hiervoor eerst één team of discipline aanwijzen. Het voordeel hiervan is dat op kleine schaal lessen geleerd kunnen worden en de successen op grote schaal later kunnen worden uitgebreid. Een pilotconcept is hiervoor het best geschikt, zoals in vorig hoofdstuk beschreven is.

GMB heeft echter als één van de eerste doelen benoemd om de huidige werkmethoden voor geïntegreerde en multidisciplinaire contracten (GMC) samen te laten gaan met een BIM werkwijze.

7.5.2 GMC Werkwijze

GMB wil inspelen op de veranderende markt en ziet duidelijke kansen in de nieuwe marktbenadering en de multidisciplinaire en geïntegreerde contracten van opdrachtgevers. In de handleiding GMB GMC is voor de organisatie van GMB een vertaalslag gemaakt van de door de opdrachtgevers bedachte wijze van projectbeheersing. Hieraan ten grondslag liggen het Integraal Project Management (IPM) model van Rijkswaterstaat en Systems Engineering (SE).



Figuur 43: kwaliteitssysteem van GMB gebaseerd op SE en IPM

In Figuur 43 is het resulterende kwaliteitssysteem weergegeven. Het 'technisch management' is het primaire proces en onderverdeeld in twee deelprocessen: ontwerpen, en uitvoeren.

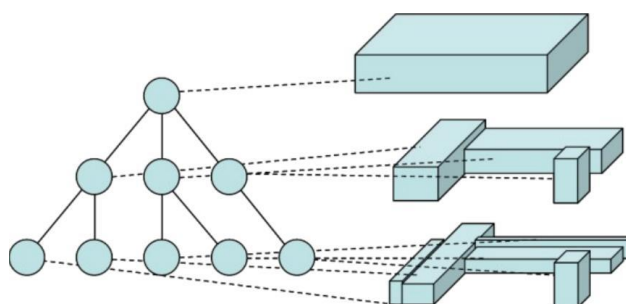
De ontwerpprocessen bij GMB zijn weergegeven in Bijlage 5: Processen GMB. 'Technisch mangement ontwerp' geeft de werkwijze weer bij ontwerp met een ontwerpende partij, 'ontwerpen (intern)' geeft het proces weer bij het maken van een eigen ontwerp.

Voordat met ontwerpen begonnen wordt, worden de eisen volgens SE systematiek gespecificeerd en wordt een functieboom gemaakt. Vervolgens wordt een objectenboom of 'system breakdown structure' (SBS) gemaakt. Op basis van de objecten in een dergelijke objectenboom wordt een activiteitenboom of 'work breakdown structure' (WBS) gemaakt. De planning kan gemaakt worden op basis van deze activiteitenboom. In de tenderfase wordt deze activiteitenboom samengesteld tot het niveau waarop de hoeveelheden ingevuld kunnen worden. De calculator kan vervolgens de hoeveelheden en activiteiten afprijzen.

SE structureert het proces van ontwikkelen van het beste antwoord op de vraag van de opdrachtgever en BIM is het objectmodel waarin resultaten van dat proces worden vastgelegd (Chao-Duivis, 2009).

De koppeling met Systems Engineering komt erop neer dat de geïdentificeerde objecten handmatig in een BIM te plaatsen zijn. Bij meerdere opties worden ontwerpkeuzes gemaakt aan de hand van een trade-off matrix (TOM). Hierin wordt ook de kostenindicatie van de varianten meegenomen. Bij een modelgebaseerde werkwijze voor kostenbepaling moet in dit stadium dus een voldoende gedetailleerd model aanwezig zijn voor een raming met het BIM.

De COINS systematiek probeert een koppeling te leggen tussen het ontwerpproces en modellen. De COINS-systematiek is een systematiek voor het gebruik van bouw informatie (COINS-programma, 2010). Het is een samenhangend stelsel van afspraken voor het vastleggen, overdragen en beheren van bouw informatie. De systematiek claimt aan te sluiten bij Systems Engineering en probeert ook dit ontwerpproces te ondersteunen.



Figuur 44: Koppeling objectenboom en het BIM (COINS-programma, 2010)

7.5.3 Ontwikkelingen

In Nederland worden nationale initiatieven genomen om interoperabiliteit te bevorderen, twee voorbeelden zijn Cheobs en in vorige paragraaf genoemde COINS:

Cheobs is een kennisbank waarin kenmerken, samenstellingen en definities van elk gww-object worden opgeslagen. Door deze begrippen eenduidig te gebruiken kan miscommunicatie voorkomen worden.

COINS probeert interoperabiliteit te bewerkstelligen door verschillende uitwisselingsformaten met elkaar te verbinden. De data wordt verzonden in COINS 'containers' waarin zich het modelbestand (merkgebonden of IFC) bevindt, samen met een bestand dat de verschillende formaten verbindt. Deze methode wordt het CBIM genoemd. Het succes zal afhangen van de adoptie van het CBIM door softwareleveranciers.

De sectorbrede ontwikkelingen moeten worden gevolgd om ook met wisselende partners samen te kunnen werken met een BIM. Voorbeelden van sectorbrede ontwikkelingen om te volgen zijn Coins, Cheobs, Opensource BIMserver. Het tijdig signaleren van nieuwe ontwikkelingen en toepassingen kan cruciaal zijn en het is daarom aan te raden om hiervoor tijd vrij te maken.

7.6 Implementatie kennistool

Het delen van kennis is geïdentificeerd als een van de belangrijkste pijlers voor succesvolle samenwerking. De huidige mogelijkheden met een BIM kunnen er zeer goed in voorzien dat de juiste mensen de juiste informatie tot hun beschikking hebben. De kennis om er iets mee te kunnen zit bij organisaties zelf en is vaak impliciet aanwezig. Om deze kennis expliciet te maken zodat deze gemakkelijk gedeeld kan worden zal GMB met haar partners aan kennismanagement moeten doen.

7.6.1 Wiki

Om het voor alle medewerkers en externe partijen mogelijk te maken projectinformatie te vinden is het GMB infoplein ontwikkeld. Dit is een web-omgeving gebaseerd op Microsoft Sharepoint en vormt een platform waarop allerlei informatie en bestanden te vinden is. Dit is een centraal over internet toegankelijke plek met projectinformatie.

Er is ook een kennisbank aanwezig op het intranet van GMB. In deze documentenbibliotheek zijn allerlei losse documenten te vinden, zoals projectevaluaties, plannen van aanpak, rapporten handboeken etcetera. Het is doorzoekbaar maar onoverzichtelijk. De documenten zijn voornamelijk proces gericht. Voor de verbetering van het ontwerp en de uitvoering van de eigen producten is naast proceskennis, productkennis ook van belang.

Om kennis van een concept met de conceptpartners op te slaan, te delen en te ontwikkelen is een wiki een zeer goed instrument. Een wiki is een webtoepassing waarmee documenten kunnen worden opgeslagen, gedeeld en gezamenlijk kunnen worden bewerkt. Een bekend voorbeeld is wikipedia (www.wikipedia.org).

7.7 Conclusie

Subvraag 4.2 Is de huidige markt geschikt om een BIM te implementeren?

Traditionele contracten komen nog veel voor maar geïntegreerde contracten winnen terrein. Partners wisselen vaak per project maar GMB gaat wel graag partnerschappen aan voor een project. Partnerschappen op basis van geïntegreerde contracten zijn geschikt om met een BIM te gaan werken.

Subvraag 4.3 Hoe moet GMB een BIM implementeren?

Om een BIM te implementeren in de organisatie dient GMB gebruik te gaan maken van een objectparametrisch programma, Revit ligt erg voor de hand. Om waarde/kosten afwegingen snel te kunnen maken dient dit gekoppeld te worden aan een calculatieprogramma. IBIS4BIM is hiervoor geschikt. Verdere uitbreiding van het gebruik van het BIM kan zijn: koppeling met planningssoftware, gebruiken van extensies voor Revit zoals voor parametrisch brugontwerp, en uitwisseling met Civil3D voor bijvoorbeeld inpassing van een model in de omgeving.

Er zijn twee geschikte manieren om een BIM werkwijze op te zetten met andere partijen. De eerste is in een conceptsamenwerking met vaste partners. Hiervoor dient een zo integraal en dynamisch mogelijk BIM systeem opgezet te worden, op basis van Revit. Voor het delen van kennis binnen dergelijke samenwerking is een wiki een geschikt instrument. Een tweede optie is bij geïntegreerde contracten met geschikte partijen voor een aanbieder een BIM samenwerking opzetten op basis van IFC, zodat gezamenlijk een integraal product samengesteld kan worden.

Deelvraag 4 Wat moet GMB doen om een BIM te implementeren?

Zie paragraaf Stappenplan

H8: Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek behandeld. Conclusies worden beschreven in 8.1 en aanbevelingen zijn te vinden in 8.2.

8.1 Conclusie

Het antwoord op de hoofdvraag zoals gesteld in 1.6 volgt uit de beantwoording van de deelvragen eerder in dit rapport.

Hoofdvraag Hoe kan GMB, met behulp van een BIM, een integraal en dynamisch eindproduct aanbieden?

GMB kan een integraal en dynamisch eindproduct aanbieden door met partners integraal samen te werken en kennis te delen. Producten en productieprocessen moeten met voldoende flexibiliteit worden vastgesteld om van herhaling te leren en kennis te hergebruiken. Hiervoor moeten partners kennis kunnen delen in ontwerp, uitvoering en exploitatie.

Met behulp van BIM kan dit door het inrichten van een integraal en dynamisch BIMsysteem bij een conceptsamenwerking met vaste partners. Hiervoor moeten de objecten en relaties bepaald worden en de parameters afgesproken. Partners moeten bij elkaar gaan zitten en het concept en het BIMsysteem telkens verbeteren. Een wiki is hierbij handig voor het vastleggen, beheren en delen van kennis van product en processen, die (nog) niet in het BIM te vatten is.

Het doel van het onderzoek zoals gesteld in paragraaf 1.2 is:

Doel Het ontwikkelen van een visie en implementatieplan voor een BIM bij GMB.

- De visie is te vinden in paragraaf 6.1
- Het implementatieplan is te vinden in paragraaf 7.4

Hiermee is aan het doel van deze scriptie voldaan.

8.2 Aanbevelingen

Dit onderzoek is een exploratief onderzoek waarbij een theorie is ontwikkeld en geformuleerd. De juistheid en toepasbaarheid kan alleen aangetoond of verworpen worden door uitvoerig onderzoek naar (gedeeltelijke) toepassingen in casestudies. Of de toeleveringsketen in de toekomst op de beschreven manier met modellen zal werken is erg lastig te onderzoeken aangezien deze marktverschuivingen en procesvernieuwingen traag zijn en de techniek zich verder zal ontwikkelen.

- Dit onderzoek geeft aan dat partnerschappen gesloten dienen te worden om een goede BIM samenwerking op te kunnen zetten. GMB moet voor kansen die zij ziet voor concepten op zoek gaan naar de juiste partners die bereid zijn een goede BIM samenwerking op te zetten.
- Om de kennis uit verschillende fases te kunnen terugkoppelen naar eerdere stadia in de levenscyclus is het van belang deze kennis expliciet te maken. Hiervoor is een onderzoek nodig naar hoe in conceptsamenwerkingen het vastleggen en beheren van kennis over de gehele levenscyclus het best gedaan kan worden. Opgedane kennis vastleggen, evalueren en hergebruiken is een hoofdzaak voor een lerende organisatie.
- Het blijkt dat in de publieke sector door waterschappen nog erg veel voorgeschreven wordt, waardoor van een eigen concept weinig overblijft. GMB kan kijken naar andere markten waar de klant zelf geen technische kennis heeft en geen oplossingen of eisen aan objecten voor gaat schrijven. Dit geeft de aanbieder meer vrijheid om zijn eigen oplossingen aan te bieden.

Epiloog

Het onderwerp van afstuderen is totstandgekomen in overleg met GMB. Dankzij een studievriend kwam ik in contact met Rob Vos, die een afstudeerder zocht voor de toepassing van een BIM binnen GMB. Ik had zelf net tijdens een stage meegemaakt hoe omslachtig de huidige papier gebaseerde werkwijze is met stapels tekeningen van de architect, waaruit de aannemer door te tellen en meten de hoeveelheden moet bepalen voor zijn bestellingen. Heel onhandig. Een BIM scheen hiervoor dé oplossing te zijn en de match was daar.

De eerste fase bestond uit het opzetten van een onderzoeksvoorstel. De richting bepalen van mijn afstudeerwerk vond ik een lastige opgave. Zoeken naar richting ging van het zelf ontwikkelen van een model tot het ontwikkelen van een theorie. Uiteindelijk werd het een exploratief theoretische studie, wat het afbakenen van het onderzoek weer erg lastig maakt. De werkwijze kan van tevoren niet geheel worden vastgelegd en het onderzoek wordt voor een deel gevormd door ideeën die zich tijdens het onderzoek uitkristalliseren.

Wat betreft het afstuderen zou ik achteraf gezien een aantal dingen anders gedaan hebben. Allereerst de zou ik mij beter hebben voorbereid op de methode van onderzoek en de manier van rapporteren. Bij bouwprocessen ligt de nadruk van het onderzoek meer bij kwalitatief dan kwantitatief onderzoek. Dit is iets wat niet in de opleiding voorkomt en daarom om een uitgebreidere voorbereiding vraagt. Waarschijnlijk zou het vak 'onderzoeksmethodologie' hierbij kunnen helpen.

Ik zou ook de volgorde van onderzoek doen beter in de gaten houden en hier een duidelijkere fasering in aanbrengen. Nu liepen verschillende zaken als literatuurstudie, interviews en casestudie dwars door elkaar heen. Dit komt ook doordat andere zaken dwars door mijn scriptie heenliepen, zoals het organiseren van een studiereis. Dit heeft veel tijd gekost en de afleiding die dit oplevert had ik onderschat. Afleiding die ik ook opzocht wanneer ik niet wist waar mijn scriptie heenging. Pas na New York kon ik mij beter op het afstuderen richten. Ook de ziekte van mijn moeder heeft een aantal moeilijke momenten opgeleverd. Daarnaast zorgde mijn verhuizing van Delft terug naar Den Haag voor veel afleiding en vertraging.

Mede doordat ik mij lange tijd niet volledig op het afstuderen stortte bleef het duidelijk worden van een richting uit. Er is teveel tijd gespendeerd aan literatuurstudie, en achteraf gezien bleek veel informatie niet nodig. Vaak vond ik onderwerpen interessant en dook ik er dieper in dan op basis van relevantie nodig bleek. Op andere vlakken kwam ik er op een later tijdstip juist achter dat ik meer informatie nodig had. Ik denk dat dit onvermijdelijk is, maar hier valt wel beter op te letten.

Bibliografie

1e seminar Bouw Informatie Raad. (sd). Opgehaald van Bouw Informatie Raad:

<http://www.bouwinformatieraad.nl/standaard.asp?id=121>

AGC. (2006). *The Contractor's guide to BIM, edition 1*. Associated General Contractors of America.

Ashcraft, W. (2007). *Building Information Modelling, A Framework for Collaboration*. San Francisco: American Bar Association.

Autodesk. (2007b). *Autodesk*. Opgeroepen op oktober 2010, van whitepapers: BIM and project Planning: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=12602425>

Autodesk. (2007c). *Autodesk*. Opgeroepen op oktober 2010, van whitepapers: BIM and Cost Estimating: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=12602425>

Autodesk. (2010). *Revit extensions*. Opgeroepen op november 2010, van exstentions4revit: www.extensions4revit.com

Autodesk. (2007a). *whitepapers: BIM and API extensions*. Opgeroepen op 10 2010, van Autodesk: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=12602425>

Ballard, G. (2005). Construction: one type of project-based production system. *Proceedings SCRI Forum Event Lean Construction: The Next Generation*. SCRI, University of Salford.

Beheshti, M., & Dado, E. (2004). *Dictaat CT4260, Bouwinformatica in Ontwerp en Constructie*. Delft.

Beheshti, M., & Van de Looij, M. (2001). *Computerondersteund ontwerpen*. Utrecht: Lemma BV.

BIM wiki. (sd). Opgeroepen op oktober 2010, van Microsoft Project into Navisworks:

<http://bim.wikispaces.com/Microsoft+Project+Into+Navisworks>

BIR. (2008). *Met BIM bouwen aan structuur in de sector*.

BNA. (2010, maart 16). *nieuwsberichten*. Opgeroepen op september 11, 2010, van BNA:

<http://www.bna.nl/nl/nieuws/nieuwsberichten, bna/2010/03/BIMmen.html>

Boon, d. C., & Geeraerts, p. d. (2005). *Van Dale Groot woordenboek van de Nederlandse taal*, 14e editie.

BuildingSMART IFD. (sd). Opgeroepen op Januari 2010, van BuildingSMART Web site:

<http://www.buildingsmart.com/bim>

- Butter, d. F. (2005). *Uitbesteden en innovatie in de bouw*. Amsterdam: vrije Universiteit Amsterdam.
- Chao-Duivis, M. (2009, maart). Juridische implicaties van het werken met BIM. *Tijdschrift voor bouwrecht* , pp. 204-212.
- Christiaans, H. (2004). *Methodologie van technisch-wetenschappelijk onderzoek*. Utrecht: Lemma BV.
- COINS-programma. (2010, juli). *News*. Opgeroepen op november 2010, van coinsweb: http://www.coinsweb.nl/downloads/COINS_systematiek_1.0_Introductie.pdf
- Concepten boulevard*. (sd). Opgeroepen op August 20, 2010, van Conceptueel bouwen: <http://www.conceptueelbouwen.nl/?mod=cboulevard>
- Concurrent engineering*. (sd). Opgeroepen op augustus 2010, van Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Concurrent_engineering
- CPI. (2008). *ik bim, jij bimt, wij bimmen*. Delft: CPI.
- Davies, A., Brady, T., & Hobday, M. (2007, Februari). Organizing for solutions: Sytem seller vs. systems integrator. *Industrial Marketing management* , pp. 183-193.
- De Ridder, H. (2004). De bouw moet laten zien dat het menens is. *Cobouw* .
- De Ridder, H. (2009). *Dictaat CT2061, Integraal ontwerpen in de Civiele Techniek*. Delft.
- De Ridder, H. (2009b). *Dictaat CT3061, Integraal ontwerpen in de civiele techniek*. Delft.
- De Ridder, H. (2009c). *Dictaat CT5981, Design and Construct in Civil Engineering*. Delft.
- De Ridder, H. (2006). *Het Living Building Concept*. Gouda: PSIBouw.
- De Ridder, H., & Beheshti, R. (2009). Innovative, Dynamic & Collaborative Technologies for Integral Design. *International Journal of Design Sciences & Technology* , 121-134.
- De Ridder, H., Beheshti, R., & Van Nederveen, S. (2010). Prerequisites for integral design research. *Proceedings of the TMCE 2010 Symposium*. Ancona. Italie.
- Dolmans. (2000). *De invloed van IT op de concurrentiepositie van het bouwbedrijf*. Eindhoven.
- Dorée. (2002, september). Naar een innovatiebelonende bouwpraktijk. *Building Busines* , pp. 3-7.
- Dreschler, M. (2009). *Fair competition, how to apply the EMAT award mechanism in the Dutch construction industry*. Delft: Sieca Repro.
- Eastman, C. (2008). *BIM handbook*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- EIB. (2009b). *Opdrachtgevers aan het woord*. Almere: PlantinCasparie.

EIB. (2009c). *Procesintegratie en innovatief ondernemerschap in het bouwproces*. Almere: Thieme.

EIM bv. (2008). *Succes met samenwerking*. Zoetermeer.

Factsheet open source bimserver. (2010, mei). Opgeroepen op augustus 2010, van bimserver: <http://bimserver.org/factsheet/nl/>

Fox, S. &. (2007). Interorganizational use of building information models: potential for automational, informational and transformational effects. *Construction Management and Economics* , pp. 289-296.

GMB-GMC. (2008). *Geïntegreerde en multidisciplinaire contractbeheersing (GMC) binnen GMB*. Opheusden: GMB.

GSA. (2008, Januari). Statement of intention to support building information modeling with open standards.

Gunasekaran, A. (2004). Information systems in supply chain integration and management. *European Journal of Operational Research* , 269-295.

Hubers, J. (2009). Collaborative design in protospace 3.0. *Changing Roles*. Delft.

Hubers, J. (2010). *Collaborative parametric BIM*. Delft.

Huijbrechts, P. (2008). *Bouwen is oplossingen aanbieden*. Kortrijk: Hoorens Printing.

ibis4BIM. (2010). *Productinformatie*. Opgeroepen op Juli 27, 2010, van ibis4BIM: <http://www.ibis4bim.nl/index.php/nl/product-informatie.html>

IFD Platform. (sd). *Wat is IFD?* Opgeroepen op 2010, van IFD: <http://www.ifd.nl/>

Jeong, Y. -S., Eastman, C., Sacks, R., & Kaner, I. (2009). Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. *Automation in construction* , 469-484.

Khemlani, L. (2004, maart 30). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. Opgeroepen op 2010, van AECbytes: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html>

Knittle, B. (2007, april 23). *Sharing the work in Revit*. Opgeroepen op 10 2010, van AECbytes: <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2007/issue17-revit.html>

Koks, J. (2009). Hoeveelheden bepalen met BIM. *NVBK, Tijdschrift TBH* , pp. 21-23.

Laudy, S., & Veen, B. v. (2005). *Rapport marketing in de bouw*. Gouda: RRBouw.

Lean Construction Institute. (2010). *Lean Construction Institute*. Opgeroepen op 2010, van Leanconstruction: <http://www.leanconstruction.org/>

Melles, B. (1994). What do we mean by lean production in construction? *2nd workshop on lean construction*. Santiago.

- NIBS. (2007, December 18). *National Building Information Modelling Standard*. Opgeroepen op Juli 22, 2010, van <http://www.wbdg.org/bim/nbims.php>
- O'brien, W. e. (2002). Construction supply chain modelling: A research review and interdisciplinary research agenda. *IGLC-10*, (pp. 129-148). Gramado.
- Pries, F. (2005, Juli). A century of innovation in the Dutch construction industry. *Construction Management and Economics*, pp. 561-564.
- PSI Bouw. (2008). *Toepassing geïntegreerde contractvormen*. De Bilt: Grontmij Nederland BV.
- Public statement. (2008, Januari 17). Opgehaald van U.S. General Services Administration: http://www.gsa.gov/graphics/pbs/Statement_of_Intention_BIM.pdf
- Rammant, J. (2009, mei). *witboeken*. Opgeroepen op november 2010, van scia-online.com: www.scia-online.com/.../Intelligent-Design-of-Industrial-Steel-Buildings.pdf
- Rijksoverheid. (2009). *De concurrentie-gerichte dialoog*. Den Haag: Rijksoverheid.
- Rijkswaterstaat. (2005). *Handreiking Functioneel Specificeren*. ExpertiseCentrum Opdrachtgeverschap.
- SBi. (2009). *TRANS-USERS. Transforming construction by user-driven innovation*. Horsholm, Denemarken: Danish Building Research Institute.
- STABU. (2008, november 26). *Nieuwsarchief*. Opgeroepen op september 11, 2010, van StaBU: http://www.stabu.org/extern_nieuwsarchief/562/'Bimmen'_vereist_een_integrator
- Stowa in het kort. (sd). Opgeroepen op september 17, 2010, van STOWA: http://www.stowa.nl/Organisatie/Stowa_in_het_kort/index.aspx
- stowa. (sd). *Stowa*. Opgeroepen op 2010, van thema kaderrichtlijn water: thema's.stowa.nl/themas/kaderrichtlijn_water
- Strategos. (sd). *Strategosinc*. Opgeroepen op 2010, van http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- Systems engineering. (sd). Opgeroepen op augustus 2010, van Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Systems_engineering
- Tolman, F. (2002). *Dictaat CT4270 Informatie en kennistechnologie in het bouwproces*. Delft.
- Van Merendonk, P., & Van Dissel, D. (1989). *bouw informatie model versie 3.1*. Rotterdam: IOP-Bouw.
- Verster, M. (2009). *A supply-driven approach applied to the contractor's organisation*. Delft.
- Vrijhoef, R. (2005). Revisiting the three peculiarities of production in construction. *IGLC-13*, (pp. 19-27). Sydney.

Vrijhoef, R., & De Ridder, H. (2007). A systems approach for developing a model of construction supply chain integration. *Proceedings 4th conference on construction economics and organisation*. Lulea, Zweden.

Vrijhoef, R., & De Ridder, H. (2005). Supply chain integration for achieving best value for construction clients: client-driven versus supplier driven integration. *QUT Research week*.

Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European journal of purchasing and supply chain management* , 169-178.

Womack, J., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Macmillan.

Bijlagen

Bijlage 1: Profiel GMB

GMB is een bedrijf dat actief is op het gebied van water, bodem en energie. De focus ligt daarbij op de volledige waterketen. De activiteiten van GMB zijn onderverdeeld in de clusters Civiel (infra, beton- en industriebouw), Watertechnologie, Riolerings technieken, Slibverwerking, Installatietechnieken, en Milieuwerken. Samenwerking tussen deze werkmaatschappijen leidt tot een integrale aanpak van multidisciplinaire projecten. GMB is daarbij actief meerdere fases van de levenscyclus, van ontwerp en uitvoering tot beheer en onderhoud.

Klanten van GMB zijn waterschappen, Rijkswaterstaat, provincies, gemeenten en industrie. Bij GMB werken ruim 450 medewerkers verspreid over vestigingen in Ridderkerk, Tiel, Opheusden, Zutphen, Kampen en IJhorst.

In 2008 is binnen GMB actiever haar marketing en communicatie gaan verzorgen. Dit helpt GMB om innovaties marktgericht en effectiever neer te kunnen zetten. Bovendien is GMB nadrukkelijk marktgericht gaan denken in plaats van activiteitgericht. De geboden oplossing wordt niet bepaald door wat de verschillende clusters kunnen, maar door te kijken naar waar de markt behoefte aan heeft. Hierdoor neemt de samenwerking tussen de clusters toe en worden vraagstukken multidisciplinair benaderd.

GMB doet aan ontwikkeling van eigen producten en zet deze producten in de markt. Voorbeelden van deze producten zijn YOSS (Yacht Own Sanitary System), FlexFilter, dijkdeuvel en de boxbarrier (Zie Bijlage 2: Innovatieve producten GMB voor een beschrijving van deze producten). Er wordt aan gedacht om een productmanager aan te stellen die deze en nieuwe producten voor GMB gaat ontwikkelen en verkopen. Innovatie staat bij GMB hoog in het vaandel en hier wordt samen met partners aan gewerkt.

Bijlage 2: Innovatieve producten GMB

1.A Dijkdeuvels

Dijkdeuvel B.V. is een samenwerking tussen GMB, Van Oord en BAM grondtechniek. Met dijkdeuvels kunnen dijken versterkt worden terwijl de landschappelijke waarde behouden blijft.

Werking

Bij traditionele dijkversterking wordt de dijk aan polderzijde verbreedt. De extra grond biedt dan tegenwicht tegen het afschuiven van de dijk en zorgt voor een langer glijvlak met meer weerstand. Bij dijkdeuvels gaat dit anders: door de deuvels wordt de schuifweerstand op het kritieke afschuifvlak verhoogd. Het aantal deuvels volgt uit het ontwerp en is afhankelijk van de benodigde margeverhoging en de draagkracht per deuvel ter plaatse.



Figuur 45: Dijkdeuvels

Voordelen

Dijkdeuvels hebben een aantal gunstige kenmerken:

- Geen grondaankoop nodig
- Snelle realisatie
- Geen dijkverzwakking; kleine boorgaten volstaan
- Goede krachtsafdracht vanuit het dijkmassief naar de deuvels
- Overlast voor omgeving is zeer beperkt
- Bestemmingsverkeer over dijk-in-uitvoering blijft vaak mogelijk
- Modulaire inpassing in toekomstig ontwerp

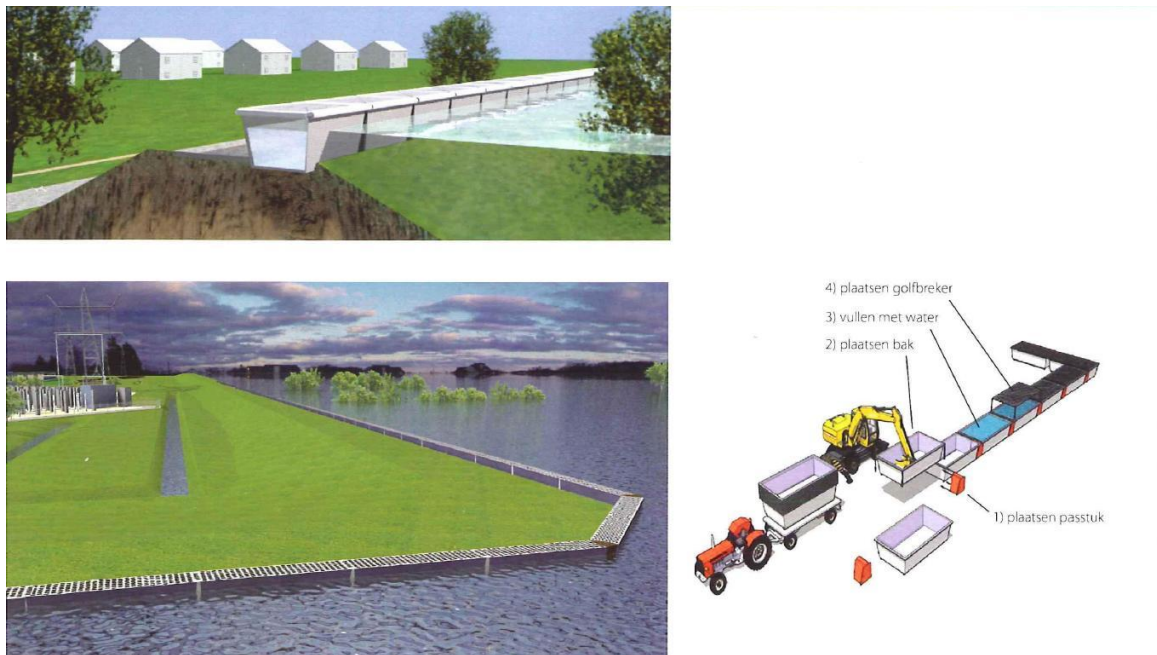
1.B Box Barrier

Samen met Movares en Delta Marine Consultants wordt de Box Barrier in de praktijk getoetst. De Box Barrier is een oplossing om tijdelijk water te kunnen keren bij dreigende oberstromingen.

Werking

De Box Barrier keert water met water. Een rij bakken wordt verbonden met passtukken, gevuld met water en afgedekt met speciale roosters die de energie van golven absorberen. Zo ontstaat een stabiele keten die als watterkering fungeert. De bakken kunnen op iedere locatie geplaatst

worden waar de kerende hoogte onvoldoende is. Hierbij wordt de dijk of omgeving niet aangetast.



Figuur 46: Boxbarrier

Voordelen

De Box Barrier is een snel alternatief voor zandzakken. Binnen 16 uur kan 1 kilometer kering geplaatst worden. Één Box Barrier is even effectief als zevenhonderd zandzakken. De bakken zijn stapelbaar en daardoor makkelijk te transporteren en op te slaan. Zodoende is het een sterke, stabiele en flexibel inzetbare waterkering. Bovendien is het duurzaam, veilig en goedkoop.

1.C FlexFilter

Bij de ontwikkeling van FlexFilter heeft GMB samengewerkt met Witteveen+Bos en Reinders. De FlexFilter zorgt voor efficiënte filtratie van grote waterstromen.

Werking

Het FlexFilter is een modulair opgebouwd filtersysteem voor een efficiënte filtratie van afvalwater. In het flexfilter kunnen alle voorkomende filtermedia toegepast worden, van quartzand tot granuleir actief kool. Vervuilingen die zich na de derde rioolwaterzuiveringstrap nog in het effluent bevinden, zoals fosfaat, nitraat en hormonen, worden door het flexfilter verwijderd. Het FlexFilter garandeert als vierde rioolwaterzuiveringstrap een stabiel zuiveringsresultaat en een kostenbesparing bij de zuivering van grote afvalwaterstromen.

Bijlage 3: Voorbeelden voor integraal en dynamisch aanbod

Er zijn in binnen en buitenland initiatieven en concepten ontwikkeld waarbij sprake is van een integraal en dynamisch aanbod. Drie voorbeelden hiervan laten zien dat de in H2 behandelde concepten erin terugkomen.

3.A Conceptueel bouwen

Een concept is een oplossing voor een doelgroep met ruimte voor maatwerk per klant. Het werken met een concept vraagt om een productiesysteem dat bestaat uit een set aan vooraf gedefinieerde keuzes in componenten, die zodanig op elkaar zijn afgestemd dat er op een efficiënte wijze een oplossing mee kan worden gerealiseerd.

Zoals (Huijbrechts, 2008) beschrijft is Conceptueel bouwen: 'De klant laten kiezen uit oplossingen die aanbieders voor zijn doelgroep hebben bedacht.' Hierbij hoort samenwerken over projecten heen door een gezamenlijk businessmodel voor een concept te hanteren.

Door projectoverstijgende afspraken (over prijs, werkprocessen en informatie-uitwisseling) te maken met alle partijen die bij het ontwerp en de uitvoering zijn betrokken, biedt conceptueel bouwen de mogelijkheid om zeer snel en efficiënt bouwwerken te realiseren die voldoen aan de verwachtingen van de opdrachtgever. Desgewenst met het onderhoud erbij. Concepten zijn er op verschillende schaalniveaus: van gebied tot bouwdeel. Hoe meer die onderling zijn afgestemd hoe meer 'totaal' de oplossing kan zijn. Alle sectoren van de bouw brengen concepten voort.

Conceptueel bouwen erkent de mogelijkheden die internet en ict bieden. Moderne technologie maakt het mogelijk om in de hele bouwketen gebruik te maken van één systeem voor informatie-uitwisseling. De concepten van aanbieders zijn op een website te plaatsen om ze voor het voetlicht te brengen. Conceptueel bouwen heeft al meer dan 530 concepten op de (Concepten boulevard) pagina van haar website.

Kort samengevat houdt conceptueel bouwen in dat bouwers kiezen voor doelgroepen en daarvoor de beste oplossingen ontwikkelen, duurzaam samenwerken en moderne communicatietechnologie inzetten.

3.B Boklok

Boklok is een concept voor huisvesting welke in het leven geroepen is door meubelfabrikant IKEA en de bouwer Skanska. De huizen zijn ontworpen in samenwerking met architecten en interieurontwerpers om comfortabele huizen te creëren. De huizen zijn ontworpen rond fabrieksprocessen waardoor deze efficiënter gebouwd kunnen worden onder gecontroleerde omstandigheden.

Skanska is als aannemer een wereldspeler, met Scandinavië als thuisbasis. IKEA ontwikkelt en verkoopt alles voor de inrichting van huizen op basis van Scandinavisch design van eenvoud en functionaliteit. Het product en de service die ze bieden bestaan uit gestandaardiseerde huizen, advies van een IKEA interieur ontwerper, en een klusjesman die twee uur komt helpen. Laminaatvloeren, een IKEA keuken en balkons horen bij het pakket en dit wordt ter plaatse gemonteerd en afgewerkt.

De industrialisatie van de productie is hoog, ongeveer 80% van het bouwproces vindt plaats buiten de uiteindelijke lokatie (SBI, 2009). Het gebouw wordt in modules (3D) naar de lokatie getransporteerd en ter plekke gemonteerd.

IKEA en Skanska zijn een strategische samenwerking aangegaan door te collaboreren in een nieuw bedrijf, Boklok, welke een compleet eindproduct aanbied. De klant is bij het product betrokken door interactie. Door klantenonderzoek begrijpt Boklok hoe mensen willen wonen. De klant is betrokken bij het proces tot en met de verhuizing.

Na elk project nemen de klanten deel aan een evaluatie van het proces en het huis. Ook informatie vanuit de keten en de fabriek worden meegenomen. De huizen en het concept worden verbeterd op basis van deze informatie.

(SBI, 2009) Merkt op dat de kennis van de methoden zich voornamelijk accumuleert bij de individuele personen in Boklok. Er is wel een methode aanwezig voor het verzamelen van informatie, het evalueren, en voor de communicatie met de gebruikers, maar er is geen methode voor kennisdeling in het bedrijf en in de keten.

3.C Innoconcept bouwen

Innoconceptbouwen is een samenwerkingsconcept van de BVR-groep. Dit concept gaat uit van samenwerkingsvoorwaarden die contractueel worden vastgelegd, waardoor partijen elkaars partner worden. Het werken met vaste, geselecteerde partners die optimaal op elkaar zijn ingespeeld, maakt het mogelijk heldere prijsafspraken te maken en de kennis, ervaring en specialisatie van elke partner volledig te benutten.

De centrale regie draagt zorg voor overzicht en duidelijkheid. Door de onderlinge afstemming kunnen partners hun specialisme beter inzetten en komen hun inbreng en creativiteit het eindproduct beter ten goede. Zo varen partners wel bij het concept. Zij kunnen van elkaar leren, terwijl deskundigheden en specialisaties over en weer beter worden benut. Zo ontstaat bundeling van kennis en ervaring van disciplines.

Dankzij geavanceerde software is het mogelijk eventuele fouten bij de bron aan te pakken, tekeningen, alsook digitale 3D-modellen en -materialen goed op elkaar af te stemmen, kosten te besparen en projecten sneller af te ronden. De BVR-Groep blijft als centraal aanspreekpunt verantwoordelijk voor het hele bouwtraject, inclusief constructie en regelgeving.

In de praktijk wordt van het ontwerp één digitaal 3D-model gemaakt, welke van lagen wordt voorzien. Zo kan iedere partner hier zijn eigen bouwkundige en/of installatietechnische invulling aan geven. Om alle informatie samen te brengen worden alle componenten van de partners teruggeplaatst, verwerkt en gecheckt in de BVR Model Checker, zodat het actuele model altijd voor alle partijen beschikbaar is. De BVR-Groep blijft als centraal aanspreekpunt verantwoordelijk voor het hele bouwtraject, inclusief constructie en regelgeving.

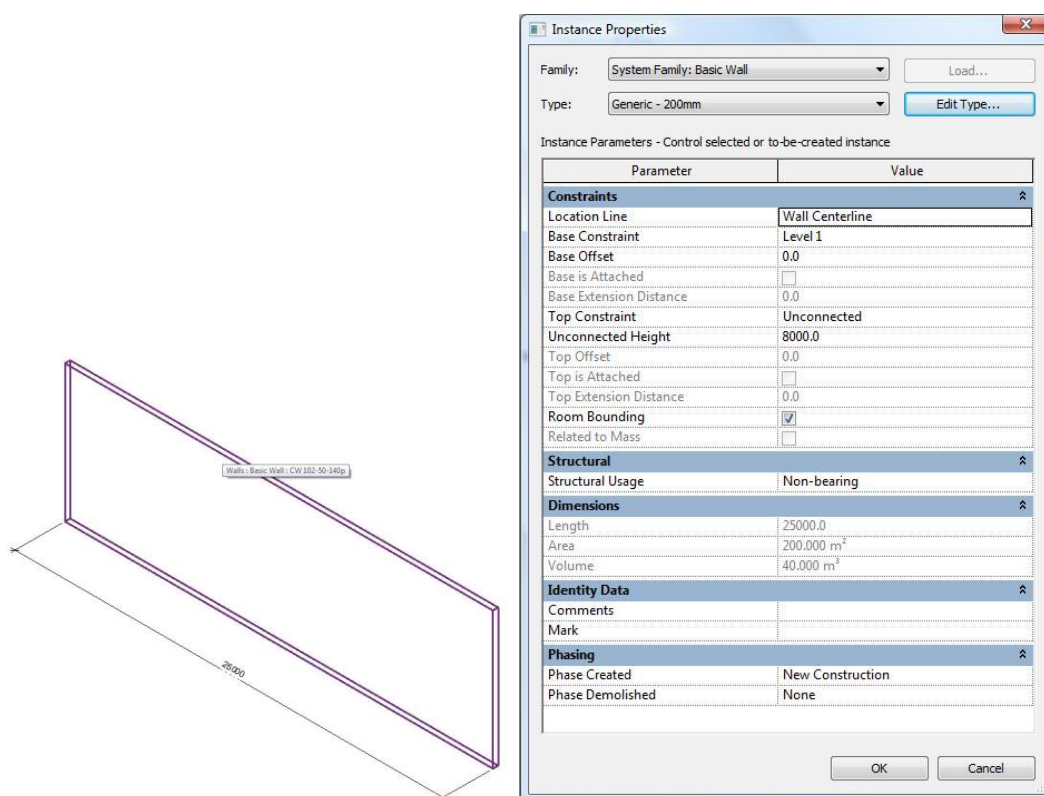
Inno Concept Bouwen vereenvoudigt ook het verkrijgen van een bouwvergunning, omdat bouw- en constructiegegevens vroegtijdig bekend zijn. Hierdoor kunnen ook eventuele conflicten tussen elektra-, water-, gas- en andere leidingen/afvoeren automatisch opgespoord worden. Dit voorkomt botsingen en inschattingsfouten in het werk, waardoor faalkosten afnemen.

Conclusie: Bij het Innoconcept Bouwen is sprake van een bottom-up invulling van het ontwerp doordat leveranciers hun ontworpen systemen in het model van het eindproduct plaatsen. Hierin zijn de aansluitingen en raakvlakken te checken om tot een geïntegreerd ontwerp te komen. De centrale regie die aanwezig is zorgt voor de juiste integratie van de systemen. De BVR-groep is aanspreekpunt en verantwoordelijk voor het traject en kan dus gezien worden als systems integrator.

Bijlage 4: Autodesk Revit

Autodesk Revit is een object parametrisch ontwerpprogramma. In Revit leiden veranderingen aan een object in het model tot andere automatische aanpassingen in het model zodat bepaalde relaties tussen componenten of objecten behouden blijven. Hierdoor worden veranderingen in het model vanuit één aanzicht gecoördineerd en doorgevoerd naar alle aanzichten. Dit wordt 'bidirectional associativity' genoemd, en automatisch toegepast op elke component en elk aanzicht. Wanneer bijvoorbeeld de positie van een muur gewijzigd wordt, verandert dit ook van alle geassocieerde elementen zoals ramen, deuren, elektra en het plafond.

De ontwerper selecteert uit een menu een element zoals een muur of kolom en plaatst dit in het model. Zo is snel een muur te plaatsen en kunnen enkele parameters ook achteraf worden aangepast, zoals in Figuur 47 is weergegeven.



Figuur 47: Weergave van een muur in Revit

Er zijn drie versies van Revit, te weten:

Revit Architecture

Deze Revit variant is ontwikkeld voor de architect

Revit Structure

Revit structure is bedoeld voor de constructeur

Revit MEP

Revit Mechanical, Electrical, Plumbing, heeft de nadruk liggen op installaties.

Daarnaast zijn er extensies voor Revit en kunnen Revit gebruikers een centraal model delen met *worksharing*.

Extensions

Er zijn extensions voor het analyseren van constructies, het modelleren, de wapening, extra interoperabiliteit en documentatie etcetera. Zie voor een uitgebreid overzicht www.extensions4revit.com

Een voorbeeld:

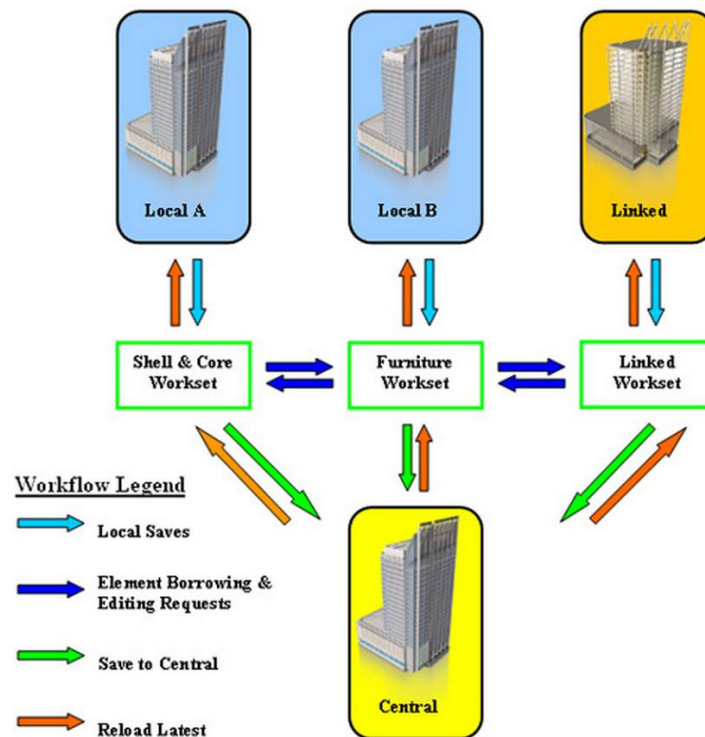
De *structural analysis enabler* in Revit Structure maakt het mogelijk dat het model wordt overgedragen voor analyse in Robot Millenium. Na analyse worden veranderingen, zoals andere kolomafmetingen, automatisch weergegeven in het Revit model (Autodesk, 2007a).

Om een wijziging in bijvoorbeeld Revit direct en automatisch door te voeren in Tekla Structures dienen beide programma's op één systeem te staan en de modellen in beide programma's actief te zijn. Er zijn plug-ins voor analyse- en ontwerp-software die heen en weer updaten updaten zonder te importeren of exporteren. Zo kan het model bijvoorbeeld direct constructief geanalyseerd en gewijzigd worden.

Dit voorbeeld laat zien dat het model in het ene programma gekoppeld kan worden aan een model in een ander programma en zo direct gecontroleerd kan worden. Hiervoor is het niet nodig bestanden uit te wisselen of te uploaden. Er is hierbij wel sprake van meerdere gescheiden, maar consistente, modellen.

Worksharing

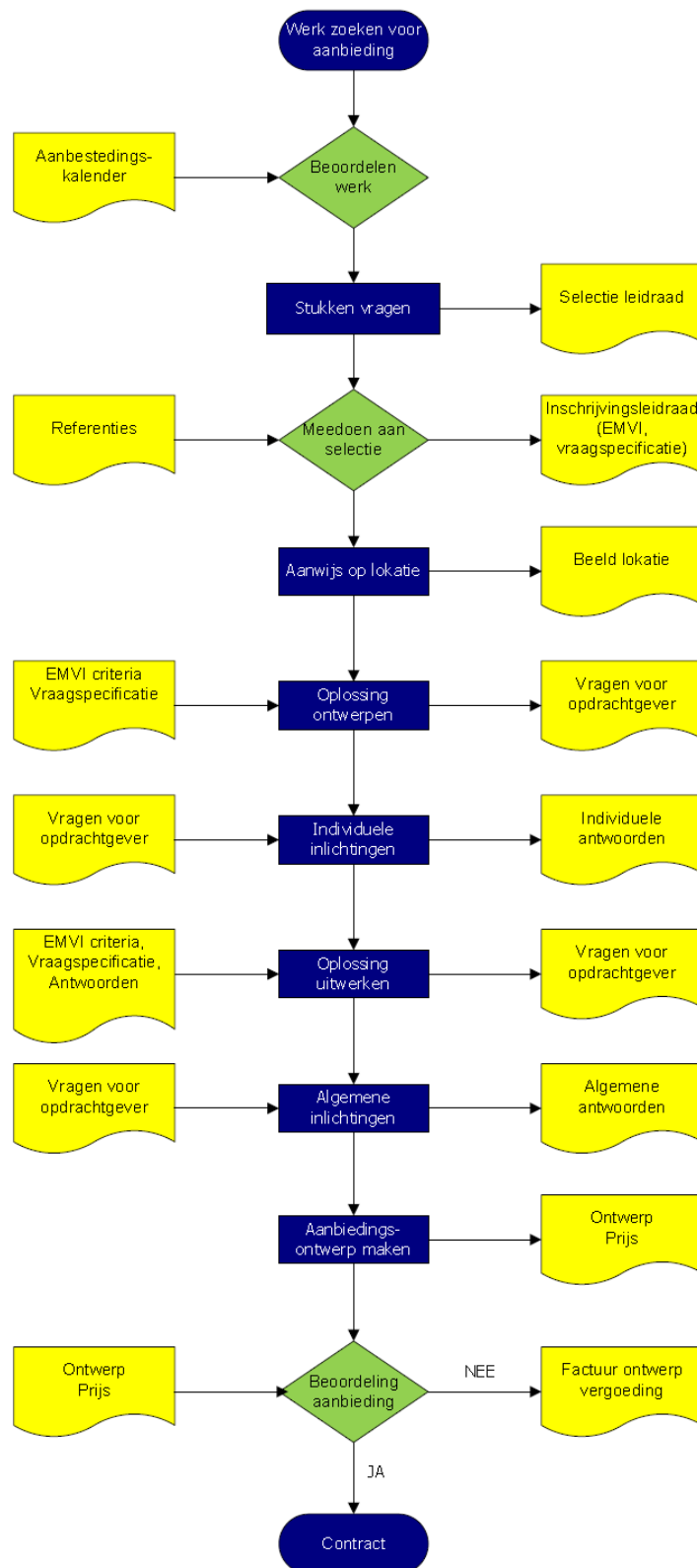
Met Revit worksharing kunnen Revit gebruikers voor hun gezamenlijke project een centraal model gebruiken. Elke partij kan bij het centrale bestand dat alle data bevat van het bouwmodel. Hierin zijn verschillende worksets gedefinieerd voor verschillende disciplines. Door een kopie van dit bestand op te slaan kan een gebruiker hierin werken, binnen de eigen workset. Door het lokale bestand weer terug te laden in het centrale bestand wordt de bewerkte workset in het centrale model bijgewerkt. Om een onderdeel van een andere discipline of partij te wijzigen moet toegang voor de workset gevraagd worden bij de partij die de rechten heeft van die workset. De werkwijze met worksharing wordt weergegeven in Figuur 48.



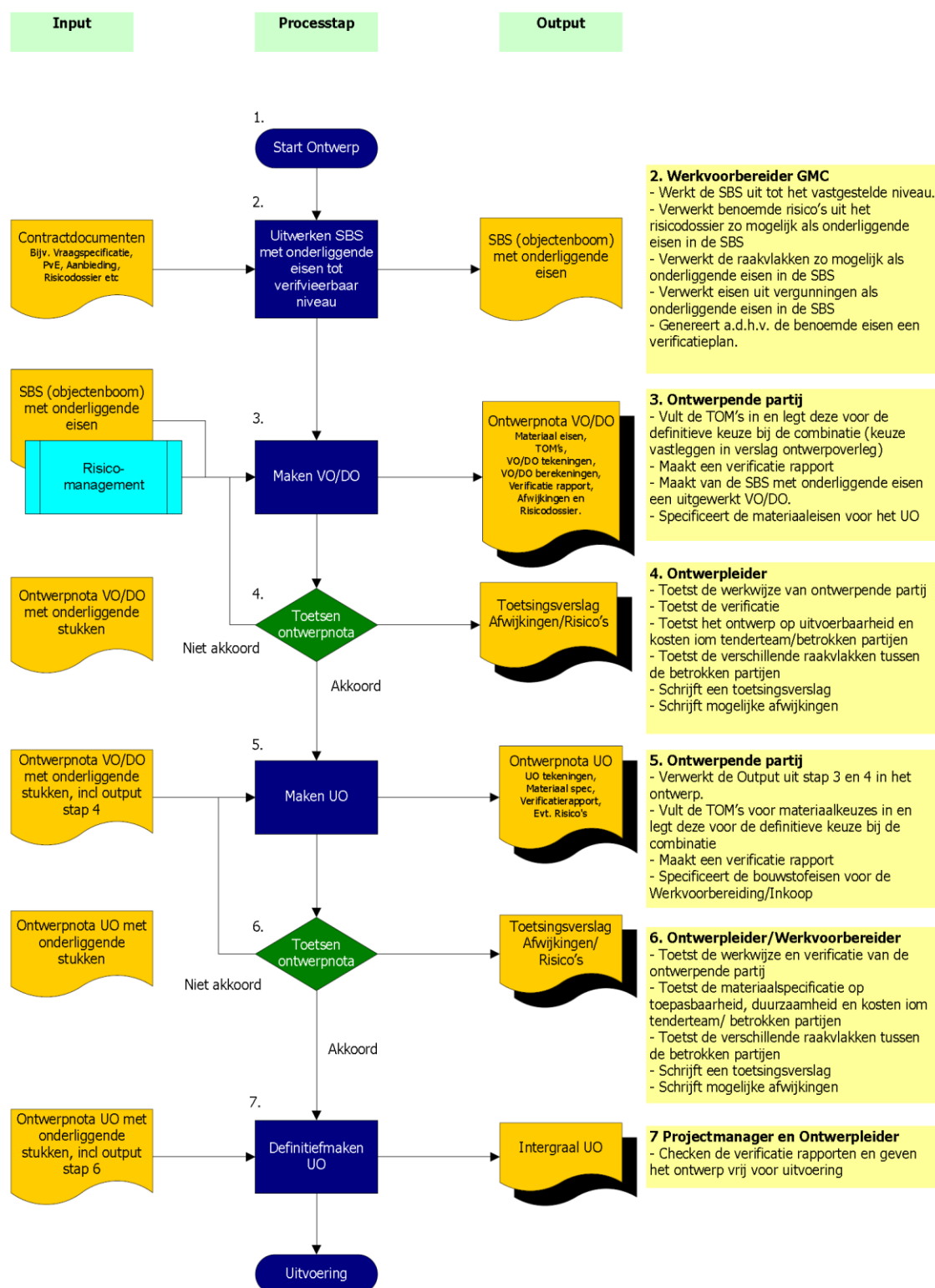
Figuur 48: De relaties tussen lokale modellen en het centraal model met Revit worksharing (Knittle, 2007).

Bijlage 5: Processen GMB

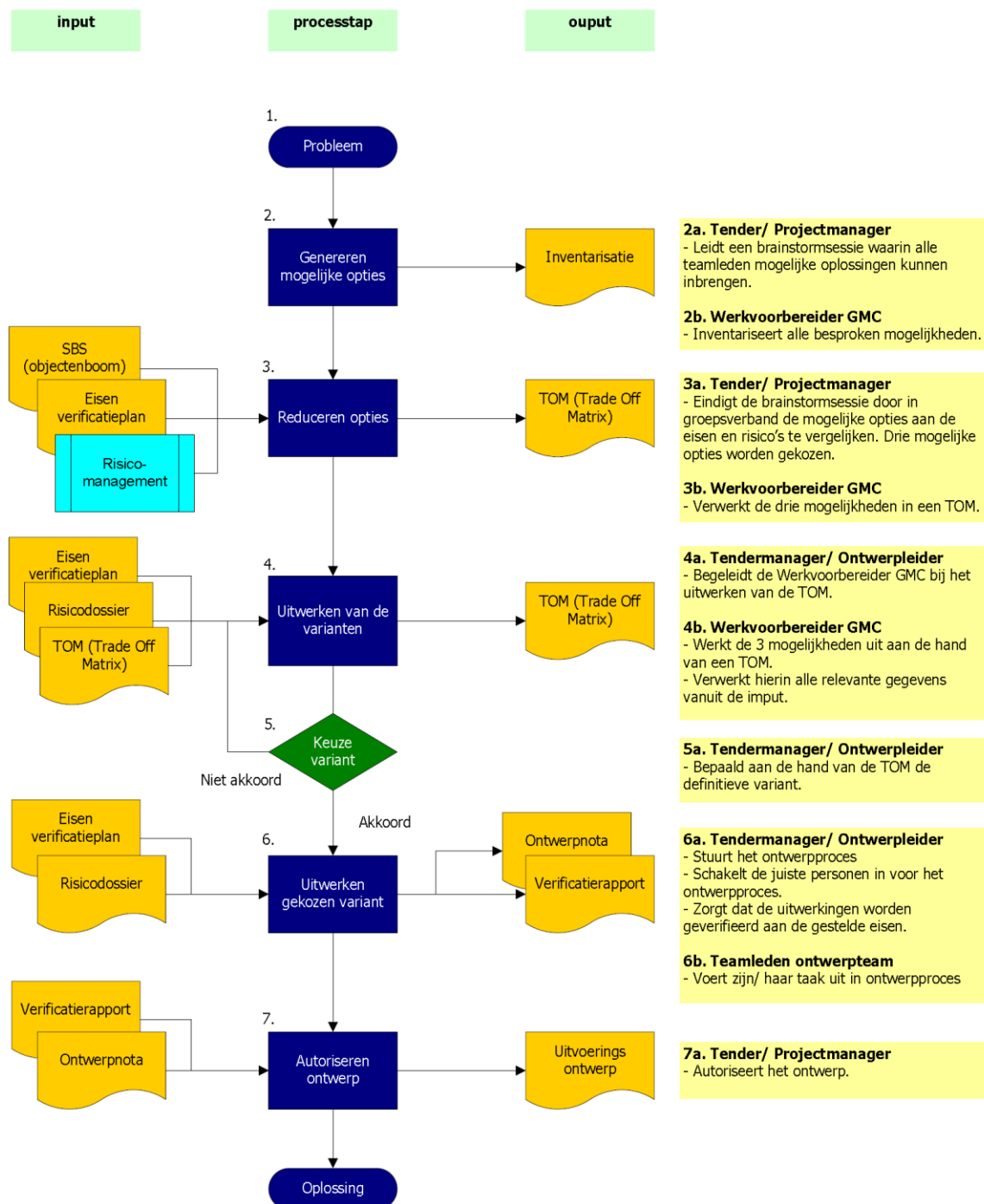
Tenderproces Flexfilter



Technisch management ontwerp



Ontwerpen (intern)



Bijlage 6: Huidige markt

In deze paragraaf wordt het beeld gegeven van de markt waarin GMB zich begeeft. De huidige toestand en algemene ontwikkelingen in de gww-markt komen aan bod.

6.A Spelers

Concurrenten

Een lokale concurrent van GMB is Aan de Stegge. Deze partij heeft ook zandfilters gemaakt voor de RWZI Woudenberg en Bennekom en Waterschap Vallei & Eem Leusden. Landelijke concurrenten zijn onder andere de grote gww- en bouwbedrijven als BAM, Ballast Nedam, Heijmans, Dura Vermeer.

Partners

GMB werkt vaak samen met partners op projecten. Meestal zijn deze partners in onderaanneming. GMB ontwikkelt ook producten in samenwerking met partners:

- Witteveen+Bos en Reinders, partners Flexfilter
- Van Oord en BAM grondtechniek, partners Dijkdeuvel
- Movares en Delta Marine Consultants, partners Boxbarrier

Naast de hier genoemde partijen zijn er verder tal van partijen in allerlei disciplines waar GMB zaken mee doet, vaak op projectbasis.

Opdrachtgever

In de gww-sector treft men vrijwel uitsluitend professionele opdrachtgevers aan zoals Rijkswaterstaat (RWS), de Diensten van Provinciale Waterstaat, Hoogheemraadschappen en provincies en gemeenten. Opdrachtgevers uit de overheidssfeer spelen dus een dominante rol in de opdrachtverlening voor gww-werken.

6.B Contractvormen en aanbestedingen

Veel opdrachtgevers in de bouw kiezen vaak nog voor traditionele bouworganisatievormen waarin de verschillende functies en verantwoordelijkheden in het bouwproces gescheiden zijn. Een veel gebruikte contractvorm hiervoor is het zogenaamde RAW-contract (Rationalisering en Automatisering Weg en waterbouw). Bij de grote opdrachtgevers wordt in de huidige praktijk de keuze voor de traditionele vormen gaandeweg kleiner, evenals de voorkeur hiervoor. Ook in de toekomst constateert het EIB dat de voorkeur kleiner zal zijn dan in de huidige praktijk het geval is. Integratie van ontwerp en uitvoering is bij de grote opdrachtgevers als bouworganisatievorm belangrijker geworden. Ook de voor de gww belangrijke opdrachtgevers in de overheidssfeer hanteren nog vaak de traditionele bouworganisatievorm, waarin ontwerp en uitvoering zijn gescheiden. In de toekomst zal deze vorm volgens de overheidsopdrachtgevers flink minder worden toegepast, ten gunste van DB contracten (EIB, 2009c).

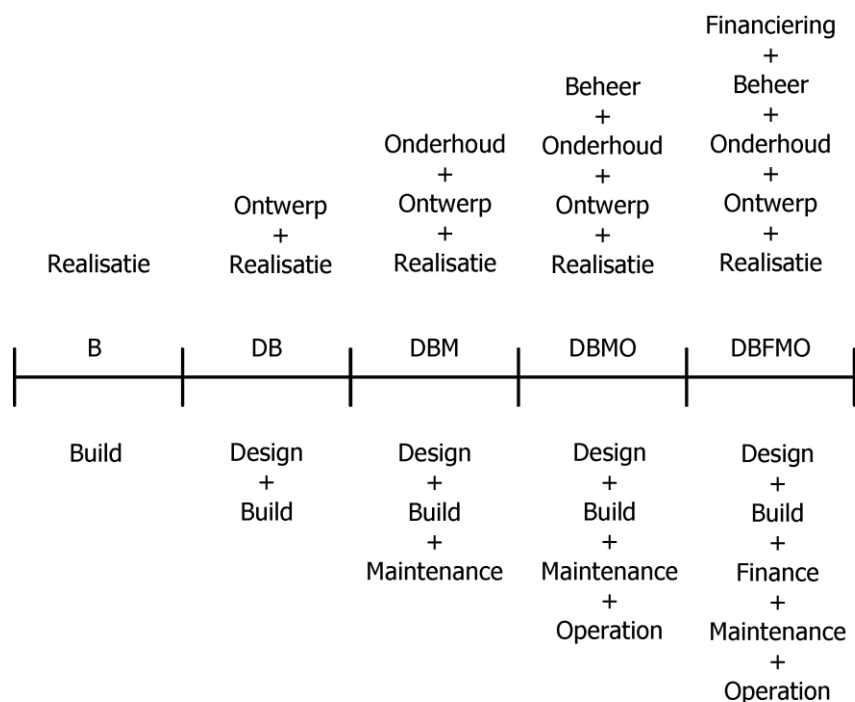
Traditioneel aanbesteden

Traditioneel aanbesteden gaat volgens het Design-Bid-Build model. In dit model is de klant zelf verantwoordelijk voor het eindproduct. De opdrachtgever neemt bij een traditionele aanbesteding de volledige verantwoordelijkheid voor de beschrijving van het te realiseren werk in een bestek. Het werk wordt gegund aan de inschrijving met de laagste prijs. De afzonderlijke belangen van de partijen zijn niet in het belang van de klant. De adviseur of ontwerper is gebaat

bij zoveel mogelijk uren tegen een zo hoog mogelijke vergoeding, terwijl de aannemer gebaat is bij zoveel mogelijk extra werk omdat hij het project voor een lage prijs heeft moeten aannemen.

Geïntegreerde contracten

Bij toepassing van geïntegreerde contracten verschuiven meer verantwoordelijkheden naar de markt. De geïntegreerde contracten kunnen meer bevatten dan alleen het ontwerp en de realisatie. Zoals in Figuur 49 te zien is, zijn naast ontwerp en realisatie, ook onderhoud, beheer en de tussentijdse financiering van een project in één opdracht uit te besteden. Men spreekt in dat laatste geval van een DBFMO-contract (Design Build Finance Maintenance Operation). Eén van de voornaamste redenen van het geïntegreerd contracteren is het stimuleren van innovatieve oplossingen (Dreschler, 2009).



Figuur 49: Spectrum van geïntegreerde contractvormen, aangepast van (De Ridder H. , 2006)

Voor het aanbesteden van geïntegreerde contracten moet op één of andere manier een vraag of probleem geformuleerd worden. De klant moet vervolgens de aanbieder op waarde kunnen beoordelen. Hier volgen een aantal instrumenten uit de huidige praktijk:

Functioneel specificeren

Rijkswaterstaat gebruikt het zogenaamde functioneel specificeren om de vraagstelling richting de markt te formuleren. De gewenste prestatie van het systeem wordt vastgelegd in eisen. Dit gebeurt op basis van de functie die het systeem moet vervullen. Bij functioneel specificeren worden eisen minder gedetailleerd gespecificeerd waarmee zoveel mogelijk vrijheid aan de opdrachtnemer wordt gegeven (Rijkswaterstaat, 2005). Dit betekent dat er niet méér eisen moeten worden gesteld dan nodig of wenselijk is en dat geen impliciete ontwerpkeuzes moeten worden gemaakt. Functioneel specificeren betekent ook expliciet en van grof naar fijn werken.

Het functioneel specificeren gaat nog steeds uit van een topdown benadering. Functioneel specificeren is een oplossing verkapt voorschrijven in functionele eisen en alleen de technische invulling overlaten aan een aanbieder. Deze moet aan de functionele specificaties van het systeem objecten zien te koppelen die aan de eisen voldoen. Vervolgens zou de aanbieder dan verantwoordelijk moeten zijn voor 'zijn' ontwerp.

Concurrentiegericht dialog

Bij een concurrentiegericht dialog start de eigenaar van een probleem met een vraag waarvoor geen eenduidige oplossing bestaat. Op basis van oplossingen die de aanbieders aandragen voert de aanbestedende partij een dialog die leidt tot optimalisatie tussen vraag en aanbod. Een goed gevoerde dialog resulteert in aanbiedingen die voor de aanbestedende partij een goede oplossing biedt tegen een redelijke prijs en die voor de aanbestedende partij een aantrekkelijke klus met voldoende winstmarge oplevert (Rijksoverheid, 2009).

Ongevraagde aanbidding

Bij het doen van een ongevraagde aanbidding, ook wel *unsolicited proposal* genoemd, neemt één van de uitvoerende partijen in het bouwproces het initiatief tot het bieden van bouwkundige oplossingen aan potentiële opdrachtgevers. Deze proactieve opstelling van bouwbedrijven vindt echter in beperkte mate waardering (EIB, 2009b). Vooral de grote publieke opdrachtgevers zijn terughoudend terwijl vooral projectontwikkelaars en woningcorporaties eigen initiatieven van bouwbedrijven waarderen (EIB, 2009b).

Economisch Meest Voordelige Aanbidding (EMVA)

Met een EMVA-tool kan de waarde van een aanbidding worden bepaald. Soms wordt ook gesproken van een Economisch Meest Voordelige Inschrijving (EMVI). Een inschrijving is een aanbidding op een vraag van een opdrachtgever. Met EMVA wordt door middel van criteria bepaald welke aanbidding economisch (waarde/prijs) de meest voordelige is. Hiervoor worden criteria gehanteerd die de weging van kwaliteits-aspecten van de aanbidding bepalen.

6.C Innovatie

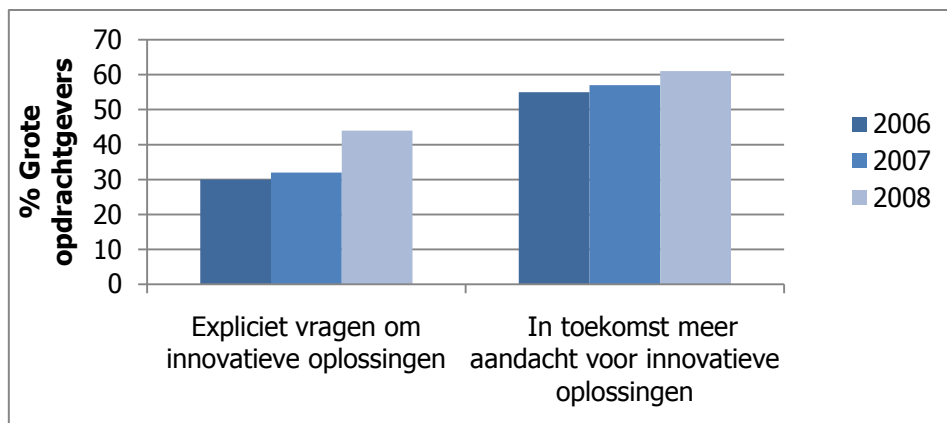
Volgens (EIB, 2009b) is in de periode 2005-2008 gebleken dat de meeste opdrachtgevers nog maar weinig geneigd zijn hun positie in het bouwproces te versmallen ten gunste van die van marktpartijen. In het gunningbeleid van veel opdrachtgevers is de laagste prijs nog steeds het belangrijkste criterium voor opdrachtverlening. Toch constateert (EIB, 2009b) een beweging van een alleen op laagste prijs gebaseerd gunningbeleid naar een beleid waarin ook de kwaliteit van de aanbidding en innovatie zwaarder worden gewogen.

Innovatie wordt als sleutel gezien om van de bouwsector een gezonde markt te maken. In de bouwsector richt innovatie zich vooral op de wijze waarop bedrijven hun opdrachtgevers benaderen en op de organisatie van het eigen bedrijf en de projecten die worden uitgevoerd. Nieuwe materialen, ICT toepassingen en hulpmiddelen worden slechts door een minderheid van de bedrijven zelf ontwikkeld. Het merendeel van de bedrijven koopt deze innovaties in (EIB, 2009c). Ook GMB innoveert met name op het proces van aanbesteden/aanbieden en de organisatie. Daarnaast doet GMB aan productinnovatie in samenwerking met haar partners.

De drijfveer voor innovatie in de bouwsector is vaak het verhogen van de productiviteit. Marktgedreven innovatie komt minder vaak voor, zo concludeerde (Pries, 2005) destijds. (EIB,

2009b) constateert dat de toepassing van innovaties en de innovatiegerichtheid van aanbieders belangrijker is geworden bij vooral de grote publieke opdrachtgevers en de grote opdrachtgevende bedrijven.

In de afgelopen jaren is het aantal grote professionele opdrachtgevers dat bij de uitvraag expliciet om innovatieve oplossingen vraagt toegenomen, zoals Figuur 50 laat zien. Daarnaast zeggen steeds meer opdrachtgevers in de toekomst meer oog te hebben voor innovaties. Vooral projectontwikkelaars en grote opdrachtgevende bedrijven hechten veel waarde aan innovatie en houden hiermee rekening bij de selectie van bouwbedrijven.



Figuur 50: Vraag naar innovatieve oplossingen (EIB, 2009b)

6.D Situatie GMB

GMB heeft een beleidsvisie van 5 jaar. Deze visie is niet openbaar, maar delen van de beleidsvisie schijnen door in de jaarrapportages en tijdens de werknemersvergaderingen.

GMB heeft rond de 550 medewerkers. De omzet steeg van 116,8 miljoen in 2007 naar 127,3 miljoen euro in 2008. In 2009 was de omzet met 124,2 miljoen weer iets gezakt ten opzichte van het jaar ervoor.

In 2003 vond de overgang plaats van de geregelde markt, waarbij in overleg opdrachten werden verdeeld (bouwfraude) naar de vrije markt. Er kwam een hevige concurrentiestrijd. GMB ging toen terug naar de kernactiviteiten. In de loop naar 2006 werd GMB van een regio speler meer een projectbedrijf op de kernactiviteiten dat zich meer landelijk ging richten. In deze periode werd ook de multidisciplinaire werkwijze opgezet binnen GMB. In 2006 werd de focus: Water, energie en bodem.

Voor de infra-tak geldt dat nu ongeveer 50% van de omzet voortkomt uit DB contracten en 50% uit traditionele RAW contracten en overige. Over 5 jaar is de verwachting dat 70% van de omzet geïntegreerd (DB-DBFMO) zal zijn, 20% RAW en 10% uit overige contracten voortkomt.

Daarnaast is dan de helft van de werken multidisciplinair en de andere helft monodisciplinair. Voor de beton- en industriebouw is de verwachte verdeling dan ongeveer 80% DB, 15% RAW en 5% overig en zal éénderde deel multidisciplinair zijn.

6.E Conclusie

De economische situatie in de civiele sector is op dit moment en ook GMB heeft hier last van. Voor de middellange termijn wordt echter stabilisatie op een stevig productieniveau verwacht.

De overheid is zeer sterk vertegenwoordigt als opdrachtgever in de gww sector. Traditionele contracten de traditionele bouworganisatievorm, met bijbehorende topdown marktstructuur komen nog veel voor maar de tendens is duidelijk richting geïntegreerde contractvormen.

De vraag naar innovatieve oplossingen neemt toe en de verwachting is dat dit in de toekomst doorzet. GMB houdt rekening met een sterke toename van DB contracten in de portefeuille en is zich tevens landelijk gaan richten op basis van de kernactiviteiten.

De opdrachtgevers moeten de ruimte geven aan aanbieders. Als de overheid en andere opdrachtgevers doorzetten met zaken als concurrentie gerichte dialoog, EMVA beoordelingen en ook ongevraagde aanbiedingen op waarde en prijs gaan beoordelen, ontstaat een markt waarin aanbieders uit de voeten kunnen en dan zullen zij op grote schaal concepten en producten (moeten) ontwikkelen. Dit geeft ruim baan voor innovatie.

Bijlage 7: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Amersfoort

(Oph1.7.3.2013.AMF)

Bijlage 8: Technische tekening nabehandelingsinstallatie Veenendaal

(Oph1.7.3.2003.1.VND)

Bijlage 9: Geïnterviewden

Naam	Functie	Datum	Plaats
Michel Dijk	Directeur Slibverwerking en Civiel (B&I en Infra)	10-02-2010	GMB Opheusden
Sipke Greidanus	Werkvoorbereider	19-04-2010	GMB Opheusden
Peter Melis	Werkvoorbereider	22-04-2010	GMB Opheusden
Michiel Kaatman	Tendermanager	28-04-2010	GMB Opheusden
Edward de Leuw van Weenen	Inkoopmanager	17-08-2010	GMB Ridderkerk
Marc Scheres	Projectleider afvalwater en BIM adviseur	30-08-2010	Witteveen+Bos Deventer