

UITWISSELBAARHEID VAN BIM

Handvat voor de uitwisseling van BIM-modellen

Peter van Mourik
1 augustus 2008



Strukton
Engineering

 **TU Delft**

Uitwisselbaarheid van BIM

Handvat voor de uitwisseling van BIM-modellen

Datum

1 augustus 2008

Auteur

P.J. van Mourik BSc
studienummer 1143352

Afstudeercommissie

prof. ir. L.A.G. Wagemans

ir. J.L. Coenders

dr. ir. R.M.F. Stouffs

ir. R. A. van Rijswijk

TU Delft

Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
TU Delft

Faculteit Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
TU Delft

Faculteit Bouwkunde

Afdeling Technische Ontwerp & Informatica

Strukton Engineering

Afdeling Kennis en Innovatie



Technische Universiteit Delft



Strukton
Engineering

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van mijn afstudeerproject. Met dit project rond ik de master Building Engineering aan de Technische Universiteit Delft af. Het project is uitgevoerd in samenwerking met Strukton Engineering.

Op de beurs voor Bouw & ICT van 26 en 27 maart 2008 ben ik tientallen keren, zo niet honderden keren, de afkorting BIM tegen gekomen. Tussen alle commerciële folders door kreeg ik op de beurs een boekje met de titel: 'ik bim, jij bim-t, wij bim-men'. In het boekje wordt een positief beeld geschetst van de ontwikkelingen op ICT-gebied in de bouwwereld. Als we de titel lezen, valt het volgende op:

'ik bim'

Op dit moment zijn zogenaamde BIM-software in allerlei soorten en maten te koop. Met een korte cursus kan iedereen zijn eigen modellen maken. Bij Strukton Engineering worden voor meerdere projecten BIM-software ingezet.

'jij bim-t'

Niet alleen bij Strukton wordt BIM toegepast. Steeds meer partijen in de bouw, van opdrachtgevers tot aannemers, maken gebruik van BIM-software.

'wij bim-men'

Het laatste deel van de titel is nog niet aan de orde. De diverse partijen die BIM toepassen, doen dit vooral binnen hun eigen organisatie. Terwijl BIM juist bedoeld is om de samenwerking tussen de partijen te bevorderen. Op dit laatste onderdeel richt dit afstudeerproject zich.

Tijdens mijn afstudeerproject ben ik door veel mensen geholpen en ik ben daar dan ook dankbaar voor. Als eerste wil ik alle mensen bedanken die ik heb mogen interviewen. Tijdens de interviews hebben deze mensen veel van hun kennis en ervaringen met mij gedeeld. Daarnaast wil ik voor de technische ondersteuning Gertjan Laurensen van CADVisual, Jan Fennema van Construsoft en Peter Bonsma van TNO bedanken.

Tot slot een dankwoord naar mijn afstudeercommissie. Als eerste wil ik mijn begeleider bij Strukton Engineering, Renzo van Rijswijk, bedanken. Niet alleen voor de inbreng van zijn brede kennis op het gebied van BIM en zijn kritische commentaar, maar ook voor het enthousiasme voor BIM. Daarnaast wil ik Jeroen Coenders bedanken voor de opbouwende kritiek en het in contact brengen met Strukton. Dankzij hem heb ik een zeer actueel project kunnen uitvoeren. Rudi Stouffs wil ik bedanken voor zijn wetenschappelijke bijdrage. Ik ben professor Wagemans met name dankbaar voor het delen van zijn jarenlange ervaring en zijn kritische blik.

Peter van Mourik
Utrecht, 1 augustus 2008

Samenvatting

Een veelbelovende innovatie in de bouw is Building Information Modelling (BIM). De ontwikkeling van BIM gaat snel in Nederland en daarbuiten. Meerdere organisaties houden zich bezig met de implementatie of promotie van BIM. Strukton is één van de voorlopers in Nederland die BIM wil toepassen. Theoretisch is BIM deels mogelijk, maar de praktijk blijft achter. De invoering van BIM verloopt moeizaam.

De versnippering en projectgestuurde aanpak in een bouwproject maken informatieoverdracht tussen de projectpartners van essentieel belang. In de huidige situatie wordt informatie vastgelegd in 2D technische tekeningen en overgedragen op (digitaal) papier. De traditionele informatieoverdracht is inefficiënt, foutgevoelig en leidt tot waardeverlies.

Een betere informatieoverdracht kan worden verkregen door BIM. BIM is het proces van informatie toevoegen aan een digitale objectgeoriënteerde representatie van een bouwproject. Centraal in BIM is het BIM-model waaraan in een ideaal geval alle projectpartners tegelijk werken zodat de partners over de juiste en up-to-date informatie beschikken. Consequenties van wijzigingen zijn dan direct zichtbaar voor alle partners.

Het principe van BIM is niet nieuw, maar afgekeken van andere industrieën, zoals de automobiel- en vliegtuigindustrie. Hoewel de bouwsector wezenlijk anders is, kan de technologie uit de meer procesgerichte sectoren ook in de bouw voor verbeteringen zorgen. De implementatie van BIM in de bouw wordt onder andere gestimuleerd door de ontwikkeling van meerdere BIM-software. Met BIM-software is het mogelijk een deel van het BIM-model te modelleren. In de versnipperde bouw zijn voor de diverse projectpartners verschillende BIM-software beschikbaar. De software ondersteunt slechts een deel van het gehele BIM-model. Noodzakelijk is het uitwisselen van gedeeltelijke BIM-modellen tussen de projectpartners.

In de praktijk is nauwelijks ervaring met het uitwisselen van gedeeltelijke BIM-modellen. Ook richtlijnen ontbreken. De probleemstelling van het afstudeerproject is:

Op welke wijze kunnen (delen van) BIM-modellen worden uitgewisseld tussen projectpartners met verschillende BIM-software?

De gedeeltelijke BIM-modellen komen overeen met de informatiestromen tussen de projectpartners. Op basis van meerdere interviews zijn de taken van vier projectpartners in geïntegreerde samenwerkingsvormen bepaald. De bijbehorende informatiestromen kunnen worden uitgedrukt in bouwobjecten en eigenschappen.

Om de werkwijze voor de uitwisseling vast te stellen is een stappenplan opgesteld. De stappen zijn als volgt:

1. Bepalen projectfase(n)
2. Bepalen projectpartners

3. Bepalen hoofddoel(en)
4. Vaststellen informatiestromen
5. Organiseren uitwisseling

In de eerste drie stappen worden de projectpartners verantwoordelijk gemaakt voor het modelleren van bepaalde bouwobjecten en eigenschappen. Deze objecten en eigenschappen zijn afhankelijk van de fase(n) of het detailniveau, de projectpartners die BIM kunnen en willen gebruiken en het doel of de doelen waarvoor BIM wordt toegepast. Om de drie stappen te ondersteunen is een opzet gemaakt voor een selectieblad met een database van bouwobjecten en eigenschappen gekoppeld aan de projectpartners in verschillende fasen.

De bouwobjecten en eigenschappen moeten worden uitgedrukt in een gemeenschappelijk en geschikt uitwisselingsformaat. Om informatieverlies te beperken, moeten de informatiestromen worden gebundeld naar uitwisselingsformaat. Als projectpartners verschillende BIM-software gebruiken, wat meestal het geval is, dan is het meest geschikte uitwisselingsformaat de Industrial Foundation Classes (IFC).

De werking van het stappenplan is gedemonstreerd aan de hand van een drietal scenario's. De praktische haalbaarheid blijkt beperkt. Uit de scenario's blijkt dat informatieverlies optreedt bij de uitwisseling van bouwobjecten. Ondanks dat de ontwikkeling van de IFC ver gevorderd is, ondersteunen BIM-software dit uitwisselingsformaat onvoldoende. Eigenschappen kunnen nauwelijks worden uitgewisseld. Volgens het stappenplan moeten partners verschillende eigenschappen aan gedeelde bouwobjecten toevoegen, maar in de scenario's blijkt dit niet praktisch. Ook blijkt de communicatie tussen projectpartners cruciaal om ontwerpvoorstellen te doen en kennis over bouwobjecten uit te wisselen.

Naast de praktische belemmeringen wordt de implementatie van BIM ook gehinderd door meer politieke, juridische en commerciële redenen. BIM kan alleen succesvol worden geïmplementeerd als projectpartners BIM willen, kunnen en moeten toepassen. De implementatie van BIM staat of valt bij de wil van projectpartners om integraal samen te werken. Alleen als projectpartners daadwerkelijk samenwerken kunnen verantwoordelijkheden, kosten, investeringen en risico's eerlijk verdeeld worden.

Geconcludeerd kan worden dat het stappenplan een handvat biedt voor de uitwisseling van (delen van) BIM-modellen. Het stappenplan ondersteunt het maken van afspraken over de bouwobjecten en eigenschappen die moeten worden gemodelleerd en uitgewisseld gedurende een bouwproject. Daarnaast biedt het onderzoek een meer praktische kijk op de veelbelovende ontwikkeling van BIM. De projectpartners en de techniek zijn niet klaar voor een volledige implementatie. Projectpartners moeten strategisch gebruik maken van BIM en rekening houden met de (on)mogelijkheden van BIM in de praktijk.

Het is aan te bevelen het stappenplan uit te breiden en te verbeteren door het stappenplan werkelijk toe te passen en te evalueren. Ook wordt aanbevolen vast te

leggen in hoeverre BIM-software de IFC ondersteunen en hoe goed de uitwisseling tussen verschillende BIM-software onderling is. Daarnaast wordt aanbevolen kennis te nemen van de factoren die de implementatie van BIM beïnvloeden. De implementatie kan worden gestimuleerd door de vorming van overkoepelende organisaties die gerichte subsidies ontvangen en gezamenlijke investeringen doen. Ook kan de implementatie worden gestimuleerd door dwang van opdrachtgevers of leidende projectpartners in een geïntegreerde samenwerkingsvorm. De implementatie van BIM kan worden getoetst met behulp van bijvoorbeeld het Capability Maturity Model (CMM). Aanbevolen wordt de ontwikkeling van BIM te monitoren en vervolgens te sturen.

Afkortingen

| | | |
|--------|---|--|
| ADT | = | Architectural Desktop, voorloper van AutoCAD Architecture, BIM-software |
| API | = | Application Programming Interface |
| BIM | = | Building Information Modelling |
| BPMN | = | Business Process Modelling Notation, beschrijvingswijze voor bedrijfsprocessen |
| CAD | = | Computer Aided Design, computerondersteunend ontwerpen |
| CMM | = | Capability Maturity Model, raamwerk voor procesverbetering |
| COINS | = | Constructieve Objecten en de Integratie van processen en Systemen, initiatief van de bouwsector om bij te dragen aan procesvernieuwing |
| D&C | = | Design & Construct, contractvorm waarbij de aannemer ontwerpt en uitvoert |
| DBFMO | = | Design Build Finance Maintenance Operation, contractvorm voor ontwerp, uitvoering, financiering, onderhoud en beheer |
| DDS | = | Data Design System, BIM-software |
| DNR | = | De Nieuwe Regeling, |
| DP | = | Digital Project, BIM-software |
| Fidumo | = | First Dutch Modelserver |
| GUID | = | Global Unique Identifier, identificatienummer voor algemene concepten van bouwobjecten |
| GWW | = | Grond, Weg en Waterbouw |
| IAI | = | International Alliance of Interoperability |
| ICT | = | Informatie- en Communicatietechnologie |
| IDM | = | Information Delivery Manual, handleiding met beschrijving van het bouwproces |
| IFC | = | Industrial Foundation Classes, open uitwisselingsstandaard voor bouwinformatie |
| IFD | = | International Framework for Dictionaries, internationale objectenbibliotheek |
| ISG | = | Implementer Support Group, ondersteuning en coördinatie van IFC-implementatie |
| MEP | = | Mechanical, Electrical, Plumbing |
| NBIMS | = | National Building Information Modeling Standard |
| PMO | = | Product Modelling Ontology |
| PPS | = | Publiek Private Samenwerking |
| PVB | = | Platform Virtueel Bouwen |
| SE | = | Systems Engineering |
| STB | = | Standaardtaakbeschrijving, beschrijving van ontwerp- en advieswerkzaamheden |

Inhoudsopgave

| | |
|--|------------|
| Voorwoord | iii |
| Samenvatting | v |
| Afkortingen | ix |
| 1 Inleiding | 1 |
| 1.1 Probleemanalyse | 1 |
| 1.2 Probleemdefinitie | 4 |
| 1.3 Doelstellingen | 4 |
| 1.4 Randvoorwaarden | 4 |
| 1.5 Opbouw rapport | 5 |
| 2 Building Information Modelling | 7 |
| 2.1 Definitie | 7 |
| 2.1.1 Toepassingen BIM in ontwerpproces | 8 |
| 2.1.2 Doel van BIM | 8 |
| 2.1.3 Voordelen | 9 |
| 2.1.4 Noodzaak | 10 |
| 2.2 BIM-software | 10 |
| 2.2.1 Kenmerken | 11 |
| 2.2.2 Geen BIM-software | 13 |
| 2.3 Industrial Foundation Classes | 15 |
| 2.3.1 International Alliance of Interoperability | 15 |
| 2.3.2 Bouwwerk datamodel | 16 |
| 2.3.3 Overzicht | 16 |
| 2.3.4 Certificering | 18 |
| 2.4 Uitwisselbaarheid | 18 |
| 3 Informatiestromen | 21 |
| 3.1 Projectpartners | 22 |
| 3.1.1 Architect | 22 |
| 3.1.2 Constructeur | 23 |
| 3.1.3 Installateur | 24 |
| 3.1.4 Aannemer | 25 |
| 3.2 Fasering ontwerpproces | 28 |
| 3.2.1 Massastudie | 30 |
| 3.2.2 Structuurontwerp | 31 |
| 3.2.3 Voorontwerp | 31 |
| 3.2.4 Definitief ontwerp | 31 |
| 3.2.5 Technisch ontwerp | 31 |
| 3.3 Voorontwerp | 32 |
| 3.4 Conclusies en aanbevelingen | 33 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | Stappenplan | 35 |
| 4.1 | Bepalen projectfase(n) | 36 |
| 4.2 | Bepalen projectpartners | 36 |
| 4.3 | Bepalen hoofddoel(en) | 37 |
| 4.4 | Vaststellen informatiestromen | 38 |
| 4.5 | Organiseren uitwisseling | 40 |
| 4.6 | Selectieblad | 44 |
| 4.6.1 | Database van bouwobjecten | 45 |
| 4.6.2 | Opbouw selectieblad | 47 |
| 5 | Scenario's | 49 |
| 5.1 | Scenario 1 Drie projectpartners gebruiken BIM-software | 49 |
| 5.1.1 | Selecteren bouwobjecten en eigenschappen | 49 |
| 5.1.2 | Vaststellen informatiestromen | 51 |
| 5.1.3 | Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen | 52 |
| 5.2 | Scenario 2 Eén projectpartner beperkt zich tot uitsluitend geometrie | 57 |
| 5.2.1 | Selecteren bouwobjecten en eigenschappen | 57 |
| 5.2.2 | Vaststellen Informatiestromen | 57 |
| 5.2.3 | Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen en geometrie | 58 |
| 5.3 | Scenario 3 Projectpartner bepaalt hoeveelheden van andere modellen | 59 |
| 5.3.1 | Selecteren bouwobjecten en eigenschappen | 59 |
| 5.3.2 | Vaststellen informatiestromen | 60 |
| 5.3.3 | Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen | 60 |
| 5.4 | Bevindingen | 63 |
| 5.4.1 | Informatieverlies overdracht bouwobjecten | 63 |
| 5.4.2 | Geen uitwisseling op eigenschappenniveau | 65 |
| 5.4.3 | Communicatie is cruciaal | 66 |
| 6 | Belemmeringen | 67 |
| 6.1 | De wil van projectpartners | 68 |
| 6.1.1 | BIM beperkt de creativiteit in de conceptuele fasen | 68 |
| 6.1.2 | BIM is geen bewezen techniek | 68 |
| 6.1.3 | Projectpartners willen niet integraal samenwerken | 69 |
| 6.1.4 | Gebrek aan kennis | 70 |
| 6.1.5 | BIM vereist een investering | 71 |
| 6.2 | Mogelijkheden uitwisseling | 72 |
| 6.2.1 | Beperkte uitwisseling op basis van de IFC | 72 |
| 6.2.2 | Certificering door de IAI | 73 |
| 6.2.3 | Verdeling verantwoordelijkheden | 74 |
| 6.2.4 | Communicatie is cruciaal | 75 |
| 6.3 | Noodzaak BIM | 75 |
| 6.3.1 | Eis van de opdrachtgever | 75 |
| 6.3.2 | Eis leidende projectpartner | 75 |
| 7 | Conclusies | 77 |
| 7.1 | Uitwisseling met stappenplan | 77 |
| 7.2 | Bereiken doelstellingen | 77 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 7.3 | Praktisch BIM | 78 |
| 8 | Aanbevelingen | 79 |
| 8.1 | Uitbreiding en verbetering stappenplan | 79 |
| 8.2 | Inventarisatie BIM-software | 79 |
| 8.3 | Factoren implementatie | 80 |
| 8.4 | Nader onderzoek | 81 |
| | Literatuurlijst | 83 |
| | Bijlagen | 87 |
| Bijlage A - | Persoonsgegevens | 89 |
| Bijlage B - | Organisaties | 91 |
| Bijlage C - | BIM-software | 99 |
| Bijlage D - | Interview projectpartners | 105 |
| Bijlage E - | Tekening overzichtlijst NEN2574 | 107 |
| Bijlage F - | Business Process Modelling Notation | 109 |
| Bijlage G - | Categorie-indeling installaties | 111 |
| Bijlage H - | Uitwisseling bouwobjecten | 113 |
| Bijlage J - | Bouwobjecten in IFC-model | 133 |
| Bijlage K - | Mapping van Revit naar IFC | 145 |
| Bijlage L - | Selectieblad | 149 |
| Bijlage M - | Ontwikkelingen | 153 |

1 Inleiding

In Nederland gaat de ontwikkeling van Building Information Modelling (BIM) snel. Meerdere organisaties houden zich bezig met de implementatie of promotie van BIM, zie Bijlage B. Ook Strukton is één van de voorlopers in Nederland die BIM willen toepassen. Strukton maakt deel uit van het Platform Virtueel Bouwen en is betrokken bij het COINS-project. Toch verloopt de invoering van BIM moeizaam. Niet alleen Strukton ondervindt moeilijkheden, maar alle partijen in de bouw.

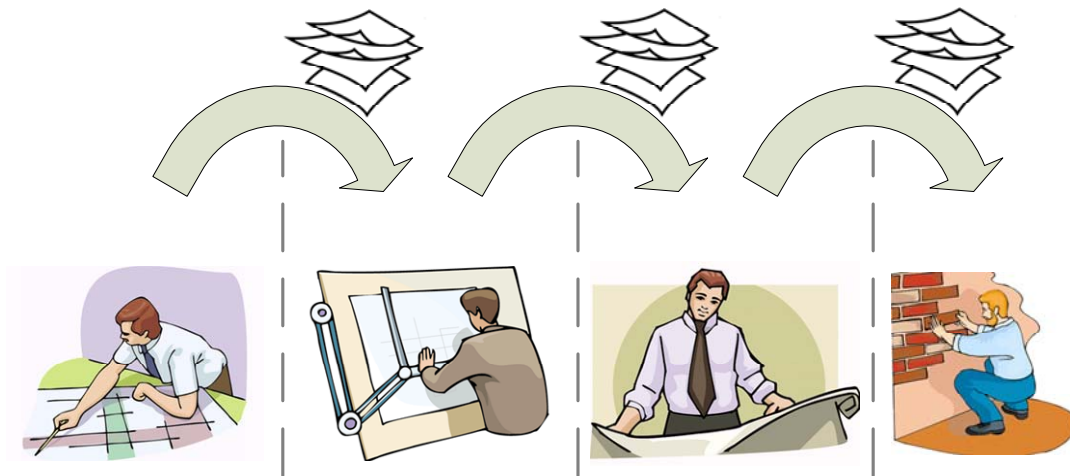
In de Nederlandse bouwpraktijk zijn nauwelijks referentieprojecten aan te wijzen waarbij projectpartners gezamenlijk gebruik hebben gemaakt van BIM. In theorie is BIM met meerdere projectpartners beperkt mogelijk. In de praktijk is hier echter geen ervaring mee en ontbreken richtlijnen.

In deze inleiding wordt het afstudeerproject gedefinieerd. Als eerste wordt het probleem geanalyseerd. Het probleem dat wordt aangepakt in het afstudeerproject wordt gedefinieerd met een probleemstelling. Daarna worden de doelstellingen gegeven. Tot slot wordt de opbouw van het rapport besproken.

1.1 Probleemanalyse

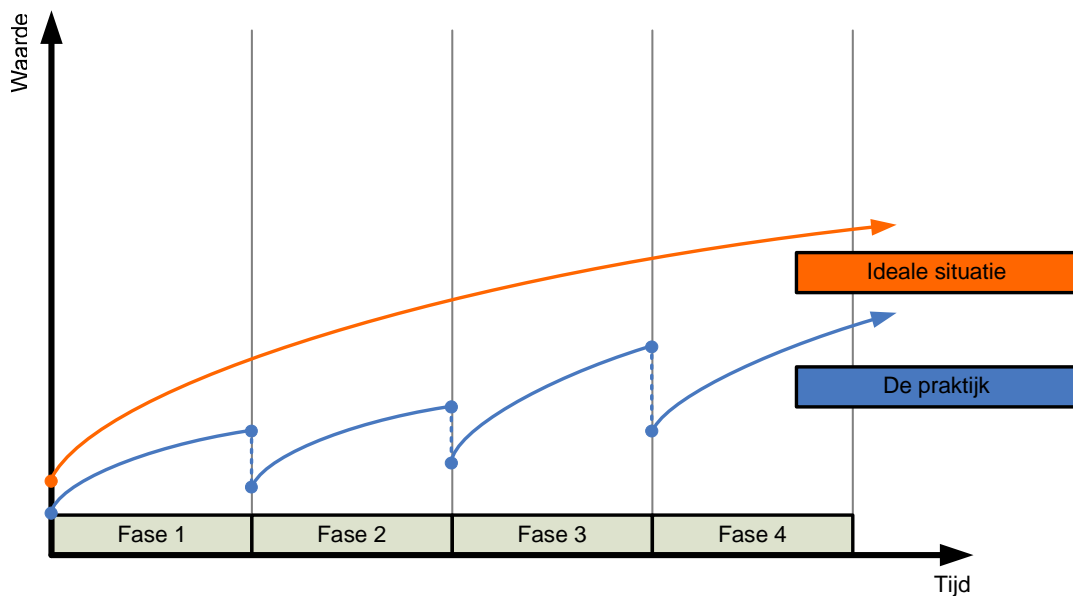
Kenmerkend voor het bouwproces zijn de vele projectpartners die betrokken zijn bij het vervaardigen van één uniek bouwwerk. Complexe bouwprojecten nodigen projectpartners uit tot specialisatie op specifieke taken. Architecten bijvoorbeeld ontwerpen de vorm van een gebouw en constructeurs bepalen de dimensies van de draagconstructie. Voor de installaties zijn adviezen nodig van een installateur. Daarnaast verschilt de samenstelling van de diverse projectteams per project. De versnippering en projectgestuurde aanpak in een bouwproject maken informatieoverdracht tussen de projectpartners van essentieel belang.

In de huidige situatie dragen de diverse projectpartners informatie over volgens het 'over de schutting'-effect, zie Figuur 1.1. Projectpartners in de bouw werkten tot voor kort of nog steeds in hokjes en 'gooien' papier informatie over de schutting. In de hokjes beperken projectpartners hun werkzaamheden tot die volstaan binnen de contractuele en wettelijke kaders (Aouad, G., Lee, A. en Wu, S., 2007, p 4.).



Figuur 1.1 'Over-de-schutting'-effect met informatieoverdracht op basis van papier

Deze traditionele wijze van informatieoverdracht resulteert in waardeverlies, zie Figuur 1.2. In de verschillende fasen wordt informatie vastgelegd in 2D technische tekeningen en moet na overdracht opnieuw worden geïnterpreteerd. Dezelfde informatie moet meerdere keren worden overgenomen. Dit is inefficiënt en heeft een grote kans op fouten. Het ideaal is een betere samenwerking zonder redundantie.

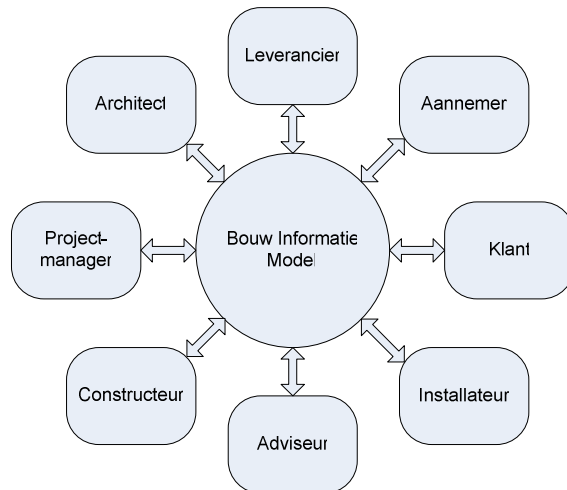


Figuur 1.2 Waardeverlies bij informatieoverdracht

Een oplossing voor de informatieoverdracht is BIM. Het idee van BIM is niet nieuw, maar afgekeken van andere industrieën, zoals de auto-, vliegtuig- en procesindustrie. In deze sectoren is de toepassing van 3D-objecten ver doorgedrongen en heeft tot spectaculaire verbeteringen geleid (Bouwman en Schaap, 2006, p. 11). Hoewel de

bouwsector wezenlijk anders is, kan de technologie uit de meer procesgerichte sectoren ook in de bouw voor verbeteringen zorgen.

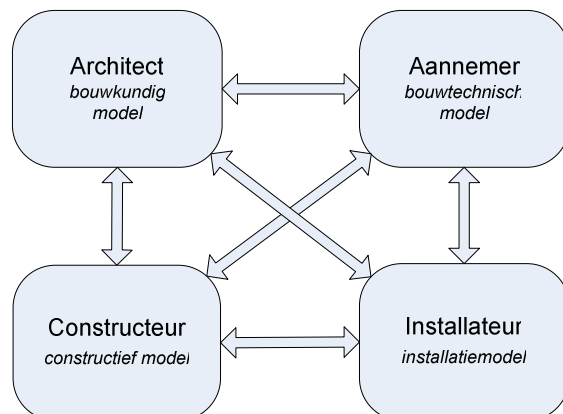
Een ideaal concept van BIM houdt in dat projectpartners zoveel mogelijk samenwerken met één centraal BIM-model, zie figuur hiernaast. Iedereen werkt met de meest recente informatie die centraal in het BIM-model is opgeslagen (Faulkner, 2006). Foutgevoelige en inefficiënte informatieoverdracht tussen projectpartners wordt met BIM beperkt. Daarnaast worden consequenties van ontwerpbeslissingen direct duidelijk voor andere projectpartners. Het ideaalbeeld van BIM wordt verder behandeld in Hoofdstuk 2.



Figuur 1.3 Projectpartners werken samen met hetzelfde model

De ontwikkeling van BIM in de bouw wordt gestimuleerd door onder andere de ontwikkeling van zogenaamde BIM-software. In de praktijk beperkt deze software zich echter tot het gebruik van BIM binnen de bepaalde disciplines van projectpartners of in bepaalde fasen van het bouwproces.

Het probleem van informatieoverdracht herhaalt zich weer. Projectpartners kunnen gebruikmaken van geavanceerde software om een eigen BIM-model, of disciplinemodel, te modelleren. Projectpartners kunnen echter nauwelijks gebruik maken van de andere modellen.



Figuur 1.4 Projectpartners gebruiken eigen BIM-model

Het samenwerken met één model is in de praktijk gedeeltelijk mogelijk, maar roept nog veel vraagtekens op. Hoe en welke informatie moet worden uitgewisseld tussen de partijen is niet duidelijk. Niet alle informatie is relevant voor de verschillende projectpartners. Daarnaast is het niet wenselijk om alle informatie voor elkaar beschikbaar te stellen. Ook is ieder project uniek en werken projectpartners samen met verschillende contractvormen.

1.2 Probleemdefinitie

Het probleem is de uitwisselbaarheid van BIM. Projectpartners van een bouwproject moeten BIM kunnen gebruiken bij het uitvoeren van verschillende taken. Ter ondersteuning van de uiteenlopende taken hebben projectpartners de beschikking over diverse BIM-software. Met de BIM-software maken de partners meerdere disciplinemodellen die delen zijn van het centrale BIM-model. De aparte disciplinemodellen moeten worden uitgewisseld tussen projectpartners. De centrale vraag in dit afstudeerproject is hoe deze gedeeltelijke BIM-modellen kunnen worden uitgewisseld.

Op welke wijze kunnen (delen van) BIM-modellen worden uitgewisseld tussen projectpartners met verschillende BIM-software?

Ondanks de vele ontwikkelingen op het gebied van BIM blijft deze vraag onbeantwoord. In Bijlage B worden een aantal van deze ontwikkelingen beschreven. De ontwikkelingen richten zich vooral op het gebruik van BIM-software of de promotie van het concept BIM. Onder andere het gebrek aan ervaring en richtlijnen leiden er toe dat BIM nog niet volledig wordt toegepast.

1.3 Doelstellingen

De wijze waarop BIM-modellen kunnen worden uitgewisseld wordt stapsgewijs bepaald. Per stap is een doelstelling geformuleerd. Deze doelstellingen zijn als volgt:

1. Vastleggen van de huidige stand van BIM met betrekking tot de uitwisselbaarheid.
2. Bepalen welke informatie projectpartners moeten en willen uitwisselen bij verschillende projecten.
3. Opstellen van een stappenplan om te bepalen hoe diverse projectpartners bij verschillende projecten hun BIM-modellen kunnen uitwisselen.
4. Testen van de uitwisselbaarheid van BIM.

De eerste twee doelstellingen zijn om een duidelijk beeld te krijgen van de huidige situatie. Aan de ene kant worden de mogelijkheden van de techniek duidelijk en aan de andere kant de wensen van de gebruikers. Gecombineerd leidt dit tot een stappenplan. Met het stappenplan moet kunnen worden bepaald hoe de projectpartners BIM-modellen kunnen uitwisselen. Vervolgens moet het stappenplan in de praktijk worden getoetst. De bevindingen naar aanleiding van de test moeten verwerkt worden in het stappenplan of leiden tot aanbevelingen voor het gebruik van het stappenplan.

1.4 Randvoorwaarden

BIM-modellen kunnen op verschillende niveaus en op meerdere manieren worden uitgewisseld. De uitwisseling kan bijvoorbeeld verschillen door de gebruikte techniek en infrastructuur. Een model kan eenvoudig worden verzonden via een email of via een netwerk. Daarnaast kunnen projectpartners hun BIM-modellen uitwisselen met

behulp van diverse bestandsformaten of directe koppelingen tussen BIM-software onderling of met modelservers. In dit afstudeerproject wordt de uitwisseling onderzocht op het niveau van de bestandsformaten in BIM-software. Het meeste ontwerpwerk in de bouwsector is nog steeds gebaseerd op traditionele uitwisseling van bestanden (Pazlar en Turk,2008). De gebruikte hardware wordt buiten beschouwing gelaten.

Het gebruik van BIM in bouwprojecten is verschillend tussen projecten in de utiliteitsbouw en de GWW-sector. De ontwikkeling en het gebruik van BIM in beide domeinen vertonen overeenkomsten, maar vooral de utiliteitsbouw leent zich voor de objectgeoriënteerde werkwijze van BIM. In de utiliteitsbouw wordt gebruik gemaakt van specifieke materialen en onderdelen, zoals kozijnen en binnenwanden. De bouwprojecten waarvoor het stappenplan is ontwikkeld zijn uitsluitend projecten in de utiliteitsbouw.

Bij bouwprojecten zijn diverse partners betrokken. Onderzoek is echter alleen gedaan naar de architect, constructeur, installateur en aannemer. Deze vier projectpartners komen in bijna ieder project in de utiliteitsbouw voor.

Projectpartners werken met verschillende samenwerkingsvormen met bijbehorende contractvormen. Afhankelijk van het bouwproject en de opdrachtgever krijgen projectpartners bepaalde rollen met verantwoordelijkheden voor bepaalde taken. Traditioneel wordt de opdrachtgever geadviseerd door de architect, constructeur en installateur. Deze drie partners maken samen een bestek dat wordt uitgevoerd door de aannemer tegen de laagste prijs. Naast de traditionele manier van aanbesteden zijn diverse geïntegreerde samenwerkingsvormen mogelijk. In het algemeen wordt de aannemer met zijn uitvoeringskennis betrokken in het ontwerpproces. De intentie van Strukton is om zich te richten op geïntegreerde projecten. Deze projecten lenen zich ook meer voor het toepassen van BIM. In dit soort projecten moeten projectpartners rekening houden met meer ontwerpvariabelen en kan het BIM-model gebruikt worden door de uitvoerende partners. Het stappenplan is in eerste instantie ontwikkeld voor geïntegreerde projecten waarbij de aannemer betrokken is bij het ontwerpproces.

1.5 Opbouw rapport

Om de uitwisselbaarheid van BIM te onderzoeken wordt eerst uiteengezet wat BIM is. In het volgende hoofdstuk wordt hiermee begonnen. Het doel van Hoofdstuk 2 is een overzicht te geven van de visie van BIM. Het hoofdstuk beperkt zich tot het theoretische ideaalbeeld.

In Hoofdstuk 3 zijn de informatiestromen bepaald tussen vier projectpartners die samenwerken in een geïntegreerd project. Per projectpartner zijn de taken met bijbehorende informatiestromen gegeven.

Hoofdstuk 4 bevat het stappenplan, de opbouw en een uitleg van dit plan.

De werkwijze met het stappenplan wordt gedemonstreerd aan de hand van drie algemene scenario's. In Hoofdstuk 5 wordt de uitwisseling beschreven en een aantal

bevindingen gegeven. De bevindingen zijn algemeen van aard en kunnen toepassing hebben op meerdere bouwprojecten. Een meer specifiek voorbeeld wordt beschreven in de vertrouwelijke en separate Bijlage N.

Voor het succesvol toepassen van het stappenplan is het van belang de belemmeringen te begrijpen die de implementatie van BIM in het algemeen tegenhouden. De meeste belemmeringen zijn gegeven in Hoofdstuk 6.

Het rapport wordt afgerond met de conclusies en aanbevelingen.

2 Building Information Modelling

Het doel van dit hoofdstuk is een beeld te geven van BIM. In de eerste paragraaf wordt beschreven wat BIM zou moeten zijn. Deze paragraaf bevat de visie van BIM. Daarna worden de zogenaamde BIM-software beschreven die BIM mogelijk moeten maken. De derde paragraaf gaat over het open uitwisselingsformaat IFC dat vaak in combinatie met BIM wordt genoemd. De laatste paragraaf behandelt het verschil tussen de visie van BIM en een meer praktische weergave. Van het ideaalbeeld is nog geen sprake als gevolg van de belemmeringen zoals beschreven in Hoofdstuk 6.

2.1 Definitie

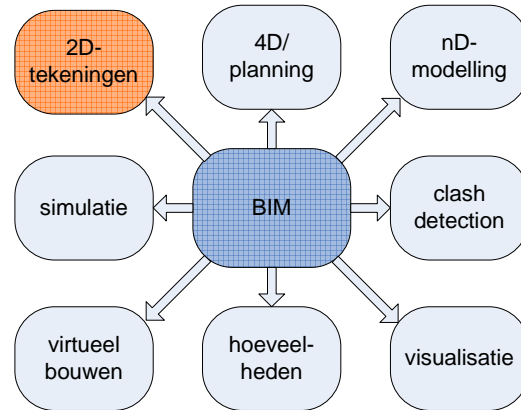
Het gebruik van BIM wordt meer en meer geaccepteerd in de bouwwereld. Dit leidt echter tot steeds minder overeenstemming over de definitie van BIM (Holzer, 2007). Steeds meer partijen in de bouw zien het nut in van BIM en zij geven BIM een eigen betekenis. Een architect gebruikt BIM bijvoorbeeld voor visualisaties terwijl een aannemer geïnteresseerd is in de uittrekstaten van het model. De betekenis van BIM moet dus worden gezien in de context.

De afkorting BIM staat voor Building Information Modelling. In theorie is BIM het proces van informatie toevoegen aan een digitale objectgeoriënteerde representatie van een bouwproject. Het werkwoord 'Modelling' geeft aan dat het om een proces gaat. De digitale objectgeoriënteerde representatie is het BIM-model of bouw informatie model. Het BIM-model staat centraal in BIM en bevat behalve de geometrie van een bouwwerk ook extra bouwtechnische informatie. Aan onderdelen van het model worden eigenschappen toegeschreven, zoals relaties en hoeveelheden.

In de ideale situatie werken de projectpartners die BIM toepassen integraal samen met één BIM-model. Uit de probleemanalyse van het vorige hoofdstuk is gebleken dat in de huidige situatie meerdere BIM-modellen of disciplinemodellen worden gebruikt. Bij BIM draait het echter niet alleen om het model zelf, maar meer om het beheren van projectinformatie. Volgens Davies (2005) is dan ook de belangrijkste technische overweging van BIM het proces van het beheren van informatieproductie en uitwisseling.

2.1.1 Toepassingen BIM in ontwerpproces

Het gebruik van BIM in het ontwerpproces is uiteenlopend, zie Figuur 2.1. Op de eerste plaats ondersteunt BIM de ontwerpdocumentatie. Met BIM kunnen technische tekeningen worden gegenereerd uit het BIM-model. Door te werken in één model zijn de afgeleide tekeningen consistent. Het documentenbeheer met een BIM-model sluit aan op de huidige manier van werken in het ontwerpproces.



Figuur 2.1 Toepassingen van BIM

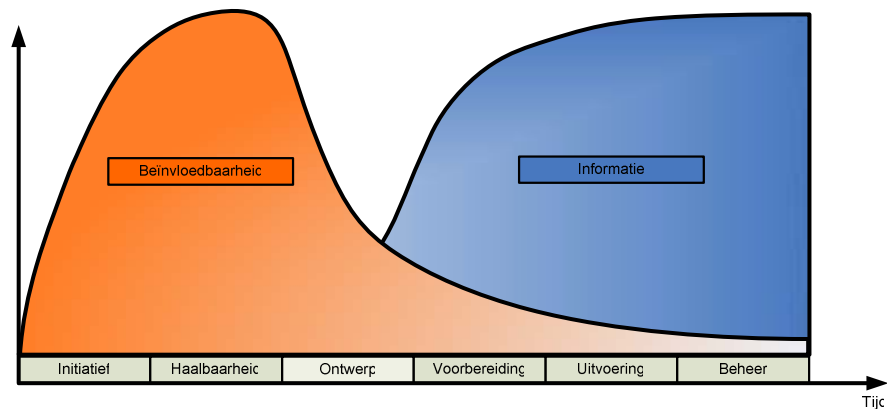
Volgens onder andere Faulkner (Faulkner, 2006) is een Building Information Model een verzameling van bouw- en ontwerp informatie opgeslagen in een database. BIM is echter niet een opslagmedium voor project informatie, maar een methode om efficiënt met deze informatie om te gaan. Projectpartners werken met dezelfde up-to-date informatie.

Het generen van 2D-tekeningen uit het BIM-model is slechts één van de mogelijkheden van BIM. Wenselijk is om BIM ook te gebruiken als een hulpmiddel bij het ontwerpproces. Projectpartners kunnen hun ontwerpen op elkaar afstemmen en streven naar een integrale oplossing. Door middel van visualisaties kunnen consequenties direct zichtbaar worden gemaakt. Knelpunten worden gesignaleerd met clash detection. Door aan de objecten in een BIM-model de planning te koppelen ontstaat een 4D-model. Met BIM kunnen meerdere factoren worden bestudeerd aan de hand van het BIM-model. Met nD modellering worden aspecten, zoals fasering, risicomanagement, veiligheid, bouwregelgeving, akoestiek en criminaliteit, ondersteund door BIM (Aouad, G., Lee, A. en Wu, S., 2007). Alternatieven kunnen worden onderzocht en vergeleken op deze aspecten.

2.1.2 Doel van BIM

Het doel van BIM is de samenwerking tussen projectpartners en de uitwisseling van gegevens in digitale vorm te ondersteunen (De Jonge, 2007).

Een dilemma van een bouwproject is geschetst in Figuur 2.2. In het begin van een project worden de grootste beslissingen genomen. In de eerste fasen kan het project nog worden beïnvloed. De benodigde informatie wordt echter pas gedurende het project verkregen. Met BIM wisselen projectpartners al in een vroeg stadium kennis met elkaar uit. Dit vereist ook dat bepaalde projectpartners eerder in het project betrokken worden. De benodigde informatie komt eerder ter beschikking in fasen waarbij het project nog kan worden beïnvloed.



Figuur 2.2 Afname beïnvloedbaarheid en toename informatie in bouwproject

Met BIM kunnen informatiestromen worden ondersteund. Informatie hoeft niet meerdere keren te worden ingevoerd. BIM heeft dus tot doel de uitvoerende projectpartners te ondersteunen. Zij kunnen over een consistent en up-to-date ontwerp beschikken.

Daarnaast heeft BIM ook tot doel de ontwerpende projectpartners te ondersteunen. Het begrip van complexe ontwerpbeginselen is beter door BIM (Faulkner, 2006). Ontwerpers kunnen afhankelijk van de complexiteit sneller oplossingen bedenken en hebben daardoor meer tijd om op het ontwerp te focussen.

2.1.3 Voordelen

In de visie van BIM werken meerdere projectpartners samen en alle projectpartners hebben voordeel van het gebruik van BIM (Holzer, 2007). In de ontwerpfase stellen de ontwerpende partijen hun ontwerp beter op elkaar af. Uitvoerende partijen kunnen beter gebruik maken van de informatie over het ontwerp.

Kennis delen

Bouwprojecten zijn over het algemeen gecompliceerd en worden uitgevoerd door verschillende disciplines. Met BIM delen de projectpartners hun specifieke kennis met elkaar. In de ontwerpfase kan de aannemer bijvoorbeeld al meedenken over de bouwbaarheid van het ontwerp. Het is voordelig voor ontwerpers zich zo snel mogelijk te verdiepen in de productie en de informatie die nodig is voor de vervaardiging (Holzer, 2007).

Efficiëntie verhogen

Informatieoverdracht tussen projectpartners kan worden verbeterd met BIM. Door disciplinemodellen uit te wisselen is het niet meer nodig informatie opnieuw in te voeren. Een automatische informatieoverdracht is minder foutgevoelig.

Volgens Mühren in 'Bim, bir, bom, het Bouwwerk Informatie Model komt er aan!' (Laverman, 2007) wordt dezelfde informatie gemiddeld zeven keer in verschillende systemen ingevoerd. Mühren schat dat met een goedwerkend BIM 25 procent van de bouwkosten is weg te snijden.

Fouten voorkomen

BIM als ontwerpdocumentatie voorkomt tegenstrijdigheden in tekeningen en maakt informatieoverdracht deels overbodig. Daarnaast kan met BIM het bouwwerk virtueel gebouwd worden. Het uitvoeringsproces kan digitaal gesimuleerd worden met als doel om vooraf knelpunten te signaleren, vast te leggen en op te lossen. Door het gebouw virtueel te bouwen kunnen tegenstrijdigheden eerder worden ontdekt en niet pas op de bouwplaats (Faulkner, 2006).

Het marktonderzoeks- en adviesbureau USP Marketing Consultants heeft onderzoek verricht naar de faalkosten in de bouw. In 2007 werden de faalkosten geschat op 11,4% van de omzet. Bij een bouwvolume van 55 miljard in 2007 betekent dit een verspilling van € 6,2 miljard (USP Marketing Consultants, 2008). Het onderzoek zelf stelt de vraag of de hoge schatting van de faalkosten het gevolg is van de feitelijke faalkosten of door de vele aandacht die aan het onderwerp wordt besteed. De belangrijkste oorzaken van de faalkosten zijn volgens ander onderzoek van USP de gebrekkige (gegevens)uitwisseling en communicatie (21%), alsmede onvoldoende aandacht voor de uitvoerbaarheid tijdens de ontwerpfase (20%) (USP Marketing Consultants, 2007).

2.1.4 Noodzaak

De keuze om BIM te gebruiken bij een bouwproject wordt ook steeds vaker door de opdrachtgever opgelegd. De Amerikaanse rijksgebouwendienst (GSA) heeft vanaf 2007 het gebruik van BIM in de ontwerpfase gedeeltelijk verplicht gesteld. Hetzelfde geldt in Finland vanaf juli 2007 voor alle nieuwe overheidsgebouwen (de Jong, 2007). Ook in Denemarken en Noorwegen hebben rijksopdrachtgevers het gebruik van BIM verplicht. In Nederland heeft het Opdrachtgeversforum de intentie uitgesproken hetzelfde te willen doen (PSIBouw). Het Opdrachtgeversforum in de bouw is een netwerkorganisatie van (semi-)publieke opdrachtgevers in de bouw en infrastructuur.

Een voordeel voor opdrachtgevers is dat BIM-modellen nauwkeurig kunnen zijn. Daardoor zijn de modellen ook overtuigender voor de autoriteiten. De mogelijkheid voor toetsing van het model zet opdrachtgevers aan eisen te stellen ten aanzien van het gebruik van BIM (Holzer, 2007).

2.2 BIM-software

In de ideale situatie wordt een BIM-model gemodelleerd door meerdere projectpartners. Nadat een leidende projectpartner, bijvoorbeeld de architect, een opzet heeft gemaakt, voegt iedere partner delen aan het model toe. Hiervoor kunnen zij gebruik maken van verschillende BIM-software.

Projectpartners voeren uiteenlopende taken uit, zie ook Hoofdstuk 3. Deze verschillende taken kunnen worden ondersteund door specifieke software. Een projectpartner die een gedeelte van het BIM-model modelleert, zal gebruik maken van BIM-software die aansluit op zijn eisen.

Het BIM-model komt dus tot stand door de combinatie van verschillende BIM-software. Software leveranciers bieden verscheidene (deel)oplossingen aan voor BIM. In de volgende paragraaf zijn de kenmerken beschreven van BIM-software in het algemeen.

Een aantal voorbeelden van BIM-software zijn gegeven in Bijlage C. De lijst met BIM-software is een momentopname, aangezien leveranciers hun producten continu vernieuwen. De lijst dient alleen ter indicatie van de huidige stand van BIM-software. Een complete inventarisatie, maar verouderd, is gegeven in een onderzoeksrapport van de CUR (van den Berg en de Jonge, 2005).

2.2.1 Kenmerken

Meerdere softwareleveranciers geven aan dat hun product BIM ondersteunt. Zo zegt Tekla een BIM-tool te zijn. Hierin wordt zij ondersteund door prof. Charles M. Eastman die stelt dat Tekla al BIM was voordat de term BIM was verzonden (Tekla, 2007). Autodesk beweert echter in 2002 de term Building Information Modeling te hebben geïntroduceerd (Autodesk, 2003). Gehry Technologies vermijdt de term BIM en heeft het over Virtueel Bouwen dat mogelijk is dankzij Digital Project (Gehry Technologies, 2004).

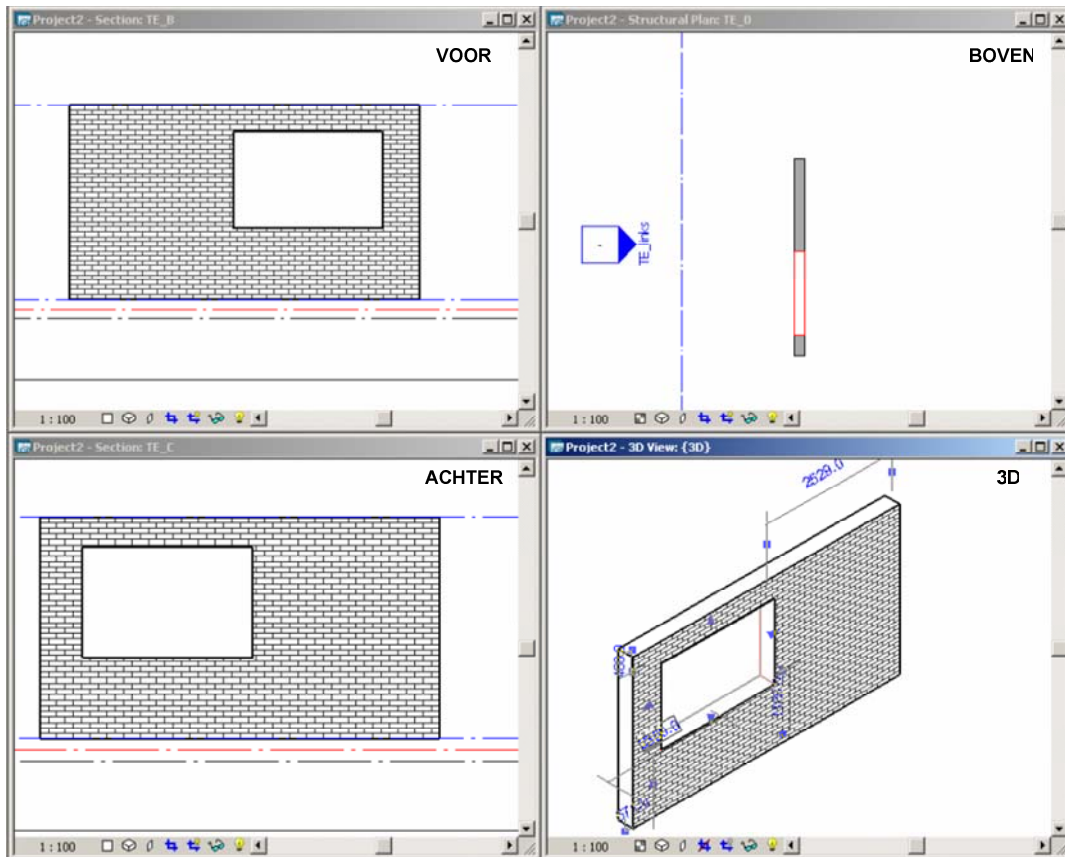
De onduidelijkheid over de definitie van BIM wordt door software leveranciers gebruikt (of misbruikt) ter promotie van hun applicaties. Om een duidelijk beeld te geven is een korte inventarisatie gemaakt van de huidige BIM-software. BIM-software zijn applicaties die BIM mogelijk maken. Met de applicaties is het mogelijk een (gedeelte van een) BIM-model te modelleren.

Bij de inventarisatie in Bijlage C is gebruik gemaakt van de volgende kenmerken.

Object-georiënteerd modelleren

In BIM wordt een bouwwerk gemodelleerd met objecten, zoals muren, vloeren en kolommen. Deze objecten hebben geometrische eigenschappen en andere bouw informatie, zoals materiaaleigenschappen, kosten en planning.

De objecten vormen samen een BIM-model. Een wijziging in de ene presentatie wordt direct doorgevoerd in alle andere presentaties, inclusief de tekeningen en hoeveelhedenlijst. Door de samenhang worden tegenstrijdigheden, en dus fouten, voorkomen.



Figuur 2.3 Meerdere views van dezelfde muur in Revit

Beperkt parametrisch associatief

Parametrisch associatieve systemen zijn systemen die in het algemeen een resultaat genereren op basis van parameters en hun onderlinge relaties. De parameters en relaties zijn te bepalen door de gebruikers van het systeem (Coenders, 2007).

Objecten in een BIM-model kunnen worden gedefinieerd met parameters. Een opening in een wand heeft bijvoorbeeld bepaalde afmetingen. Relaties tussen de parameters zijn minder eenvoudig te implementeren in een BIM-model. In een 'family' in Revit kunnen bijvoorbeeld parameters afhankelijk van elkaar worden gemaakt.

BIM-software is (nog) niet altijd een volledige parametrisch associatief systeem. BIM-software vertonen wel steeds meer associatieve kenmerken. De mate van doorvoeren is van belang om van een parametrisch associatief systeem te kunnen spreken.

Uitwisselbaarheid

Software die BIM ondersteunen moeten het BIM-model kunnen uitwisselen met andere BIM-software. De uitwisseling kan plaatsvinden door middel van im- en export met een open uitwisselingsformaat. Een in theorie geschikt open uitwisselingsformaat voor bouw informatie is de IFC. Wenselijk is dat BIM-software compatible is met IFC. De Duitse chapter van de IAI houdt een lijst bij van IFC compatible software

(buildingSMART Gemany, 2007). Andere uitwisselingsformaten zoals DXF en DWF zijn ook mogelijk, maar bevatten uitsluitend informatie over de geometrie.

Een andere manier om informatie van het BIM-model uit te wisselen is via een API. Dit is een directe koppeling tussen software. Deze koppeling werkt alleen tussen bepaalde applicaties en is onderhoudsgevoelig. Een uitwisseling onafhankelijk van de software heeft de voorkeur.

Projectlevensduur

BIM-software kan worden gebruikt in meerdere fasen van het project. BIM-software hoeft niet per definitie alle fasen van een bouwproject te ondersteunen (Davies, 2005). In bijvoorbeeld de eerste fasen van het ontwerp zijn de objecten in BIM-software vaak te gedetailleerd. Afhankelijk van het project kan het BIM-model worden gebruikt in de exploitatiefase.

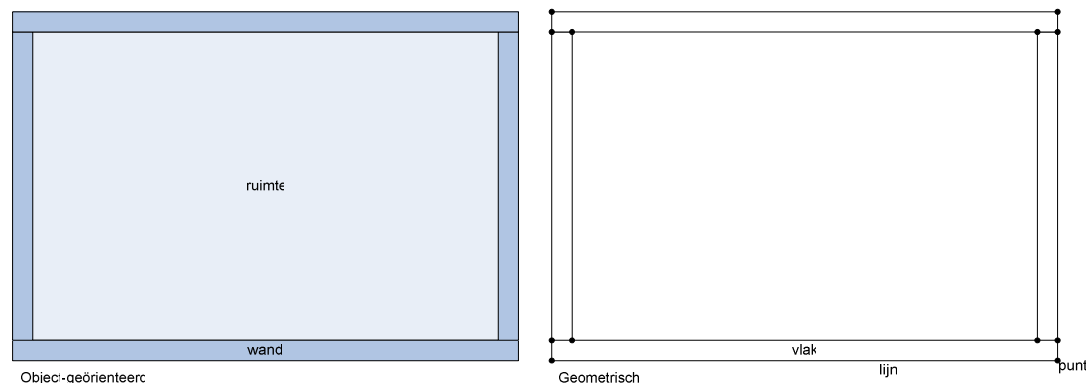
Dimensie

Software die een 3D-model kunnen maken zijn niet per definitie BIM-software. Andersom is ook mogelijk dat BIM-software niet per definitie een 3D-model moeten gebruiken. Hoewel de meest recente BIM-software allemaal een 3D-model gebruiken, hangt van het doel van de gebruiker af in welke dimensies wordt gewerkt. Door bijvoorbeeld tijd te beschouwen is er sprake van een 4D-model.

2.2.2 Geen BIM-software

Naast BIM-software kunnen projectpartners gebruik maken van diverse andere software. Om het onderscheid te verduidelijken worden een aantal van deze software besproken.

Software zoals AutoCAD en Microstation worden onder andere gebruikt om technische tekeningen te generen. De modellen bestaan uit entiteiten zoals punten en lijnen. De modellen in CAD-software beperken zich tot de geometrie. Modellen in BIM-software zijn echter object-georiënteerd. Het verschil tussen CAD-software en BIM-software is gegeven in Figuur 2.4.



Figuur 2.4 Objectgeoriënteerde en geometrische weergave van een ruimte

Andere software die zich beperken tot geometrie zijn Rhino en Maya. Met Rhino (Rhinoceros, 2007) kan snel en nauwkeurig worden gemodelleerd. Het model kan met name worden gebruikt voor visualisaties en animaties. Daarnaast kunnen modellen worden gebruikt voor tekenen, analyses en fabricage. Met Rhino kunnen vrije vormen met hoge complexiteit worden gemodelleerd.

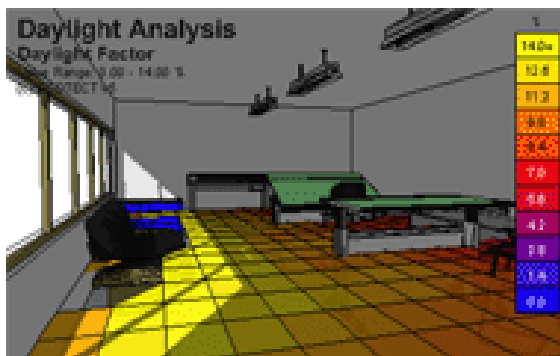
Maya van Autodesk is vergelijkbaar met Rhino en kan ook worden gebruikt voor visualisaties. De nauwkeurigheid van beide applicaties is gelijk, maar Maya biedt minder goede controlemechanismen voor de nauwkeurigheid. Maya is een applicatie voor 3D-modelleren, animatie en visualisatie (Autodesk Maya, 2008).



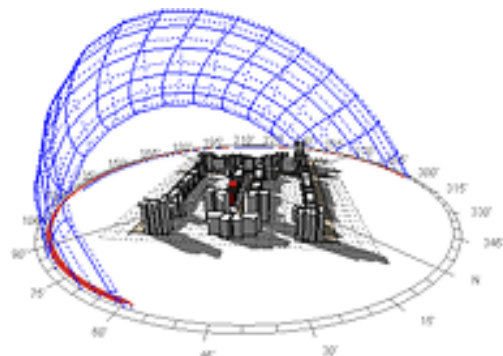
Figuur 2.5 Ontwerp Gage/Clemenceau Architects met Maya (Autodesk Maya, 2008)

BIM-software wordt gebruikt om een (gedeeltelijk) BIM-model te modelleren. Naast BIM-software bestaan veel software ter analyse van het model. Met deze derde applicaties kunnen bijvoorbeeld de energieprestaties worden geanalyseerd of de krachtsverdeling in de constructie worden berekend.

Een voorbeeld is Ecotect (2008). Met Ecotect kunnen gebouwen globaal worden geanalyseerd op onder andere zonbelasting, warmte prestaties, akoestiek, verlichting en schaduw. Deze analyses kunnen al in de beginfasen van een ontwerpproces worden uitgevoerd. Op basis van de locatie, basisvorm en oriëntatie, interne indeling, materialen en afmetingen en positie van ramen kunnen snel besluiten worden genomen in een vroeg stadium.



Figuur 2.6 Analyse daglichttoetreding (Ecotect)



Figuur 2.7 Analyse van schaduw (Ecotect)

Een ander voorbeeld is ESA PT. SCIA.ESA PT is een oplossing van het Belgische SCIA dat lid is van de Nemetschek Group. SCIA biedt softwareoplossingen voor ontwerp, vormgeving en stabiliteitsberekeningen. SCIA benadrukt het integrerende aspect van hun software. Volgens SCIA zelf past de software perfect in het BIM-concept (SCIA, 2007).

SCIA.ESA PT is vooral een grafisch 3D-rekenprogramma. Daarnaast wordt tegelijkertijd een CAD-model opgebouwd, waarmee direct plannen voor de projectvoorbereiding gecreëerd kunnen worden. Hoewel de software gebruik maakt van een objectgeoriënteerd model is SCIA.ESA PT geen BIM-software. Het doel van de applicatie is het analyseren van de constructie en niet het generen van een BIM-model.



Figuur 2.8 BIM-concept van SCIA (SCIA)

Tot slot ondersteunen veel software de communicatie tussen projectpartners of het beheer van informatie. Een voorbeeld is ProjectWise van Bentley (Bentley, 2008). Met ProjectWise kunnen modellen, projectgegevens en andere bestanden worden beheerd, gedeeld en gevisualiseerd. ProjectWise ondersteunt Building Information Management.

2.3 Industrial Foundation Classes

De afkorting BIM wordt vaak in combinatie gebruikt met IFC. Een belangrijk kenmerk van BIM-software is de uitwisselbaarheid. Sommige applicaties ondersteunen meerdere disciplines of werken met hetzelfde bestandsformaat. In andere gevallen moet het mogelijk zijn bestanden te im- en exporteren. Hiervoor zijn verschillende formaten mogelijk, zoals de CAD-formaten DWG, DXF en DGN. Echter deze formaten bevatten uitsluitend geometrische informatie over entiteiten en geen objecten. Een open uitwisselingsformaat dat bouwtechnische informatie bevat zijn de Industrial Foundation Classes (IFC).

2.3.1 International Alliance of Interoperability

De International Alliance of Interoperability (IAI) is een alliantie van organisaties die streven naar een verbetering van de productiviteit en efficiëntie in de bouw. Dit wordt door de IAI 'Building Smart' genoemd. De IAI is in 1995 opgericht met het idee om een applicatie onafhankelijk standaard te ontwikkelen voor software-interoperabiliteit. Vanwege het internationale karakter van de bouw zijn meerdere chapters opgericht waarvan één voor de Benelux.

In 1997 werd de eerste versie van het IFC-datamodel geïntroduceerd. Het doel van de IAI is om gebaseerd op de wereldwijde collectieve kennis de IFC te definiëren (IAI International).

2.3.2 Bouwwerk datamodel

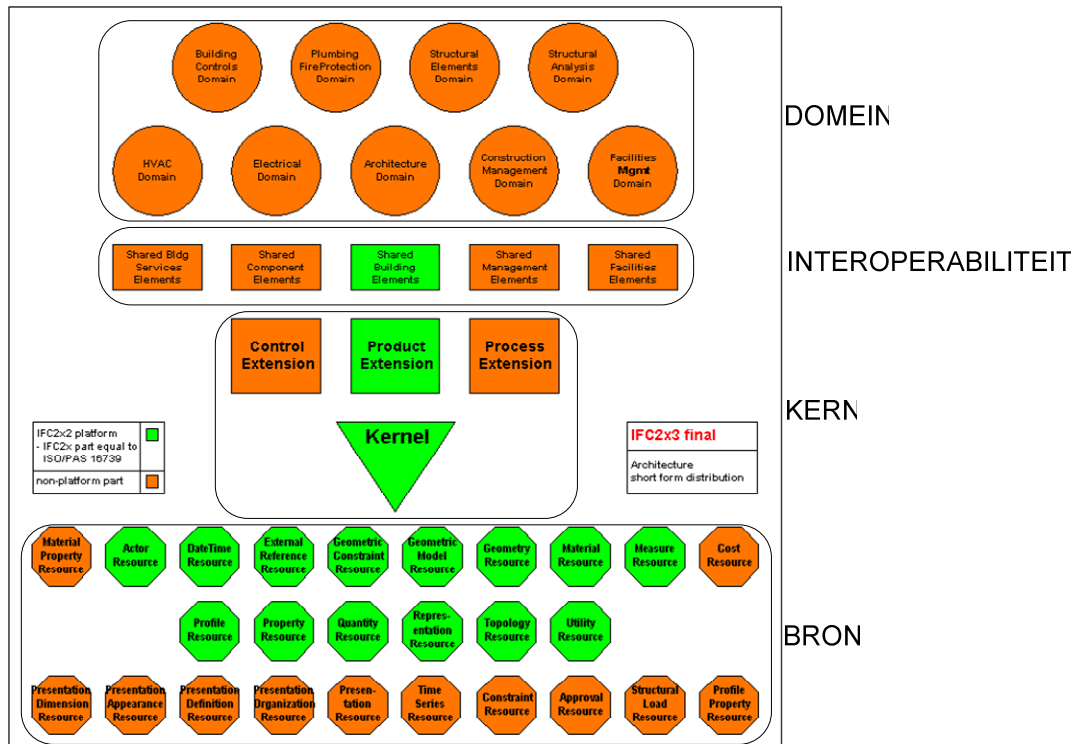
Traditionele 2D en 3D CAD-applicaties gebruiken geometrische datamodellen. In een geometrisch datamodel worden entiteiten gebruikt als punten, lijnen en vlakken. Hiermee kan de geometrie van een bouwwerk worden beschreven, maar het model bevat geen informatie over de entiteiten.

Deze beperkingen worden opgeheven door het gebruik van een objectgeoriënteerd bouwwerk datamodel. Al meer dan 20 jaar geleden werd Graphisoft's ArchiCAD ontwikkeld, gebaseerd op een bouwwerk datamodel. Commerciële applicaties zoals ArchiCAD gebruiken een eigen intern bouwwerk datamodel. Het interne model is geïntegreerd in de applicatie om optimaal te functioneren binnen deze applicatie. Door het gebruik van software afhankelijke datamodellen kan bouw informatie niet direct worden uitgewisseld zonder een specifieke vertaler voor dit doel.

De IFC zijn ook een objectgeoriënteerde bouwwerk datamodel. Het verschil met andere datamodellen is dat IFC onafhankelijk zijn van software. IFC zijn bedoeld om de uitwisseling tussen de individuele discipline specifieke applicaties te ondersteunen. Om dit doel te bereiken moeten IFC alle aspecten voor een bouwwerk beschrijven. Het IFC-datamodel is voor iedereen beschikbaar en kan door applicaties worden gebruikt om data uit te wisselen (Lachmi Khemlan, 2004).

2.3.3 Overzicht

In Figuur 2.9 is een overzicht gegeven van het IFC-model. Het IFC-model bestaat uit vier lagen. Iedere laag bestaat uit meerdere categorieën of schema's.



Figuur 2.9 Architectuur van IFC-model

De schema's van interoperabiliteitlaag bevatten objecten die gebruikt worden door meerdere disciplines.

In het IFC-model zijn verschillende relaties mogelijk tussen entiteiten. De verantwoordelijkheid om deze relaties goed te definiëren in het IFC-model ligt bij de applicatie die zijn interne datamodel exporteert naar IFC.

Property sets en proxies zorgen voor de flexibiliteit en uitbreidbaarheid van het IFC-model. Extra eigenschappen die niet eenduidig zijn voor verschillende projectpartners kunnen als property sets worden toegevoegd aan het model. Heel nieuwe entiteiten die niet gedefinieerd zijn in IFC worden aangemaakt als proxies.

In Figuur 2.10 is een voorbeeld gegeven van een stukje IFC-bestand. Met een tekstverwerker is een IFC-bestand te openen. Het IFC-bestand bestaat uit meerdere regels van IFC-entiteiten. Attributen van een IFC-entiteiten bestaan voornamelijk uit andere IFC-entiteiten. Hierdoor bestaat een IFC-bestand uit veel onderlinge verwijzingen, zie Figuur 2.11.

```
#120=IFCCOLUMNTYPE('0wDqmd4tPB9gXAL5oqfNxC',#33,'HEA300',,$,$,(#119),'102088','HEA300',.COLUMN.)
;
#123=IFCSHAPEREPRESENTATION(#27,'Body','MappedRepresentation',(#122));
#124=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#123));
#127=IFCLOCALPLACEMENT(#37,#126);
#128=IFCCOLUMN('0wDqmd4tPB9gXAL5oqfNxE',#33,'H-Wide Flange-Column:HEA300:HEA300:102088',,$,'HEA300',#127,#124,'102088');
#136=IFCPROPERTYSET('3ebn2fR2rCwPqt2C8vGr$b',#33,'Pset_ColumnCommon',,$,(#132,#133,#134,#135));
#137=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1AKSvlyyDAIwl8Bq1UC7KA',#33,$,$,(#128),#136);
#187=IFCRELDEFINESBYTYPE('1zN7tN2wzCSgBH1o8ga5HJ',#33,$,$,(#128),#120);
```

Figuur 2.10 Voorbeeld IFC-bestand

```
#120=IFCCOLUMNTYPE('0wDqmd4tPB9gXAL5oqfNxC',#33,'HEA300',,$,$,(#119),'102088','HEA300',.COLUMN.)
#123=IFCSHAPEREPRESENTATION(#27,'Body','MappedRepresentation',(#122));
#124=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#123));
#127=IFCLOCALPLACEMENT(#37,#126);
#128=IFCCOLUMN('0wDqmd4tPB9gXAL5oqfNxE',#33,'H-Wide Flange-Column:HEA300:HEA300:102088',,$,'HEA300',#127,#124,'102088');
#136=IFCPROPERTYSET('3ebn2fR2rCwPqt2C8vGr$b',#33,'Pset_ColumnCommon',,$,(#132,#133,#134,#135));
#137=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1AKSvlyyDAIwl8Bq1UC7KA',#33,$,$,(#128),#136);
#187=IFCRELDEFINESBYTYPE('1zN7tN2wzCSgBH1o8ga5HJ',#33,$,$,(#128),#120);
```

Figuur 2.11 Verwijzingen in IFC-bestand

2.3.4 Certificering

Meerdere commerciële applicaties ondersteunen IFC. De kwaliteit zou moeten kunnen worden aangetoond door het certificeringproces van de IAI. Certificering vindt plaats in twee stappen. In stap 1 wordt de applicatie getest aan de hand van testcases. Daarna wordt in stap 2 getest met bestanden van gebruikers.

Het certificeringproces gebeurt ten opzichte van een bepaald doel. Certificaten worden ook onder voorwaarden gegeven aan softwareleveranciers.

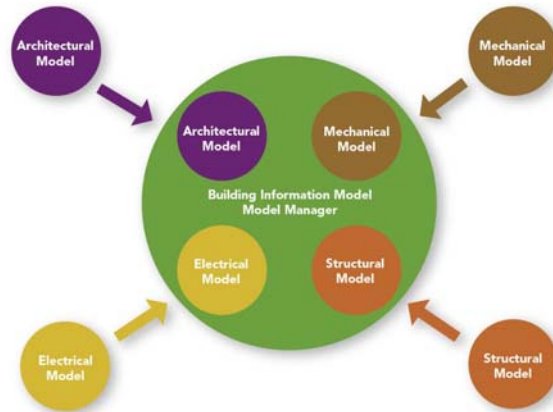
In het certificeringproces moet een balans worden gevonden tussen wat kwalitatief voldoende is voor de gebruikers en economisch haalbaar voor de leveranciers (Kiviniemi,2007).



Figuur 2.12 IFC-certificaat

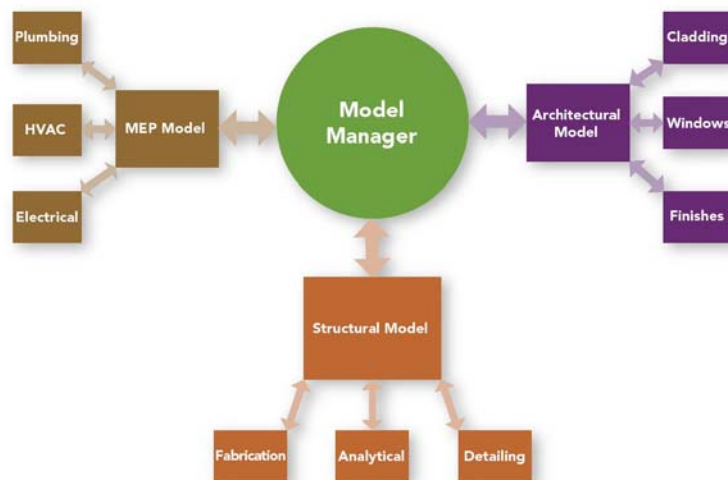
2.4 Uitwisselbaarheid

Theoretisch bevat BIM alle informatie over het bouwwerk en het bouwproces. De hoeveelheid informatie is dan enorm en veel informatie is overbodig voor alle projectpartners. In Figuur 2.13 is schematisch weergegeven hoe informatie eenzijdig aan het model wordt overgedragen. Het resultaat is een grote hoeveelheid irrelevante informatie (Faulkner, 2006).



Figuur 2.13 Theoretisch BIM (Faulkner, 2006)

In Figuur 2.14 is een meer praktische weergave gegeven van BIM. Projectpartners werken met voor hen relevante disciplinemodellen. In het midden zorgt de zogenaamde Model Manager, of BIM-manager, voor integratie van het proces door zorg te dragen voor het BIM-model en het bijbehorende onderhoud.



Figuur 2.14 Meer praktisch BIM (Faulkner, 2006)

Wenselijk is de Model Manager te vervangen door goed werkende techniek. Menselijke ingrepen zijn dan alleen nodig om het proces aan te sturen en de verschillende versies te beheren. In de praktijk blijkt de techniek het werk van de Model Manager nog niet over te kunnen nemen, zie Paragraaf 6.2. Het is noodzakelijk handmatig de delen van het BIM-model uit te wisselen.

3 Informatiestromen

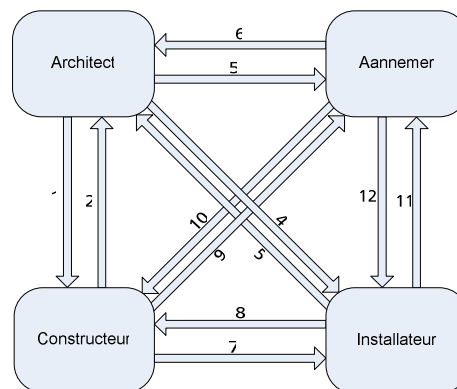
Bij de uitwisseling van (delen van) BIM-modellen of disciplinemodellen zijn de informatiebehoefte van de projectpartners van belang. Vooraf aan een project of fase moet worden bepaald welke informatie de modellen moeten bevatten. In dit hoofdstuk is een analyse gegeven van de informatiestromen tussen ontwerpende projectpartners. Voor de fase voorontwerp zijn een aantal informatiestromen in bouwobjecten uitgedrukt.

Kenmerkend voor bouwprojecten zijn de vele partners en actoren die worden betrokken bij de productie. Er werken veel verschillende disciplines samen om een bouwwerk te leveren (o.a. Sectie CBK, 2003). Welke partners meewerken, hangt af van het project, de fase en de samenwerkingsvorm. De meest voorkomende ontwerpende partners zijn:

- Architect
- Constructeur
- Installateur
- Aannemer

Een projectpartner die in ieder project voorkomt is de opdrachtgever of klant. Met BIM is het wenselijk dat de opdrachtgever meedenkt met de ontwerpende partners. De opdrachtgever kan met het BIM-model bepalen of het ontwerp aan zijn eisen en verwachtingen voldoet. De verantwoordelijkheid van het ontwerp ligt echter bij de vier ontwerpende partners.

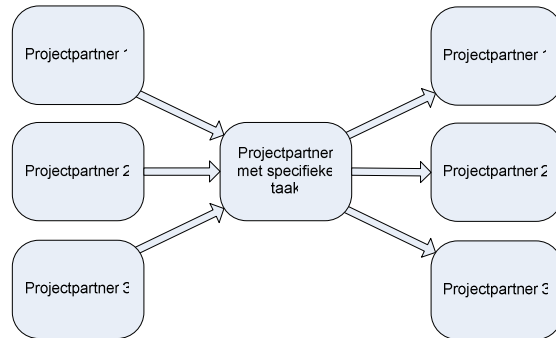
Iedere projectpartner voert specifieke taken uit. De taken verschillen per project, fase en samenwerkingsvorm. Een projectpartner kan meerdere taken uitvoeren. Bij het uitvoeren van de verschillende taken wordt informatie onderling uitgewisseld. Deze uitwisseling is niet rechtlijnig en niet even sterk. Op deze manier kunnen twaalf informatiestromen vereenvoudigd worden onderscheiden, zie Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Informatiestromen tussen projectpartners

Bij de uitvoering van een specifieke taak is sprake van een informatie-instroom en uitstroom van en naar de andere projectpartners. Zie Figuur 3.2.

Een inventarisatie van de verschillende taken die projectpartners uitvoeren is nodig om de informatiestromen te bepalen. Voor de vier projectpartners worden de informatiestromen per taak kwalitatief bepaald aan de hand van Figuur 3.2.



Figuur 3.2 Informatiestromen bij uitvoeren van een specifieke taak

Het bepalen van de informatiestromen is gebeurd op basis van meerdere interviews met projectpartners, zie Bijlage D.

Doel van de interviews is het in kaart brengen van de informatiestromen tussen de projectpartners. In het eerste deel van de interviews is gevraagd naar de taken en bijbehorende informatiestromen. In het tweede deel is gevraagd naar de afhankelijkheden van informatiestromen.

3.1 Projectpartners

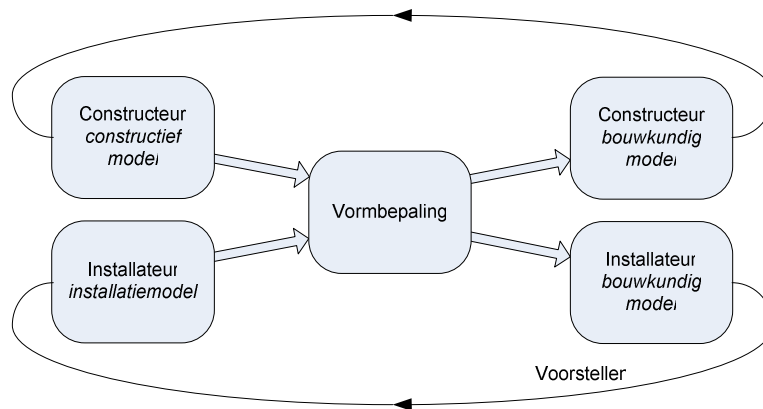
Van de vier projectpartners wordt een kwalitatieve beschrijving gegeven van de taken met bijbehorende informatiestromen.

3.1.1 Architect

De architect bepaalt in het algemeen de vorm van een gebouw. De vorm wordt in de conceptfase beschreven door massa's. Later worden de massa's in overleg omgezet naar een functionele indeling beschreven met plattegronden. De architect maakt soms ook een opzet voor de draagconstructie en installaties. Een architect kan bijvoorbeeld de keuze maken voor een dragende gevel. De taak van de architect kan het coördineren van het ontwerp zijn door in het voorlopige en definitieve ontwerp de onderdelen te integreren.

Om de consequenties van wijzigingen zichtbaar te maken wordt de vorm van een gebouw vaak gedeeltelijk gevisualiseerd in een computerapplicatie. Voor de visualisatie is uitsluitend de geometrie van belang. De nauwkeurigheid van de geometrie is niet zo van belang voor visualisaties. De vorm van een gebouw wordt weergegeven door de schil om het gebouw.

De architect start het ontwerpproces door de buitenvorm te bepalen. In de eerste fasen van het project is de vormgeving grof. Met de vorm maakt de architect een bouwkundig ontwerp inclusief functionele indeling. Het bouwkundige ontwerp ondergaat veel wijzigingen gedurende het ontwerpproces. De vorm van een gebouw heeft veel invloed op het ontwerp van de andere projectpartners. De specifieke ontwerpen voor de draagconstructie en installaties moeten worden ingepast in het bouwkundige ontwerp. Om alle ontwerpen zo optimaal mogelijk te integreren is wijzigen van de vorm noodzakelijk. Dit is een iteratief proces waarbij de architect de vorm aanpast en verfijnd.



Figuur 3.3 Vormbepaling

De constructeur gebruikt het bouwkundige ontwerp om de draagconstructie te ontwerpen. Van het bouwkundige ontwerp gebruikt hij de functionele indeling om de draagconstructie in te passen. De constructeur moet weten waar hij de constructieve elementen kan plaatsen. Hij moet bijvoorbeeld weten of een bepaalde ruimte vrij moet worden overspannen en hoe groot die overspanning is.

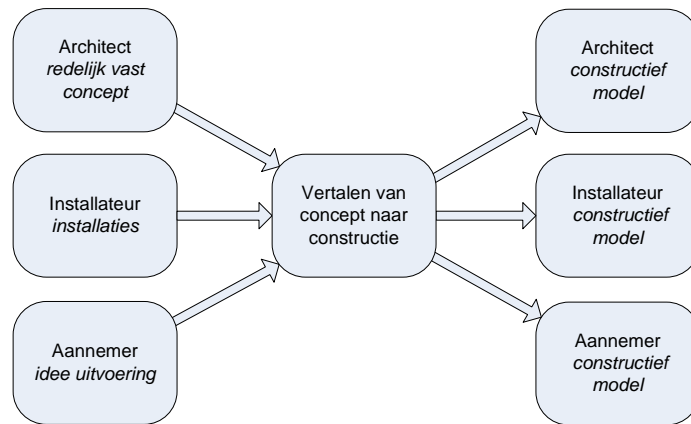
De installateur moet net als de constructeur zijn ontwerp in passen in het bouwkundige ontwerp. De installateur moet bepalen waar de installaties komen en hoeveel ruimte nodig is.

De consequenties van het bouwkundige ontwerp worden duidelijk als de constructeur en installateur hun specifieke ontwerp inpassen. Dit leidt tot voorstellen aan de architect om het bouwkundige ontwerp aan te passen. In geïntegreerde bouwprojecten moet de architect met veel projectpartners rekening houden. Uiteindelijk leidt de integrale aanpak tot een beter ontwerp, maar de architect kan niet met teveel details rekening houden.

In de figuur hierboven staat niet de aannemer. Voor de architect kan de uitvoering minder belangrijk zijn in de beginfasen van het project. Als de uitvoering wel wordt betrokken bij het bouwkundige ontwerp kunnen uitvoeringsoverwegingen ook leiden tot voorstellen naar de architect om het bouwkundige ontwerp aan te passen. Bijvoorbeeld de keuze voor een uitvoering met prefab elementen heeft direct consequenties voor de vorm van het gebouw.

3.1.2 Constructeur

De taak van een constructeur is het vertalen van het architectonische concept naar een veilige, bouwbare en economische vorm. De constructeur moet zorgen dat het gebouw blijft staan volgens de normen en is mede verantwoordelijk voor het ontwerp. De constructeur adviseert de keuze voor de draagconstructie. Het is wenselijk dat de constructeur zo vroeg mogelijk wordt betrokken bij het bouwkundige ontwerp.



Figuur 3.4 Vertalen van concept naar constructie

De informatie waarop een draagconstructie wordt gebaseerd bestaat uit het ontwerp van een architect. In de beginfasen van een project bestaat het ontwerp vooral uit schetsen en ideeën. Na het voorontwerp heeft de constructeur een redelijk vast concept nodig. De constructeur gebruikt de randvoorwaarden van het bouwkundige ontwerp. De randvoorwaarden zijn bijvoorbeeld de overspanning, vrije hoogte en ruimte voor stabiliteitsvoorzieningen. Het is wenselijk dat de installateur vroegtijdig bij het ontwerp betrokken wordt om de locatie en dimensies van de installaties aan te geven. Van de aannemer is een idee van de uitvoering wenselijk. Gewenst voor de constructeur is dat de aannemer zo vroeg mogelijk bij het ontwerp wordt betrokken. De bouwmethodiek en voorkeuren zijn van belang voor de constructeur.

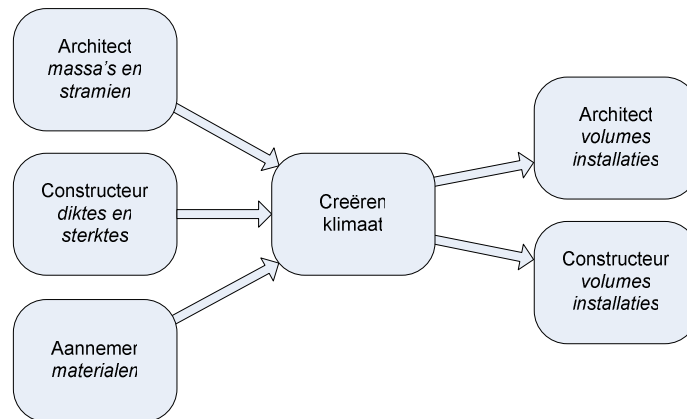
De informatie-uitstroom bestaat uit het constructieve model naar alle partners.

3.1.3 Installateur

Met de installateur wordt de adviseur op installatie technisch gebied bedoeld. Een adviserende installateur is verantwoordelijk voor het ontwerp. Het is mogelijk dat de adviserende installateur het werk gunt aan een uitvoerende installateur.

De hoofdtaak van een installateur is het creëren van een klimaat. De installateur ontwerpt de werkomgeving. Het ontwerp moet aan comforteisen voldoen voor licht, lucht, temperatuur, geluid en straling.

De installateur heeft alle bouwfysische gegevens nodig van de andere projectpartners. De bouwfysische gegevens zijn de definities van de ruimten, wanden, vloeren en daken. Van de architect zijn de massa's en het stramien nodig. Meestal gebruikt de installateur de bouwkundige modellen van de architect. In deze modellen zijn dan de diktes en sterktes meegenomen die bepaald zijn door de constructeur. De aannemer in samenwerking met de architect geeft de materialen door aan de installateur.



Figuur 3.5 Creëren klimaat

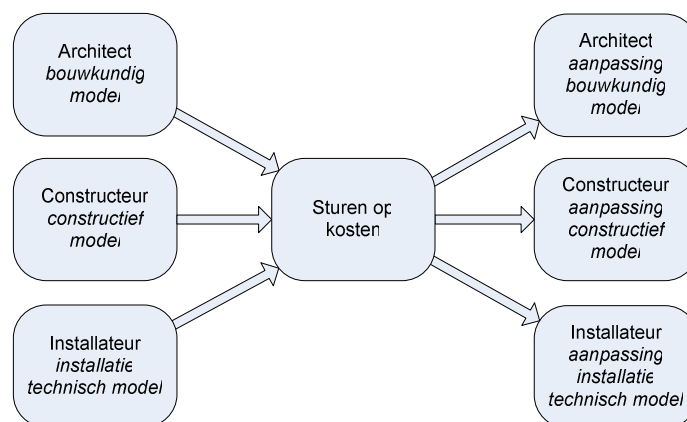
De installaties worden teruggekoppeld naar de architect en constructeur. De architect moet bepalen of de installaties in zijn ontwerp passen. De constructeur onderzoekt mogelijke conflicten met constructieve elementen.

3.1.4 Aannemer

De hoofdtaak van een aannemer is de bouw van een project met een bepaalde kwaliteit binnen een bepaalde tijd voor een bepaald bedrag. In geïntegreerde contracten heeft de aannemer vaak een coördinerende rol. De klant geeft dan een opdracht aan de hoofdaannemer. De hoofdaannemer contracteert bij een geïntegreerd contract de onderaannemers inclusief architect en constructeur.

Als aannemer van de opdracht stuurt de aannemer de andere projectpartners op kosten en op techniek. Aan de hand van de schetsen en ontwerpen van de andere projectpartners worden de kosten bepaald. In de beginfase van het project is sprake van een raming die gedurende het project gedetailleerder wordt.

De waarde van het project wordt meestal bepaald door de opdrachtgever. Een meedenkende aannemer zou ook op waarde moeten sturen.

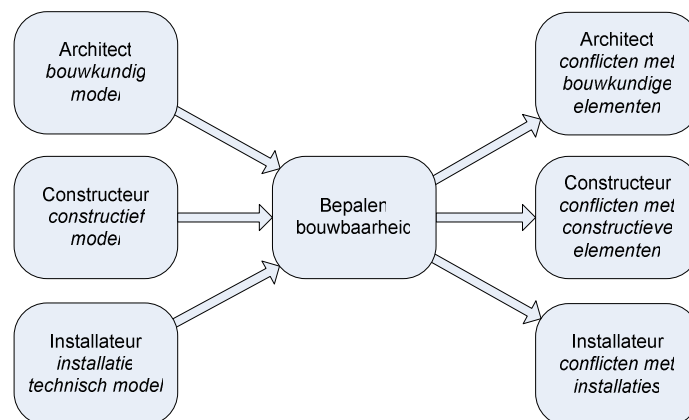


Figuur 3.6 Sturen op kosten

Sturen op techniek kan worden opgedeeld in 4 subtaken. Bij alle vier de taken is de aannemer verantwoordelijk voor de coördinatie van de documentatie.

Bepalen bouwbaarheid

De ontwerpen van architect, installateur en vooral constructeur moeten worden gecontroleerd op de bouwbaarheid. Is het ontwerp wel te bouwen? Gekeken wordt of de elementen geplaatst en gemonteerd kunnen worden. Voor lassen en boutverbindingen moet bijvoorbeeld voldoende ruimte zijn.

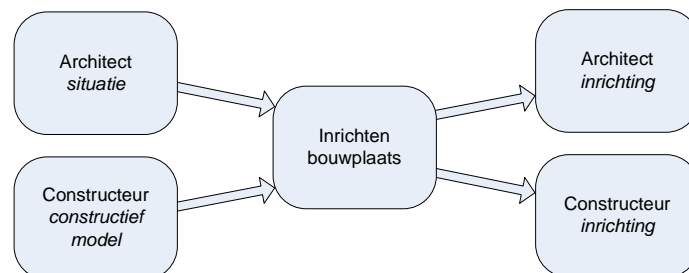


Figuur 3.7 Bepalen bouwbaarheid

Hiervoor heeft de aannemer informatie nodig van alle drie de projectpartners. Hij kijkt minimaal naar het constructieve model. De uitstroom bestaat uit een terugkoppeling met eventuele conflicten.

Inrichten bouwplaats

Om de bouwplaats in te richten is informatie nodig van de architect, zoals het buitenkader en het bruto vloeroppervlak. Om eventuele sparingen te gebruiken wordt het model van de constructeur gebruikt.

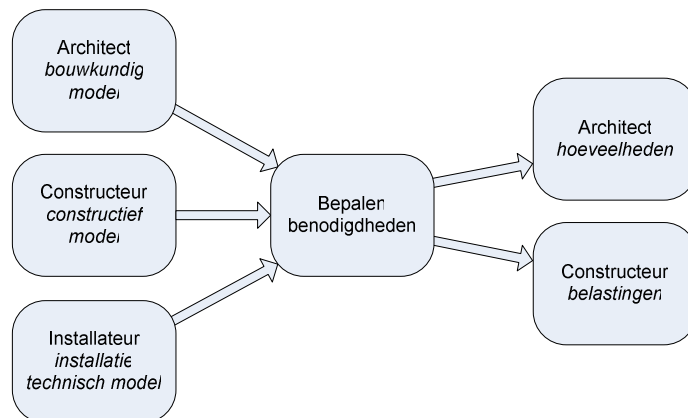


Figuur 3.8 Inrichten bouwplaats

De informatie-uitstroom is de bouwplaatsinrichting die wordt teruggekoppeld naar architect en constructeur. De constructeur moet bijvoorbeeld beoordelen of sparingen zijn toegestaan en achteraf kunnen worden dichtgestort.

Bepalen benodigdheden

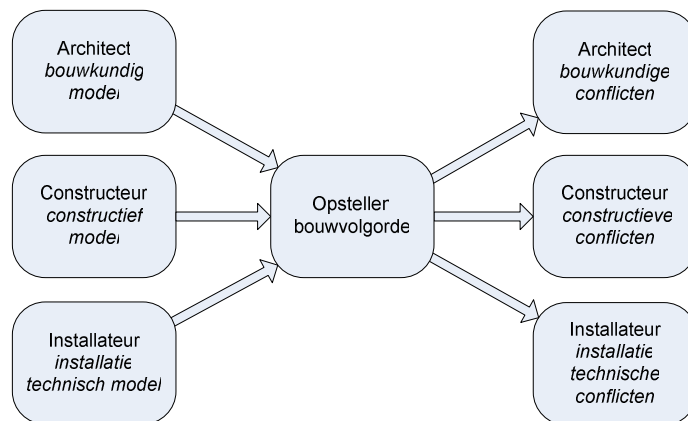
Voor de raming, calculatie en inkoop moet de aannemer bepalen hoeveel materiaal, materieel en personeel hij nodig heeft. Daarnaast moeten onderaannemers worden gecontracteerd. Hiervoor heeft hij de bouwkundige en constructieve modellen nodig. Afhankelijk van de rol van de installateur bepaalt de aannemer ook de benodigde installaties. De informatie-uitstroom wordt vooral door de aannemer zelf gebruikt. Eventueel kunnen de hoeveelheden worden gebruikt door de constructeur voor het bepalen van de belastingen. Een architect kan geïnteresseerd zijn in hoeveelheden als het aantal vierkante meter vloeroppervlak.



Figuur 3.9 Bepalen benodigdheden

Opstellen bouwvolgorde

De aannemer moet zijn bouwwerkzaamheden plannen. Hij kan een project segmenteren en faseren. Bepaald wordt bijvoorbeeld of tijdens de ruwbouw al begonnen kan worden met de afbouw.

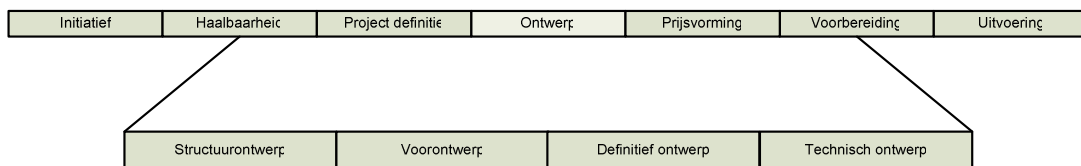


Figuur 3.10 Opstellen bouwvolgorde

De andere drie projectpartners worden eventueel geattendeerd op problemen bij de uitvoering. De constructeur moet rekening houden met de belastingen tijdens de uitvoering.

3.2 Fasering ontwerpproces

In de vorige paragraaf zijn de informatiestromen kwalitatief beschreven. In principe zijn de informatiestromen hetzelfde gedurende het ontwerpproces. Wel werken de projectpartners van grof naar fijn. Het gehele bouwproces volgt in theorie een zekere mate van gestandaardiseerde fasering (Sectie CBK, 2003). In de praktijk wordt hier vaak van afgeweken. Vanuit het oogpunt van een opdrachtgever zijn zeven fasen te onderscheiden, zie figuur hieronder.



Figuur 3.11 Fasering van bouwproces

Na het bouwproces zijn ook de fasen exploitatie en sloop van belang voor de opdrachtgever. De fasen komen overeen met de fasering zoals beschreven in de Standaardtaakbeschrijving (STB) (BNA en ONRI, 2005). De STB kan in samenhang met De Nieuwe Regeling (DNR) worden gebruikt.

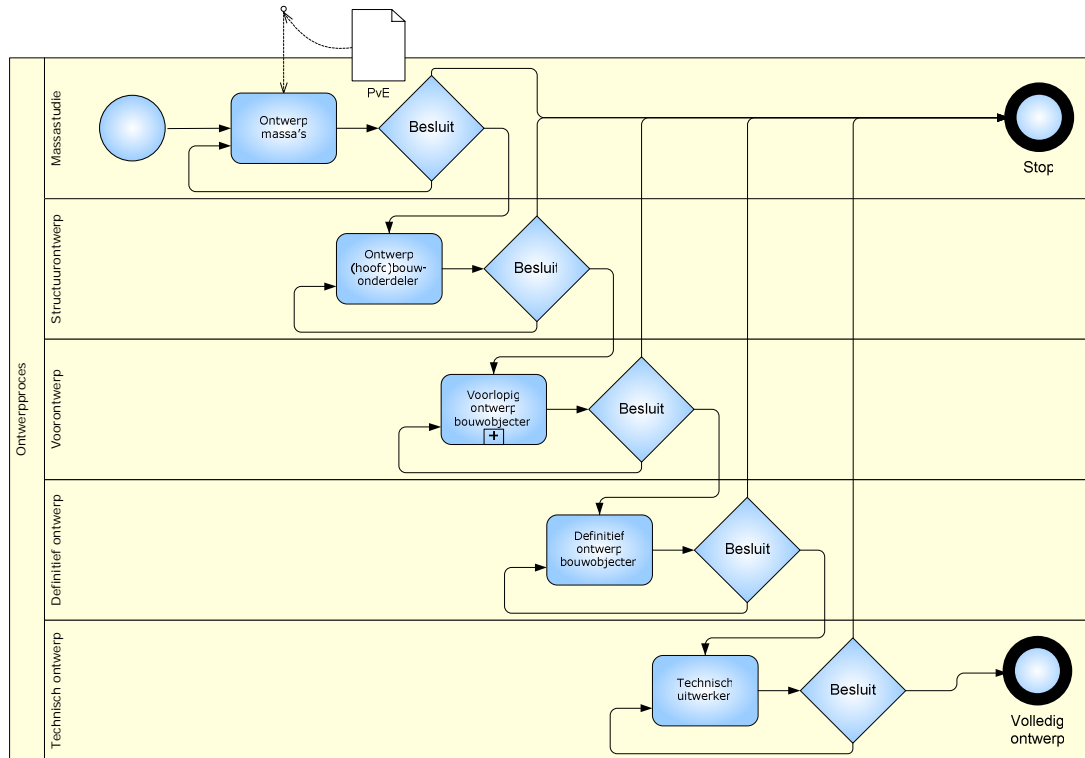
BIM kan in één of meerdere fasen worden toegepast. Wenselijk is een BIM-model zo vroeg mogelijk te gebruiken, zodat in de eerste fasen goed overwogen beslissingen kunnen worden genomen. Daarnaast kan het BIM-model worden hergebruikt in latere fasen. Na de realisatie kan het BIM-model ingezet worden bij onderhoudsplannen. In de ideale situatie wordt BIM de gehele levenscyclus van het gebouw toegepast.

Na de initiatieffase is meer duidelijkheid over het te ontwerpen bouwwerk. In de haalbaarheidsfase kan al een opzet gemaakt worden van het BIM-model. Het model zal zich beperken tot massastudies. Het BIM-model krijgt vooral vorm in de ontwerpfase. De ontwerpfase is een iteratief en creatief proces, maar doorloopt meestal de volgende fasen:

- Massastudie
- Structuurontwerp
- Voorontwerp
- Definitief ontwerp
- Technisch ontwerp

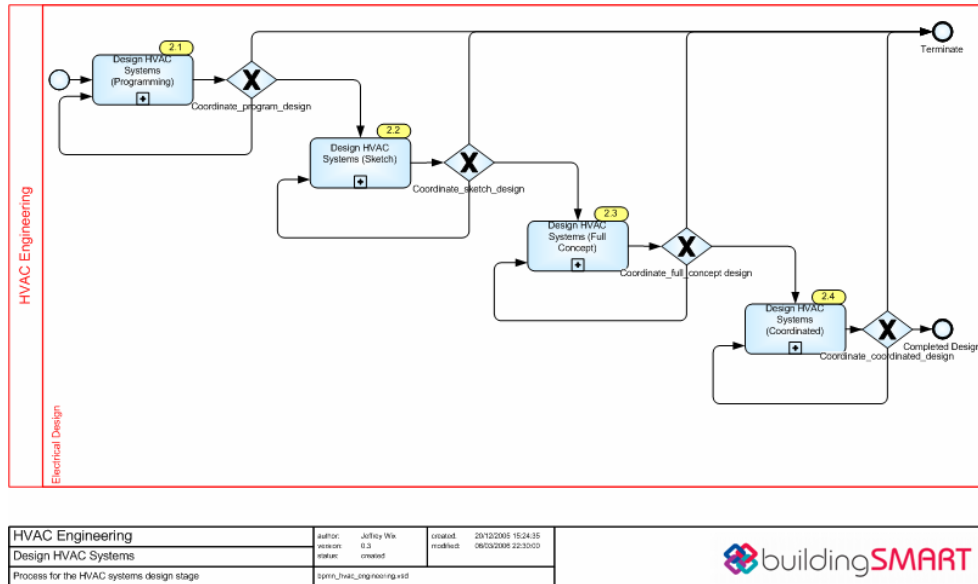
De massastudie is onderdeel van de haalbaarheidsfase. De andere vier fasen vinden plaats in de ontwerpfase met een overlap tot de werkvoorbereiding. De vijf subfasen sluiten aan bij LACS-methode in de NEN 2574, zie Bijlage E. In de bijlage is een overzicht gegeven van de tekeningen die gebruikt worden bij de verschillende fasen. Hieruit is af te leiden welke informatie gebruikt wordt tijdens de ontwerpfase.

Het ontwerpproces is weergegeven in Figuur 3.12. Na iedere fase volgt een besluit om de fase opnieuw te doorlopen, naar de volgende fase te gaan of te stoppen. Het proces is beschreven in de Business Process Modelling Notation (BPMN), zie Bijlage F.



Figuur 3.12 BPMN-weergave van ontwerpproces

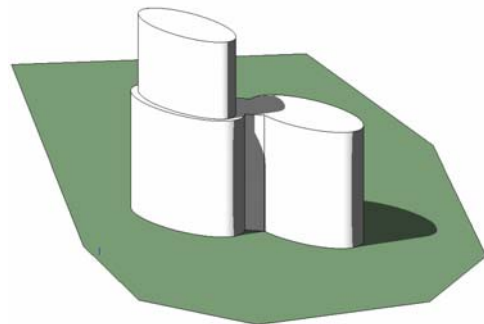
Deze wijze van procesbeschrijving sluit aan op de IDM. Een voorbeeld van een proces in de IDM is gegeven in Figuur 3.13. Zie ook Bijlage M.1 voor de IDM.



Figuur 3.13 Voorbeeld subproces Design HVAC Systems

3.2.1 Massastudie

De eerste stap in het ontwerpproces begint al in de haalbaarheidsfase. Het gebouw krijgt vorm door middel van massa's. De architect vergelijkt verschillende alternatieven op basis van de vorm en de relatie met de locatie. Hij moet rekening houden met de omgeving, de ligging en de beschikbare ruimte. Het resultaat is een volume. Op basis van de massa's, het type gebouw, het afwerkingniveau en de omgeving kan de installateur een indicatie geven voor de installaties. De aannemer kan vervolgens een grove prijsindicatie maken.

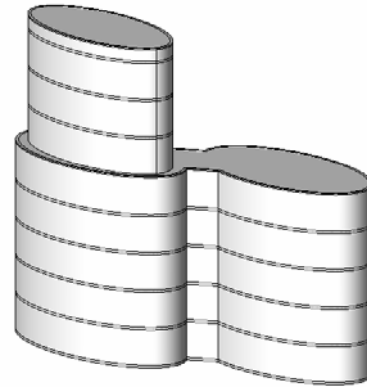


Figuur 3.14 Massa van gebouw

In Bijlage G is een voorbeeld gegeven van een categorie-indeling die de kwaliteit van het gebouw aangeeft. Een categorie A stelt bijvoorbeeld hogere eisen aan de installaties dan een categorie C.

3.2.2 Structuurontwerp

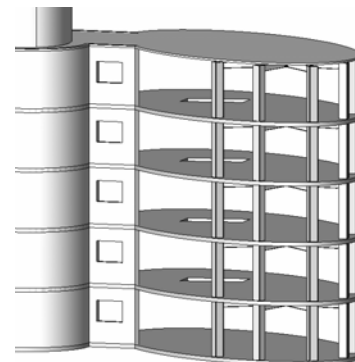
Afhankelijk van de dikte van het vloersysteem, onderkant plafond tot bovenkant vloer, wordt een indeling gemaakt voor de verdiepingen. Hiervoor is ook een principe nodig van de installaties. Van de gevels wordt het type en de oppervlakte bepaald. De functies in het gebouw en de eisen van de opdrachtgever bepalen een zekere binnenbouw. In deze fase is een indruk nodig van de afwerking van het interieur. In combinatie met de omgeving kan voor het gebouw het type fundering worden bepaald. Uit een interview met een kostensdeskundige van Strukton blijkt dat de prijs van het gebouw in deze fase met een nauwkeurigheid van 20% kan worden vastgesteld.



Figuur 3.15 Vloeren en gevel van gebouw

3.2.3 Voorontwerp

In deze fase worden ruimten gecreëerd door wanden te plaatsen. Overspanningen worden gerealiseerd met kolommen en liggers. Bekend is waar liftschachten komen en hoe de stabiliteit wordt verzorgd. Van de vloeren en daken is het systeem bekend inclusief de installaties. De aannemer heeft een idee van de bouwmethodiek en fasering. De nauwkeurigheid van de kosten reduceert naar ongeveer 10%.



Figuur 3.16 Kolommen en liggers in gebouw

3.2.4 Definitief ontwerp

In het definitieve ontwerp worden de bouwobjecten uit het voorontwerp verder ontworpen. Van een wand is bijvoorbeeld de precieze opbouw bekend. De aansluitingen tussen de bouwobjecten worden bepaald en gedetailleerd. Het resultaat van deze stap is een volledige opzet van de bouwkundige indeling, constructie en installaties. De aannemer heeft een planning voor de uitvoering bedacht. In deze fase kan een raming plaatsvinden met een nauwkeurigheid van 5%.

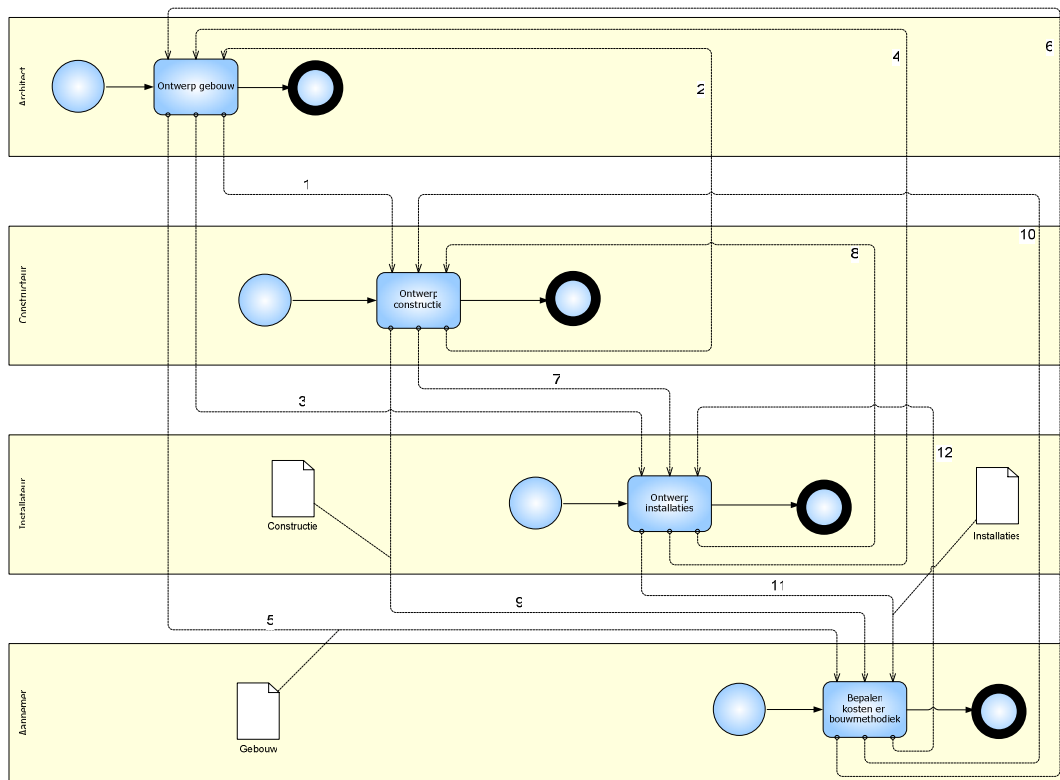
3.2.5 Technisch ontwerp

In de laatste stap worden de bouwobjecten technisch uitgewerkt om tot een nauwkeurige prijsvorming te komen. Alle details zijn uitgewerkt. Het technisch ontwerp of bestek wordt gebruikt in de voorbereiding.

3.3 Voorontwerp

In principe verschillen de informatiestromen tussen projectpartners per fase niet. Wel verschilt het niveau van de objecten en de eigenschappen die worden uitgewisseld tussen de partijen. Bijvoorbeeld in een massastudie wordt informatie over massa's uitgewisseld en in het technische ontwerp de bouten. De subfase voorontwerp wordt hierna verder uitgewerkt.

Het subproces Voorontwerp bouwobjecten uit Figuur 3.12 kan verder worden gedeconponeerd. In Figuur 3.17 is het multidisciplinaire project weergegeven in taken. Een taak is een proces dat niet verder wordt gedeconponeerd. De informatiestromen tussen de taken zijn hetzelfde genummerd als in Figuur 3.1.



Figuur 3.17 Subproces Voorlopig ontwerp bouwobjecten

In het voorontwerp bestaan informatiestromen vooral uit informatie over de bouwobjecten, zoals wanden, vloeren en kolommen. De wenselijke uitwisseling van bouwobjecten is conceptueel gegeven in Bijlage H. Van ieder object zijn de relevante eigenschappen aan de objecten toegekend.

De bouwobjecten in Bijlage H zijn relevant voor de uitwisseling tussen projectpartners in het voorontwerp. Dit is echter een vereenvoudigde weergave. Hierna volgt een korte toelichting op de bijlage.

In de praktijk overlapt de kennis van projectpartners. Een constructeur kan bijvoorbeeld meedenken over de esthetica en een architect houdt rekening met de bouwbaarheid. Projectpartners denken met elkaar mee in het ontwerpproces. Het is soms niet duidelijk wie verantwoordelijk is voor bepaalde bouwobjecten. Een architect en constructeur ontwerpen bijvoorbeeld gezamenlijk een kolom, wand en vloer. In de praktijk worden ontwerpen op elkaar afgestemd door middel van voorstellen en terugkoppelingen. BIM-modellen of disciplinemodellen moeten worden uitgewisseld zonder dat projectpartners de bouwobjecten van een ander wijzigen zonder toestemming.

Van veel bouwobjecten is het materiaal een relevante eigenschap. Met materiaal wordt ook de opbouw van het object bedoeld. Daarnaast kan van het materiaal de bouwmethodiek worden afgeleid. Met het materiaal prefab beton is duidelijk dat het om een geprefabriceerd object gaat.

De aannemer bepaalt van de bouwobjecten de bouwmethodiek. De installateur heeft soms ook een adviserende rol en bepaalt de montagetijd van de installaties.

Voor een constructeur zijn alleen de openingen van belang. Van het bouwkundige model gebruikt hij niet de deuren en ramen, maar de openingen. Een installateur heeft wel de deuren en ramen met materiaaleigenschappen nodig.

Afhankelijk van het project is de architect betrokken bij de fundering. In sommige projecten wordt de fundering gecombineerd met bijvoorbeeld een parkeergarage. In andere projecten is de constructeur verantwoordelijk voor de fundering.

De architect verdeelt het gebouw in functionele ruimten. Hiermee is ook vastgelegd waar de draagconstructie en installaties geplaatst kunnen worden. De architect bepaalt de vrije ruimten in een gebouw.

De bouwobjecten worden uitgewisseld tussen projectpartners. Een verdere beschrijving is vaak niet nodig. Van de installaties is bijvoorbeeld meestal alleen de geometrie van belang voor een architect en constructeur.

Eigenschappen die voor alle bouwobjecten van een belang zijn, zijn de positie en oriëntatie. In BIM-modellen volgen deze direct uit de geometrie.

3.4 Conclusies en aanbevelingen

De informatiestromen in een bouwproces kunnen niet eenvoudig en eenduidig worden vastgelegd. Per project zijn de informatiestromen tussen de projectpartners verschillend. Het is aan te bevelen de informatiestromen per project te bepalen.

In principe zijn de informatiestromen hetzelfde gedurende het ontwerpproces. Wel werken de projectpartners van grof naar fijn. Projectpartners moeten streven naar een gestandaardiseerde fasering. Voor iedere fase moet het detailniveau van de informatiestromen worden bepaald. Het ontwerpproces is echter een creatief en

iteratief proces en kan moeilijk worden gestandaardiseerd. Als van de fasering wordt afgeweken moeten voor iedere fase de informatiestromen worden bepaald.

De informatiestromen kunnen worden uitgedrukt in bouwobjecten. Projectpartners moeten afspraken maken over de verantwoordelijkheid voor bepaalde objecten. Kennis van projectpartners over de diverse bouwobjecten overlapt. Het is wenselijk om onderscheid te maken tussen de eigenschappen van de gezamenlijke bouwobjecten.

De informatiestromen zijn sterk afhankelijk van de projectpartners. Bouwprojecten onderscheiden zich door de samenstelling van diverse projectteams. In dit hoofdstuk zijn de informatiestromen kwalitatief beschreven voor vier verschillende rollen. De wijze waarop een projectpartner een rol invult hangt af van de projectpartner zelf. Projectpartners verschillen bijvoorbeeld door het kwaliteitsniveau, ervaring, strategie en werkwijze. Voor de analyse is gebruik gemaakt van een beperkt aantal interviews met specifieke bedrijven, zie Bijlage D. Het is aan te bevelen meer interviews uit te voeren om een breder beeld te krijgen van de taken die horen bij de vier rollen.

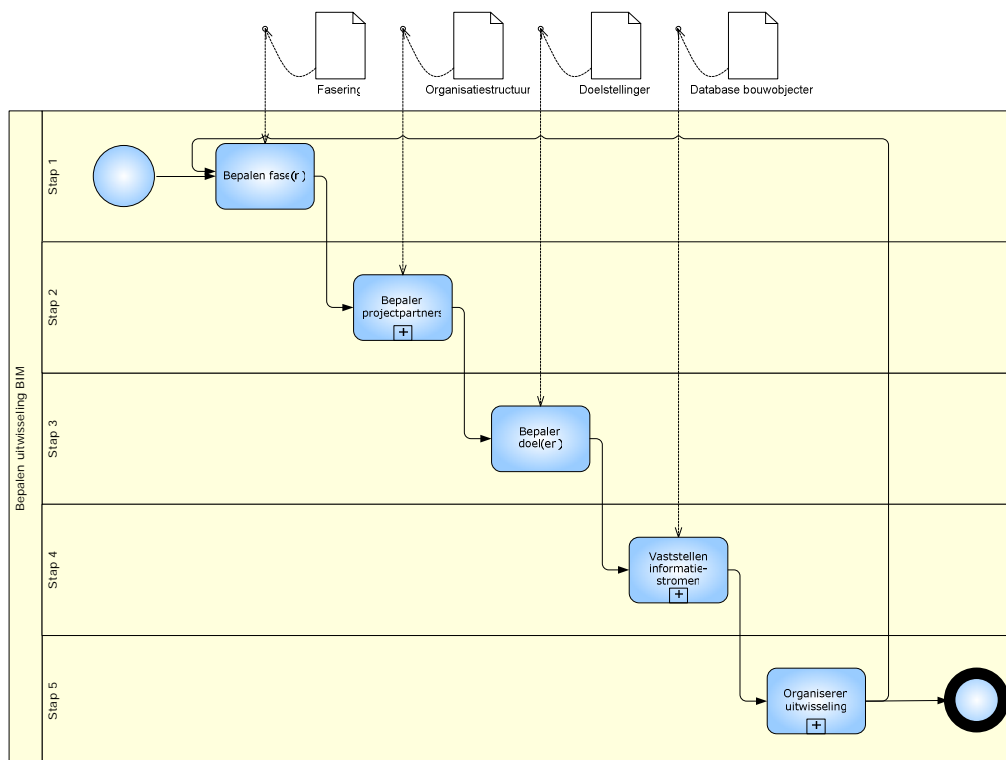
4 Stappenplan

Om de uitwisseling van BIM te bepalen is een opzet gemaakt voor een stappenplan. Een projectmanager of BIM-manager kan aan de hand van dit stappenplan de uitwisseling bepalen. De uitwisseling bestaat uit informatiestromen van bouwobjecten met bijbehorende eigenschappen tussen verschillende projectpartners.

De stappen die doorlopen moeten worden zijn als volgt:

1. Bepaal projectfase(n) waarin BIM wordt gebruikt
2. Bepaal projectpartners die BIM gaan toepassen
 - a. Selecteer projectpartner
 - b. Bepaal BIM-software en bepaal eisen en wensen
3. Bepaal doel(en) BIM
4. Stel informatiestromen vast
 - a. Druk informatiestromen uit in bouwobjecten
 - b. Bepaal gemeenschappelijke en geschikte uitwisselingsformaten
 - c. Map uitwisselingsformaat en BIM-software
5. Organiseer uitwisseling

In onderstaand figuur is het stappenplan weergegeven in BPMN. Voor een uitleg over BPMN zie Bijlage F.



Figuur 4.1 Stappenplan in BPMN

In de eerste drie stappen worden de randvoorwaarden voor de uitwisseling bepaald. Binnen de randvoorwaarden worden de informatiestromen vastgesteld. Tot slot wordt de uitwisseling georganiseerd. In de volgende paragrafen volgt een toelichting per stap. In de laatste paragraaf wordt de opzet van een selectieblad voor de eerste drie stappen beschreven.

4.1 Bepalen projectfase(n)

Per projectfase is de uitwisseling van BIM verschillend. De projectpartners verschillen per fase. Ook hun taken en verantwoordelijkheden variëren gedurende het project. Daarnaast is het detailniveau van de informatie ongelijk. De schaal van de bouwobjecten en hun eigenschappen veranderen in het project. In het begin van het ontwerpproces wordt gewerkt met massa's, volumes en ruimten. Later in het ontwerp worden de bouwobjecten verfijnd van objecten zoals kolommen, wanden en vloeren tot details. De eerste stap in het stappenplan is het bepalen van de fase of fasen waarin BIM wordt toegepast.

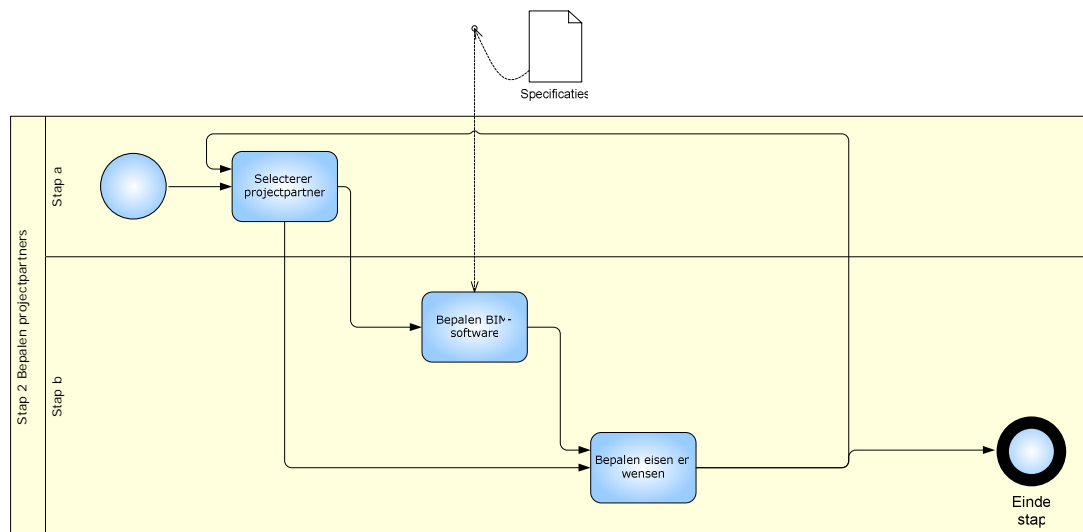
Bouwprojecten maken in zekere zin gebruik van een gestandaardiseerde fasering. In de eerste initiatieffase kan voor de volgende fasen de uitwisseling worden bepaald. In de praktijk wijken bouwprojecten geregeld af van de fasering. Het stappenplan moet dan iedere fase opnieuw worden doorlopen.

4.2 Bepalen projectpartners

Voor iedere fase uit de vorige stap worden de projectpartners bepaald die BIM gaan gebruiken. Dit hoeven niet alle partners te zijn. Zeker in de huidige situatie kan het zijn dat niet alle projectpartners geschikt zijn voor het toepassen van BIM. Daarnaast is het gebruiken van BIM voor bijvoorbeeld een kleine toeleverancier (nog) niet praktisch of nuttig.

De substappen zijn als volgt:

- a. Selecteer projectpartner
- b. Bepaal BIM-software en bepaal de eisen en wensen van de projectpartner



Figuur 4.2 Stap 2 Bepalen projectpartners

Eisen en wensen van projectpartners zijn onder andere afhankelijk van de te gebruiken BIM-software. De (on)mogelijkheden van de BIM-software zijn van invloed op de uit te wisselen bouwobjecten met bijbehorende eigenschappen. Afhankelijk van de BIM-software moeten bijvoorbeeld eigenschappen in bepaalde eenheden worden uitgewisseld of van een bepaald kenmerk worden voorzien.

Iedere projectpartner heeft bepaalde eisen en wensen ten aanzien van het gebruik van BIM. Deze eisen komen tot uitdrukking in de uit te wisselen bouwobjecten met bijbehorende eigenschappen. Een projectpartner wil bepaalde bouwobjecten gebruiken van de andere partners. Welke bouwobjecten dit zijn, hangt dus af van de projectpartners die gaan samenwerken met BIM. Per projectpartner worden de eisen en wensen voor de uitwisseling bepaald.

4.3 Bepalen hoofddoel(en)

Laitinen geeft een aantal aanbevelingen voor het gebruik van BIM in *Constructing the future* (Aouad, G., Lee, A., Wu, S., 2007, p 47.). Hij beveelt onder andere aan BIM strategisch en selectief te gebruiken.

De functionaliteiten van BIM zijn zeer uiteenlopend. In een bepaalde projectfase willen projectpartners BIM voor een specifiek doel of doelen gebruiken. Concreet kan BIM worden ingezet voor onder andere de volgende hoofddoelen:

- Genereren van 2D-tekeningen
- Modelcontrole
- Simulatie
- Visualisatie
- Virtueel bouwen
- Bepalen hoeveelheden
- Virtueel calculeren

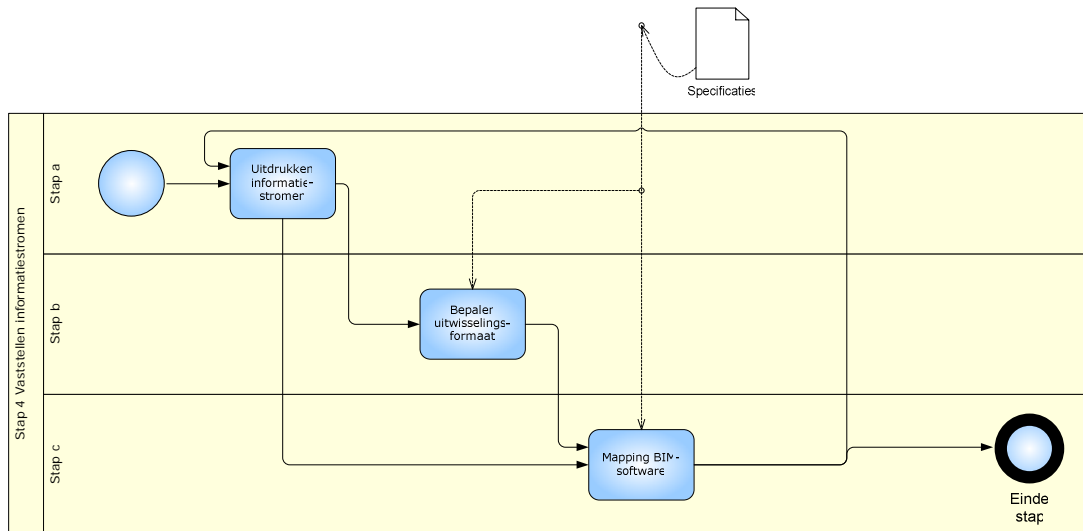
- 4D-planning
- nD-modelling
- Controle op bouwregelgeving
- Onderhoudsplanning

Per fase kunnen projectpartners BIM inzetten voor één of meerdere doelen. Het doel van BIM bepaalt in grote mate de benodigde bouwobjecten en eigenschappen. Voor een visualisatie naar de opdrachtgever is alleen de vormgeving van belang. Voor calculatie door de aannemer moeten de afgesproken bouwobjecten eigenschappen bevatten met de juiste eenheid.

4.4 Vaststellen informatiestromen

Afhankelijk van de fase, de projectpartners en de doelen zijn er bepaalde informatiestromen in het bouwproject die kunnen worden ondersteund door BIM. Omdat BIM objectgeoriënteerd is, worden de informatiestromen uitgedrukt in bouwobjecten en bijbehorende eigenschappen. De bouwobjecten moeten worden beschreven in een gemeenschappelijk uitwisselingsformaat. De deelstappen zijn als volgt:

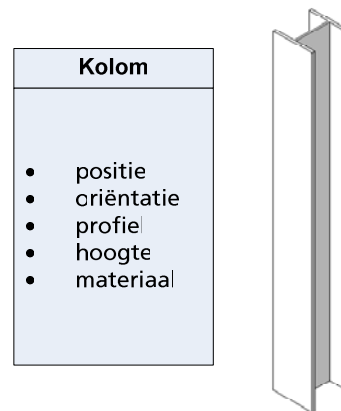
- a. Druk informatiestromen uit in bouwobjecten
- b. Bepaal gemeenschappelijke en geschikte uitwisselingsformaten
- c. Map het uitwisselingsformaat en de BIM-software



Figuur 4.3 Vaststellen informatiestromen

De informatiebehoefte van projectpartners wordt uitgedrukt in bouwobjecten. Naast de bouwobjecten moeten ook de eigenschappen worden vastgelegd. Door eerst de fase, projectpartners en doelen te bepalen kan de selectie van bouwobjecten vereenvoudigd worden.

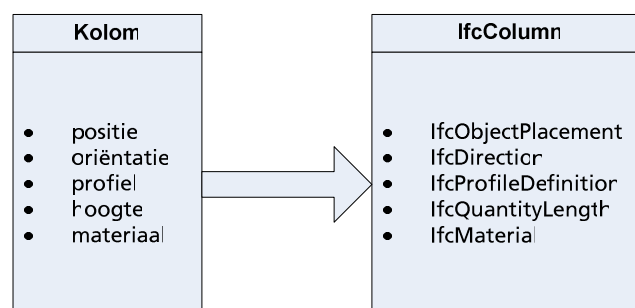
Een uit te wisselen bouwobject kan bijvoorbeeld een kolom zijn van de architect naar de constructeur. De constructeur moet de gewenste eigenschappen aangeven.



Figuur 4.4 Bouwobject kolom

Door uitwisselingsformaten van de BIM-software te vergelijken kunnen gemeenschappelijke formaten worden bepaald. Daarnaast moet worden bepaald of een gemeenschappelijk formaat ook geschikt is. Een open uitwisselingsformaat voor bouw informatie is de IFC. Indien alleen geometrie moet worden uitgewisseld is een CAD-formaat zoals DWG voldoende. Voor de uitwisseling van stalen bouwobjecten kan ook CIS/2 worden gebruikt. Daarnaast kunnen twee projectpartners met dezelfde BIM-software hun modellen uitwisselen in het originele bestand. Tot slot is het stappenplan ook toepasbaar met toekomstige uitwisselingsformaten zoals PMO, zie Bijlage M.4.

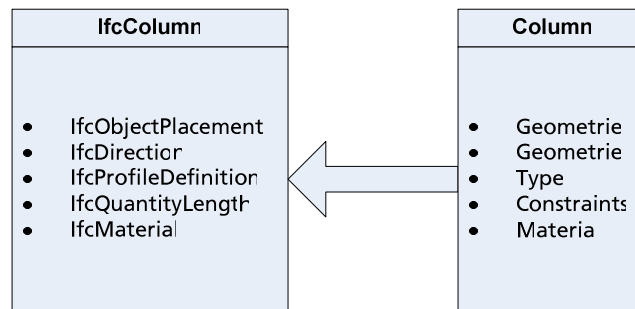
In het onderstaande figuur is een kolom beschreven met entiteiten van het IFC-model.



Figuur 4.5 Kolom in IFC

In Bijlage H is als voorbeeld het uitwisselingsformaat IFC genomen. Alle bouwobjecten en hun eigenschappen in de bijlage zijn beschreven met entiteiten van het IFC-model.

Nadat de bouwobjecten beschreven zijn in een gemeenschappelijk en geschikt uitwisselingsformaat, moeten beide projectpartners hun BIM-software mappen met het uitwisselingsformaat. Deze substap hoeft niet centraal in het project worden doorlopen. Projectpartners kunnen deze stap ook zelf uitvoeren.



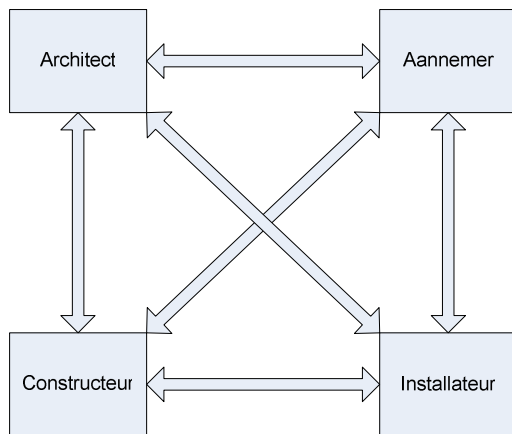
Figuur 4.6 Mapping van Revit naar IFC

In Bijlage H is een mapping gemaakt van de bouwobjecten tussen IFC en Revit.

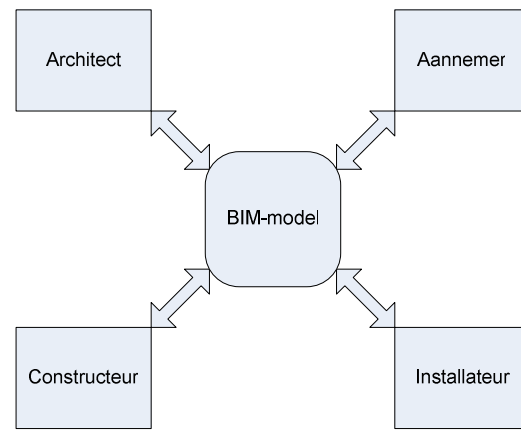
In Bijlage J is de mapping beschreven van Revit naar IFC. Daarnaast zijn ook de tekortkomingen genoemd van de vertaling.

4.5 Organiseren uitwisseling

De laatste stap is het organiseren van de uitwisseling tussen meerdere projectpartners. Informatiestromen lopen direct tussen de projectpartners volgens Figuur 3.1. Met de voorgaande stappen kan de uitwisseling bepaald worden tussen alle projectpartners, zie Figuur 4.7. In de figuur wordt de uitwisseling gesplitst in zes afzonderlijke uitwisselingen. Wenselijk is om de uitwisseling waar mogelijk te bundelen. Het ideaal is één centraal BIM-model te gebruiken.

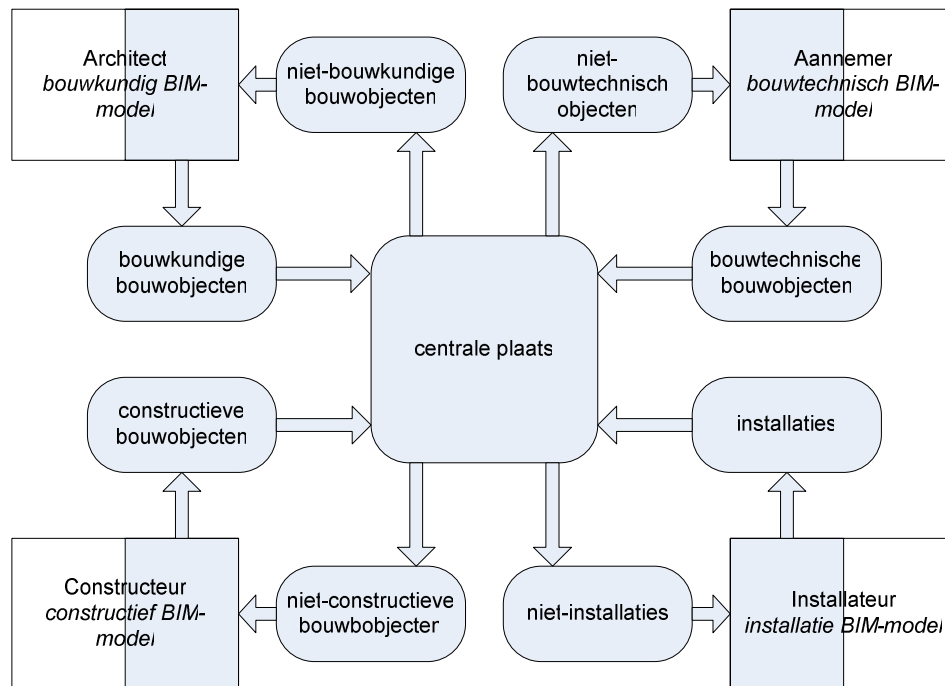


Figuur 4.7 Uitwisseling tussen projectpartners



Figuur 4.8 Centraal BIM-model

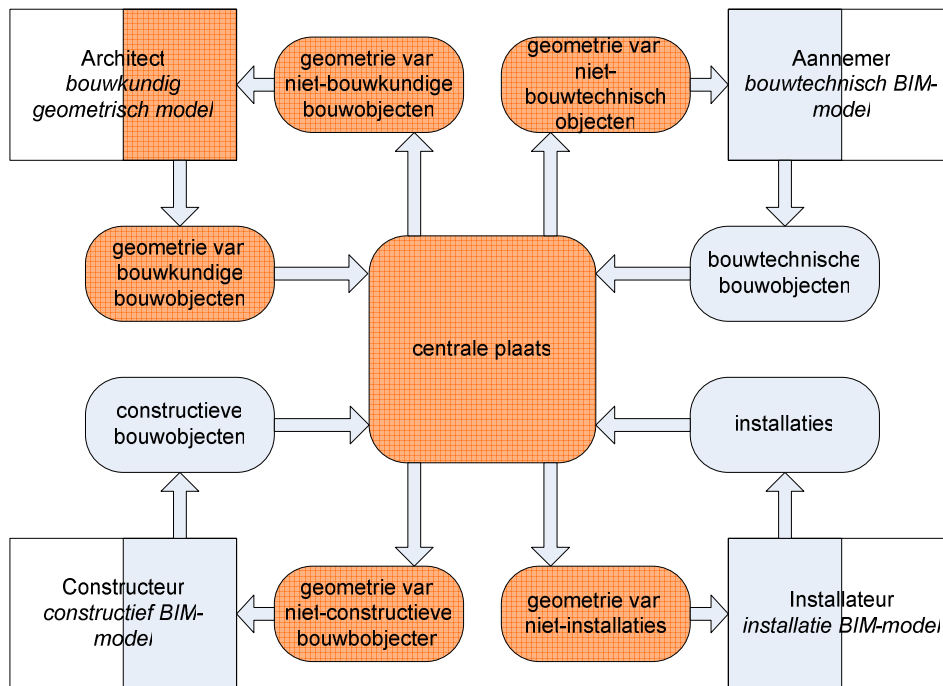
Naar dit ideaal kan worden toegewerkt als projectpartners hun informatiestromen bundelen. De uitgaande informatiestromen moeten worden samengevoegd tot één gedeeltelijk BIM-model of disciplinemodel. Op een centrale plaats komen de disciplinemodellen bijeen. Een centrale plaats is bijvoorbeeld een documentenbeheersysteem of een modelserver, zie Bijlage M.3.



Figuur 4.9 Uitwisseling modellen via centrale plaats

In het figuur hierboven is een schematische weergave gegeven van de uitwisseling. Alle projectpartners sturen een disciplinemodel naar de centrale plaats. Dit gedeelte bestaat uit alle bouwobjecten die relevant zijn voor de andere projectpartners en die de projectpartner beschikbaar wilt stellen. De relevante bouwobjecten zijn bepaald in de voorgaande stappen. Vervolgens zijn de projectpartners in staat om bepaalde bouwobjecten in de vorm van een gedeeltelijke BIM-model van de centrale plaats te halen. Dit gedeeltelijke BIM-model kunnen zij gebruiken binnen hun BIM-software.

Bij verschillende software zal de 'zwakste schakel' bepalend zijn voor de gehele uitwisseling. Als bijvoorbeeld één projectpartner geen BIM-software gebruikt, maar zich beperkt tot geometrie, blijft de uitwisseling beperkt tot een geometrisch model. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 4.10 waarbij de architect software gebruikt op basis van geometrie.

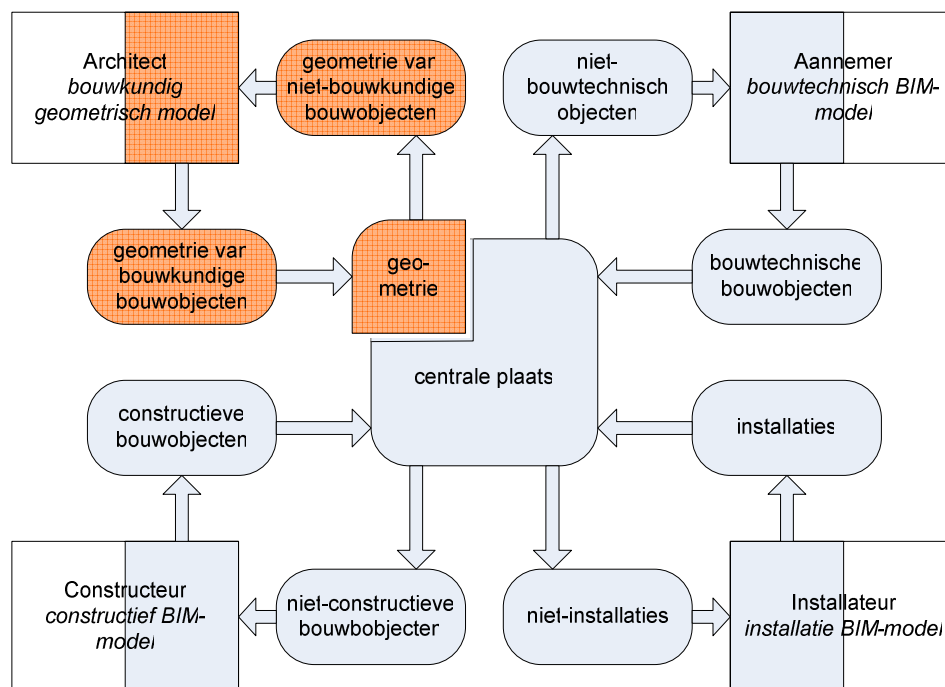


Figuur 4.10 Beperking tot geometrie

Door de uitwisseling meer te bundelen treedt minder informatieverlies op. De uitwisseling moet gebundeld worden naar uitwisselingsformaat. In de 3D CAD handleiding in het kader van bips (Digital Construction, 2007) is een rangorde gegeven:

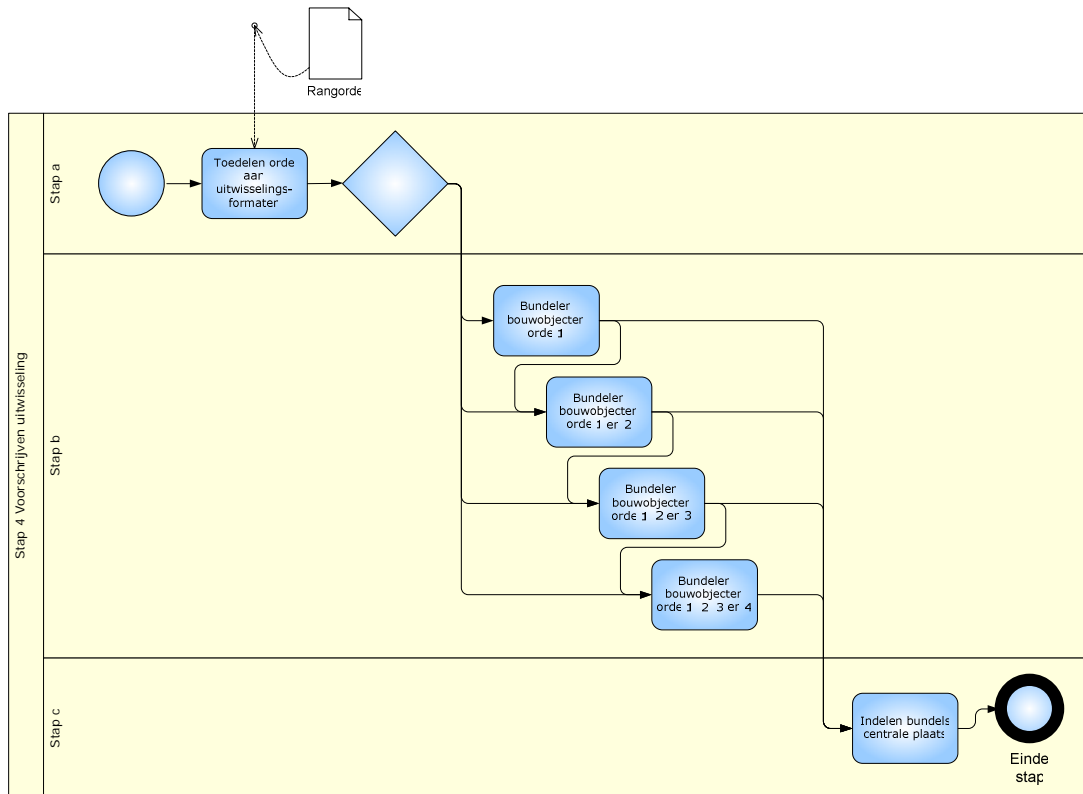
1. Gelijke BIM-software: eigendomsformaat van BIM-software
2. Bij verschillende BIM-software eerst IFC
3. Anders gemeenschappelijk eigendomsformaat voor eigenschappen en geometrie
4. Als laatste een gemeenschappelijk eigendomsformaat voor uitsluitend geometrie

In de volgende figuur is een tussenoplossing weergegeven waarbij één projectpartner alleen geometrie uitwisselt. De andere partners wisselen onderling wel bouwobjecten en eigenschappen uit.



Figuur 4.11 Bundeling van uitwisseling

De deelstappen die moeten worden doorlopen zijn weergegeven in Figuur 4.12. Bouwobjecten die beschreven kunnen worden in de hoogste orde uitwisselingsformaat worden gebundeld. De bouwobjecten die beschreven kunnen worden in een orde lager worden onderling gebundeld en met de hogere orde bouwobjecten.



Figuur 4.12 Voorschrijven uitwisseling

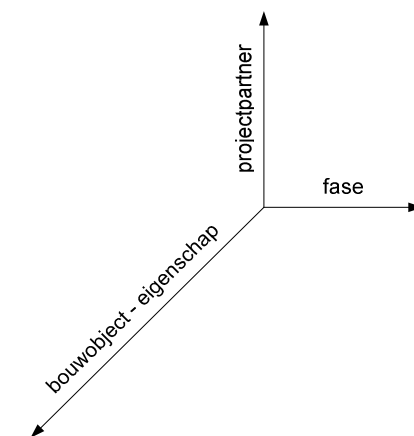
4.6 Selectieblad

In de vorige paragrafen zijn de stappen uit het stappenplan beschreven. In de eerste drie stappen wordt een selectie gemaakt van de uit te wisselen bouwobjecten. De selectie kan worden ondersteund door een selectieblad.

De bouwobjecten en eigenschappen die moeten worden uitgewisseld zijn afhankelijk van:

- Fase(n)
- Projectpartners
- Doel(en)

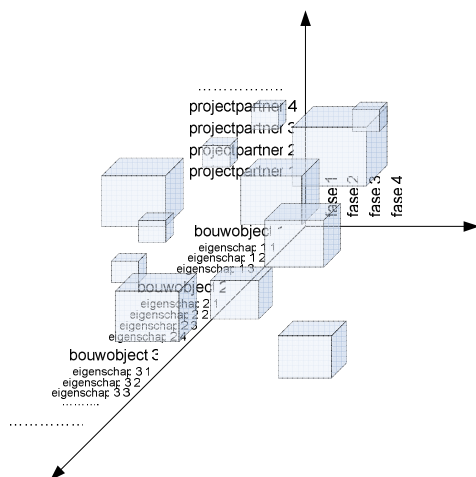
Per doel kunnen de bouwobjecten worden uitgezet tegen de fasen en projectpartners, zie Figuur 4.13.



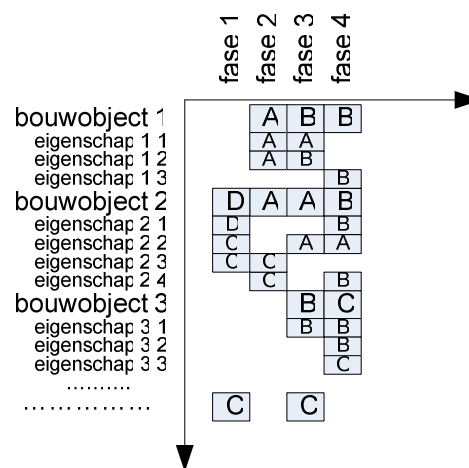
Figuur 4.13 Afhankelijkheden per doel

Het diagram kan worden gevuld zoals in Figuur 4.14. Voor de bouwobjecten zijn de projectpartners aangegeven die het betreffende object of eigenschap aan het BIM-model toevoegen. Het diagram is niet overzichtelijk, maar kan worden vereenvoudigd

door het bovenaanzicht te nemen, zie Figuur 4.15. De derde as, de projectpartners, wordt vervangen door letters die de projectpartners aanduiden.



Figuur 4.14 Bouwobjecten per fase en projectpartner



Figuur 4.15 Boven-aanzicht bouwobjecten per fase en projectpartner

Het voorstel voor het selectieblad is vereenvoudigd tot één algemeen doel. Het bovenstaande diagram zou voor meerdere doelen moeten worden opgesteld.

4.6.1 Database van bouwobjecten

Voor het selectieblad is een database nodig met bouwobjecten en bijbehorende eigenschappen. Voor alle objecten en eigenschappen in de database moet worden aangegeven in welke fasen en door welke projectpartners die gemodelleerd worden. Door de twee afhankelijkheden te selecteren wordt een selectie gemaakt.

Een aanzet tot de database is gegeven in Bijlage L. De informatiestromen in Bijlage H zijn gebundeld. In Bijlage H komen veel dezelfde bouwobjecten voor bij meerdere projectpartners. Een architect en constructeur bijvoorbeeld gebruiken beide kolommen in hun disciplinemodellen. De keuze voor een projectpartner is de meest waarschijnlijke, maar op projectbasis kan hiervan worden afgeweken.

De database kan worden opgebouwd met hulp van een bibliotheek of classificatiemethode. Een voorbeeld van een bibliotheek is het STABU LexiCon (STABU, 2005). Het STABU LexiCon is een implementatie van de IFD, zie Bijlage M.2.

De Elementenmethode '91 is een classificatiemethode, bedoeld voor het gebruik tijdens het ontwerpen, realiseren en beheren van bouwprojecten. De Elementenmethode wordt onder andere gebruikt om objecten en lagen te ordenen in CAD-systemen. De Elementenmethode is gebaseerd op de publicatie van het Zweedse SfB-systeem. De Elementenmethode wordt op licentieniveau beheerd door de BNA (Jongkind, T).

De elementenmethode bestaat uit elementclusters en elementen. Bijvoorbeeld het cluster 'Primaire bouwkundige elementen' bevat het element 'Buitenwanden; constructief'. Alle elementen zijn voorzien van een unieke code en meeteenheid.

De elementenmethode is een beproefde classificatie en dient als basis voor de database van bouwobjecten in Bijlage L. De objecten komen overeen met de elementen en de objectgroepen met de elementenclusters. De objecten uit de bijlage worden aangevuld met de eigenschappen zoals bepaald in Bijlage H. Uit deze bijlage zijn ook de verantwoordelijke projectpartners overgenomen.

De elementclusters en elementen van de Elementenmethode '91 beslaan maar een deel van de bouwobjecten in een bouwproject. In de NEN 2634 worden vier kwaliteitsniveaus onderscheiden, zie Tabel 4.1.

| Niveau nr. | Niveaubenaming | Niveaunkenmerk | |
|------------|--------------------------------------|--|---|
| | | Kosten | Kwaliteit |
| 1 | geheel bouwwerk of ruimtelijke delen | kostenkengetallen per aan het gebruik gerelateerde eenheid | kwaliteitsgegevens op gebouwniveau |
| 2 | elementenclusters | kostenkengetallen per elementencluster | kwaliteitsgegevens op het niveau van ruimtelijke delen van het gebouw |
| 3 | elementen | kostenkengetallen per element | Kwaliteitsgegevens op het niveau van een ruimte of elementen |
| 4 | technische oplossingen | prijzen per technische oplossing | kwaliteitsgegevens op het niveau van de technische oplossing |

Tabel 4.1 Begrotings- en kwaliteitsniveaus (NEN 2634: 2002)

In dezelfde norm worden de te hanteren niveaus gerelateerd aan de fasen, zie Tabel 4.2.

| Fase in het bouwproces | Begrotingsbenaming | Niveau waarop gegevens moeten worden overgedragen |
|------------------------|------------------------|---|
| 1. initiatief | initiatiefbegroting | 1. geheel bouwwerk of ruimtelijke delen |
| 2. haalbaarheidsstudie | haalbaarheidsbegroting | 1. geheel bouwwerk of ruimtelijke delen |
| 3. projectdefinitie | haalbaarheidsbegroting | 1. geheel bouwwerk of ruimtelijke delen 2. elementenclusters |
| 4. structuurontwerp | SO-begroting | 2. elementenclusters 3. elementen |
| 5. voorlopig ontwerp | VO-begroting | 3. elementen 4. technische oplossingen |
| 6. definitief ontwerp | DO-begroting | 4. technische oplossingen |
| 7. bestek | Directiebegroting | 4. technische oplossingen |
| 8. prijsvorming | inschrijvingsbegroting | 4. technische oplossingen |

Tabel 4.2 Relatie tussen fasen in het bouwproces en te hanteren niveaus (NEN 2634: 2002)

Voor eerste drie fasen zijn elementenclusters te gedetailleerd. Aan het selectieblad is de extra objectengroep Ruimtelijke delen toegevoegd. Deze objectengroep bestaat uit de objecten gebouw, gebouwdeel en ruimte.

4.6.2 Opbouw selectieblad

De eerste drie stappen van het stappenplan kunnen worden ondersteund door in een applicatie, bijvoorbeeld Excel of Access, een selectie te maken. Bijlage L is hier een eenvoudig voorbeeld van.

De opbouw van het selectieblad is weergegeven in Figuur 4.16. Een drietal dingen vallen op. Ten eerste nemen de bouwobjecten en eigenschappen toe. Er is sprake van een zekere verfijning gedurende het project. Daarnaast wordt de verantwoordelijkheid voor objecten en eigenschappen overgedragen tussen projectpartners. Het duidelijkste punt waar dit gebeurd is na de ontwerpfase. In de fase Voorbereiding heeft het BIM-model een bepaalde status. Het ontwerp is als het goed is af. Het BIM-model wordt niet meer voor ontwerpdoelen gebruikt, maar voor de uitvoering en exploitatie. Als laatste is er geen verschil tussen de fasen Definitief ontwerp en Technisch Ontwerp. De objecten zouden verder kunnen worden gespecificeerd. Bijvoorbeeld constructieve vloeren op grondslag kunnen worden onderverdeeld naar vloeren als bodemafluiting, gebouwonderdeel of grondverbetering. Voor de uitwisseling is een verdere specificatie echter niet waarschijnlijk.

| | | | Fasering | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|--------------|------------|--------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|------------|
| | | | Studie | | | Ontwerp | | | | Bouw | | | |
| Projectpartners: | | | Initiatief | Haalbaarheid | Project definitie | Massastudie | Structuurontwerp | Voorontwerp | Definitief ontwerp | Technisch ontwerp | Prijsvorming | Voorbereiding | Uitvoering |
| A | = | Architect | | | | | | | | | | | |
| C | = | Constructeur | | | | | | | | | | | |
| I | = | Installateur | | | | | | | | | | | |
| Aa | = | Aannemer | | | | | | | | | | | |
| Objectengroep | | | | | | | | | | | | | |
| Code | Object | | | | | | | | | | | | |
| | Eigenschap | Eenheid | | | | | | | | | | | |
| R | Ruimtelijke delen | | A | A | A | A | A | | | | | | |
| R | gebouw | | A | A | A | A | A | | | | | | |
| | locatie | | | | A | A | A | | | | | | |
| | oriëntatie | vector | | | | A | A | | | | | | |
| | vorm | | | | | A | A | | | | | | |
| | volume | m3 | | | | A | A | | | | | | |
| | functie | | | | | | A | | | | | | |
| | kosten | € | | Aa | Aa | | | Aa | | | | | |
| R1 | gebouwdeel | | | A | A | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | positie | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | oriëntatie | vector | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | vorm | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | volume | m3 | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | functie | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | kosten | € | | | | Aa | Aa | Aa | | Aa | Aa | Aa | Aa |
| R1.1 | ruimte | | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | positie | | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | verdieping | nummer | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | oriëntatie | vector | | | | | | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | vorm | | | | | | | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | vrije hoogte | meter | | | | | | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | overspanning | meter | | | | | | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | volume | m3 | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | functie | | | | | | | A | A | Aa | Aa | Aa | |
| | kosten | € | | | | | | | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa |
| 1 | Bodem- en funderingsvoorzieningen | | | | | | C | C | C | C | Aa | Aa | Aa |
| 2 | Primaire bouwkundige elementen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 3 | Openingen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 4 | Afwerkingen | | | A | A | A | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 5 | Werktuigbouwkundige voorzieningen | | | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 6 | Elektrotechnische voorzieningen | | | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 7 | Vaste overige voorzieningen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 8 | Losse inventaris | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 9 | Terreinvoorzieningen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 0 | Projectvoorzieningen | | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa |

Figuur 4.16 Verfijning en overdracht in stappenplan

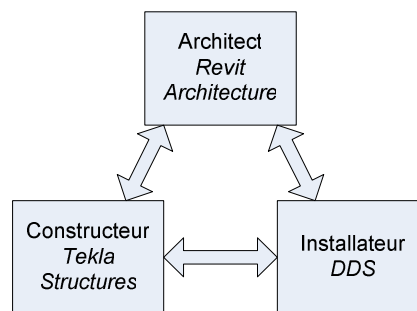
5 Scenario's

In theorie kan met het stappenplan de uitwisseling van BIM worden bepaald. De vraag is of het stappenplan werkbaar en praktisch is. Om het gebruik van het stappenplan toe te lichten wordt een drietal scenario's beschreven. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal bevindingen.

In de scenario's wordt de uitwisseling van BIM-modellen alleen kwalitatief beschreven. Het is niet de bedoeling de huidige stand van de techniek te toetsen. Hiervoor wordt verwezen naar andere rapporten (IAI Forum Denmark, 2006, Kiviniemi, 2007 en Robbemondt, 2008).

5.1 Scenario 1 Drie projectpartners gebruiken BIM-software

Een ontwerpteam bestaande uit drie projectpartners werkt samen aan één ontwerp. Alle drie de projectpartners maken bij de uitvoering van hun taken gebruik van verschillende BIM-software, zie Figuur 5.1. De gedeeltelijke BIM-modellen moeten onderling worden uitgewisseld. Het doel van de uitwisseling is het beperken van redundantie. Projectpartners modelleren alleen die bouwobjecten en eigenschappen waarvoor zij verantwoordelijk zijn.



Figuur 5.1 Scenario 1

5.1.1 Selecteren bouwobjecten en eigenschappen

Met de eerste drie stappen van het stappenplan worden de projectpartners verantwoordelijk gemaakt voor bepaalde bouwobjecten en eigenschappen. Afhankelijk van de fase(n), projectpartners en doel(en) moeten de drie projectpartners objecten en eigenschappen aanleveren.

Een architect bijvoorbeeld is in de fase Definitief ontwerp verantwoordelijk voor de vloeren, wanden, trappen, openingen, balustrades en afwerkingen. Van deze objecten zijn vooral de positie en vorm van belang.

Een constructeur moet in dezelfde fase de vloeren, fundering, wanden, daken, hoofdconstructie en dakopeningen modelleren. Een aantal objecten komt overeen met de objecten van de architect. Het verschil zit voornamelijk in de eigenschappen die relevant zijn voor de projectpartners. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt tussen constructieve en niet-constructieve vloeren, wanden en daken.

De kennis van projectpartners overlapt. Een architect houdt ook rekening met een efficiënte hoofdconstructie en een constructeur heeft ook gevoel voor de esthetische waarden. Met het stappenplan worden echter de bouwobjecten toegekend aan één projectpartner. Dit betekent niet dat andere projectpartners geen invloed kunnen hebben op deze bouwobjecten.

Het bepalen van de bouwobjecten en eigenschappen kan worden ondersteund door het selectieblad zoals beschreven in Paragraaf 4.6. De projectpartner constructeur kan bijvoorbeeld in de fase Definitief ontwerp de bouwobjecten en eigenschappen bepalen met het selectieblad, zie Figuur 5.2.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Stappenplan2.xls'. The spreadsheet is organized into columns for project phases: 'Fasering' (Study, Design, Construction) and 'Eigenschap' (Properties). A dropdown menu is open over cell J12, showing a list of project partners: A, Aa, C, I, and I (Lege cellen). The spreadsheet contains various project details such as 'Ruimtelijke delen', 'gebouw', 'locatie', 'oriëntatie', 'vorm', 'volume', 'functie', and 'kosten'.

| Objectengroep | | | Fasering | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--------|------------|--------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|------------|
| Code Object | | | Studie | | Ontwerp | | | Bouw | | | | | |
| Eigenschap | | | Initiatief | Haalbaarheid | Project definitie | Massastudie | Structuurontwerp | Voorontwerp | Definitief ontwerp | Technisch ontwerp | Prijsvorming | Voorbereiding | Uitvoering |
| R | Ruimtelijke delen | | A | | | | | | | | | | |
| R | gebouw | | A | | | | | | | | | | |
| | locatie | | | | | | | | | | | | |
| | oriëntatie | vector | | | | | | | | | | | |
| | vorm | | | | | | | | | | | | |
| | volume | m3 | | | | | | | | | | | |
| | functie | | | | | | | | | | | | |
| | kosten | € | | | | | | | | | | | |
| R1 | gebouwddeel | | A | A | A | A | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | positie | | | | | | | | | | | | |
| | oriëntatie | vector | | | | | | | | | | | |
| | vorm | | | | | | | | | | | | |
| | volume | m3 | | | | | | | | | | | |
| | functie | | | | | | | | | | | | |
| | kosten | € | | | | | | | | | | | |
| R1.1 | ruimte | | | | | | | | | | | | |
| | positie | | | | | | | | | | | | |
| | verdieping | nummer | | | | | | | | | | | |
| | oriëntatie | vector | | | | | | | | | | | |
| | vorm | | | | | | | | | | | | |
| | vrije hoogte | meter | | | | | | | | | | | |
| | overspanning | meter | | | | | | | | | | | |
| | volume | m3 | | | | | | | | | | | |
| | functie | | | | | | | | | | | | |
| | kosten | € | | | | | | | | | | | |
| 1 | Bodem- en funderingsvoorzieningen | | | | | | | | | | | | |
| 11.1 | bodemvoorzieningen; grond | | | | | | | | | | | | |
| 11.2 | bodemvoorzieningen; water | | | | | | | | | | | | |
| 13.1 | vloeren op grondslag; niet constructief | | | | | | | | | | | | |
| | verdieping | nummer | | | | | | | | | | | |

Figuur 5.2 Selecteren van projectpartner in fase

Het selectieblad is slechts een hulpmiddel. De drie projectpartners moeten overeenstemming bereiken over de verantwoordelijkheden voor bepaalde bouwobjecten en eigenschappen. In de beginfasen van een bouwproject zijn de bouwobjecten niet altijd duidelijk. De projectpartners moeten gedurende het project

overeenstemming bereiken over de te gebruiken bouwobjecten. Het stappenplan kan dan ook per fase worden doorlopen.

5.1.2 Vaststellen informatiestromen

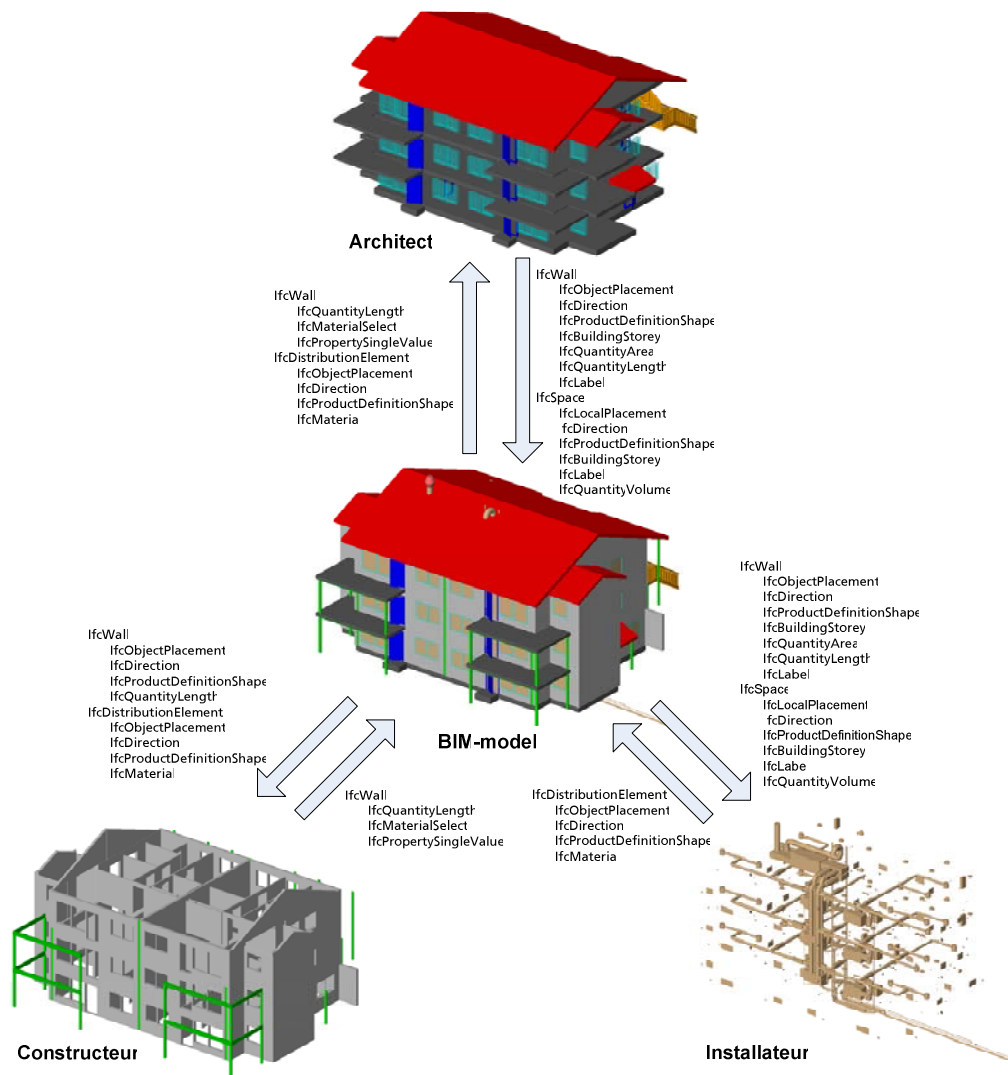
De informatiestromen tussen de projectpartners zijn de gedeeltelijke BIM-modellen of disciplinemodellen. De modellen bestaan uit de bouwobjecten en eigenschappen zoals bepaald met het stappenplan.

De objecten en hun eigenschappen moeten worden vertaald naar een gemeenschappelijk en geschikt uitwisselingsformaat. In Tabel 5.1 zijn de uitwisselingsformaten van de drie BIM-software gegeven. In de tabel zijn in groen de formaten weergegeven die door alle drie de software worden ondersteund en in oranje slechts twee. Alleen de formaten die zowel direct geïmporteerd als geëxporteerd kunnen worden zijn weergegeven. Daarnaast zijn formaten voor afbeeldingen, zoals BMP en JPG, buiten beschouwing gelaten. De enige gemeenschappelijke formaten zijn DWG, DXF en IFC. Volgens de rangorde in stap 5 van het stappenplan is het meest geschikte formaat de IFC.

| Revit Architecture | Tekla Structures | DDS |
|--------------------|------------------|-----|
| DWG | DWG | DWG |
| DXF | DXF | DXF |
| DGN | DGN | |
| IFC | IFC | IFC |
| SAT | | |
| CIS/2 | CIS/2 | |
| | | 3ds |

Tabel 5.1 Uitwisselingsformaten

In Figuur 5.3 is de uitwisseling van de wanden, ruimten en installaties weergegeven. De bouwobjecten en eigenschappen worden uitgedrukt in IFC-entiteiten.

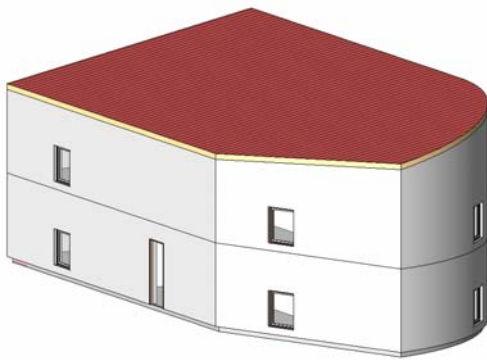


Figuur 5.3 Uitwisseling van wanden, ruimten en installaties

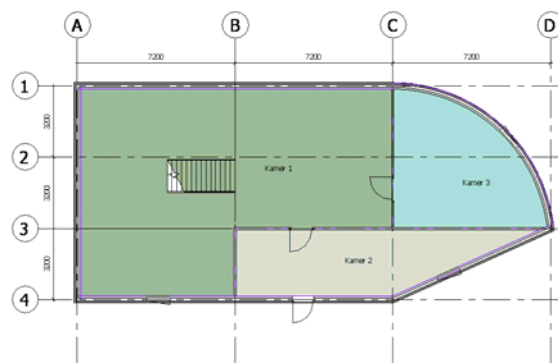
5.1.3 Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen

De gedeeltelijke BIM-modellen van de projectpartners vormen samen het centrale BIM-model zoals weergegeven in Figuur 5.3. Met bijvoorbeeld de applicaties NavisWorks of Solibri Model Checker kunnen de disciplin modellen worden samengevoegd. Het centrale model kan alleen gebruikt worden voor de coördinatie tussen de verschillende disciplin modellen. Bouwobjecten en eigenschappen kunnen alleen worden uitgewisseld als de projectpartners hun disciplin model beschikbaar stellen voor elkaar. De drie projectpartners plaatsen de verzameling bouwobjecten met bijbehorende eigenschappen als afzonderlijke IFC-modellen op een centrale plaats. Een voor de hand liggende mogelijkheid is een documentenbeheersysteem. De mogelijkheid om de IFC-bestanden op een modelserver te beheren en samen te voegen (merging) is nog in ontwikkeling, zie Bijlage M.3.

Hieronder is een eenvoudig model in Revit Architecture weergegeven zoals de architect kan gebruiken. Het model bestaat uit vijf ruimtes, waarvan één doorloopt over twee verdiepingen. Daarnaast is één wand gekromd en loopt het dak schuin. De ramen en deuren hebben als extra eigenschap het oppervlak. Dit model bevat de bouwobjecten met eigenschappen die gebruikt moet worden in de fase Definitief ontwerp.

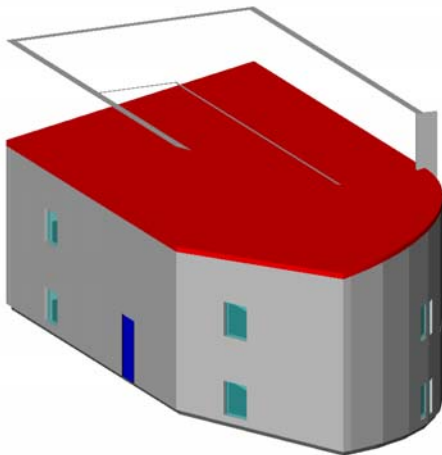


Figuur 5.4 Model in Revit

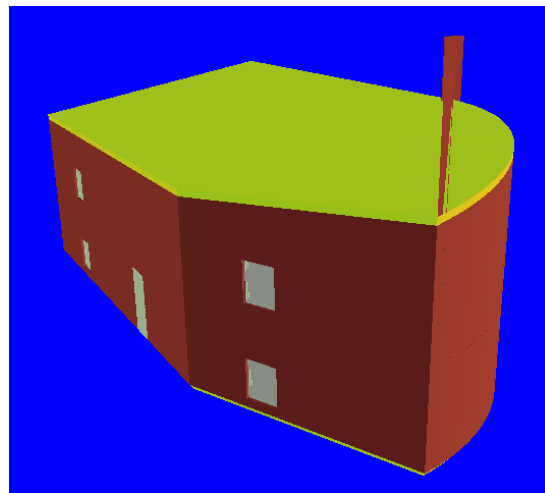


Figuur 5.5 Plattegrond in Revit

De architect exporteert het gedeeltelijke BIM-model in Revit naar IFC. Het IFC-model is bekeken in twee viewers, zie figuren. Opvallend is dat de wanden niet worden afgesneden door het schuine dak. In Revit zijn de wanden gerelateerd aan het dak. Bij de export naar IFC raakt deze relatie verloren.



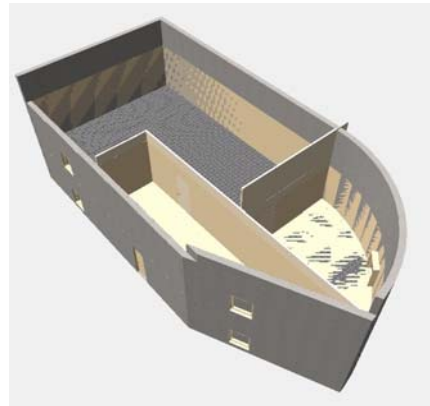
Figuur 5.6 IFC-model in IFC StoreyView



Figuur 5.7 IFC-model in TNO viewer

Bijna alle eigenschappen van de bouwobjecten zijn geëxporteerd naar property sets van Revit in plaats van IFC-entiteiten en standaard property sets.

Het IFC-model is als bouwkundig model geïmporteerd in DDS, zie Figuur 5.8. De bouwobjecten in het IFC-model worden weergegeven als DDS-objecten. Van het IFC-model kan DDS de ramen, deuren, wanden, vloeren en ruimten overnemen. Het DDS-model bevat niet het dak en de sparringen.

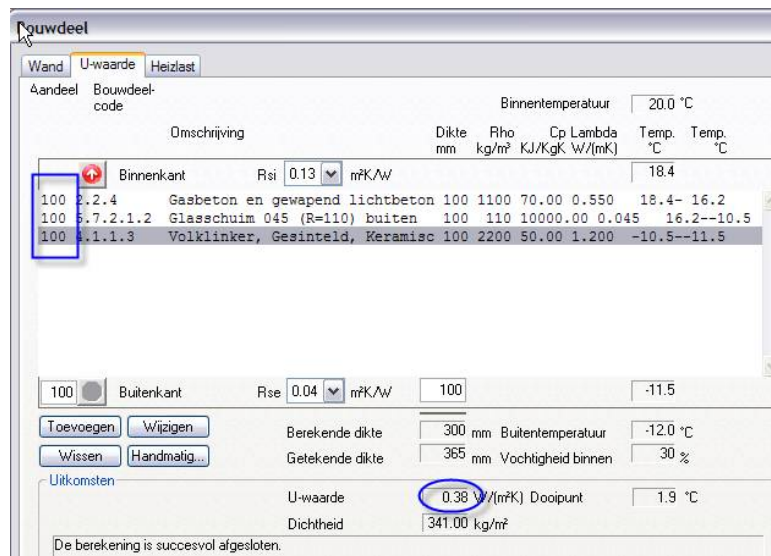


Figuur 5.8 Bouwkundig model in DDS

DDS werkt per verdieping. Het bouwkundige IFC-model van de architect moet daarom worden opgesplitst per verdieping. Een wand of ruimte over meerdere verdieping wordt slechts op de onderste verdieping weergegeven.

Om een warmteberekening in DDS uit te voeren moeten de ruimten en wanden correct worden gemodelleerd. DDS neemt de dikte van de wanden over en plaats vanuit de eigen database wanden met gelijke dikte. Van een wand is de warmtedoorgangscoefficient (U-waarde) nodig. Deze waarde kan als eigenschap aan de wand worden meegegeven. De standaard property set Pset_WallCommon bevat de eigenschap ThermalTransmittance.

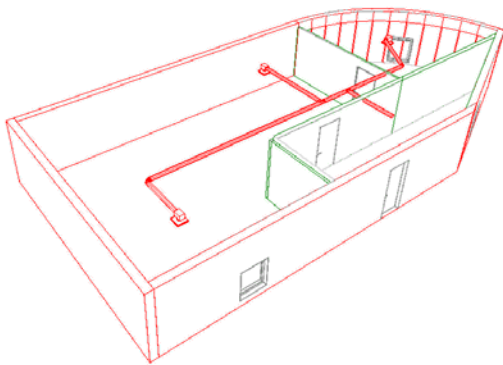
In het selectieblad is de eigenschap U-waarde niet standaard opgenomen. Waarschijnlijk bepaald niet de architect deze waarde, maar de installateur op basis van de materiaallagen. Met DDS kunnen de wanden van het IFC-model worden gemapt naar objecten in DDS. De opbouw van een wand bepaald dan de U-waarde, zie Figuur 5.9.



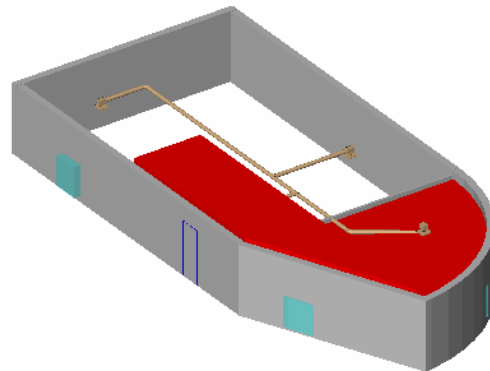
Figuur 5.9 Opbouw van wand bepaald de warmteweerstand in DDS

Het bouwkundige model dient als basis voor het modelleren van installaties, zie Figuur 5.10. De installaties bevatten diverse eigenschappen afhankelijk van het type. De

installateur kan bijvoorbeeld met DDS automatisch de leidingen dimensioneren. Voor de andere projectpartners is echter voornamelijk de geometrie van belang. De geometrie volgt direct uit het DDS-model. De materialen bepalen de verschijningsvorm. Het model geëxporteerd naar IFC is weergegeven in Figuur 5.11.



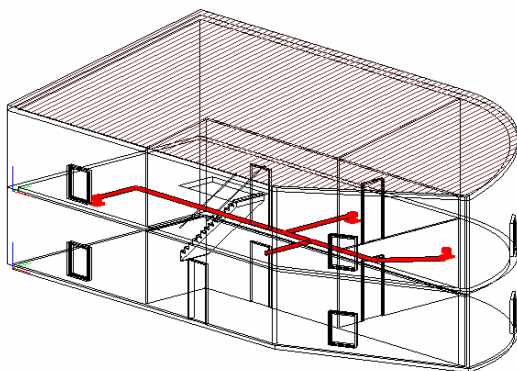
Figuur 5.10 Installaties in DDS



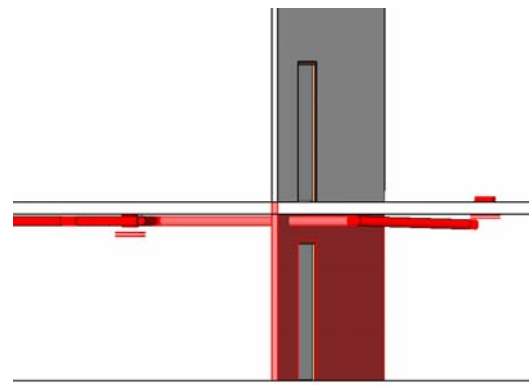
Figuur 5.11 IFC-model in IFC StoreyView

Een IFC-model van uitsluitend de installaties is vervolgens geïmporteerd naar Revit en gelinkt aan het bouwkundige model, zie Figuur 5.12. Het IFC-bestand met de installaties geeft Generic Models in Revit. De enige eigenschap die de leidingen hebben is de IFC-parameter Length. Deze waarde wordt overbodig en fout omgerekend van feet naar meter.

Knelpunten tussen de bouwkundige objecten en installatie worden zichtbaar in bijvoorbeeld Revit, zie Figuur 5.13.

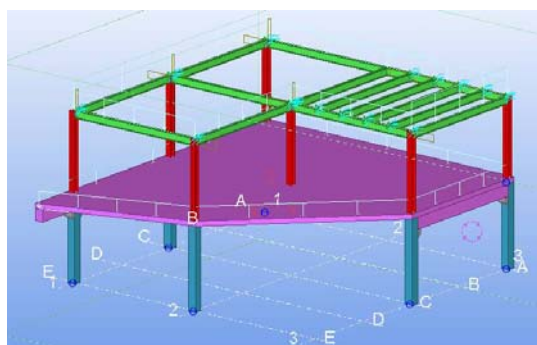


Figuur 5.12 Model in Revit

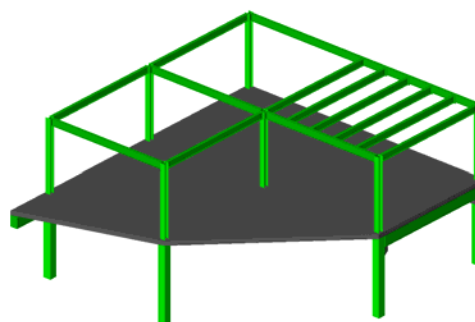


Figuur 5.13 Knelpunt tussen wand en leiding

De constructeur gebruikt de installaties om eventuele conflicten en belastingen te signaleren. Het IFC-bestand met de installaties zijn geïmporteerd in Tekla Structures. In Tekla dienen de installaties uitsluitend als referentiemodel, zie Figuur 5.14. Van het referentiemodel kan alleen de geometrie worden gebruikt.

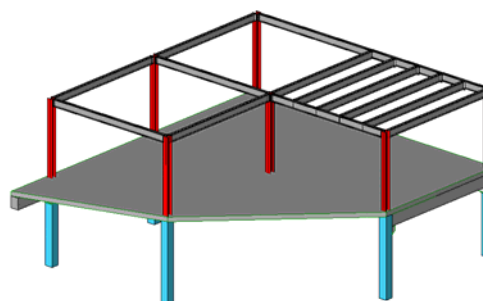


Figuur 5.16 Model in Tekla



Figuur 5.17 IFC-model in IFC StoreyView

In Figuur 5.17 is het IFC-model weergegeven geëxporteerd vanuit Tekla. Alle objecten zijn gerelateerd aan een property set van Tekla met de eigenschappen Member ID, Assembly ID, Finish en Class. In de volgende versie van Tekla, versie 14, is het ook mogelijk de user defined attributes te exporteren naar zelf gedefinieerde property sets. In Figuur 5.18 is het constructieve model in Revit weergegeven.

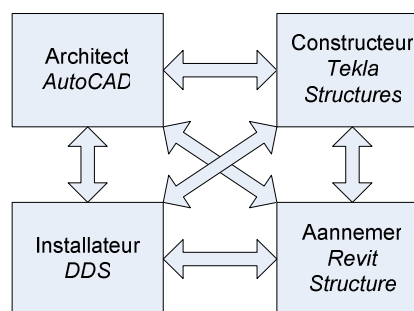


Figuur 5.18 Model in Revit

5.2 Scenario 2 Eén projectpartner beperkt zich tot uitsluitend geometrie

In het volgende scenario werkt één projectpartner meer mee dan het vorige. De aannemer maakt ook deel uit van het ontwerpteam. De architect maakt gebruik van software die niet objectgeoriënteerd is, zie Figuur 5.19. Uitwisseling van bouwobjecten en eigenschappen is beperkt mogelijk.

Dit scenario komt overeen met een project van Strukton. In de separate, vertrouwelijke Bijlage N wordt dit project beschreven.



Figuur 5.19 Scenario 2

5.2.1 Selecteren bouwobjecten en eigenschappen

Met het selectieblad uit Paragraaf 4.6 kunnen de vier projectpartners bepalen voor welke bouwobjecten en eigenschappen zij verantwoordelijk zijn. De objecten en eigenschappen zijn afhankelijk van de fase of het detailniveau.

5.2.2 Vaststellen Informatiestromen

In Tabel 5.2 zijn de uitwisselingsformaten van de drie BIM-software vergeleken met die van AutoCAD. Het is in dit scenario niet meer mogelijk alle modellen van de projectpartners uit te wisselen op basis van IFC. De enige gemeenschappelijke

formaten zijn DWG en DXF voor geometrische entiteiten. Om informatieverlies te beperken moet volgens stap 5 van het stappenplan de informatiestromen worden gebundeld. De hoogste orde van de uitwisselingsformaten is die van de IFC. Drie van de vier projectpartners kunnen in theorie uitwisselen op basis van IFC. De volgende orde is die van de DWG en DXF.

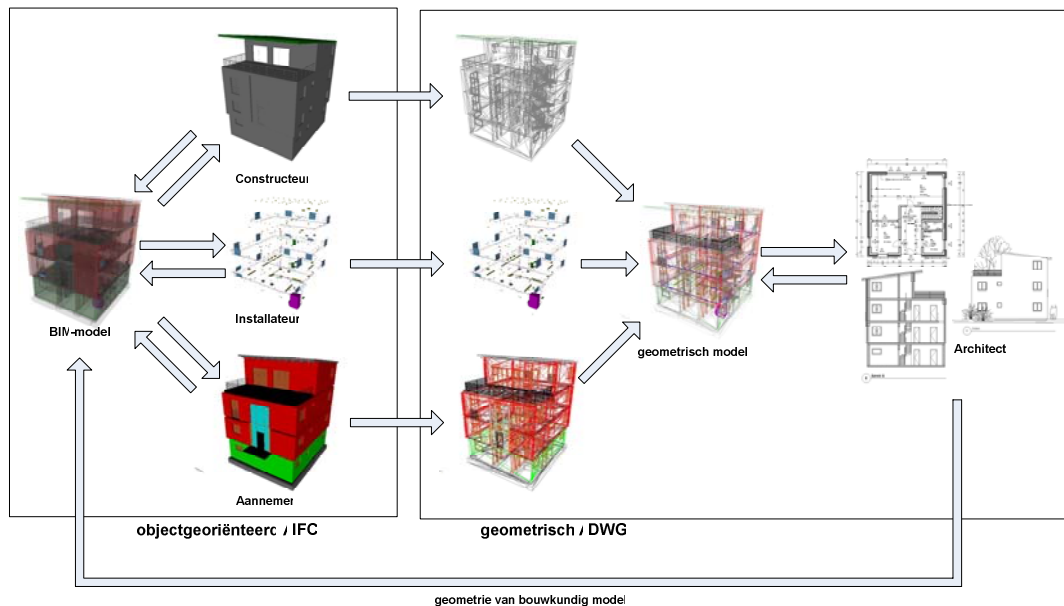
| Revit Architecture | Tekla Structures | DDS | AutoCAD |
|--------------------|------------------|-----|---------|
| DWG | DWG | DWG | DWG |
| DXF | DXF | DXF | DXF |
| DGN | DGN | | |
| IFC | IFC | IFC | |
| SAT | | | |
| CIS/2 | CIS/2 | | |
| | | 3ds | |

Tabel 5.2 Uitwisselingsformaten

De constructeur, installateur en aannemer wisselen hun disciplin modellen uit, zoals beschreven in scenario 1. Daarnaast wisselen zij de geometrie uit met de architect.

5.2.3 Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen en geometrie

De gedeeltelijke BIM-modellen worden uitgewisseld op basis van IFC. Daarnaast wordt ieder disciplin model naar DWG geëxporteerd en met de architect uitgewisseld. De totale uitwisseling is geschematiseerd in Figuur 5.10.



Figuur 5.20 Uitwisseling scenario 2

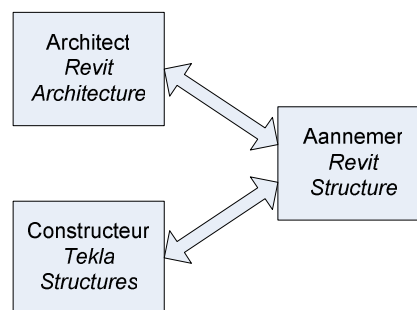
Voor het figuur is gebruik gemaakt van de modellen van het Anwenderhandbuch Datenaustausch BIM/IFC (Liebich en Hoffeller, 2006).

De architect maakt gebruik van de geometrie van de gedeeltelijke BIM-modellen. De andere partners gebruiken het geometrische model van de architect. Het is niet mogelijk bouwobjecten of eigenschappen van de architect over te nemen. Alleen de geometrie kan als referentie dienen.

Volgens de eerste drie stappen van het stappenplan is de architect verantwoordelijk voor de bouwkundige bouwobjecten. De constructeur, installateur en aannemer moeten deze objecten echter zelf aan hun modellen toevoegen. Eén van de drie partners kan de bouwkundige objecten modelleren en uitwisselen met de andere twee. Overeenstemming zal moeten worden bereikt over de verantwoordelijkheid en beloning.

5.3 Scenario 3 Projectpartner bepaalt hoeveelheden van andere modellen

Het laatste scenario betreft een specifiek doel van BIM, namelijk het bepalen van de hoeveelheden direct uit een BIM-model. In dit scenario wil de aannemer ten behoeve van de calculatie de hoeveelheden van het bouwkundige en constructieve model bepalen. De architect en constructeur maken gebruik van verschillende BIM-software, zie Figuur 5.21. De aannemer wil de modellen samenvoegen en van één model de hoeveelheden bepalen.



Figuur 5.21 Scenario 3

In de vertrouwelijke en separate Bijlage N zijn van het constructieve model de hoeveelheden bepaald. Deze paragraaf is deels gebaseerd op een aantal bevindingen van het experimenteel toepassen van BIM in een praktijkproject.

5.3.1 Selecteren bouwobjecten en eigenschappen

Het bepalen van de uitwisseling van BIM begint weer met het vastleggen van de verantwoordelijkheden voor bouwobjecten en eigenschappen. In het algemeen zal de architect de bouwkundige objecten modelleren en de constructeur de constructieve.

Van belang zijn de wensen (of eisen) van de aannemer die de hoeveelheden uit het BIM-model wil trekken. Ten eerste zal de aannemer de bouwobjecten op een bepaalde wijze classificeren. Een classificatie gebeurt bijvoorbeeld op type of locatie, zoals de verdieping. In Revit worden bouwobjecten verdeeld in families en typen. Bijvoorbeeld de family kolommen bevat verschillende typen kolommen. De aannemer kan het aantal kolommen of het totale volume per typen bepalen. De disciplinmodellen van de architect en constructeur moeten zodanig gemodelleerd of geëxporteerd worden dat de aannemer een selectie volgens de afgesproken classificatie kan maken.

Daarnaast moeten de eigenschappen van de bouwobjecten worden vastgelegd. Afhankelijk van de software kan de aannemer zelf geometrische eigenschappen bepalen, zoals een lengte of oppervlakte. Andere eigenschappen, zoals de massa staal van een ligger, moeten expliciet aan de bouwobjecten worden toegevoegd.

5.3.2 Vaststellen informatiestromen

De hoogste orde uitwisselingformaten is de orde van het eigendomsformaat van Revit. De aannemer kan direct gebruik maken van het disciplinemodel van de architect. Het volgende uitwisselingsformaat is de IFC. Eventueel kan bij een volledig stalen constructie ook gebruik worden gemaakt van CIS/2.

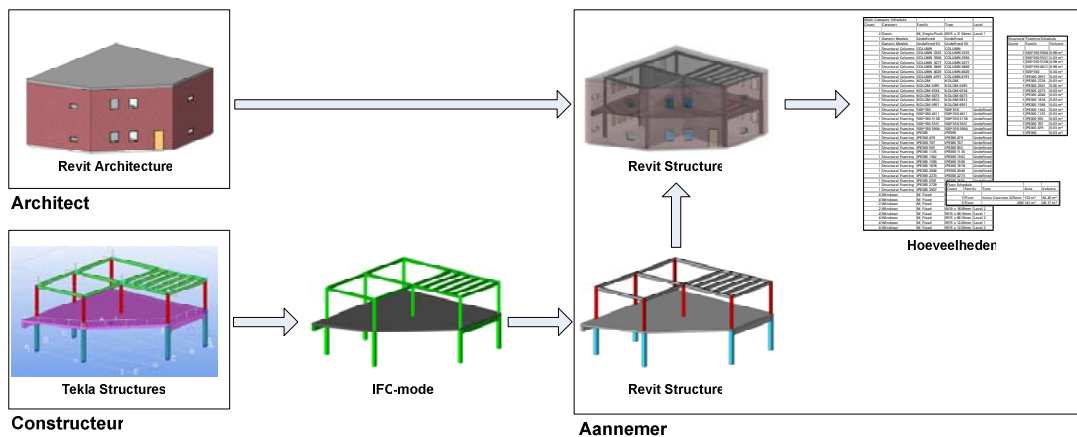
| Revit Architecture en Structure | Tekla Structures |
|---------------------------------|------------------|
| DWG | DWG |
| DXF | DXF |
| DGN | DGN |
| IFC | IFC |
| SAT | |
| CIS/2 | CIS/2 |

Tabel 5.3 Uitwisselingsformaten

5.3.3 Uitwisseling gedeeltelijke BIM-modellen

De architect en aannemer kunnen direct samenwerken met Revit. In het artikel Multi-Disciplinary Collaboration in Revit (Knittle, 2007) wordt beschreven hoe verschillende disciplines kunnen samenwerken met Revit. Knittle beveelt aan om gescheiden modellen te gebruiken. Als het doel uitsluitend het bepalen van de hoeveelheden is, dan kan de aannemer ook het hele model van de architect gebruiken.

De aannemer voegt aan het disciplinemodel van de architect de constructieve bouwobjecten toe. Het gedeeltelijke BIM-model van de constructeur wordt uitgewisseld via een IFC-bestand. De aannemer moet eerst dit bestand als apart model importeren.



Figuur 5.22 Uitwisseling scenario 3

Vervolgens moet de aannemer het geïmporteerde constructieve model linken aan het disciplinemodel van de architect. De aannemer bepaalt de hoeveelheden van de bouwobjecten in zowel het bouwkundige model als het gelinkte constructieve model.

De hoeveelheden van constructieve bouwobjecten kunnen niet worden gegroepeerd in de typen objecten. Het objecten in IFC-model van de constructeur worden in Revit geïmporteerd als afzonderlijke families en typen. Het verschil wordt geïllustreerd aan de hand van een vergelijking tussen de ramen en liggers. De ramen zijn gemodelleerd in Revit Architecture. De hoeveelhedenlijst is gegeven in de onderstaande tabel. Per type raam zijn de aantallen gegeven. Van de family M_Fixed zijn bijvoorbeeld 8 typen 0406 x 1220 mm gemodelleerd.

Window Schedule

| Count | Family | Type | Width | Height |
|-------|---------|---------------|--------|---------|
| 8 | M_Fixed | 0406 x 1220mm | 406 mm | 1220 mm |
| 4 | M_Fixed | 0610 x 1830mm | 610 mm | 1830 mm |
| 8 | M_Fixed | 0915 x 0610mm | 915 mm | 610 mm |
| 8 | M_Fixed | 0915 x 1220mm | 915 mm | 1220 mm |

Tabel 5.4 Ramenschema

In Tabel 5.5 zijn de hoeveelheden van de liggers weergegeven. De liggers zijn gemodelleerd in het disciplinemodel van de constructeur. Bij het importeren van het IFC-model naar Revit zijn alle liggers als afzonderlijke families gemodelleerd. De 13 liggers IPE300 zijn bijvoorbeeld in 13 verschillende families gegroepeerd. Een selectie op basis van het type is niet meer mogelijk.

Structural Framing Schedule

| Count | Family | Type | Volume | Level |
|-------|--------------|--------------|---------------------|-----------|
| 1 | 500*350 5904 | 500*350 5904 | 0.98 m ³ | Undefined |
| 1 | 500*350 5531 | 500*350 5531 | 2.03 m ³ | Undefined |
| 1 | 500*350 5158 | 500*350 5158 | 0.98 m ³ | Undefined |
| 1 | 500*350 4611 | 500*350 4611 | 0.98 m ³ | Undefined |
| 1 | 500*350 | 500*350 | 0.34 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 2957 | IPE300 2957 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 2729 | IPE300 2729 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 2501 | IPE300 2501 | 0.06 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 2273 | IPE300 2273 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 2046 | IPE300 2046 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 1818 | IPE300 1818 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 1590 | IPE300 1590 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 1362 | IPE300 1362 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 1135 | IPE300 1135 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 935 | IPE300 935 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 707 | IPE300 707 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 479 | IPE300 479 | 0.03 m ³ | Undefined |
| 1 | IPE300 | IPE300 | 0.03 m ³ | Undefined |

Tabel 5.5 Liggerschema

In dit scenario zijn twee eenvoudige modellen gebruikt. De twee modellen hebben geen gemeenschappelijk objecten. De architect en constructeur hebben beiden een vloer gemodelleerd. De hoeveelheden zijn bepaald en in Tabel 5.6 weergegeven. Van beide vloeren zijn de oppervlakte en het volume bepaald.

Floor Schedule

| Count | Family | Type | Area | Volume |
|-------|--------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Floor | Insitu Concrete 225mm | 152 m ² | 34.20 m ³ |
| 1 | Floor | 200 | 141 m ² | 28.17 m ³ |

Tabel 5.6 Vloerenschema 1

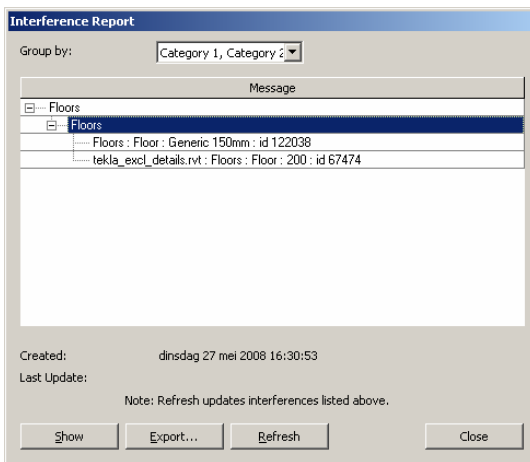
In de praktijk ontwerpen beide projectpartners samen de vloeren. De architect is verantwoordelijke voor de vorm van de vloer terwijl de constructeur de juiste dikte en materialen aan de vloer moeten toekennen. In het gedeeltelijke BIM-model zal de architect eerst een aanneming voor de vloer moeten doen. Hij kan bijvoorbeeld kiezen voor een generieke vloer van 150 mm. De constructeur bepaald vervolgens dat de vloer 200 mm moet worden en modelleert deze vloer in zijn disciplinemodel. Als de aannemer de twee modellen samenvoegt, dan bevat het model drie vloeren, zie Tabel 5.7.

Floor Schedule

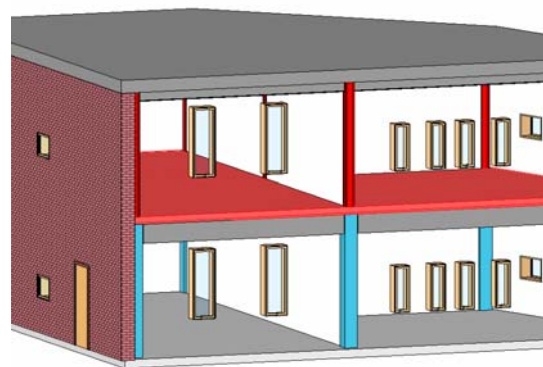
| Count | Family | Type | Area | Volume |
|-------|--------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Floor | Insitu Concrete 225mm | 152 m ² | 34.20 m ³ |
| 1 | Floor | Generic 150mm | 141 m ² | 21.13 m ³ |
| 1 | Floor | 200 | 141 m ² | 28.17 m ³ |

Tabel 5.7 Vloerenschema 2

De extra vloer wordt opgemerkt door de aannemer, zie onderstaande figuren.



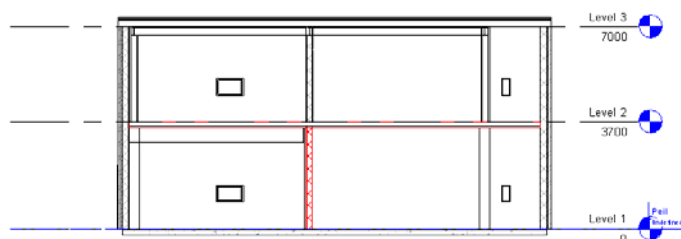
Figuur 5.23 Knelpuntcontrole



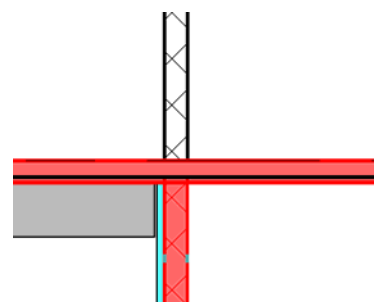
Figuur 5.24 Twee vloeren overlappen

De aannemer moet de vloer verwijderen om de juiste hoeveelheden te genereren. Ook moet hij de architect hiervan op de hoogte stellen. De aannemer voert dus een coördinerende rol uit.

De wanden in het model van de architect sluiten aan op de bouwkundige vloer van 150 mm en niet op de constructieve vloer. De aannemer moet niet alleen de vloer van de architect verwijderen, maar ook de wanden die op de constructieve vloer aansluiten.



Figuur 5.25 Knelpunt tussen vloer en wand



Figuur 5.26 Knelpunt tussen vloer en wand

De aannemer gaat in deze situatie teveel veranderingen doorvoeren in het disciplinemodel van de architect. De architect en constructeur moeten zelf beide modellen op elkaar afstemmen. De samenwerking van ontwerpende projectpartners is beschreven in scenario 1.

Het bepalen van hoeveelheden direct uit een BIM-model is nog problematisch. Een correcte selectie maken op basis van kenmerken is vaak lastig. Relevante eigenschappen van bouwobjecten zijn niet altijd eenduidig. Afspraken zijn nodig om hoeveelheden correct en betrouwbaar te bepalen.

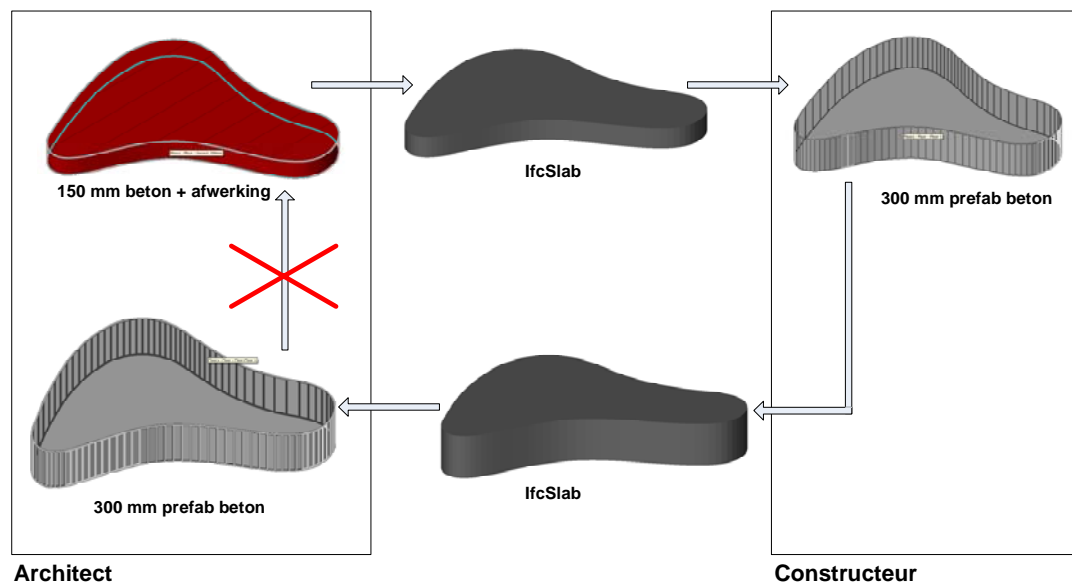
5.4 Bevindingen

In de beschrijving van de scenario's komen een aantal zaken naar voren die problemen kunnen opleveren. Deze worden hierna nog een keer herhaald en een oplossingsrichting wordt gegeven.

5.4.1 Informatieverlies overdracht bouwobjecten

De informatiestromen tussen de projectpartners zijn beschreven in Hoofdstuk 3. De informatiestromen zijn over het algemeen bidirectioneel. In de scenario's worden bouwobjecten overgedragen van de ene projectpartner naar de andere partner. Projectpartners sturen echter niet dezelfde bouwobjecten weer terug.

Een architect bijvoorbeeld modelleert van een vloer de vorm, afwerking en locatie. In zijn disciplinemodel doet de architect een aanname voor de dikte en het materiaal. Daarna draagt de architect de bouwkundige vloer over naar de constructeur. De constructeur importeert echter alleen de vorm en locatie. De afwerking is voor zijn taken niet van belang. De constructeur verandert vervolgens de dikte en het materiaal. Hierna draagt de constructeur de vloer weer over naar de architect. Deze constructieve vloer heeft geen afwerking. De architect zou in zijn eigen model de dikte en het materiaal van de vloer moet aanpassen. Met de gebruikte software is niet mogelijk uitsluitend bepaalde eigenschappen uit te wisselen en aan de bouwobjecten toe te voegen.

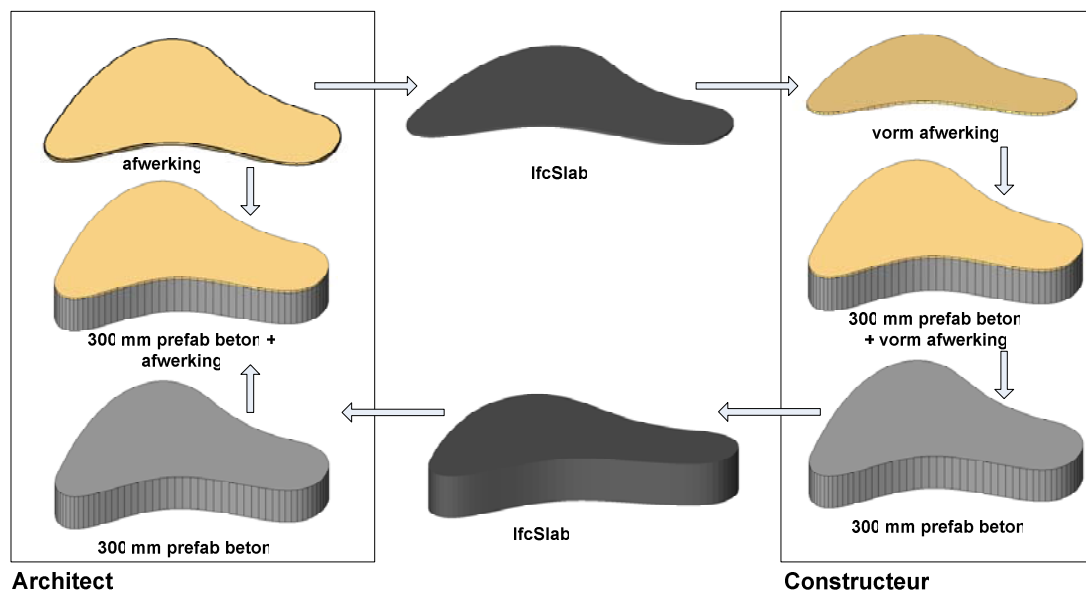


Figuur 5.27 Uitwisseling vloer

Voor bepaalde bouwobjecten zijn projectpartners maar gedeeltelijk verantwoordelijk. Andere projectpartners zijn verantwoordelijk voor een aantal eigenschappen van de bouwobjecten. Projectpartners zouden de bouwobjecten moeten uitwisselen en aan de objecten eigenschappen toevoegen. Echter bij de uitwisseling raken eigenschappen verloren en kunnen de objecten niet één op één worden uitgewisseld.

Deze kwestie doet zich ook voor bij de uitwisseling van wanden. Een wand bestaat meestal uit verschillende lagen. De architect bepaalt de vorm en de afwerking. De installateur geeft advies over de isolatielaag. De constructeur bepaalt de dikte en het materiaal van de dragende laag.

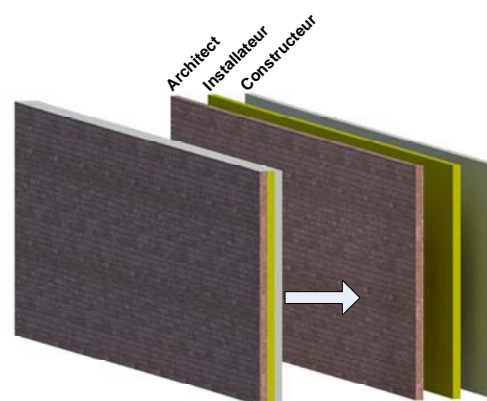
Het probleem is niet eenvoudig aan te pakken met de huidige BIM-software. Een mogelijke oplossing is het opdelen van de bouwobjecten. De architect modelleert bijvoorbeeld alleen de afwerking van de vloer. Hiermee liggen ook de vorm en de locatie vast. De constructeur modelleert alleen de constructieve vloer onder de afwerking. Zie Figuur 5.28.



Figuur 5.28 Uitwisseling afwerking en vloer

Ook de wanden kunnen worden opgedeeld, zie Figuur 5.29. In het voorontwerp modelleert de architect een wand. In de volgende fase wordt de wand opgedeeld en modelleert de constructeur de dragende wand. De architect beperkt zich tot de afwerking.

Projectpartners moeten de verantwoordelijkheden voor de bouwobjecten weloverwogen verdelen. Gezamenlijk aan bepaalde bouwobjecten werken is complex.



Figuur 5.29 Opdelen wand

5.4.2 Geen uitwisseling op eigenschappenniveau

In de meeste situaties gebruiken de projectpartners verschillende BIM-software. Een voor de hand liggend uitwisselingsformaat is dan de IFC. In de scenario's is ook deels gebruik gemaakt van de IFC. Het IFC-model bevat veel mogelijkheden om eigenschappen aan objecten toe te kennen. Voor eigenschappen zoals materiaal en locatie worden direct IFC-entiteiten gebruikt. Andere eigenschappen kunnen aan objecten worden gerelateerd in zogenaamde property sets. Het IFC-model bevat standaard al een groot aantal van deze sets. De IFC bieden echter ook de mogelijkheid zelf property sets te definiëren. Een aantal BIM-software maakt van deze mogelijkheid veel gebruik. Op deze manier zijn de IFC erg flexibel. In BIM-software kunnen willekeurige eigenschappen worden gedefinieerd en worden geëxporteerd naar eigen property sets. Het nadeel is dat andere BIM-software niet overweg kunnen met deze

property sets. Ontwikkelaars van BIM-software moeten worden gedwongen zoveel mogelijk gebruik te maken van de standaard property sets. Daarnaast moeten BIM-software ook de eigenschappen van elkaars property sets importeren. Van de eigenschappen die een bepaalde BIM-software niet gebruikt moeten kopieën worden overgenomen. Aangezien niet alle eigenschappen relevant zijn voor de projectpartners is een mapping wenselijk op eigenschappenniveau vergelijkbaar met die op objectenniveau.

In de huidige situatie kunnen projectpartners afspreken zich te beperken tot uitsluitend de uitwisseling van bouwobjecten. Van de bouwobjecten worden slechts de geometrische eigenschappen en standaard eigenschappen uitgewisseld.

5.4.3 Communicatie is cruciaal

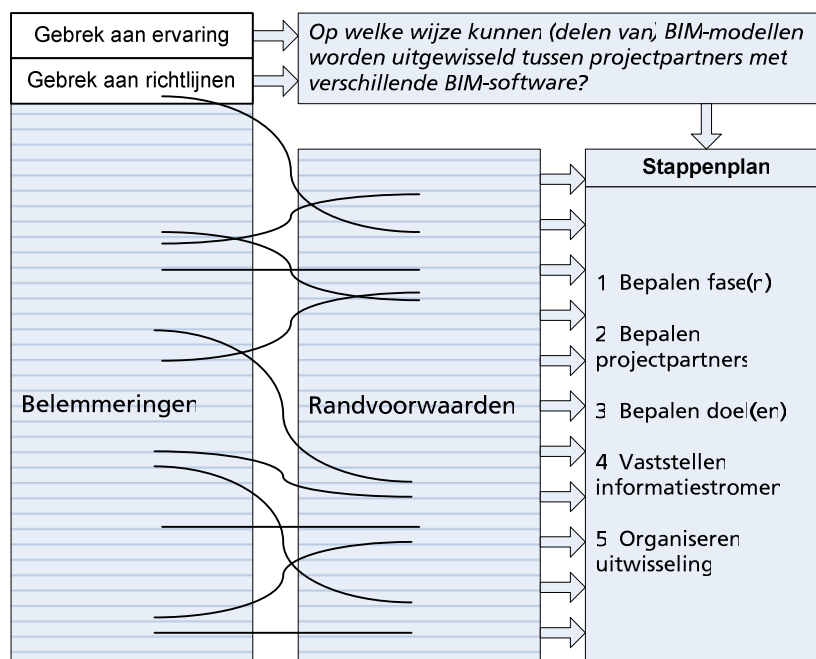
Projectpartners modelleren alleen de bouwobjecten waarvoor ze verantwoordelijk zijn in iedere projectfase. De installateur bijvoorbeeld ontwerpt alleen de installaties. Wel kan hij voorstellen doen aan de andere partners over bijvoorbeeld het vloersysteem of opbouw van de wanden. Deze voorstellen maken ook deel uit van de informatiestromen, maar kunnen niet in objecten worden uitgedrukt. Een installateur gaat zelf geen vloersysteem modelleren om zijn ideeën duidelijk te maken. De projectpartners moeten communiceren over onderlinge voorstellen. Aan technische tekeningen kan betrekkelijk eenvoudig tekstuele informatie worden toegevoegd. Het toevoegen van opmerkingen en labeltjes aan bouwobjecten is minder praktisch. Beter is projectpartners regelmatig bij elkaar te brengen om voorstellen uit te wisselen. De consequenties van de voorstellen kunnen inzichtelijk worden gemaakt met het BIM-model.

In het afstudeerrapport Projectorganisaties structureren (de Groot, 2008) wordt een beslismodel gegeven om projectpartners te organiseren. De organisatie bepaalt de mate van kennisoverdracht tussen de partners. De Groot maakt onderscheid tussen expliciete en impliciete kennis. De kennis bij de projectpartners is voor slechts 20% expliciet en kan worden gedocumenteerd en toegevoegd aan het BIM-model. De overige 80% impliciete kennis zit in de hoofden van mensen en is meestal gebaseerd op ervaring. Deze kennis kan alleen worden uitgewisseld door projectpartners bij elkaar te zetten.

6 Belemmeringen

Eén van de redenen waarom BIM nauwelijks wordt toegepast in de praktijk is het gebrek aan ervaring en afspraken omtrent de uitwisselingen van (delen van) BIM-modellen. Hoewel de huidige stand van de techniek het mogelijk maakt BIM beperkt toe te passen, blijft de praktijk achter.

Het gebrek aan ervaring en richtlijnen kan deels worden opgelost door de toepassing van het stappenplan. Met het stappenplan kan een mogelijke werkwijze worden bepaald. In de scenario's van het vorige hoofdstuk is beschreven hoe de uitwisseling kan werken. Voor het succesvol implementeren van het stappenplan en het uitwisselen van (delen van) BIM-modellen moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. Deze randvoorwaarden komen voort uit meerdere belemmeringen die het gebruik van BIM tegenhouden.



Figuur 6.1 Belemmeringen en randvoorwaarden uitwisseling BIM

Het stappenplan is ontwikkeld voor projectpartners. De vraag moet gesteld worden of projectpartners het stappenplan willen, kunnen en moeten gebruiken. De randvoorwaarden kunnen worden onderscheiden in deze drie. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de belemmeringen geordend in het type randvoorwaarde. De belemmeringen komen voort uit de voorbeelden in dit rapport en de bijlagen. Met name in de scenario's uit het vorige hoofdstuk is geïllustreerd welke zaken belemmerend werken. Daarnaast is gebruik gemaakt van de ervaringen van de projecten van Strukton en van eigen inzicht.

Volgens Adriaanse (2007) blijkt dat interorganisationele ICT in bouwprojecten in de praktijk een beperkte toegevoegde waarde hebben. Hij noemt vier mechanismen die het gebruik van ICT beïnvloeden:

- Persoonlijke motivatie
- Externe motivatie
- Kennis en vaardigheden
- Handelingsmogelijkheden

De persoonlijke motivatie komt overeen met de wil van de projectpartners, de externe motivatie met de noodzaak BIM toe te passen. De laatste twee mechanismen hebben te maken met de mogelijkheden van de projectpartners.

6.1 De wil van projectpartners

De theoretisch voordelen van BIM zijn duidelijk: hogere efficiëntie en reductie van faalkosten. Projectpartners zijn zich bewust van deze voordelen. Meerdere ontwikkelingen zijn dan ook gaande om de implementatie van BIM te bevorderen, zie Bijlage B. Projectpartners kunnen gebruik maken van het stappenplan om de uitwisseling van BIM te bepalen. Echter de wens om BIM toe te passen is niet voldoende.

6.1.1 BIM beperkt de creativiteit in de conceptuele fasen

BIM is niet voor alle projectpartners even geschikt. Met BIM kunnen projectpartners automatisch tekeningen genereren en hoeveelheden bepalen. De voordelen van BIM zijn het duidelijkst aan het einde van het ontwerpproces. De uitvoerende projectpartners hebben veel voordeel bij het gebruik van een BIM-model. In de beginfasen is de toegevoegde waarde van BIM minder duidelijk. BIM kan zelfs belemmerend werken. In de conceptuele fasen wordt de creativiteit beperkt door het gebruik van voorgedefinieerde objecten. Met de objecten massa en ruimte kan een eerste indruk worden verkregen. De vrije vormgeving van deze objecten is echter beperkt in sommige BIM-software.

Volgens Lawson in het artikel 'Are you talking to me? Why BIM alone is not the answer' (Holzer, 2007) staat verhoogde efficiëntie van het proces niet automatisch gelijk aan een beter ontwerp. BIM in de praktijk kan worden toegepast bij het tekenwerk en de documentatie en veel minder in de creatieve en conceptuele fasen. In deze beginfasen is flexibiliteit vereist. Een BIM-model is al snel te gedetailleerd of moet met teveel opties rekening houden.

Bij het gebruik van BIM in de praktijk moet volgens Holzer (2007) vooraf worden afgevraagd waar BIM het project ondersteunt of waar BIM de creativiteit beperkt in de conceptuele fase van het project.

6.1.2 BIM is geen bewezen techniek

De ontwikkelingen van BIM gaan snel. Toch zijn er nog geen duidelijke referentieprojecten aan te wijzen waar BIM goed en volledig is toegepast. De

werkwijze van BIM wordt voornamelijk gedemonstreerd aan de hand van scenario's op papier. Het uitblijven van concrete praktijkvoorbeelden maakt projectpartners sceptisch ten opzichte van de techniek.

Een voorbeeld is de ontwikkeling van een modelserver, zie Bijlage M.3. Met een modelserver moet het mogelijk worden dat alle projectpartners gezamenlijk aan één centraal BIM-model werken. De techniek heeft zich bewezen in andere industrieën, zoals de vliegtuigindustrie. De kenmerken van bouwprojecten leiden tot een veel tragere invoering in de bouwsector. Daarnaast is de praktische haalbaarheid twijfelachtig en softwareleveranciers moeten hun BIM-software kunnen aansluiten op de modelservers.

De techniek zal zich moeten bewijzen door succesvolle praktijkvoorbeelden. Hiervoor zijn vooruitstrevende projectpartners en investeringen nodig. Deze partners zijn echter afwachtend ten opzichte van de techniek. Het proces om uit deze vicieuze cyclus te komen kost veel tijd.

Het nut van BIM moet worden bewezen voordat breed draagvlak ontstaat. Het nut van BIM voor één bepaald project kan alleen worden aangetoond door hetzelfde project door twee vergelijkbare teams projectpartners parallel uit te voeren. Het nut van BIM kan nooit worden uitgedrukt in harde cijfers. Als daarentegen blijkt dat BIM een negatief effect heeft op één enkel project, dan valt het draagvlak direct weg.

6.1.3 Projectpartners willen niet integraal samenwerken

Iedere projectpartner zal zeggen dat integraal samenwerken goed is voor het project en uiteindelijk voor alle projectpartners. Het integraal samenwerken is een randvoorwaarde voor het gebruik van BIM. Projectpartners moeten delen van het BIM-model aanleveren die gebruikt kunnen worden door de overige partners. In de praktijk werken projectpartners vaak tegen zo laag mogelijke kosten zonder oog te hebben voor het totaal.

De versnippering in de bouw heeft een hevige concurrentie tot gevolg. In een bouwproject voeren projectpartners specifieke taken uit en zijn meestal niet elkaars concurrenten. Echter de samenstelling van projectteams verschilt per project en zelfs gedurende het project. Projectpartners zijn daarom voorzichtig met het beschikbaar stellen van hun kennis. Voor projectpartners is de informatieoverdracht op papier een veilige en betrouwbare werkwijze. Een projectpartner is minder snel bereid zijn gedeelte van het BIM-model beschikbaar te stellen op een centrale plaats. De overige projectpartners kunnen zijn bouwobjecten hergebruiken in andere projecten waar zij samenwerken met de concurrent. Het eigendomsrecht van de gemodelleerde bouwobjecten is nog niet goed geregeld.

Met BIM wordt de informatieoverdracht gereduceerd. In plaats van dat alle projectpartners tekeningen genereren hebben projectpartners profijt van het werk van een ander. De architect en constructeur leveren bijvoorbeeld het gedeelte van het BIM-model dat de aannemer kan gebruiken voor het bepalen van hoeveelheden en het genereren van zijn werktekeningen. Huidige BIM-software worden gebruikt om virtueel te bouwen, op fouten te controleren en de uitvoering te coördineren. De

vraag is of BIM het ontwerp zelf ondersteunt (Holzer, 2007). Voor ontwerpende projectpartners zijn de voordelen niet direct zichtbaar.

De toegevoegde waarde van BIM moet voor alle projectpartners duidelijk zijn. Volgens Holzer (2007) is BIM meer bouw informatie management dan modelleren. Het werk wordt gedaan door de ontwerpende projectpartners en bevoordeeld de uitvoerende partners. Architecten en constructeurs zetten een BIM-model op die vervolgens door de aannemer gebruikt kan worden.

In het begin van een bouwproject moeten projectpartners investeren in het BIM-model waarna andere projectpartners voordeel hebben van het model. Als projectpartners echt integraal samenwerken zijn projectpartners bereid tot het leveren van gedeeltelijke BIM-modellen. De gemaakte kosten moeten eerlijk worden verdeeld over de projectpartners.

6.1.4 Gebrek aan kennis

Door de snelle ontwikkelingen van BIM hebben projectpartners moeite met het op peil houden van hun kennis. Zij worden hierbij gehinderd door diverse organisaties en softwareleveranciers die de afkorting BIM op verschillende manieren gebruiken. In 'Super Models' (Faulkner, 2006) noemt Cross het gebrek aan kennis van zaken over BIM een belemmering.

Een belangrijke randvoorwaarde voor het gebruik van het stappenplan is dat projectpartners kennis van zaken hebben betreffende BIM. Werknemers moeten vanzelfsprekend worden opgeleid voor het gebruik van BIM-software. Belangrijker is dat projectpartners het principe van BIM begrijpen. Het verschil tussen CAD en BIM is bijvoorbeeld niet altijd duidelijk. Te vaak verwarren werknemers BIM met 3D-tekenen. Ook moeten de werknemers reële verwachtingen hebben van BIM. De (on)mogelijkheden van BIM moeten duidelijk zijn. Alleen dan kunnen projectpartners concrete doelen stellen voor het gebruik van BIM.

In theorie verandert de implementatie van BIM de manier van werken. De bouwprocessen verschuiven van een rechtlijnige informatieoverdracht naar een meer integrale aanpak. De meeste projectpartners zijn echter niet snel bereid hun bekende werkwijze op te geven. Het gaat immers al jaren goed zo. Of dit zo is valt te betwijfelen gezien de relatief hoge faalkosten. Wel zijn de huidige bouwprocessen gebaseerd op fundamentele principes die BIM niet zomaar gaat veranderen. Door bijvoorbeeld informatie in 2D te documenteren worden projectpartners gedwongen na te denken over de constructie. Door dezelfde informatie meerdere keren te documenteren wordt het ontwerp uitgebreid onderzocht. De nadelen van de traditionele werkwijze zijn echter ook bekend.

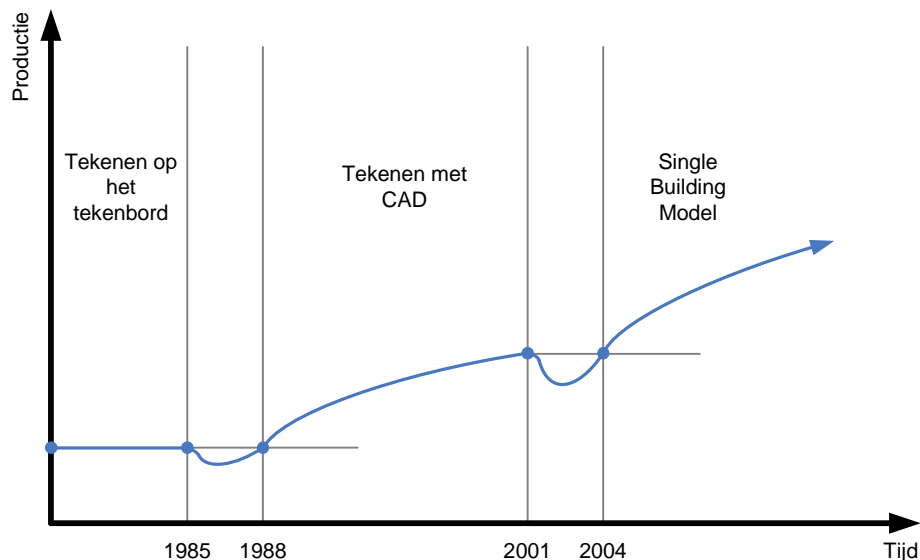
Met het stappenplan wordt de verantwoordelijkheid voor de bouwobjecten en eigenschappen verdeeld over meerdere projectpartners. Sommige projectpartners missen echter de kennis om met BIM te werken. Een volledige implementatie van BIM in het project met veel projectpartners is slechts beperkt mogelijk.

6.1.5 BIM vereist een investering

Alle projectpartners willen de voordelen van BIM benutten. Daar staat wel een investering tegenover. De bouw staat niet bekend om zijn hoge investeringen. De winstmarges op bouwprojecten zijn relatief laag. Door het eenmalige karakter van bouwprojecten zijn de ontwikkelingskosten relatief klein in vergelijking met andere industrieën.

Projectpartners moeten allemaal willen en kunnen investeren in de ontwikkeling van BIM. Alleen gezamenlijk wordt BIM optimaal benut. De toegevoegde waarde van BIM is echter niet gelijk of niet duidelijk voor alle projectpartners. Projectpartners kunnen moeilijk inschatten of de investeringen worden terugverdiend. Niet alleen de toegevoegde waarde is lastig in te schatten, maar projectpartners zijn ook afhankelijk van de andere projectpartners in een bouwproject. Projectpartners hebben angst voor financiële verliezen (Faulkner, 2006).

Voor projectpartners is ook niet duidelijk wanneer ze moeten investeren in BIM. Kiljan heeft in zijn afstudeeronderzoek (Kiljan, 2002) de invoering van CAD vergeleken met invoering van BIM op basis van het productieniveau in een ingenieursbureau, zie Figuur 6.2. Rond 1985 werden op veel ingenieursbureaus CAD-systemen ingevoerd. De eerste jaren daalde de productie licht, maar daarna is de productie gestegen. In zijn onderzoek stelt Kiljan een invoering van het Single Building Model, oftewel een ideaal BIM-model, in 2001. Ook de invoering van deze methode zal eerst tot een daling leiden en daarna verder stijgen. Tot nu toe is BIM echter nog steeds niet geïmplementeerd en bevindt het productieniveau in de afgevlakte curve van de CAD-systemen.



Figuur 6.2 Productieniveau ten gevolge van invoering nieuwe methoden (Kiljan, 2002)

De overgang van CAD naar BIM wordt ook nog eens groter geacht dan de overgang van papier naar CAD. Het leren toepassen en doorgronden van BIM is lastig doordat een andere manier van werken en denken nodig is (Adriaanse, 2007). Ten eerste moeten projectpartners meer tijd besteden aan het leren werken met BIM-software. Ten tweede hebben de betrokken partners vaker een vervormd beeld van de voordelen die BIM-software kan bieden.

Kiljan stelt ook vast dat de totale organisatie van de bouw een belemmering is voor een bouwbrede implementatie (Kiljan, 2002). In de bouw ontbreekt een overkoepelende organisatie die de ontwikkeling kan sturen en gericht kan investeren. Losse partijen zijn nauwelijks in staat zelfstandig BIM eigen te maken. De investeringen zijn te groot voor onafhankelijke projectpartners. Alleen gezamenlijk kan worden geïnvesteerd in levensvatbare ontwikkelingen.

Ten opzichte van zes jaar geleden toen Kiljan zijn onderzoek uitvoerde is al wel vooruitgang geboekt. In Bijlage B zijn meerdere initiatieven genoemd die redelijk samenwerken. De overheid kan gericht subsidies verlenen aan deze organisaties. De bouwsector bestaat echter nog steeds uit zeer veel partijen die gezamenlijk in de ontwikkeling van BIM moeten investeren.

6.2 Mogelijkheden uitwisseling

Naast de wil moeten projectpartners ook de mogelijkheden hebben om BIM-modellen uit te wisselen. De mogelijkheden moeten worden geboden door de huidige stand van de techniek en de huidige bedrijfsprocessen.

BIM-software wordt steeds verder ontwikkeld en verbeterd. De ontwikkeling van BIM-software is zelfs één van de redenen voor de opkomst van BIM. Echter tegenover deze 'technology push' staat een 'user demand'. De (on)mogelijkheden van BIM-software moeten worden bepaald door de gebruikers en niet de ontwikkelaars van de BIM-software.

6.2.1 Beperkte uitwisseling op basis van de IFC

Het enige open uitwisselingsformaat op dit moment voor bouw informatie zijn de IFC. Als projectpartners verschillende BIM-software gebruiken, wat meestal het geval is, dan moeten de delen van het BIM-model worden uitgewisseld op basis van de IFC. De uitwisseling op basis van de IFC is beperkt mogelijk.

De IFC zijn opzettelijk abstract om alle bouw informatie te kunnen bevatten (Lachmi Khemlan, 2004). De IFC zijn ontworpen om te werken met verschillende BIM-software. Het IFC-model kan niet alle entiteiten bevatten die applicaties gebruiken. Als BIM-software een deel van het BIM-model vertaalt naar IFC wordt het model vereenvoudigd. Niet alle informatie kan worden geëxporteerd naar de IFC. Andersom zijn applicaties niet compatible met alle entiteiten van IFC. Dus bij het importeren van of exporteren naar een IFC-bestand gaat informatie verloren. Het doel van de IAI was juist om een uitwisselingsformaat te ontwikkelen om informatieverlies te voorkomen. Het IFC-model kan nooit alle informatie bevatten van alle applicaties die

er in omloop zijn. Het IFC-model zou te groot worden en niet te onderhouden voor alle nieuwe softwareversies.

De IFC bevatten de entiteiten die kunnen worden gebruikt voor de uit te wisselen bouwobjecten en eigenschappen. Tussen de entiteiten zijn meerdere relaties mogelijk. De BIM-software is verantwoordelijk voor de wijze waarop deze relaties worden gedefinieerd. Op deze manier kunnen entiteiten worden gecombineerd op een unieke manier bedoeld voor de specifieke applicatie. Bij de uitwisseling op basis van IFC verdwijnen deze relaties of worden verkeerd geïnterpreteerd.

Essentieel voor het uitwisselen van BIM-modellen is een correcte vertaling tussen de BIM-software en de IFC. In stap 4 van het stappenplan moeten projectpartners de afgesproken objecten mappen naar hun BIM-software. De mapping van en naar BIM-software laat te wensen over, zie Bijlage K. Op eigenschappenniveau is helemaal geen mapping mogelijk.

Tot slot zijn IFC-bestanden vaak groter dan originele bestanden van BIM-software die gestructureerd zijn in het interne datamodel (Lachmi Khemlan, 2004). IFC-bestanden zijn wel te comprimeren met bijvoorbeeld Solibri IFC Optimizer.

6.2.2 Certificering door de IAI

Eén van de belangrijkste mogelijkheden van BIM-software moet zijn de foutloze uitwisseling via een open uitwisselingsstandaard zoals de IFC. Projectpartners zouden deze mogelijkheid moeten meenemen bij de aanschaf van BIM-software. Om tot een goede keuze te komen worden zij ondersteund door de IAI. Door middel van certificering zou de kwaliteit van uitwisseling op basis van IFC door de BIM-software moeten worden gegarandeerd.

De IFC zijn redelijk ver ontwikkeld. Alle bouwobjecten die nodig zijn voor de uitwisseling zijn opgenomen in de IFC. Met behulp van property sets kunnen projectpartners alle eigenschappen toekennen aan objecten. Het is logisch dat de ontwikkelaars van BIM-software achterlopen op deze ontwikkeling hoewel grote ontwikkelaars zelf deelnemen in de IAI.

Ondanks dat geen BIM-software de IFC foutloos ondersteund worden verschillende software toch gecertificeerd. Het certificaat wordt echter verkregen ten opzichte van een bepaalde view en vaak nog onder bepaalde en niet verder genoemde voorwaarden. Het certificaat is misleidend voor de gebruikers die een volledige ondersteuning van de IFC wensen (Pazlar en Turk, 2008).

De enige view waarop tot nu toe certificaten worden verstrekt is de 'coordination view'. Voor de certificering zijn alleen de bouwobjecten van belang. Eigenschappen worden niet getoetst. De IFC bevatten meerdere standaard property sets. BIM-software exporteren echter de meeste eigenschappen naar eigen property sets. Deze eigenschappen worden vervolgens niet of nauwelijks geïmporteerd in andere BIM-software. Vermoedelijk doen softwareleveranciers dit vanwege commerciële redenen.

De IAI moet zijn certificeringproces aanscherpen. Het is begrijpelijk dat de IAI niet te kritisch wil zijn en haar eigen product, de IFC, wil promoten. Daarnaast nemen softwareleveranciers zelf deel in de IAI. Een meer betrouwbare certificering zou moeten worden uitgevoerd door een onafhankelijk externe partij. Gebruikers moeten gezamenlijk in een belangenvereniging eisen stellen aan de BIM-software.

6.2.3 Verdeling verantwoordelijkheden

De techniek moet de mogelijkheid bieden om de BIM-modellen nagenoeg foutloos uit te wisselen. Daarnaast moeten de bedrijfsprocessen worden aangepast om integraal samen te werken met (delen van) BIM-modellen. Een essentieel onderdeel van BIM is het toedelen van verantwoordelijkheden voor bouwobjecten en eigenschappen.

Twee verschillende soorten verantwoordelijkheden kunnen worden onderscheiden. Ten eerste hebben de projectpartners de verantwoordelijkheid voor het modelleren van de bouwobjecten. Met het selectieblad in Paragraaf 4.6 kunnen projectpartners verantwoordelijk worden gemaakt voor bepaalde objecten en eigenschappen. Ten tweede zijn projectpartners verantwoordelijk voor de juistheid van de objecten. Als één projectpartner een geïntegreerd contract aanneemt, bijvoorbeeld een aannemer die een PPS-contract aangaat, dan is hij verantwoordelijk voor het gehele project. Vervolgens kan een projectpartner maar gedeeltelijk de verantwoordelijkheid doorschuiven naar andere partners. De verantwoordelijkheid voor een bouwobject in het BIM-model is niet hetzelfde als de verantwoordelijkheid voor een bouwobject in het project.

In de praktijk is vaak onduidelijk wie verantwoordelijk is voor het BIM-model en of die verantwoordelijkheid overgaat tussen projectfasen. Het model moet worden opgezet en onderhouden. Faulkner in 'Super Models' (Faulkner, 2006) vindt dat traditioneel gezien de architect als de projectcoördinator deze rol zou moeten vervullen. Nu is het echter vaak zo dat de projectpartner met de BIM-vaardigheden het model maakt. Daarnaast wordt de verantwoordelijkheid voor het BIM-model ook opgelegd door de wetgeving in individuele landen.

Projectpartners moeten de mogelijkheid hebben verantwoordelijkheden voor delen van het BIM-model vast te leggen en te controleren. In het geval van schade of meerwerk moet de verantwoordelijke projectpartners kunnen worden aangewezen. De risico's moeten worden verdeeld over de projectpartners. Deze zaken moeten wettelijk en contractueel worden geregeld. Anders dan bij technische tekeningen werken projectpartners samen met hetzelfde BIM-model. Projectpartners maken gebruik van meerdere bouwobjecten die ze gezamenlijk modelleren. In het BIM-model moet worden bijgehouden welke bouwobjecten definitief en gecontroleerd zijn.

De vraag is of projectpartners deze verantwoordelijkheid willen en kunnen nemen. De verantwoordelijkheden moeten worden overgedragen tussen projectpartners. Een projectpartner moet de bouwobjecten en eigenschappen overnemen van een andere partner. Als meerdere partners aan dezelfde objecten werken zijn de partners gezamenlijk verantwoordelijk. Het delen van de verantwoordelijkheid hangt samen met de wil om integraal samen te werken.

6.2.4 Communicatie is cruciaal

BIM-modellen bevatten veel informatie die deels relevant is voor de projectpartners. Projectpartners dragen informatie over via het BIM-model door delen van het model te modelleren. Als projectpartners de informatie interpreteren is er sprake van kennis. Behalve de informatie in een BIM-model dragen de projectpartners ook kennis over in een bouwproject. De kennis van projectpartners overlapt en in de wenselijke situatie denken de partners met elkaar mee. In het ontwerpproces doen de projectpartners voorstellen aan elkaar en streven zo naar een optimale oplossing.

De Groot (2008) maakt in zijn afstudeerrapport onderscheid tussen expliciete en impliciete kennis. Slechts 20% van de kennis is expliciet en kan worden vastgelegd. De overige 80% is impliciet en bevindt zich in de hoofden van mensen. Deze kennis kan worden uitgewisseld als projectpartners bij elkaar zitten. Op basis van hun kennis kunnen projectpartners voorstellen voor het ontwerp doen. De consequenties van ontwerpbeslissingen kunnen worden geïllustreerd met behulp van het BIM-model.

6.3 Noodzaak BIM

De voordelen van BIM zijn het grootst als alle projectpartners integraal samenwerken met BIM. Als in een bouwproject een enkele projectpartner zijn informatie niet wil aanleveren aan het BIM-model is de totale toegevoegde waarde van BIM kleiner. Projectpartners kunnen daarom worden gedwongen BIM toe te passen.

6.3.1 Eis van de opdrachtgever

De voordelen van BIM voor een opdrachtgever zijn in theorie een lagere prijs, kortere bouwtijd en een meer integrale oplossing. Met BIM zou de opdrachtgever een kwalitatief beter product moeten krijgen. Daarnaast kan de opdrachtgever het BIM-model gebruiken tijdens de exploitatiefase. Deze voordelen zouden de opdrachtgever moet aanzetten tot het gunnen van een project aan een combinatie van projectpartners die BIM toepassen. Zeker in de huidige situatie zou de opdrachtgever zich beperken tot een selecte groep projectpartners. Aan de andere kant zouden projectpartners zelf een bouwproject tegen een lagere prijs kunnen uitvoeren door het gebruik van BIM. Vanwege de hoge investeringen en de technische belemmeringen werkt de marktwerking zo niet. Dwang van de opdrachtgever kan de markt de goede richting op duwen.

De autoriteiten kunnen een BIM-model toetsen aan eenvoudige eisen. Een stukje bouwregelgeving kan automatisch worden getoetst met al bestaande software, zoals Solibri Model Checker. De eis om een BIM-model aan te leveren zou contractueel moeten worden vastgelegd.

6.3.2 Eis leidende projectpartner

Projectpartners beperken hun werkzaamheden tot die volstaan binnen de wettelijke en contractuele kaders. Steeds vaker gunnen opdrachtgevers een geïntegreerd contract aan een combinatie van projectpartners. De combinatie is gezamenlijk voor meerdere onderdelen van het bouwproject verantwoordelijk. Meestal is één of een beperkt aantal projectpartners leidend in een geïntegreerd project.

De leidende projectpartner heeft de mogelijkheid andere projectpartners te selecteren. Bij de selectie kan worden meegenomen dat projectpartners moeten samenwerken aan het BIM-model. Een aannemer bijvoorbeeld heeft voordeel van het gedeeltelijke BIM-model van de architect. Een aannemer die een PPS-project aangenomen heeft gaat een samenwerking aan met een architect. Bij de keuze van de architect kan de aannemer zich beperken tot architecten die in staat zijn mee te werken aan het BIM-model.

Bouwprojecten zijn zeer divers en worden uitgevoerd door zeer verschillende projectpartners. Projectsamenwerkingen werken de projectpartners samen. Voor ieder project wordt de beste combinatie van projectpartners gezocht. De ene architect is bijvoorbeeld beter in kantoren en de andere in sportaccommodaties. Een aannemer kan zich specialiseren in prefab constructies, de andere in een bijzondere uitvoeringstechniek. Door eisen te stellen aan projectpartners worden de mogelijke combinaties beperkt. Twijfelachtig is of de voordelen van BIM opwegen tegen het beperken van mogelijke partners en daarmee de concurrentie.

Projectpartners die elkaar eisen stellen aan het gebruik van BIM moeten investeren in een duurzame samenwerking. Het succes hangt weer af van de wil om daadwerkelijk samen te werken.

7 Conclusies

Eerst wordt teruggekomen op de probleemstelling en doelstellingen van dit onderzoek. Vervolgens worden een aantal conclusies over BIM in het algemeen gegeven.

7.1 Uitwisseling met stappenplan

De probleemstelling in Paragraaf 1.2 kan beantwoord worden met het stappenplan. Door de stappen te volgen kan een uitwisseling van BIM-modellen worden bepaald. De uitwisseling kan niet volledig worden voorgeschreven, maar het stappenplan kan wel de basis vormen voor een doordachte implementatie van BIM.

De uitwisseling van BIM-modellen is afhankelijk van de technische (on)mogelijkheden. Het stappenplan biedt een handvat om hier praktisch mee om te gaan. Daarnaast moet worden onderkend dat de implementatie van BIM moeizaam verloopt als gevolg van de belemmeringen zoals beschreven in Hoofdstuk 6.

7.2 Bereiken doelstellingen

De doelstellingen uit Paragraaf 1.3 zijn als volgt bereikt:

1. Vastleggen van de huidige stand van BIM met betrekking tot de uitwisselbaarheid.

Met de huidige stand van techniek kunnen BIM-modellen beperkt worden uitgewisseld tussen verschillende BIM-software op basis van IFC. De geometrie van de objecten kan bijna foutloos worden uitgewisseld. De uitwisseling van eigenschappen is zeer beperkt terwijl het IFC-model hier wel mogelijkheden voor heeft. Het certificeringproces van de IAI forceert de softwareleveranciers nog niet voldoende de IFC op de gewenste manier te ondersteunen.

2. Bepalen welke informatie projectpartners moeten en willen uitwisselen bij verschillende projecten.

De informatiestromen die kunnen worden uitgedrukt in bouwobjecten en bijbehorende eigenschappen zijn afhankelijk van de rol van de projectpartners, de fasering en het doel van het toepassen van BIM. Het uitdrukken van de informatiestromen van een iteratief en creatief ontwerpproces in objecten is niet eenvoudig en eenduidig. Kennis van projectpartners overlapt en is vaak gebaseerd op ervaring.

3. Opstellen van een stappenplan om te bepalen hoe diverse projectpartners bij verschillende projecten hun BIM-modellen kunnen uitwisselen.

Het stappenplan ondersteunt het maken van afspraken over de bouwobjecten en eigenschappen die moeten worden gemodelleerd en uitgewisseld gedurende een bouwproject. De objecten en eigenschappen moeten worden uitgedrukt in een

gemeenschappelijk en geschikt uitwisselingsformaat. Door informatiestromen te bundelen kan informatieverlies beperkt worden.

4. Testen van de uitwisselbaarheid van BIM.

Met de scenario's in Hoofdstuk 5 is de werking van het stappenplan gedemonstreerd. Uit de scenario's volgt ook de praktische haalbaarheid. Bouwobjecten die expliciet door één projectpartner worden gemodelleerd kunnen eenvoudig aan het BIM-model worden toegevoegd. Andere objecten worden door projectpartners gezamenlijk ontworpen. Onderscheid kan worden gemaakt op eigenschappenniveau. Het stappenplan biedt hier echter geen praktische oplossing voor.

7.3 Praktisch BIM

De ontwikkeling van BIM is veelbelovend. Toch is nog een lange weg te gaan om het ideaalbeeld van BIM te bereiken. De vraag is zelfs of niet naar een meer bruikbare oplossing moet worden gestreefd. Dit onderzoek biedt een meer praktische kijk op de ontwikkeling van BIM. Het rapport kan als onderdeel fungeren voor een meer pragmatische discussie.

De implementatie van BIM staat of valt met de wil van de projectpartners om integraal samen te werken. Hoewel de toegevoegde waarde van BIM niet voor alle projectpartners duidelijk en gelijk is, kan met BIM veel voordeel worden behaald. Alleen als de projectpartners daadwerkelijk willen samenwerken, kunnen de verantwoordelijkheden, kosten, investeringen en risico's eerlijk verdeeld worden.

De huidige ontwikkeling van BIM schept hoge verwachtingen. Niet realistisch is om nu al alle voordelen van BIM te willen benutten. De projectpartners en de techniek zijn niet klaar voor een volledige implementatie. Projectpartners moeten strategisch gebruik maken van BIM en rekening houden met de (on)mogelijkheden van BIM in de praktijk. In stap 3 van het stappenplan moet het doel of de doelen van de uitwisseling worden bepaald. Doen projectpartners dit niet dan blijft BIM een arbeidsintensief proces met technische obstakels.

De persoonlijke, directe communicatie tussen projectpartners die BIM toepassen blijft van essentieel belang. Projectpartners kunnen met BIM delen van het BIM-model modelleren. Ontwerpvoorstellen over disciplineoverstijgende onderdelen kunnen niet worden uitgedrukt in objecten. Het grootste deel van de kennis van de projectpartners is impliciet en wordt uitgewisseld als projectpartners bij elkaar zitten.

8 Aanbevelingen

Als eerste worden een aantal aanbevelingen gedaan ter verbetering van het stappenplan. Daarna volgen aanbevelingen ter ondersteuning van projectpartners voor het gebruik van BIM-software. Hierna wordt de implementatie van het stappenplan en BIM in het algemeen besproken. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met aanbevelingen voor nader onderzoek.

8.1 Uitbreiding en verbetering stappenplan

Met het selectieblad uit Paragraaf 4.6 is een opzet gemaakt voor een database van bouwobjecten en eigenschappen. De lijst moet worden uitgebreid met meer objecten en eigenschappen om het stappenplan toepasbaar te maken voor verschillende bouwprojecten. Door specifieke objecten toe te voegen uit de GWW-sector is het stappenplan ook geschikt te maken voor civiele of integrale projecten.

De verantwoordelijkheden van de projectpartners zijn verdeeld op basis van een beperkt aantal interviews. Daarnaast bleek uit de interviews dat de verdeling niet altijd eenduidig is. Het toedelen van verantwoordelijkheden moet beter worden geanalyseerd op basis van praktijkprojecten.

Het selectieblad dat de eerste drie stappen uit het stappenplan ondersteunt maakt geen onderscheid naar de doelen waarvoor BIM kan worden toegepast. Deze extra afhankelijkheid moet worden toegevoegd om een betere selectie te kunnen maken.

De selectie van eigenschappen is (nog) niet praktisch. Beter is het om onderscheid te maken in afzonderlijke bouwobjecten. Problemen met verantwoordelijkheden van gedeelde bouwobjecten kunnen zo worden voorkomen.

De enige manier om het stappenplan te verbeteren is het stappenplan toe te passen en te evalueren. Daarnaast wordt aanbevolen de ontwikkelingen van BIM te volgen. Relevante ontwikkelingen zijn beschreven in Bijlage M. Met name de IFD en IDM kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de uitwisselbaarheid van BIM.

8.2 Inventarisatie BIM-software

In het vorige hoofdstuk is geconcludeerd dat het certificeringproces van de IAI de softwareleveranciers nog niet voldoende forceert de IFC op de gewenste manier te ondersteunen. Voor de gebruikers is het certificaat betekenisloos. Aanbevolen wordt het certificeringproces uit handen te geven aan een externe partij.

De ondersteuning van de IFC in BIM-software is in ontwikkeling. Aanbevolen wordt deze ontwikkeling te volgen en vervolgens te sturen. Van de verschillende BIM-software moet worden vastgesteld in welke mate zij IFC ondersteunen. Hiervoor moet een inventarisatie worden uitgevoerd van de huidige en toekomstige BIM-software. In Bijlage C is alleen een kwalitatieve beschrijving van een aantal BIM-software gegeven. Ander onderzoek (van den Berg en de Jonge, 2005) is verouderd en aanbevolen wordt

dit onderzoek te vernieuwen. In hoeverre BIM-software de IFC ondersteunen hangt onder andere af van de mapping-mogelijkheden, zowel op object- als eigenschappenniveau, en het gebruik van standaard property sets.

De inventarisatie zou ook de uitwisseling tussen BIM-software moeten tonen. Noodzakelijk is om meer inzicht te krijgen in de (on)mogelijkheden tussen BIM-software onderling. Niet alleen de uitwisseling op basis van IFC zou moeten worden onderzocht, maar ook andere mogelijkheden, zoals een directe koppeling. Aanbevolen wordt een matrix op te stellen die de mate van uitwisseling toont tussen de huidige BIM-software. Een generiek proces is wenselijk om de matrix aan te vullen met toekomstige BIM-software.

8.3 Factoren implementatie

Een groot deel van de praktische belemmeringen kunnen worden opgelost door het stappenplan aan te vullen en te verbeteren. Voor een succesvolle implementatie moet men zich ook bedacht zijn van meer politieke, juridische en commerciële belemmeringen.

- De versnippering en het eenmalige karakter in de bouw zorgen voor relatief lage investeringen. Investerings in de ontwikkeling van BIM hebben vooral nut als meerdere projectpartners gezamenlijk BIM willen toepassen. De vorming van overkoepelende organisaties moet worden gestimuleerd door gerichte subsidies en gezamenlijke investeringen. Het aantal organisaties moet wel worden beperkt en hun doelen moeten duidelijk verschillend en toch complementair zijn.
- De opdrachtgever moet een belangrijke rol krijgen bij de implementatie van BIM. Deze projectpartner is beperkt behandeld in dit rapport. De opdrachtgever kan de ontwerpende projectpartners dwingen tot het gebruik van BIM. De voordelen van BIM voor de opdrachtgever zijn een lagere prijs of meer waarde. Als opdrachtgevers het gebruik van BIM eisen worden projectpartners gedwongen te investeren in BIM. De techniek moet wel verder ontwikkeld zijn, zodat projectpartners aan de eisen van opdrachtgevers kunnen voldoen.

In nieuwe geïntegreerde contractvormen in de bouw krijgen uitvoerende projectpartners meer verantwoordelijkheden. Deze leidende projectpartners hebben de mogelijkheid andere partners te selecteren op het gebruik van BIM. Leidende projectpartners moet een sturende rol hebben in bouwprojecten. Andere projectpartners moeten aansluiten bij deze ontwikkeling zonder hun onafhankelijkheid te verliezen.

- Het werkelijke nut van BIM voor zowel de opdrachtgevers als projectpartners is moeilijk vast te leggen. Opdrachtgevers kunnen pas het gebruik van BIM eisen als de voordelen onbetwistbaar zijn. Ook de projectpartners zullen pas op grote schaal BIM willen toepassen als de voordelen zichtbaar zijn. Het is daarom aan te bevelen de implementatie te monitoren. De resultaten van de implementatie kunnen worden vastgelegd en gekwantificeerd met een score. Hiervoor kan bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van het Capability Maturity Model (CMM). Een CMM is

opgenomen in de National Building Information Modeling Standard (NIBS, 2007, p. 75-82). Met een eenvoudige Excel-sheet kan het niveau van BIM in een bouwproject worden bepaald. Het CMM is ook een raamwerk voor procesverbetering (Razvi, 2008). Het CMM maakt inzichtelijk hoe het bouwproces verbeterd kan worden. Projectpartners kunnen concrete doelen stellen en verbeteringen kunnen worden getoetst.

8.4 Nader onderzoek

Voor de volledigheid wordt aanbevolen een aantal onderwerpen nader te onderzoeken.

- Kenmerkend voor een bouwproject zijn de verschillende projectpartners die samenwerken aan het tot stand komen van één product. Projectpartners onderscheiden zich door de manier waarop zij hun werk doen en hoe zij zich organiseren. Op basis van deze twee geeft Coxe e.a. (1987) organisatie- en managementstrategieën. De implementatie en toepassing van BIM verschilt per projectpartner. In dit afstudeerproject is hier geen rekening mee gehouden. Aangenomen wordt dat de resultaten van dit project van toepassing zijn voor een aannemer zoals Strukton vanwege de begeleiding gedurende het project. Extra onderzoek is nodig naar het gebruik van het stappenplan door andere projectpartners.
- Publieke opdrachtgevers kunnen projectpartners dwingen BIM toe te passen met wettelijke regelingen. Andersom kunnen wettelijke en contractuele zaken belemmerend werken voor het gebruik van BIM. Meer onderzoek naar wettelijke belemmeringen, zoals bescherming van auteursrecht, is nodig voor een succesvolle implementatie van BIM.
- Als laatste is aan te bevelen het onderzoek naar de praktische haalbaarheid voort te zetten. In de scenario's is beschreven hoe projectpartners het stappenplan kunnen gebruiken. Met de scenario's is vooral het gebruik van het stappenplan gedemonstreerd. Daarnaast moet nader onderzoek worden verricht naar de bijbehorende procedures. Verder onderzocht moet worden hoe projectpartners bestanden kunnen uitwisselen en welke systemen hiervoor gebruikt kunnen worden. Het berichtenverkeer tussen de projectpartners is niet behandeld in dit afstudeerproject. Het bouwafsprakenstelsel VISI richt zich onder andere op het structureren van het berichtenverkeer, zie Bijlage B. Onderzocht moet worden hoe het stappenplan aan kan sluiten initiatieven zoals VISI.

Literatuurlijst

- Adriaanse, A. M. (2007). *The use of interorganisational ICT in construction projects. A Critical Perspective*. Enschede, University of Twente.
- Aouad, G., Lee, A., Wu, S. (red.) (2007). *Constructing the future. nD modelling*. Londen, Taylor & Francis.
- Autodesk (2003). *Building Information Modeling in Practise*. White Paper. San Rafael, Autodesk. http://images.autodesk.com/adsk/files/bim_in_practice.pdf (geraadpleegd op 05.11.2007)
- Autodesk Maya (2008). [online]. Autodesk. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=7635018> (geraadpleegd op 26.02.2008)
- Bentley (2008). *ProjectWise Collaboration System*. [online]. Bentley Systems <http://www.bentley.com/en-US/Products/ProjectWise> (geraadpleegd op 25.02.2008)
- Berg, M. van den, Jonge, M. de (2005). *Technische haalbaarheid. Onderzoek in het kader van Haalbaarheidsonderzoek Integratie van het bouwproces doormiddel van 3D-systemen. Bijlage B. Rapportage* (pdf-document). Gouda, CUR.
- BNA, ONRI (2005). *Standaardtaakbeschrijving DNR-STB 2005*. (pdf-document) <http://www.bna.nl/binaries/bna-downloads/dnr-en-cr/standaardtaakbeschrijving.pdf> (geraadpleegd op 03.03.2008)
- Bouwman, J.W., Schaap, H.A. (2006). *Toekomst voor het bouwproces. Een 3D-objectbenadering*. Rapport van de onderzoeksfase van het programma COINS. Gouda, CUR.
- buildingSMART Gemany (2007). *IFC zertifizierte Software*. [online]. München, Industrieallianz für Interoperabilität. http://www.buildingsmart.de/2/2_01_01.htm (geraadpleegd op 22.1.2008)
- CADVisual Group (s.d.). EPM TECH ASA – Noorwegen. [online]. <http://www.cadvisual.nl/24x8x0.xhtml> (geraadpleegd op 17.01.2008)
- Coenders, J.L.(2007). *Interfacing between parametric associative and structural software*. Paper (pdf-document). (gelezen op http://www.jlcoenders.nl/joomla/images/publications/20070418_paper_jlcoenders.pdf)
- Coxe, W. e.a. (1987). *Success strategies for design professionals. Superpositioning for architecture & engineering firms*. New York, MCGraw-Hill Book Company.
- Davies, N. (2005). *IT Issues With Collaboration and Model-Based Design*. [online]. Evolve TechCon Ltd, 2007. http://www.evolve-consultancy.com/downloads/AECST2005-ITIssuesWithCollaborationAndModelBasedDesign_files/frame.htm (geraadpleegd op 26.11.2007)
- de Architect online (2008). *DUO² geselecteerd voor PPS-aanbesteding rijkskantoor Groningen PPS*. [online]. Den Haag, Sdu uitgevers. http://www.dearchitect.nl/architect/index.jsp?url=http://www.dearchitect.nl/architect/nieuws_vakinformatie/toon_nieuwsbericht.jsp?di=400892 (geraadpleegd op 02.04.2008)
- Digital Construction (2007). *3D CAD Manual 2006*. Ballerup (DK), bips.
- Ecotect (2008). *Square one research*. [online]. <http://www.squ1.com/products/ecotect>

(geraadpleegd op 25.02.2008)

Faulkner, L. (2006). 'Super Models', *Modern Steel Construction*. november (2006):57-59. (gelezen op <http://www.coinsweb.nl/downloads/SuperModels.pdf>)

Gehry Technologies (2004). *GT Solutions: Digital project*. [online]. California, Gehry Technologies. <http://www.gehrytechnologies.com> (geraadpleegd op 02.11.2007)

Groot, E. A. J. de (2008). *Projectorganisaties structureren. Beslismodel voor organisatiestructuren van horizontaal en verticaal geïntegreerde projectorganisaties in de bouwsector*. Afstudeerrapport Universiteit Twente.

Holzer, D. (2007). *Are you talking to me? Why BIM alone is not the answer*. [online]. Association of Architecture in Australasia. <http://epress.lib.uts.edu.au/ocs/index.php/AASA/2007/paper/view/48> (geraadpleegd op 10.10.07)

IAI Forum Denmark. (2006). *IFC Exchange Guide between 3D CAD applications – April 2006*. (pdf-document). http://iai-forum.teknologisk.dk/root/media/22001_IFC%20Exchange%20Guide,%20April%202006.pdf (geraadpleegd op 08.11.2007)

IAI International. [online] IAI International. <http://www.iai-international.org> (geraadpleegd op 12.11.2007)

IDM Project. [online]. IAI Norge. <http://www.iai.no/idm> (geraadpleegd op 08.01.2008)

Jonge, M. F. de (22.02.07). *Building Information Modelling (BIM). De koppeling naar planning (4D)*. Presentatie (pdf-document). Stumico. <http://www.stumico.nl/docs/9de%20ICT%20in%20de%20E-Bouw/Menno%20de%20Jonge.pdf> (geraadpleegd op 10.10.2007)

Jongkind, T. (s.d.). *Elementenmethode*. [online]. Amsterdam, BNA. <http://www.nl-sfb.bk.tudelft.nl> (geraadpleegd op 15.04.2008)

Kiljan, D. J. (2002). *Integraal ontwerpen & ICT. Productmodellering in de bouwpraktijk*. Afstudeeronderzoek. TU Delft, faculteit CiTG.

Kiviniemi, A. (2007). *Support for Building Elements in the IFC 2x3 Implementations based on 6th Certification Workshop Results in May 2007*. (word-document). http://www.coinsweb.nl/downloads/IFC_2x3_Data_Exchange.doc (geraadpleegd op 07.11.2007)

Knittle, B. (2007). *Multi-Disciplinary Collaboration in Revit*. [online]. AECbytes (31.07.2007). <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2007/issue20-revit.html> (geraadpleegd op 01.08.2007)

Lachmi Khemlani (2004). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. [online]. AECbytes (30.03.2004). http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel_pr.html (geraadpleegd op 24.10.2007)

Laverman, W. (2007). *Bim, bir, bom, het Bouwwerk Informatie Model komt er aan!* Artikel buildinginnovation maart 2007 (pdf-document). PSIBouw. http://www.psibouw.nl/upload/documents/Projecten/Bim_%20bir_%20bom_%20het_Bouwwerk_Informatie_Model_komt_%20eraan_%20uit_BI_%20maart_2007.pdf (geraadpleegd op 15.10.2007)

Liebuch, T., Hoffeller, T. (2006). *Anwenderhandbuch Datenaustausch BIM/IFC*. München, IAI. <http://www.buildingsmart.de/anwenderhandbuch.htm> (geraadpleegd op

22.10.2007)

NEN 2634: 2002. *Termen, definities en regels voor het overdragen van gegevens over kosten- en kwaliteitsaspecten voor bouwprojecten*. Delft, Nederlands Normalisatie-instituut.

NIBS (2007). *National Building Information Modeling Standard. Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies*. National Institute of Building Sciences. http://www.facilityinformationcouncil.org/bim/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf (geraadpleegd op 09.06.2008)

Pazlar, T., Turk, Z. (2008). *Interoperability in practise: geometric data exchange using the IFC standard*. ITcon Vol. 13, p. 362-380. http://www.itcon.org/data/works/att/2008_24.content.00881.pdf (geraadpleegd op 03.07.2008)

PSIBouw (s.d.). *BIR and BIM*. Brochure (pdf-document). Gouda, PSIBouw. http://www.psibouw.nl/upload/documents/publicaties/BIR_BIM_brochure_quick_qliq_en_gels.pdf (geraadpleegd op 15.10.2007)

Razvi, S. (2008). *BIM and the Process Improvement Movement: Building a Case for a Combined BIM-CMMI Framework*. [online]. AECbytes (06.06.2008). <http://www.aecbytes.com/feature/2008/BIM-CMMI.html> (geraadpleegd op 09.06.2008)

Rhinoceros (2007). *Modeling tools for designers*. [online]. McNeel. <http://www.rhino3d.com> (geraadpleegd op 26.02.2008)

Robbemondt, H. M. (2008). *Een IFC Benchmark. Hoe het Building SMART concept de bouw kan veranderen*. Afstudeerrapport TU Eindhoven.

SCIA (2007). [online]. SCIA International. http://www.scia-online.com/net/our_solutions.html (geraadpleegd op 16.11.2007)

Sectie CBK, Faculteit CiTG, TU Delft (2003). *Organisatie van het bouwen*. Collegedictaat CT1210.

Strukton Integralen Projecten (s.d.). *PPS Huisvesting IB Groep en Belastingdienst Groningen*. [online]. Utrecht, Strukton Integralen Projecten. <http://www.struktonpps.com/nl-nl/Projects/ProjectslistInuitvoering/Pages/InfomatieBeheerGroepenBelastingdienstgroningen.aspx> (geraadpleegd op 10.10.2007)

Tekla (2007). *Tekla Structures was BIM before BIM was invented*. [online]. TEKLA. http://www.tekla.com/user_nf/default.asp?root_id=12624&ala_id=13854&mode=readdoc&r=13854&site=1 (geraadpleegd op 05.11.2007)

USP Marketing Consultants (2007). *Gebrekkige communicatie grootste veroorzaker faalkosten. Ook de uitvoerbaarheid van het ontwerp zou beduidend meer aandacht mogen krijgen*. Persbericht (pdf-document). Rotterdam, USP Marketing Consultants. http://www.usp-mc.nl/UserFiles/File/persberichten/okt07_07.pdf (geraadpleegd op 24.04.2008)

USP Marketing Consultants (2008). *Faalkosten in de bouw naar hoogtepunt. Geschatte verspilling in 2007: €6,2 miljard*. Persbericht (pdf-document). Rotterdam, USP Marketing Consultants. http://www.usp-mc.nl/UserFiles/File/persberichten/april08_1.pdf (geraadpleegd op 24.04.2008)

Wix, J. e.a. (2007). *The Information Delivery Manual – IDM*. [online]. <http://idm.buildingsmart.nl/confluence/display/IDM/Home> (geraadpleegd op 16.01.2008)

Bijlagen

| | |
|--|------------|
| Bijlage A - Persoonsgegevens | 89 |
| A.1 Afstudeercommissie | 89 |
| A.2 Afstudeerder | 89 |
| Bijlage B - Organisaties | 91 |
| B.1 Beschrijving organisaties | 93 |
| B.2 Referentieprojecten | 97 |
| Bijlage C - BIM-software | 99 |
| C.1 Allplan | 99 |
| C.2 ArchiCAD | 99 |
| C.3 AutoCAD Architecture | 99 |
| C.4 Bentley Building | 100 |
| C.5 Data Design System | 100 |
| C.6 Digital Project | 100 |
| C.7 MagiCAD | 101 |
| C.8 Revit | 102 |
| C.9 Tekla Structures | 102 |
| Bijlage D - Interview projectpartners | 105 |
| Bijlage E - Tekening overzichtlijst NEN2574 | 107 |
| Bijlage F - Business Process Modelling Notation | 109 |
| Bijlage G - Categorie-indeling installaties | 111 |
| Bijlage H - Uitwisseling bouwobjecten | 113 |
| Bijlage J - Bouwobjecten in IFC-model | 133 |
| J.1 Eigenschappen | 134 |
| J.1.1 Positie en oriëntatie | 134 |
| J.1.2 Eenheid | 135 |
| J.1.3 Materiaal | 136 |
| J.2 Ruimte | 138 |
| J.3 Kolom en ligger | 138 |
| J.4 Wand | 140 |
| J.5 Vloer en dak | 140 |
| J.6 Opening | 141 |
| J.7 Deur en raam | 142 |
| J.8 Fundering | 143 |
| J.9 Installatie | 143 |
| J.10 Stramien | 143 |

| | |
|---|------------|
| Bijlage K - Mapping van Revit naar IFC | 145 |
| K.1 Exportopties | 145 |
| K.2 Importopties | 147 |
| Bijlage L - Selectieblad | 149 |
| Bijlage M - Ontwikkelingen | 153 |
| M.1 Information Delivery Manual | 154 |
| M.1.1 Doel | 154 |
| M.1.2 Aanvulling op IFC-model | 155 |
| M.1.3 Opbouw | 155 |
| M.1.4 Kanttekeningen | 157 |
| M.2 International Framework for Dictionaries | 157 |
| M.3 Modelserver | 159 |
| M.3.1 Fidumo | 160 |
| M.3.2 EDMserver | 160 |
| M.4 Product Modelling Ontology | 162 |
| M.5 Systems Engineering | 164 |

Bijlage A - Persoonsgegevens

A.1 Afstudeercommissie

TU Delft

prof. ir. L.A.G. Wagemans (voorzitter)
Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
Stevinweg 1, kamer St. II 1.60
2628 CN DELFT
015-2784752
L.A.G.Wagemans@tudelft.nl

ir. J.L. Coenders
Civiele Techniek & Geowetenschappen
Sectie Gebouwen & Civieltechnische Constructies
Stevinweg 1, kamer St. II 1.60
2628 CN DELFT
015-2785711
J.L.Coenders@tudelft.nl

dr. ir. R.M.F. Stouffs
Bouwkunde
Technische Ontwerp & Informatica
Berlageweg 1, kamer 6.04
2628 CR DELFT
015-2781295
R.M.F.Stouffs@tudelft.nl

Strukton Engineering

ir. R. A. van Rijswijk
Westkanaaldijk 2
3542 DA UTRECHT
030-2486240
rrijswijk@strukton.com

A.2 Afstudeerder

| | |
|--|--|
| P.J. van Mourik BSc, studienummer 1143352 | |
| C Vonkplantsoen 32 | Westkanaaldijk 2 |
| 3207 WS SPIJKENISSE | 3542 DA UTRECHT |
| 06-16924535 | 030-2487201 |
| P.J.vanMourik@student.tudelft.nl | pmourik@strukton.com |

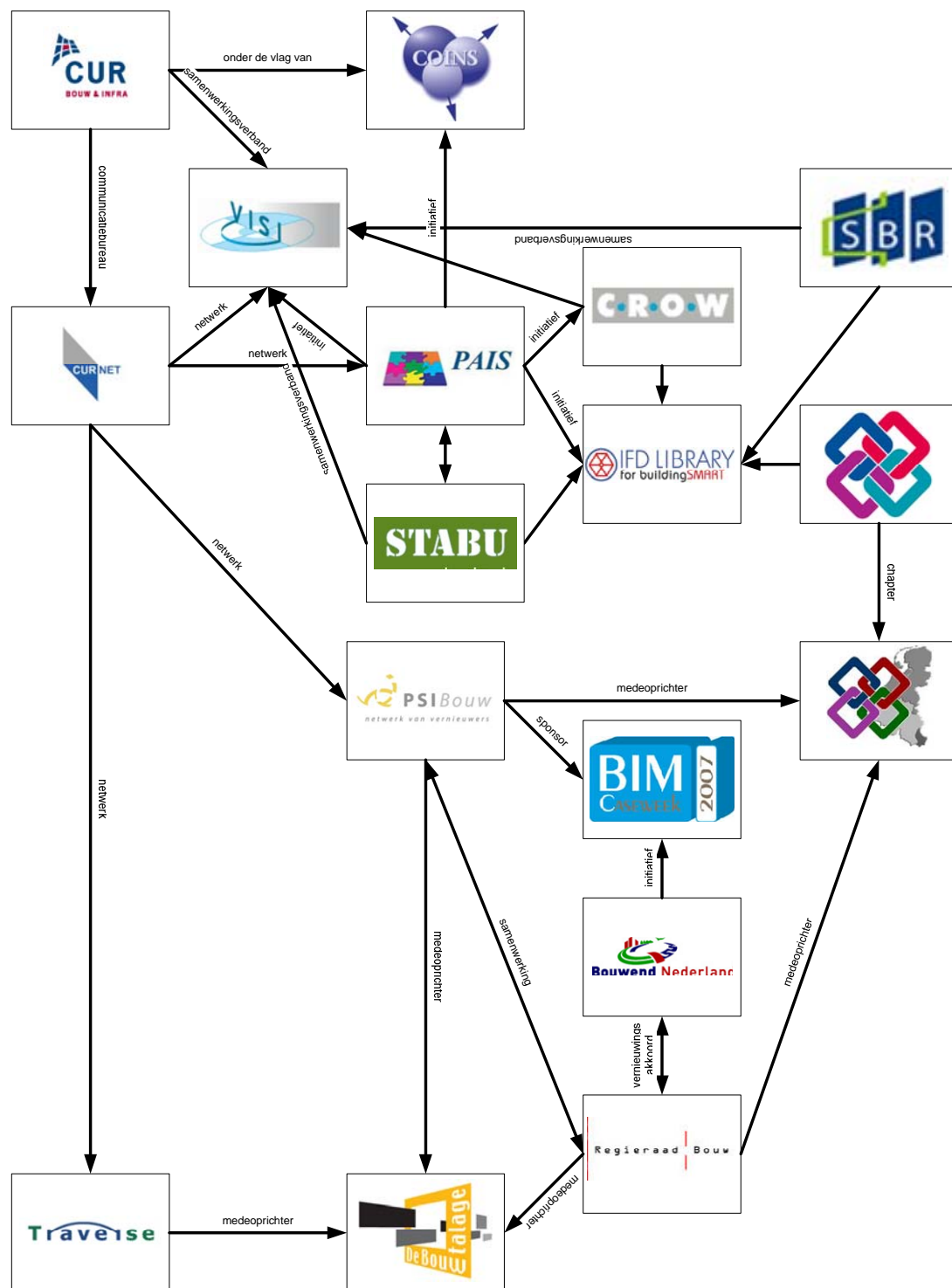
Bijlage B - Organisaties

Meerdere organisaties houden zich bezig met het stimuleren en implementeren van innovaties in de bouw. Veel innovaties hebben betrekking op ICT-toepassingen. De meeste ICT-toepassingen hebben tot doel de communicatie tussen projectpartners te verbeteren. Dit gebeurt onder andere door afsprakenstelsels over bouwobjecten en bouwprocessen.

Organisaties zoals de Regieraad Bouw en PSIBouw onderstrepen het belang van BIM in Nederland. Dit heeft geleid tot de oprichting van een IAI-Chapter voor de Benelux.

Op verschillende manieren houden de organisaties verband met elkaar. Organisaties ondersteunen elkaar en werken samen aan projecten. Een schematische weergave van een aantal verbanden tussen de verschillende organisaties is gegeven in het figuur op de volgende pagina.

Uit het figuur blijkt dat veel organisaties op één of andere manier betrokken zijn bij het stimuleren en implementeren van BIM in Nederland.



Figuur B.1 Schematische weergave verbanden tussen organisaties

B.1 Beschrijving organisaties

- **BIMCaseweek**
De BIMCaseweek 2007 was een initiatief van het Platform Virtueel Bouwen (PVB), een werkgroep van Bouwend Nederland. Het platform zet zich in om BIM verder te implementeren in de Nederlandse bouwsector. Brancheorganisaties, softwareleveranciers en opdrachtgevers hebben het initiatief omarmd en leverden een bijdrage aan deze week.

Tijdens de BIMCaseweek gingen architecten, aannemers, installateurs, toeleveranciers en softwareleveranciers samen met een opdrachtgever een virtueel werk realiseren met behulp van BIM. Strukton Engineering was deelnemer en Strukton sponsor.

Internet: <http://www.bimcaseweek.nl>

- **BouwEtalage**
De BouwEtalage is een website die in 2005 in het leven werd geroepen om innovatieve bouwprojecten in de schijnwerper te zetten. Deze voorbeelden dienen als inspiratiebron voor opdrachtgevers en opdrachtnemers die zelf vernieuwingen willen doorvoeren in hun projecten. De stichting Traverse, de Regieraad Bouw en PSIBouw hebben hiertoe hun krachten gebundeld.
Internet: <http://www.debouwetalage.nl>

- **Bouwend Nederland**
Bouwend Nederland is de vereniging van bouw- en infrabedrijven. De visie van de vereniging op ICT is dat dit een belangrijk hulpmiddel is. Het uitgangspunt is: 'Eerst organiseren, dan automatiseren'. Eén van de actiepunten is de noodzakelijke standaardisatie van gegevensuitwisseling. Het platform voor kennis- en ervaringsuitwisseling op het gebied van ICT is de contactgroep ICT (Cogrit).
Internet: <http://www.bouwendnederland.nl>

Met betrekking tot virtueel bouwen is het platform Virtueel Bouwen (PVB) opgericht. PVB is een werkgroep van Bouwend Nederland en onderdeel van Cogrit. Eén van de doelen van PVB is de voordelen van BIM optimaal te benutten door zowel de faalkosten als de realisatietijd te reduceren. Strukton is één van de leden.

Initiatief van PVB was de BIMCaseweek van 19 t/m 23 november 2007.

- **COINS**
Het COINS-programma streeft naar procesverbetering en gezamenlijk informatiegebruik in de bouwsector. Om dit doel te bereiken ontwikkelt COINS sectorbrede afsprakenstelsels over informatie van 3D-bouwobjecten en afsprakenstelsels over de werkwijze. COINS is aangesloten bij het buildingSMART-programma dat een initiatief is van de International Alliance for Interoperability (IAI). Strukton Engineering is deelnemer.

De onderzoeksfase van het COINS-project is uitgevoerd met steun vanuit SenterNovem en PSIBouw. Een verdere concretisering zal plaatsvinden in een

vervolgfase onder de vlag van de CUR.

Internet: <http://www.coinsweb.nl>

- CROW
CROW wil kennis toepasbaar maken voor de praktijk. Binnen het thema kennisoverdracht zijn onder andere de programma's VISI, GWW-objectenbibliotheek, PAIS en PSIBouw ondergebracht.

De objectenbibliotheek voor de GWW-sector (CROW-OB) biedt ondersteuning om objecten eenduidig te beschrijven en te begrenzen. Het gaat hierbij om de communicatie over de objecten. Met de bibliotheek kan de efficiëntie in de uitwisseling van digitale data-afhandeling toenemen. De CROW-OB is één van de projecten die de basis vormen van PAIS.

Internet: <http://www.crow.nl>

- CUR Bouw & Infra
CUR Bouw & Infra is een netwerk van kennisvragers en kennisaanbieders uit overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen. Het aandachtsgebied is de civiele techniek met aanverwante vakgebieden: materialen en (beton)constructies, geotechniek, waterbouw en het bouwproces. CUR Bouw & Infra heeft tot doel kennis en kunde op het gebied van bouwen en civiele techniek te bevorderen.
Internet: <http://www.cur.nl>

CUR maakt gebruik van het CURNET communicatiebureau.

Producten van CUR zijn onder andere aanbevelingen, rapporten en brochures. CUR publiceert bijvoorbeeld rapporten van COINS.

- CURNET
CURNET is een netwerk van projecten, programma's en andere kennisallianties die zich richten op kennis- en competentieontwikkeling rond ruimte, bouw, bodem, land en water.
Internet: <http://www.curnet.nl>
- IAI-Chapter Benelux of buildingSMART
Dit is een vereniging die de Benelux vertegenwoordigt in de wereldwijde IAI.
Internet: <http://www.buildingsmart.info>
- International Alliance for Interoperability
IAI is een alliantie van organisaties toegewijd om een gecoördineerde verandering te brengen in de verbetering van de productiviteit en efficiëntie in de bouw, beheer en management industrie (Building Smart).
Internet: <http://www.iai-international.org>
- IFD Library
De IFD Library komt voort uit de samenwerking van het Noorse BARBI en de Nederlandse STABU LexiCon gericht op de IAI. Onder de naam IFD Library wordt verder gewerkt aan de internationale standaard. Dit is een belangrijke stap in de

ontwikkeling van onderlinge uitwisselbaarheid van informatie tussen verschillende objectenbibliotheken voor de bouw.

De doelstelling van de IFD Library for buildingSMART is de ontwikkeling en beheer van richtlijnen voor de opbouw van objectenbibliotheken en ontwikkeling, distributie en beheer van een objectenbibliotheek voor de B&U- sector op basis van die richtlijnen.

Internet: <http://www.ifd-library.org>

- PAIS

Binnen de bouwwereld (GWW en B&U) zijn belangrijke initiatieven op het gebied van informatietechnische afsprakenstelsels gebundeld in het Platform Afstemming Informatietechnische Structuur (PAIS in de bouw en infra).

Internet: <http://www.paisbouw.nl>

Volgens PAIS zijn goede afspraken over het proces en de inhoud noodzakelijk in een bouwproject. Het probleem is daarbij drieledig:

1. 14% van de bouwsom bestaat uit onnodige kosten als gevolg van gebrekkige samenwerking en miscommunicatie);
2. Zodra informatie wordt uitgewisseld, is er informatieverlies (vertaalslagen van applicaties, handmatig invoeren van informatie, actualiteit van de projectdocumenten);
3. Onvoldoende benutting (schroom) van de mogelijkheden die ICT biedt.

PAIS heeft onder andere tot doel dat projectpartners met afspraken gestructureerd kunnen samenwerken en informatie uitwisselen.

Vijf overheidsopdrachtgevers hebben aangegeven gevalideerde bouwafsprakenstelsels voor te schrijven in hun projecten. Eén van de voordelen zijn de voorwaarden voor optimaal gebruik van ICT. Eenmaal ingevoerde informatie wordt hergebruikt evenals 'betekenisvolle' uitwisseling en geen informatieverlies.

Volgens PAIS zullen de gebruikers uiteindelijk merken dat de uitwisseling van data tussen verschillende software pakketten steeds beter mogelijk is.

Zie Efficiëntie verbetering in het bouwproces
(<http://www.clearmind.nu/pdfverslag.php?blobid=13>).

Initiatieven van PAIS zijn onder andere COINS, VISI, CROW en IFD Library.

- PSIBouw

PSIBouw (Proces- en SysteemInnovatie in de bouw) is het innovatieprogramma van de bouwsector, waarin opdrachtgevers, bouwbedrijven, adviseurs en wetenschap hun kennis over en ervaring met innovatie samenbrengen.

Internet: <http://www.psibouw.nl>

- **Regieraad Bouw**
De Regieraad Bouw is door de overheid in het leven geroepen om noodzakelijke vernieuwingen in de bouw aan te jagen. Belangrijke pijlers van de gewenste cultuurverandering binnen de sector zijn Transparantie, Innovatie en Kwaliteit/prijsverhouding.
Internet: <http://www.regieraadbouw.nl>
- **SBR**
SBR probeert partijen bij elkaar te brengen, verzamelt vakinformatie en zorgt dat die kennis op de juiste plek terecht komt. Het is een kenniscentrum voor B&U.
Internet: <http://www.sbr.nl>
- **STABU**
STABU is een samenwerkingsverband tussen de partners in de bouwnijverheid. De taak van STABU is het uitgeven en beheren van een bouwbreed informatiesysteem voor de woning- en utiliteitsbouw.
Internet: <http://www.stabu.org>
- **Traverse**
Traverse is een onafhankelijke stichting met als doel het bevorderen van kennisoverdracht. In de praktijk betekent dit dat Traverse een uitwisselingsplatform wil zijn tussen bedrijven, overheden en instituten op het gebied van het inrichten en het beheer van de bebouwde en natuurlijke omgeving van de mens.
Internet: <http://www.traverse.nl>

In opdracht van de Regieraad Bouw heeft Traverse het project de BouwEtalage uitgevoerd.

- **VISI**
VISI staat voor 'Voorwaarden scheppen voor Invoeren van Standaardisatie ICT in de bouw'. Het bouwafsprakenstelsel VISI richt zich onder andere op het structureren van het berichtenverkeer. Afgesproken wordt welke informatie wordt uitgewisseld. Eenvoudig gezegd komt het er op neer dat VISI tot doel heeft eenduidige afspraken te maken over de (digitale) communicatie op raakvlakken tussen partijen in bouwprojecten.

Interessant is dat VISI dezelfde voordelen meent te hebben als BIM. De voordelen van VISI zijn ook minder bouwfouten, minder dubbelwerk, sneller en efficiënter bouwproces en daling kosten.

Internet: <http://www.visi.nl>

VISI is een samenwerkingsverband van CUR, CROW en SBR.

B.2 Referentieprojecten

De organisaties die betrekking hebben op de ontwikkelingen van BIM in Nederland houden zich vooral bezig met de promotie en stimulatie van BIM. Daarnaast is er vooral sprake van het ondersteunen van elkaars initiatieven. Geen van de organisaties heeft concrete pilotprojecten uitgevoerd die ter referentie kunnen dienen.

Het COINS-project heeft een verkennings- en onderzoeksfase doorlopen en bevindt zich nu in de ontwikkel/toepassingsfase. De ontwikkelingen moeten samengaan met praktijkbeproevingen. De praktijkprojecten beperken zich echter tot het genereren van hoeveelheden uit een 3D-model of Systems Engineering met 3D. COINS onderzoekt de uitwisseling van BIM alleen op papier.

Veel projecten die worden uitgevoerd door bijvoorbeeld PAIS hebben betrekking op de communicatie tussen de projectpartners. Het project VISI legt de nadruk op het standaardiseren van het berichtenverkeer. Bij dit soort projecten gaat het meer om de organisatie van de communicatie.

De IFD Library streeft naar de uitwisseling van informatie tussen verschillende objectenbibliotheken voor de bouw. Nationale bibliotheken, zoals de STABU Lexicon in Nederland, worden op elkaar afgestemd. Het gaat dus niet om de uitwisseling van de informatie op zich.

Bij alle organisaties in Nederland gaat het vooral om de intentie om BIM te implementeren en zijn nog geen werkelijke bouwprojecten uitgevoerd. In Nederland zijn (nog) geen projecten uitgevoerd waarbij projectpartners één BIM-model gebruiken. In het buitenland is waarschijnlijk meer ervaring aanwezig. In de Verenigde Staten, Australië en Scandinavische landen is de ontwikkeling van BIM nadrukkelijk aanwezig. Onduidelijk zijn de overeenkomsten met de bouw in Nederland.

Bijlage C - BIM-software

C.1 Allplan

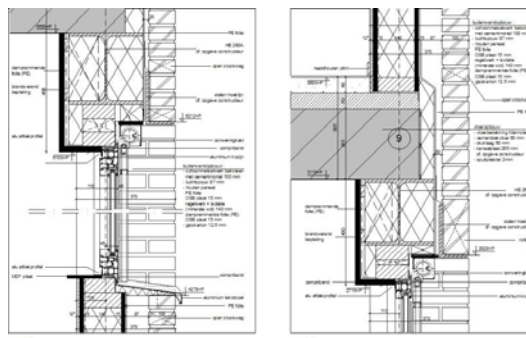
Allplan 3D Architecture is een bouwkundige applicatie die werkt met een 3D digitaal gebouwmodel. Volgens Allplan Nederland (Allplan) zijn en blijven 2D-tekeningen de basis voor de uitvoering in de bouw. Met Allplan kan het BIM-model worden gebruikt voor het genereren van doorsneden, plattegronden, gevels en referentiedetails. Allplan beschikt over een uitgebreide objectgeoriënteerde bouwdeelenbibliotheek. Door de intelligentie van de bouwdeelen wordt er onderscheid gemaakt tussen constructieve en niet-constructieve wanden. Hierdoor doorsnijden constructieve wanden automatisch de niet-constructieve wanden. Omdat architecten, bouwkundig adviseurs en bouwkundig tekenaars verschillende eisen stellen aan een CAD-systeem zijn er drie verschillende delen.

C.2 ArchiCAD

ArchiCAD is een ontwerp- en tekenpakket waarmee binnen één 2D/3D-model van een gebouw wordt gewerkt. Een gebouwmodel wordt opgebouwd met behulp van bouwelementen, zoals ramen, deuren, wanden, vloeren, daken en kolommen. Deze bouwelementen hebben een relatie met de omgeving waar ze in geplaatst zijn. Wijzigingen in het project worden automatisch verwerkt in 2D-views, tekeningen en berekeningen. ArchiCAD wordt ontwikkeld door Graphisoft waar zij de term Virtual Building gebruiken voor BIM (Kubus).



Figuur C.1 3D-model in ArchiCAD



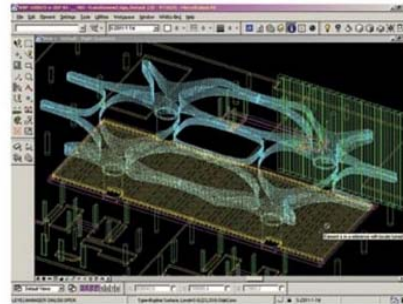
Figuur C.2 2D-detail in ArchiCAD

C.3 AutoCAD Architecture

AutoCAD Architecture was voorheen Architectural Desktop (ADT). Met AutoCAD Architecture kunnen architecten constructiedocumenten opstellen met de op AutoCAD gebaseerde functionaliteiten voor bouwkundig tekenen en ontwerpen. Met de AutoCAD-omgeving zijn traditionele tekenmethoden beschikbaar en met AutoCAD Architecture is het mogelijk sneller documentatie samen te stellen en coördinatietaken te automatiseren. Dit kan met behulp van de intelligente bouwobjecten.

C.4 Bentley Building

Bentley levert oplossingen voor BIM voor verschillende projectpartners. Met deze oplossingen worden alle fasen van een bouwproject ondersteund (Bentley, 2007). De geïntegreerde verzameling BIM-oplossingen bestaat onder andere uit Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Building Mechanical Systems en Bentley Building Electrical Systems.

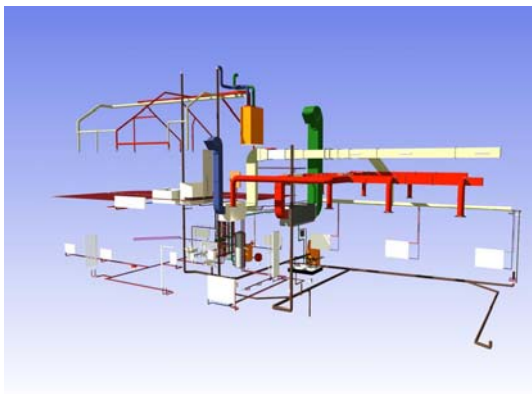


Figuur C.3 Screenshot BBC Broadcasting House - transfer beam Whitbybird (Bentley)

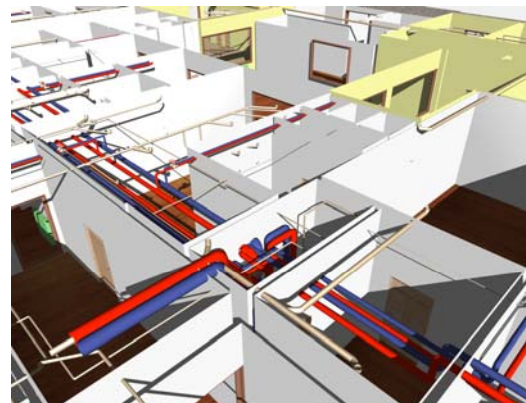
In de beginfasen van een project is associatief parametrisch modelleren mogelijk met GenerativeComponents. Door de geometrische vormen te modelleren en de relaties te bepalen kunnen snel alternatieve ontwerpen worden bekeken.

C.5 Data Design System

Data Design System (DDS) is een 3D CAD- en analyseapplicatie voor de installatietechniek. DDS bestaat uit de delen E-Partner en W-Partner. E-Partner is een geïntegreerd ontwerpsysteem dat gebruikers in staat stelt de productie en documentatie van een elektrische installatie te plannen. W-Partner doet hetzelfde voor water-, verwarming-, sanitair- en ventilatiesystemen. Beide systemen werken objectgeoriënteerd.



Figuur C.4 Visualisatie installaties in DDS



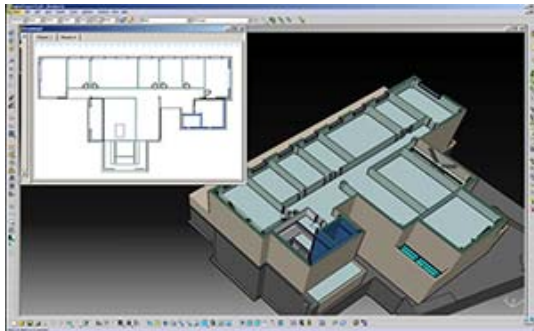
Figuur C.5 Visualisatie installaties in DDS

C.6 Digital Project

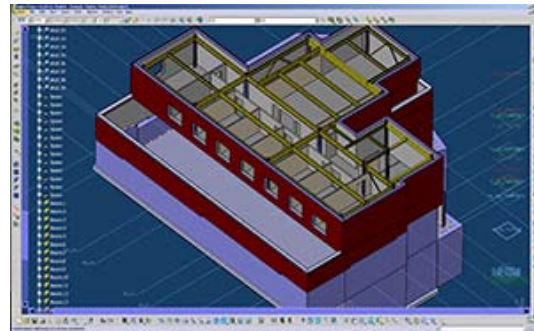
Digital Project (DP) van Gehry Technologies ondersteunt meerdere fasen van een bouwproject in digitale vorm. De applicatie is ontwikkeld op basis van technologieën in de vliegtuig-, automobiel- en productie-industrie. DP is gebaseerd op het CATIA

Dassault platform. Karakteristieken van het CATIA-systeem zijn volledige parametrische definitie, geschikt voor complexe vormen, alternatieve opslagmethoden en interoperabiliteit met subsystemen.

De basisproducten van DP zijn een Viewer, Foundation en Designer. Daarnaast zijn er verschillende Add-Ons, zoals Architecture & Structures. Met DP is het 3D parametrische ontwerpen mogelijk voor BIM. Deze BIM-software is gebaseerd op het functioneel modelleren paradigma en is gebouwd op de IFC-schema's en specificaties (Gehry Technologie 2004).



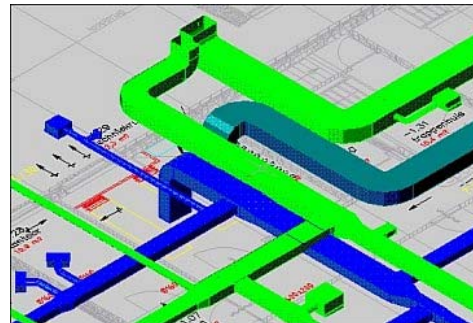
Figuur C.6 Screenshot Foundation



Figuur C.7 Screenshot Designer

C.7 MagiCAD

Met MagiCAD kunnen luchtkanaalsystemen 3D worden getekend of ontworpen in een plattegrondtekening van AutoCAD. Ontwerpen met MagiCAD betekent het plaatsen van roosters en luchtkanalen. Door bij de roosters de gewenste luchthoeveelheid op te geven kan het hele kanaalsysteem automatisch gedimensioneerd worden. Niet alleen worden de kanalen in de tekening volledig automatisch aangepast, maar ook alle bochten, T- stukken en verlopen worden geplaatst (Admea).



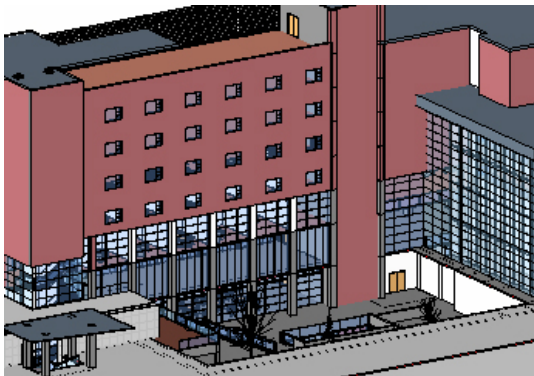
Figuur C.8 Luchtkanalen op 2D tekening

Met de module MagiCAD gebouwmodel kan een 3D-draadmodel worden gemaakt. Behalve de geometrie van het gebouw worden ook eigenschappen als U-waarde en wanddikte vastgelegd. Het 3D-model kan als basis dienen voor meerdere analyses.

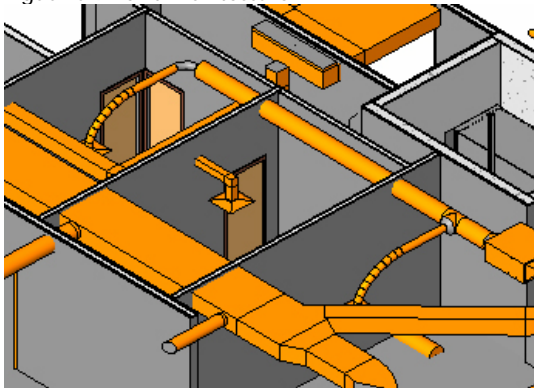
De luchtkanalen en vormstukken die worden getekend zijn zogenaamde AutoCAD RX objecten. Een RX object is meer dan een lijn of block. Het object heeft eigenschappen en een gedrag. Om de extra informatie te bekijken in AutoCAD is de Object Enabler nodig. Op deze manier wordt traditioneel gewerkt binnen een CAD-omgeving, maar waarbij de tekeningen extra informatie bevatten (Admea).

C.8 Revit

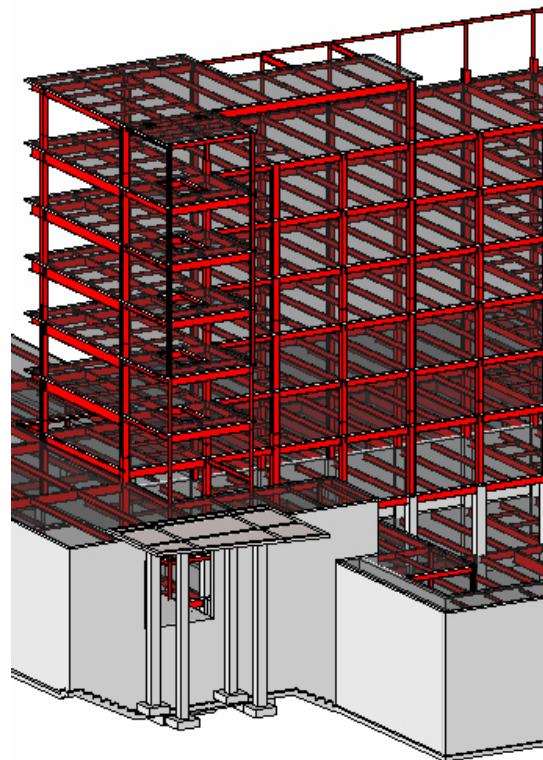
Revit van Autodesk bestaat uit de applicaties Revit Architecture, Revit Structure en Revit MEP. Met deze verdeling bestrijkt Autodesk meerdere disciplines. Met Revit is multidisciplinaire samenwerking mogelijk. Objecten kunnen worden gelinkt naar een ander model. Veranderingen worden gemonitord en verschillen tussen modellen worden gedetecteerd (Knittle, 2007).



Figuur C.9 Revit Architecture



Figuur C.10 Revit MEP



Figuur C.11 Revit Structure

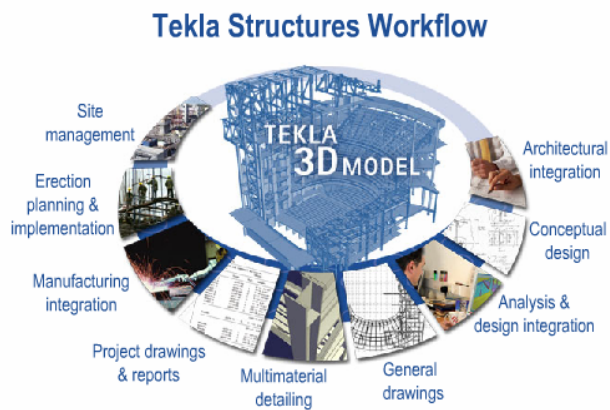
Revit is een ontwerpapplicatie dat uitgaat van een 3D-gebouwmodel, waarmee automatisch afgeleide tekeningen en hoeveelheden te genereren zijn. Vanaf de eerste schetsen tot en met alle benodigde werktekeningen wordt gebruik gemaakt van dezelfde gegevens. Gegevens van objecten worden geïntegreerd opgeslagen. Revit biedt de mogelijkheid beslissingen met ontwerpregels en relaties tussen elementen vast te houden. Met koppelingen en relatieve maatvoering worden deze regels vastgelegd en continue gecontroleerd.

C.9 Tekla Structures

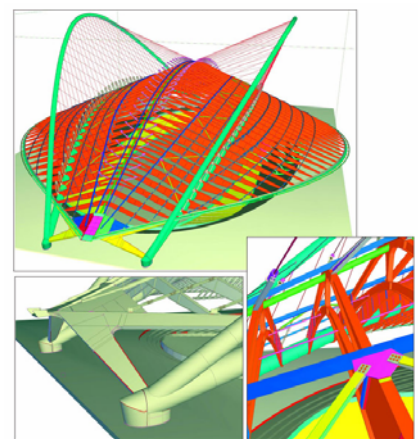
Tekla Structures was vroeger bekend als XSteel. Tekla is een BIM-applicatie met sterk de nadruk op detaillering en fabricage. Net als andere BIM-software maakt ook Tekla een compleet digitaal model van een bouwwerk. De tekeningen die van het model worden afgeleid zijn direct gekoppeld, maar worden alleen aangepast na openen of

printen. De tekeningen zijn opgeslagen in een aparte tekeningenmap in de totale projectmap. Door het efficiënt gestructureerde datamodel zijn de projectbestanden veel kleiner in vergelijking met andere applicaties. Een Tekla-model in de praktijk met meer dan een miljoen objecten is ongeveer 25 MB. Een vergelijkbaar model in Revit kan 200 MB zijn (Lachmi Khemlani, 2007).

De connectiviteit tussen objecten is niet vanzelfsprekend. De modelleur moet zelf de integriteit van het model bewaken. Daarentegen heeft hij meer vrijheid bij het ontwerp. Vrije vormgeving van generieke applicaties kunnen worden gebruikt als referentiemodel. Een voorbeeld is het Velodrome ontworpen door Santiago Calatrava voor de Olympische Spelen in 2004, zie Figuur C.13. Het constructieve ontwerp is gemaakt met behulp van Tekla Structures.



Figuur C.12 Workflow met Tekla-model (TEKLA, 2007)



Figuur C.13 Velodrome project in Athene (Lachmi Khemlani,2007)

Tekla Structures richt zich op het constructief ontwerpen en detailleren. Het maakt geen deel uit van een geïntegreerde BIM-oplossing, zoals Revit en Bentley. Daarom is veel gedaan aan de interoperabiliteit met andere applicaties en derde applicaties voor fabricage en uitvoering (Lachmi Khemlani, 2007).

Bronnen:

Allplan (s.d.). *Allplan Architecture*. [online]. Allplan Nederland. <http://www.allplan.nl> (geraadpleegd op 26.11.2007)

Admea (s.d.). *Admea MagCAD*. [online]. <http://www.magicad.nl> (geraadpleegd op 16.11.2007)

Bentley (2007). *Microstation*. [online]. Bentley Systems <http://www.bentley.com/nl-NL/Products/MicroStation/Index.htm?market=Building> (geraadpleegd op 26.11.2007)

CADVisual Group (s.d.). *EPM TECH ASA – Noorwegen*. [online]. <http://www.cadvisual.nl/24x8x0.xhtml> (geraadpleegd op 17.1.2008)

Gehry Technologies (2004). *GT Solutions: Digital project*. [online]. California: Gehry Technologies. <http://www.gehrytechnologies.com> (geraadpleegd op 2.11.2007)

Knittle, B. (2007). *Multi-Disciplinary Collaboration in Revit*. [online]. AECbytes Tips and

Tricks Issue (31.07.2007). <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2007/issue20-revit.html> (geraadpleegd op 16.11.2007)

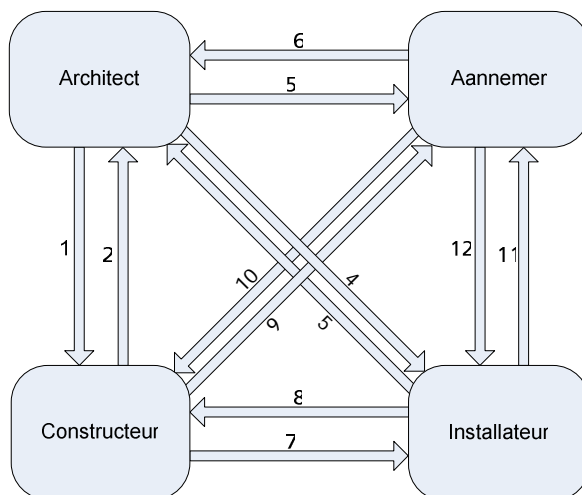
Kubus (s.d.). [online] Kubus architectural solutions. <http://www.kubusinfo.nl> (geraadpleegd op 5.11.2007)

Lachmi Khemlani, AECbytes (2007). *Tekla Structures*. [online]. AECbytes Product Review (14.11.2007). <http://www.aecbytes.com/review/2007/TeklaStructures.html> (geraadpleegd op 16.11.2007)

Tekla (2007). *Tekla Structures was BIM before BIM was invented*. [online]. TEKLA. http://www.tekla.com/user_nf/default.asp?root_id=12624&ala_id=13854&mode=readdoc&r=13854&site=1 (geraadpleegd op 5.11.2007)

Bijlage D - Interview projectpartners

Doel van de interviews is het in kaart brengen van de informatiestromen tussen de projectpartners. Uitgangspunt is dat de projectpartners samenwerken met een geïntegreerd contract. Naar traditionele contracten wordt niet gekeken.



Het eerste deel is een inventarisatie van de taken die een projectpartner uitvoert. Per taak moet worden bepaald wat de informatie-instroom en uitstroom zijn en met welke projectpartners.

Het tweede deel van het interview moet duidelijk maken waar de informatiestromen van afhankelijk zijn. Misschien zijn de informatiestromen afhankelijk van het soort project of in welke fase het project zich bevindt.

De ondervraagden zijn:

Architect: Do Janne Vermeulen, Meyer en van Schooten
Lars Nixdorff, UN Studio
Ramon van der Heijden, UN Studio

Constructeur: Jeroen Coenders, Arup
Linda Bukman, Arup
Rob Massop, Bartels
Rob van der Blonk, Strukton Engineering

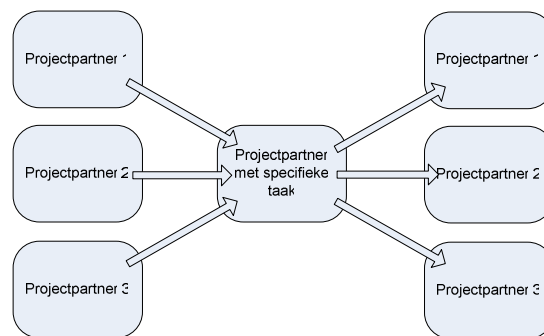
Installateur: Anne van Manen, Strukton WorkSphere

Aannemer: Arjen Adriaanse, Ballast Nedam Infra Consult + Engineering
Paul Dreef, Strukton Bouw & Vastgoed
René Krol, Strukton Engineering
Renzo van Rijswijk, Strukton Engineering

Vragenlijst interview projectpartners

Inventarisatie taken en bijbehorende informatiestromen

1. Welke taken voert u uit bij het ontwerp van een utiliteitsbouwproject met een geïntegreerd contract?
2. Welke informatie heeft u nodig van de andere disciplines?
 - a. Wat hebt u minimaal nodig?
 - b. Wat zou u wenselijk willen dat andere disciplines voor u aanleveren?
3. Welke informatie levert volgens u deze taak op voor de andere disciplines?
 - a. Wat bent u bereid te geven?



Verdeling informatiestromen

4. Verschillen uw taken per project?
 - a. Per type?
 - b. Per omvang?
 - c. Per complexiteit?
5. Verschillen uw taken per fase waarin het project zich bevindt?
 - a. Kunt u aangeven hoe volgens u een utiliteitsbouwproject in een geïntegreerde contractvorm wordt gefaseerd?
 - b. In welke fasen bent u betrokken?
 - c. Kunt u aangeven welke taken u in welke fase uitvoert?

Bijlage E - Tekening overzichtlijst NEN2574

NEN 2574 (Fasering- tekeninglijsten)

Hans Hendriks d.d. 17-09-2007
hhs@deBIMspecialist.nl



| Uitwerking: | | L Locatietekeningen | | | | | |
|-------------|----|---------------------|--|--|--|--|--|
| Fase | | constructief | bouwkundig | installatie | inrichting | terrein | |
| | | (1-)(29) | (3-)(49) | (5-)(69) | (7-)(89) | (90.1/90.9) | |
| programma | 1 | initiatief | | | | | |
| | 2 | haalbaarheidsstudie | Vorm en ligging van bouwmassa's bebouwingstudie, massastudie | | | Ligging van het projectterrein ten opzichte van andere kavels en infrastructuur. kadastrale situatie | |
| | 3 | projectdefinitie | 1:500 / 1:200 | | | 1:1000 / 1:500 mogelijke ligging van het project in zijn omgeving stueringsschets 1:500 / 1:200 | |
| ontwerp | 4 | structuurontwerp | varianten van mogelijke gebouwcontour- en op basis van functieclusters functierelatieplan | | | 1:500 / 1:200 mogelijke bouwblokgrenzen binnen de directe omgeving situatieschets 1:500 | |
| | 5 | voorlopig ontwerp | voorlopige hoofdopzet van de constructie draagstructuur | voorlopige hoofdopzet van het gebouw (deel) en verschijningsvorm voorlopige indeling | voorlopige hoofdopzet van een installatie koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie liften | voorlopige hoofdopzet van de vaste inrichting en losse inventaris inrichtingstekening | 1:200 / 1:100 1:200 / 1:100 1:200 / 1:100 mogelijke bouwblokgrenzen binnen de directe omgeving situatieschets 1:500 / 1:200 / 1:100 |
| | 6 | definitief ontwerp | definitieve en volledige opzet van de constructie draagstructuur fundering schachten daken | definitieve en volledige bouwkundige indeling en inrichting van de gebouw(en) definitieve indeling | definitieve en volledige opzet van een installatie koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie beveiligingsinstallatie | definitieve en volledige opzet van de vaste inrichting en losse inventaris inrichtingstekening laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer | 1:200 / 1:100 1:200 / 1:100 1:200 / 1:100 definitieve plaatsbepaling van het project in zijn omgeving definitieve situatie 1:500 / 1:200 / 1:100 |
| uitwerking | 7 | bestek | technische uitwerking van de constructie voor de prijsvorming paleisplan fundering betonskelet stalen spanten trappenhuis | technische uitwerking van de definitieve bouwkundige indeling voor de prijsvorming vloerenplan gevelindeling wandafwerking platfondindeling dak+ dakopbouw | technische uitwerking van een installatie voor de prijsvorming | technische uitwerking van de inrichting voor de prijsvorming inrichtingstekening laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer | 1:100 / 1:50 1:100 / 1:50 1:100 / 1:50 1:100 / 1:50 1:100 / 1:50 technische uitwerking van de terreininrichting voor de prijsvorming terreininrichting ontsluiting situatie bestrating opstellen 1:200 / 1:100 |
| | 8 | prijsvorming | | | | | |
| bouw | 9 | werkvoorbereiding | plaats- en maataanduiding van de constructie voor de uitvoering betonskelet paleisplan fundering kelderplan systeemvloer stalen spanten sparingstekening. | plaats- en maataanduiding van het gebouw(deel) en bouwkundige elementen daarbinnen voor de uitvoering matenplan gevelindeling trappenhuis wandafwerking natuursteenvloer platfonds lufel ingang | plaats- en maataanduiding van een installatie voor de uitvoering riolering koudwatervoorziening centrale verwarming elektrische installatie liften beveiligingsinstallatie gasaansluitpunten | plaats- en maataanduiding van de vaste inrichting voor de uitvoering keukeninrichting laboratoriumruimte leeszaal werkplaats operatiekamer zonwering garderobe | plaats- en maataanduiding van de terreininrichting voor de uitvoering terreininrichting bouwput uitzetplan keerwanden bestrating terrassen afstrating 1:200 / 1:100 / 1:50 |
| | 10 | uitvoering | | | | | |
| | 11 | oplevering | registratie uitgevoerde toestand revisietekening betonskelet | registratie uitgevoerde toestand revisietekening vloerenplan instructie onderhoud | registratie uitgevoerde toestand revisietek. Riolering revisietek. Electrach revisietek. C.v. revisietek. Beveiliging instructie bediening instructie onderhoud | registratie uitgevoerde toestand revisietekening keuken instructie onderhoud | registratie uitgevoerde toestand revisietekening terrein instructie onderhoud 1:200 / 1:100 / 1:50 |

elichting: Deze tabel is aangemaakt door deBIMspecialist dienende als Cartoon / Tekeninglijst, gebaseerd op NEN 2574. Daarin dient de LACS methode en codering als grondslag. De codes te gebruiken letters L, A, C en S zijn de beginletters van de volgende benamingen:

| | |
|---|----------------------------|
| De cel per fase-uitwerking bestaat uit: | doel |
| | gebruikelijke tekeningnaam |
| | tekeningschaal |

| | |
|----|--------------------------------|
| L: | Locatietekeningen (Deze lijst) |
| A: | Assemblagetekeningen |
| C: | Componenttekeningen |
| S: | Staten (stuk) lijsten |

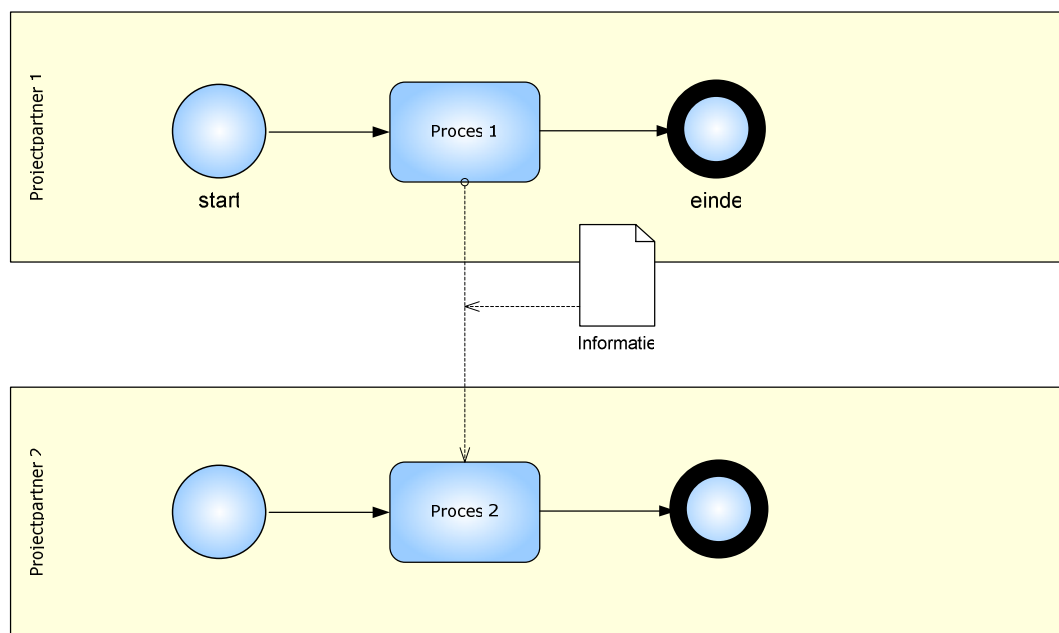
Bron: Hendriks, H. (2007). *NEN 2574 (Fasering- tekeninglijsten)*. Tekeninglijst. deBIMspecialist.

Bijlage F - Business Process Modelling Notation

Processen in de IDM worden beschreven met de Business Process Modelling Notation (BPMN). Een korte uitleg is gegeven in de Quick Guide: Business Process Modeling Notation (BPMN) (zie bron).

Om aansluiting te vinden op de ontwikkeling van de IDM wordt deze notatie ook gebruikt om de informatiestromen tussen de projectpartners te beschrijven. In de IDM ligt de nadruk op de processen zelf. In dit afstudeerproject worden vooral de raakvlakken beschreven.

Iedere projectpartner voert één of meerdere processen uit in 'zijn' Pool. Processen worden achter elkaar uitgevoerd en kunnen niet van projectpartner wisselen. De uitwisseling tussen projectpartners bestaat uit berichten. Berichten kunnen documenten zijn met informatie. Zie Figuur F.1.



Figuur F.1 Uitwisseling in BPMN

Informatie kan bijvoorbeeld een email, 2D-tekeningen of een (gedeeltelijk) BIM-model zijn.

Bron: Wix, J. (2007). *Quick Guide: Business Process Modelling Notation (BPMN)*. Handleiding (pdf-document). IDM Technical Team. buildingSMART Norway. <http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/QuickGuideToBPMN.pdf?version=1> (geraadpleegd op 21.1.2008)

Bijlage G - Categorie-indeling installaties

In de ISO 7730 staan comforteisen met betrekking tot de temperatuur in een gebouw. Uit de tabel hieronder kan de categorie A, B of C worden gekozen. Met deze keuze worden de Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) en Predicted Mean Vote (PMV) vastgelegd.

| Category | Thermal state of the body as a whole | | Local discomfort | | | |
|----------|--------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|
| | PPD % | PMV | DR % | PD % | | |
| | | | | vertical air temperature difference | warm or cool floor | radiant asymmetry |
| A | < 6 | - 0,2 < PMV < + 0,2 | < 10 | < 3 | < 10 | < 5 |
| B | < 10 | - 0,5 < PMV < + 0,5 | < 20 | < 5 | < 10 | < 5 |
| C | < 15 | - 0,7 < PMV < + 0,7 | < 30 | < 10 | < 15 | < 10 |

Tabel G.1 Categorieën voor thermische omgeving

Afhankelijk van de categorie en type gebouw kunnen ontwerpcriteria worden opgesteld, zie voorbeeld in tabel hieronder.

| Type of building/space | Activity W/m ² | Category | Operative temperature °C | | Maximum mean air velocity ^a m/s | |
|------------------------|---------------------------|----------|--------------------------|-------------------------|--|-------------------------|
| | | | Summer (cooling season) | Winter (heating season) | Summer (cooling season) | Winter (heating season) |
| Single office | 70 | A | 24,5 ± 1,0 | 22,0 ± 1,0 | 0,12 | 0,10 |
| Landscape office | | B | 24,5 ± 1,5 | 22,0 ± 2,0 | 0,19 | 0,16 |
| Conference room | | C | 24,5 ± 2,5 | 22,0 ± 3,0 | 0,24 | 0,21 ^b |
| Auditorium | | | 24,5 ± 2,5 | 22,0 ± 3,0 | 0,24 | 0,21 ^b |
| Cafeteria/restaurant | 81 | A | 23,5 ± 1,0 | 20,0 ± 1,0 | 0,11 | 0,10 ^b |
| Classroom | | B | 23,5 ± 2,0 | 22,0 ± 2,5 | 0,18 | 0,15 ^b |
| Kindergarten | | C | 23,5 ± 2,5 | 22,0 ± 3,5 | 0,23 | 0,19 ^b |
| Department store | 93 | A | 23,0 ± 1,0 | 19,0 ± 1,5 | 0,16 | 0,13 ^b |
| | | B | 23,0 ± 2,0 | 19,0 ± 3,0 | 0,20 | 0,15 ^b |
| | | C | 23,0 ± 3,0 | 19,0 ± 4,0 | 0,23 | 0,18 ^b |

^a The maximum mean air velocity is based on a turbulence intensity of 40 % and air temperature equal to the operative temperature according to 6.2 and Figure A.2. A relative humidity of 60 % and 40 % is used for summer and winter, respectively. For both summer and winter a lower temperature in the range is used to determine the maximum mean air velocity.

^b Below 20 °C limit (see Figure A.2).

Tabel G.2 Voorbeeld ontwerpcriteria voor ruimten in verschillende typen gebouw

Bron: ISO 7730:2005(E)

Bijlage H - Uitwisseling bouwobjecten

1 Van Architect > Naar Constructeur

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|------------|---------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1 Stramien | | IfcGridAxis | Grid |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| 2 Ruimte | | IfcSpace | Room |
| | positie | IfcLocalPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | vrije hoogte (m) | IfcQuantityLength | Shared Parameter: Vrije Hoogte |
| 3 Kolom | overspanning (m) | IfcProductDefinitionShape | Shared Parameter: Overspanning |
| | | IfcColumn | Column |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| 4 Ligger | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | | IfcBeam | Beam |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| 5 Wand | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | | IfcWall | Wall |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Width |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 6 | Vloer | IfcSlab | Floor |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Thickness |
| 7 | Dak | IfcRoof | Roof |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | type | IfcRoofTypeEnum | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 8 | Opening | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparing |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |

2 Van Constructeur > Naar Architect

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|----------|---------------------|---------------------------|------------------|
| 1 Kolom | | IfcColumn | Column |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | dragend (J/N) | IfcPropertySingleValue | - |
| 2 Ligger | | IfcBeam | Beam |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| 3 Wand | | IfcWall | Wall |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Width |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | dragend (J/N) | IfcPropertySingleValue | Structural Usage |
| 4 Vloer | | IfcSlab | Floor |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Thickness |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 5 Dak | | IfcRoof | Roof |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | type | IfcRoofTypeEnum | - |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 6 | Opening | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparing |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| 7 | Diagonaal | IfcStructuralMember | Brace |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |

3 Van Architect > Naar Installateur

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|-----------|---------------------|---------------------------|-------------------|
| 1 Ruimte | positie | IfcSpace | Room |
| | oriëntatie (vector) | IfcLocalPlacement | Geometrie |
| | vorm | IfcDirection | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | functie (tekst) | IfcBuildingStorey | Level |
| | volume (m3) | IfcLabel | Name |
| | | | IfcQuantityVolume |
| 2 Wand | positie | IfcWall | Wall |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | vorm | IfcDirection | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcBuildingStorey | Level |
| | dikte (m) | IfcQuantityArea | Area |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Width |
| | brandwerendheid | IfcMaterialSelect | Material |
| 3 Vloer | | IfcLabel | FireRating |
| | vorm | IfcSlab | Floor |
| | verdieping (nummer) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcBuildingStorey | Level |
| | dikte (m) | IfcQuantityArea | Area |
| 4 Dak | | IfcQuantityLength | Thickness |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | positie | IfcRoof | Roof |
| | type | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| 5 Opening | materiaal | IfcRoofTypeEnum | - |
| | positie | IfcMaterialSelect | Material |
| | oriëntatie (vector) | IfcOpeningElement | Opening |
| | vorm | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | | IfcDirection | Geometrie |
| | | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparring |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| 6 | Deur | IfcDoor | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | brandwerendheid | IfcLabel | FireRating |
| 7 | Raam | IfcWindow | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | brandwerendheid | IfcLabel | FireRating |

4 >

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|---------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 Installatie | positie | IfcDistributionElement | Wires, ducts, pipes |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | vorm | IfcDirection | Geometrie |
| | materiaal | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | | IfcMaterial | Material |

5 Van Architect > Naar Aannemer

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|---------------|---------------------|--|-----------------------------|
| 1 Buitenkader | vorm | IfcSite | Site |
| | oppervlakte (m2) | IfcProductDefinitionShape IfcAreaQuantity | Geometrie Projected Area |
| 2 Kolom | positie | IfcColumn | Column |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | profiel | IfcDirection | Geometrie |
| | hoogte (m) | IfcProfileDef | Type |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Constraints |
| 3 Ligger | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | positie | IfcBeam | Beam |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | profiel | IfcDirection | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcProfileDef | Type |
| 4 Wand | materiaal | IfcQuantityLength | Length |
| | positie | IfcMaterial | Material |
| | oriëntatie (vector) | IfcWall | Wall |
| | vorm | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcDirection | Geometrie |
| | dikte (m) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| 5 Vloer | materiaal | IfcQuantityArea | Area |
| | vorm | IfcQuantityLength | Width |
| | verdieping (nummer) | IfcMaterialSelect | Material |
| | oppervlakte (m2) | IfcSlab | Floor |
| | dikte (m) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| 6 Dak | materiaal | IfcBuildingStorey | Level |
| | positie | IfcQuantityArea | Area |
| 6 Dak | positie | IfcQuantityLength | Thickness |
| | | IfcMaterialSelect | Material |
| 6 Dak | | IfcRoof | Roof |
| | | IfcObjectPlacement | Geometrie |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | type | IfcRoofTypeEnum | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 7 | Opening | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparing |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| 8 | Deur | IfcDoor | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 9 | Raam | IfcWindow | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |

6 Van > Naar

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|----------|---------------------|---------------------------|-------------|
| 1 Kolom | positie | IfcColumn | Column |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | profiel | IfcDirection | Geometrie |
| | hoogte (m) | IfcProfileDef | Type |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Constraints |
| | kosten (€) | IfcMaterial | Material |
| 2 Ligger | positie | IfcCostValue | Cost |
| | oriëntatie (vector) | IfcBeam | Beam |
| | profiel | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcDirection | Geometrie |
| | materiaal | IfcProfileDef | Type |
| | kosten (€) | IfcQuantityLength | Length |
| 3 Wand | positie | IfcMaterial | Material |
| | oriëntatie (vector) | IfcCostValue | Cost |
| | vorm | IfcWall | Wall |
| | oppervlakte (m2) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | dikte (m) | IfcDirection | Geometrie |
| | materiaal | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | kosten (€) | IfcQuantityArea | Area |
| 4 Vloer | oppervlakte (m2) | IfcQuantityLength | Width |
| | dikte (m) | IfcMaterialSelect | Material |
| | materiaal | IfcCostValue | Cost |
| | positie | IfcSlab | Floor |
| | verdieping (nummer) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| 5 Dak | oppervlakte (m2) | IfcBuildingStorey | Level |
| | dikte (m) | IfcQuantityArea | Area |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Thickness |
| | positie | IfcMaterialSelect | Material |
| | positie | IfcRoof | Roof |
| | | IfcObjectPlacement | Geometrie |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | type | IfcRoofTypeEnum | - |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| 6 | Opening | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparring |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| 8 | Deur | IfcDoor | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| 9 | Raam | IfcWindow | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Shared Parameter = Width * Height |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |

7 Van > Naar

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|----------|---------------------|---------------------------|-------------|
| 1 Kolom | positie | IfcColumn | Column |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| 2 Ligger | positie | IfcBeam | Beam |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| 3 Wand | positie | IfcWall | Wall |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | oppervlakte (m2) | IfcQuantityArea | Area |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Width |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 4 Vloer | vorm | IfcSlab | Floor |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | oppervlakte (m2) | IfcQuantityArea | Area |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Thickness |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 5 Dak | positie | IfcRoof | Roof |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|--------------------|
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | type | IfcRoofTypeEnum | - |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 6 | Opening | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | type | IfcRelFillsElement | Door of Window |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| 7 | Diagonaal | IfcStructuralMember | Structural Framing |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |

8

| |
|--------------|
| Van |
| Installateur |

 >

| |
|--------------|
| Naar |
| Constructeur |

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|---------------|---------------------|---------------------------|-----------|
| 1 Installatie | positie | IfcDistributionElement | |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | vorm | IfcDirection | Geometrie |
| | materiaal | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | | IfcMaterial | Material |

9 Van > Naar

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|-----------|---------------------|---------------------------|-------------|
| 1 Kolom | positie | IfcColumn | Column |
| | oriëntatie (vector) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | profiel | IfcDirection | Geometrie |
| | hoogte (m) | IfcProfileDef | Type |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Constraints |
| 2 Ligger | positie | IfcMaterial | Material |
| | oriëntatie (vector) | IfcBeam | Beam |
| | profiel | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcDirection | Geometrie |
| | materiaal | IfcProfileDef | Type |
| 3 Wand | positie | IfcQuantityLength | Length |
| | oriëntatie (vector) | IfcMaterial | Material |
| | vorm | IfcWall | Wall |
| | lengte (m) | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | hoogte (m) | IfcDirection | Geometrie |
| | dikte (m) | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | materiaal | IfcQuantityLength | Length |
| 4 Vloer | verdieping (nummer) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | vorm | IfcQuantityLength | Width |
| | dikte (m) | IfcMaterialSelect | Material |
| | materiaal | IfcSlab | Floor |
| | | IfcBuildingStorey | Level |
| 5 Dak | positie | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcQuantityLength | Thickness |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | | IfcRoof | Roof |
| 6 Opening | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | type | IfcRoofTypeEnum | - |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| 6 Opening | | IfcOpeningElement | Opening |

| | | | |
|---|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparing |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| 7 | Diagonaal | IfcStructuralMember | Brace |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| 8 | Fundering | IfcBuildingElement | Foundation |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |

10 >

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|----------|---------------------|---------------------------|---------------|
| 1 Kolom | | IfcColumn | Column |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 2 Ligger | | IfcBeam | Beam |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 3 Wand | | IfcWall | Wall |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | hoogte (m) | IfcQuantityLength | Constraints |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Width |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 4 Vloer | | IfcSlab | Floor |
| | verdieping (nummer) | IfcBuildingStorey | Level |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | dikte (m) | IfcQuantityLength | Thickness |

| | | | |
|-------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 5 Dak | | IfcRoof | Roof |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | type | IfcRoofTypeEnum | - |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 6 Opening | | IfcOpeningElement | Opening |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | type | IfcRelFillsElement | Door, Window of sparing |
| | oppervlakte (m2) | IfcAreaQuantity | Geometrie |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 7 Diagonaal | | IfcStructuralMember | Brace |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | profiel | IfcProfileDef | Type |
| | lengte (m) | IfcQuantityLength | Length |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |
| 8 Fundering | | IfcBuildingElement | Foundation |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterialSelect | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | bouwfase (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |

11

| |
|--------------|
| Van |
| Installateur |

 >

| |
|----------|
| Naar |
| Aannemer |

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|--------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | Installatie | IfcDistributionElement | Wires, ducts, pipes |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | montagetijd (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |

12

| |
|----------|
| Van |
| Aannemer |

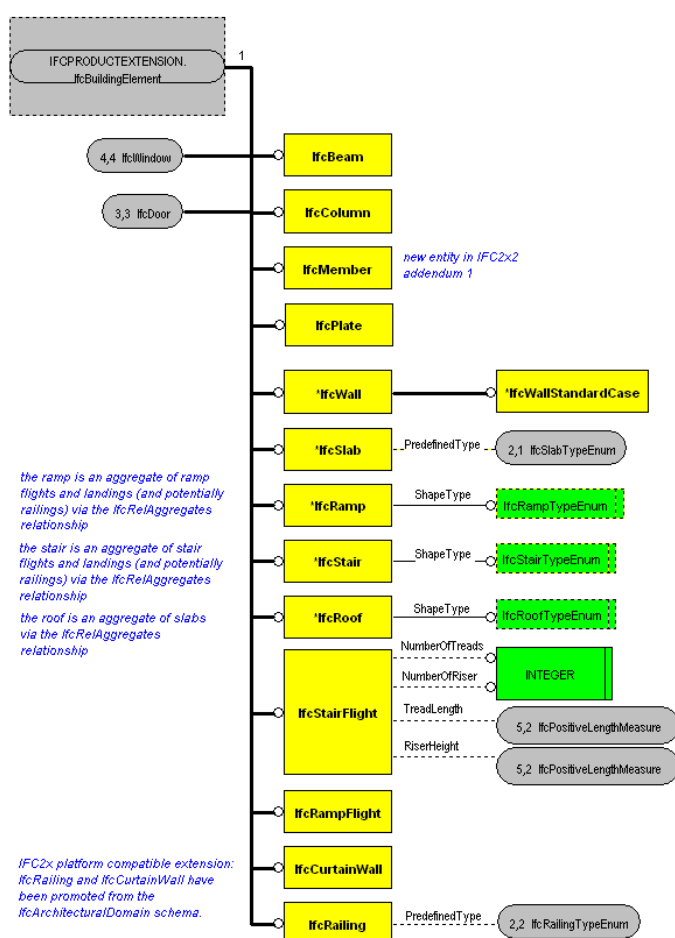
 >

| |
|--------------|
| Naar |
| Installateur |

| Object | Eigenschap | IFC | Revit |
|--------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | Installatie | IfcDistributionElement | Wires, ducts, pipes |
| | positie | IfcObjectPlacement | Geometrie |
| | oriëntatie (vector) | IfcDirection | Geometrie |
| | vorm | IfcProductDefinitionShape | Geometrie |
| | materiaal | IfcMaterial | Material |
| | kosten (€) | IfcCostValue | Cost |
| | planning (tijd) | IfcTimeSeries | Phase Created |

Bijlage J - Bouwobjecten in IFC-model

De meeste bouwobjecten die moeten worden uitgewisseld komen uit het IFC-schema Shared Building Elements van de Interoperabiliteitslaag van het IFC-model. In dit schema worden subtypen van de entiteit IfcBuildingElement beschreven. Een weergave in EXPRESS-G van het schema is gegeven in het figuur hieronder. Bouwobjecten als kolommen, platen en wanden zijn de hoofdonderdelen van een gebouw en cruciaal voor de uitwisseling van BIM-modellen.



Figuur J.1 Schema Shared Building Elements

De bouwobjecten zijn geïnventariseerd in het IFC-model versie IFC2x3. Deze versie is gepubliceerd door de IAI (IAI International). De IFC-entiteiten worden door de IAI gemodelleerd in EXPRESS, een schematische taal voor de beschrijving van classes. Voor een grafische representatie gebruikt de IAI EXPRESS-G. Een korte handleiding is gepubliceerd door de IAI (IAI International 2).

Bronnen:

IAI International. [online] IAI International. <http://www.iai-international.org> (geraadpleegd op 12.11.2007)

IAI International 2. *Data Modelling Using EXPRESS-G for IFC Development*. Handleiding (pdf-document) http://www.iai-international.org/Model/documentation/Data_Modelling_Using_EXPRESS-G_for_IFC_Development.pdf (geraadpleegd op 19.02.2008)

J.1 Eigenschappen

De diverse bouwobjecten hebben een aantal relevante eigenschappen gemeen. BIM-modellen moeten niet alleen op objectenniveau, maar ook op het niveau van eigenschappen, kunnen worden uitgewisseld.

J.1.1 Positie en oriëntatie

Essentiële eigenschappen voor uitwisseling van bouwobjecten zijn de positie en oriëntatie.

IfcProduct beschrijft alle geometrische en ruimtelijke objecten. Een eigenschap van IfcProduct is ObjectPlacement beschreven door IfcObjectPlacement. IfcObjectPlacement is het abstracte supertype van IfcGridPlacement en IfcLocalPlacement. Met de laatste kan een bouwobject worden geplaatst ten opzichte van een ander object of globaal in een het project.

Cyclische relatieve posities moeten worden voorkomen door de BIM-software, omdat het IFC-model hiervoor geen regels bevat.

De relatieve positie wordt bepaald door IfcAxis2Placement. In 2D en 3D wordt de oriëntatie beschreven door 2 of 3 integers in IfcDirection. De positie ligt vast in IfcCartesianPoint.

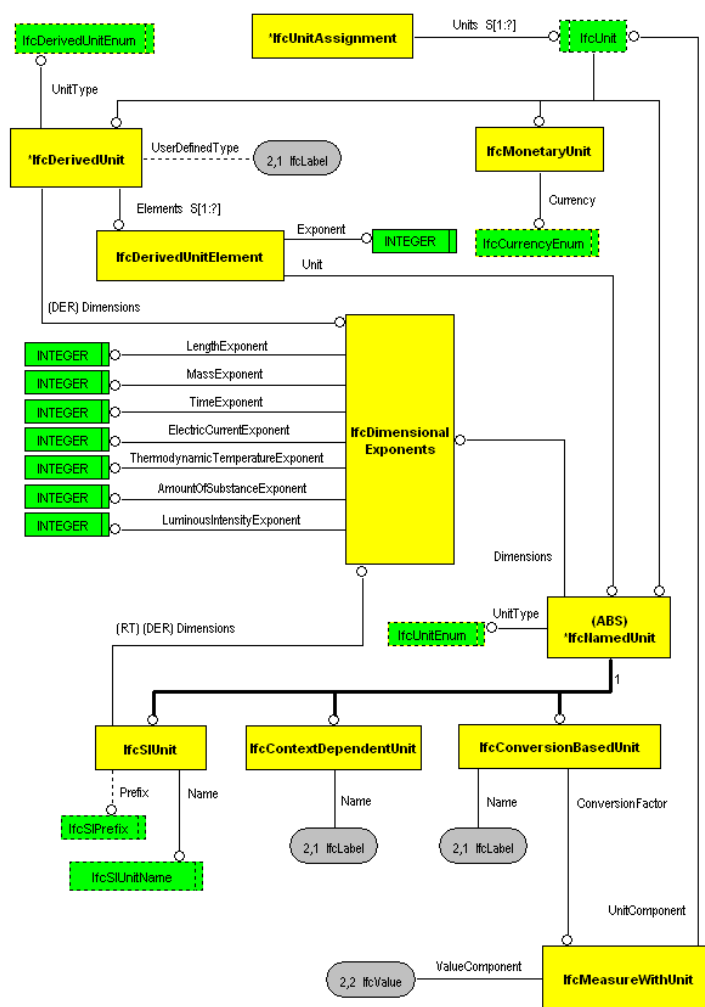
```
#3=IFCWALLSTANDARDCASE('3nKNX7X2zE2fU2SFbITclU',#1,'Basic Wall:Generic -  
200mm_boundary1:231560',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#78,#293,'231560');  
#22=IFCDIRECTION((-0.7649111981170497,0.6441357457827811,0.0));  
#78=IFCLOCALPLACEMENT(#13,#313);  
#152=IFCCARTESIANPOINT((-8042.196749830907,-9555.499272633755,0.0));  
#313=IFCAXIS2PLACEMENT3D(#152,#2,#22);
```

Figuur J.2 Positie en oriëntatie van muur in IFC-bestand

Figuur J.2 geeft een voorbeeld van een gedeelte van een IFC-bestand. Entiteit 3 is een standaard wand. De plaatsing wordt gegeven door IfcLocalPlacement. IfcLocalPlacement verwijst naar IfcAxis2Placement3D. De eigenschappen van IfcAxis2Placement3D zijn een vector en cartesiaanpunt.

J.1.2 Eenheid

Op projectniveau worden de eenheden vastgesteld in het IFC-model. De entiteit IfcProject heeft als eigenschap de verzameling eenheden IfcUnitAssignment. Een eenheid IfcUnit kan een afgeleide eenheid, valuta of benoemde eenheid zijn. Het type van de benoemde eenheid kan worden geselecteerd met IfcUnitEnum. Voorbeelden van een type eenheid zijn LengthUnit, AreaUnit en MassUnit. Benoemde eenheden zijn onder andere de SI-eenheden. De SI-eenheden bestaan uit een SI-naam en eventueel een voorvoegsel. Een overzicht van de opbouw van eenheden in het IFC-model is hieronder weergegeven.

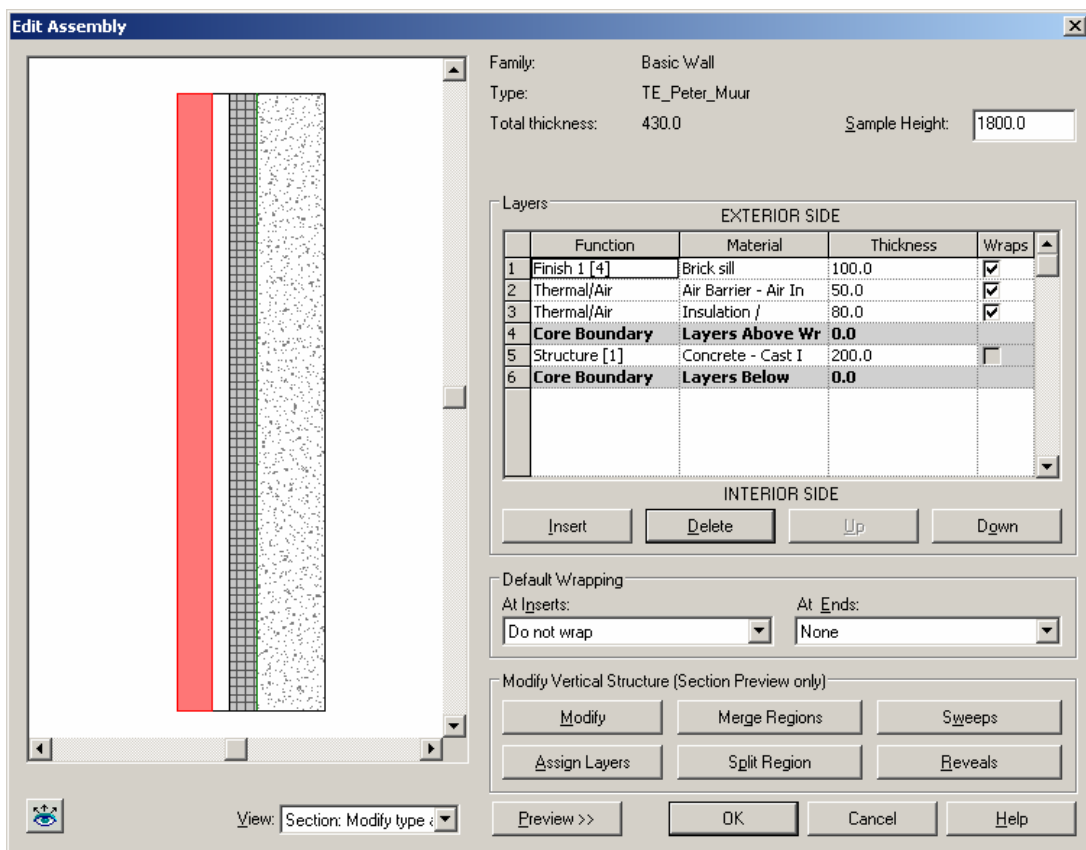


Figuur J.3 Eenheden in IFC-model

J.1.3 Materiaal

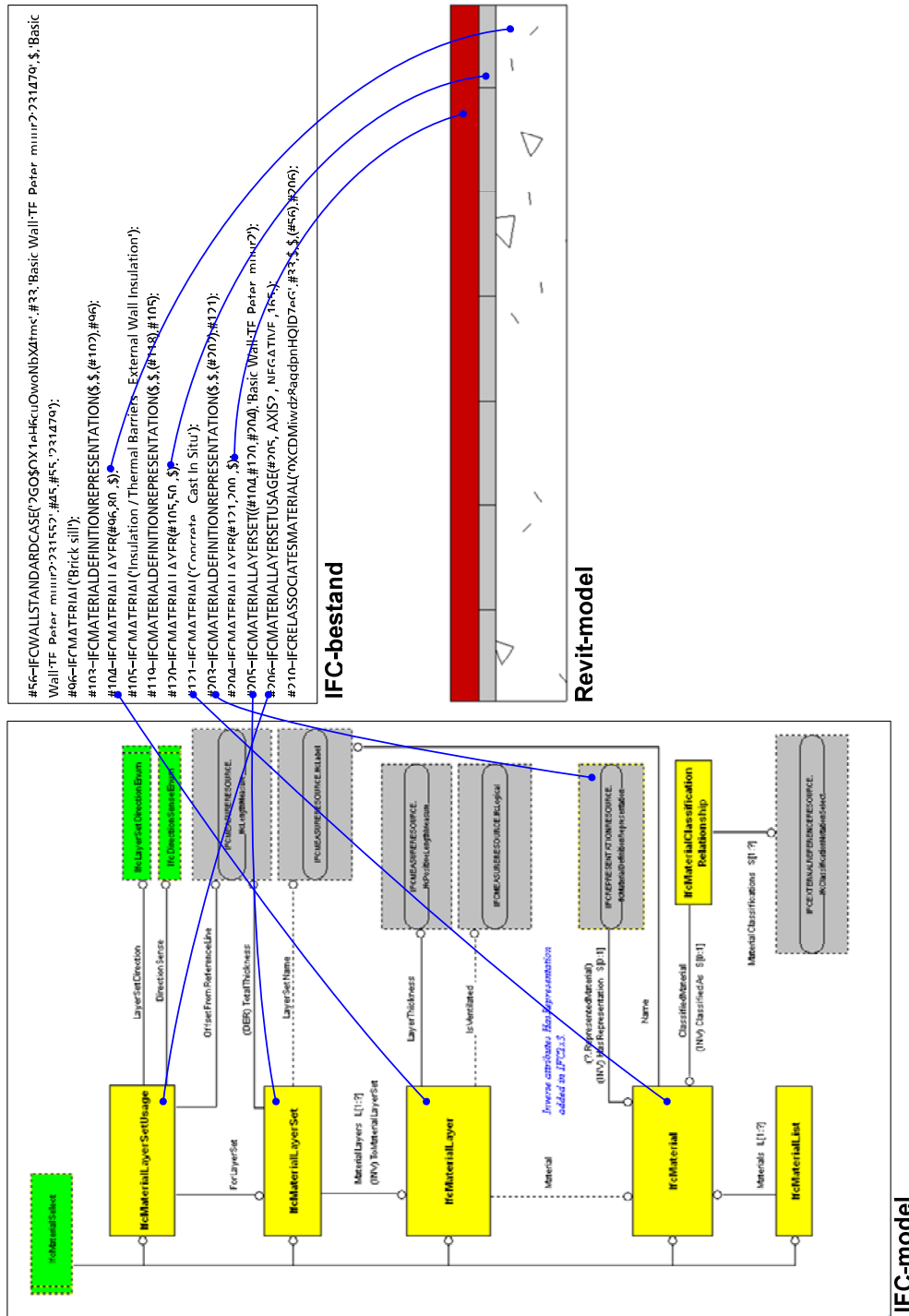
De IFC-entiteit `IfcRelAssociatesMaterial` relateert een object aan `IfcMaterialSelect`. Voor een bouwobject kan een laagopbouw of een enkel materiaal worden gekozen. Een materiaal is gedefinieerd in `IfcMaterial`.

Wanden, vloeren, plafonds en daken bestaan uit parallelle lagen. In Revit kan van deze bouwobjecten de opbouw worden bepaald. Voor iedere laag kan de functie worden aangegeven, zoals constructief of isolerend. Van iedere laag moet ook de dikte en het materiaal worden gegeven. Hierna is een screenshot gegeven van Revit. In het figuur is te zien hoe van een muur de laagopbouw wordt gedefinieerd.



Figuur J.4 Screenshot opbouw wand in Revit

In het figuur op de volgende pagina is een wand gegeven die gemodelleerd is in Revit. De wand bestaat uit drie materiaallagen. Het model is geëxporteerd naar een IFC-bestand. Daarnaast is een vergelijking gemaakt met het IFC-model.

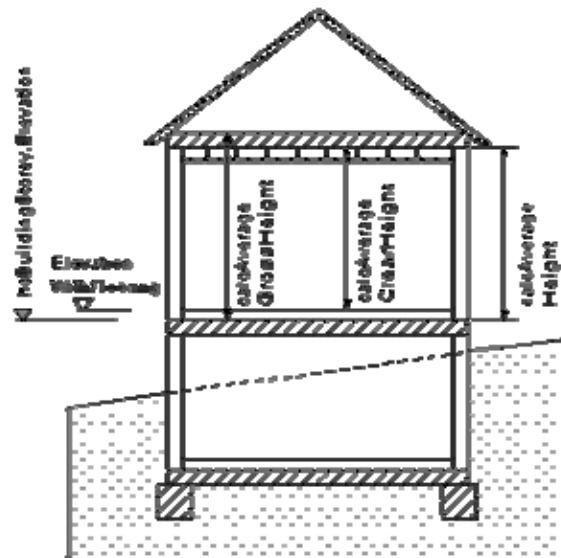


Figuur J.5 Vergelijking IFC-model, IFC-bestand en Revit model

J.2 Ruimte

Een ruimte in het IFC-model wordt beschreven door de entiteit `IfcSpace`. Een ruimte kan een oppervlak of volume zijn. Meerdere ruimten kunnen één ruimte vormen en andersom kan een ruimte een deel van een ruimte zijn.

Verschillende hoeveelheden kunnen aan een ruimte worden gerelateerd om de hoogte te beschrijven. De entiteit `IfcElementQuantity` kan drie verschillende hoogten beschrijven voor een ruimte, zie figuur. De `AverageClearHeight` is de kleinste hoogte, maar inclusief plafondsysteem. De vrije hoogte van een ruimte is dus geen onderdeel van het standaard IFC-model.



Figuur J.6 Drie hoogten van een ruimte

```
#63=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv885',#33,'Basic Wall:Generic -
200mm_boundary1:232000',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#46,#62,'232000');
#131=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88N',#33,'Basic Wall:Generic -
200mm_boundary1:232018',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#115,#130,'232018');
#166=IFCWALLSTANDARDCASE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88s',#33,'Basic Wall:Generic -
200mm_boundary1:232051',$,'Basic Wall:Generic - 200mm_boundary1:181475',#151,#165,'232051');
#195=IFCSPACE('3vQHGHafXEav0kNXzDv88y',#33,'FFL 105.58','',$,#184,#194,'Room',.ELEMENT.,.INTERNAL.,$);
#206=IFCRELSPACEBOUNDARY('1eJuGoRzL8exsTM24GJbQd',#33,$,$,#195,#63,#205,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
#214=IFCRELSPACEBOUNDARY('1j2OnhTob45AVGpJqJKY_O',#33,$,$,#195,#166,#213,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
#222=IFCRELSPACEBOUNDARY('0N0_PDYJ1F8xyDg0ewaWKc',#33,$,$,#195,#131,#221,.PHYSICAL.,.EXTERNAL.);
;
```

Figuur J.7 Voorbeeld relatie tussen wanden en ruimte

De functie van een ruimte komt overeen de eigenschap `Category` van de property set `Pset_SpaceCommon`. Voor een beschrijving van functies kan naar de bouwregelgeving worden verwezen.

J.3 Kolom en ligger

In het IFC-model wordt onderscheid gemaakt tussen een (bijna) verticaal en (bijna) horizontaal constructief bouwelement. Het element hoeft echter niet noodzakelijk dragend te zijn. Naast `IfcColumn` en `IfcBeam` kan ook gebruik gemaakt worden van de algemene `IfcMember`.

Eigenschappen voor de elementen kunnen gezamenlijk worden toegekend door `IfcPropertySet`. Algemene property sets zijn gedefinieerd in het IFC-model. Bijvoorbeeld de property set voor een kolom `Pset_BeamCommon` bevat de volgende eigenschappen:

- Reference
- Span
- Slope
- IsExternal
- Loadbearing
- FireRating

De algemene property sets `Pset_MemberCommon` en `Pset_ColumnCommon` zijn hetzelfde, behalve dat een kolom de eigenschap `span` mist.

Voor veel voorkomende kolommen en liggers in een BIM-model heeft het IFC-model de entiteiten `IfcColumnType` en `IfcBeamType`, zie voorbeeld. In het voorbeeld zijn drie kolommen gerelateerd aan het type door `IfcRelDefinesByType`.

```
#124=IFCREPRESENTATIONMAP(#123,#122);
#125=IFCCOLUMNTYPE('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNLof',#33,'HD260X114',$,$,(#124),'232864','HD260X114',.COLUMN.);
#133=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNL$S',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232864',$,'HD260X114',#132,#129,'232864');
#209=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNL_c',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232922',$,'HD260X114',#208,#205,'232922');
#237=IFCCOLUMN('2cbhpMnTb18RA0ZLNpNLnd',#33,'H-Wide Flange-Column:HD260X114:HD260X114:232987',$,'HD260X114',#236,#233,'232987');
#1008=IFCRELDEFINESBYTYPE('1QsyEpcHL2YRbUQ3dzMdrH',#33,$,$,(#133,#209,#237),#125);
```

Figuur J.8 Voorbeeld `IfcColumnType`

De vorm van het object wordt beschreven door `IfcProductDefinitionShape`. Kolommen en liggers worden beschreven door een extrusie van een oppervlak. Met `IfcProfileDef` kan een standaard of willekeurig profiel worden beschreven.

In het IFC-model zijn de volgende eigenschappen beschreven voor kolommen en liggers:

- NominalLength
- CrossSectionArea
- OuterSurfaceArea
- TotalSurfaceArea
- GrossVolume
- NetVolume
- GrossWeight
- NetWeight

Deze grootheden worden beschreven in de entiteit `IfcElementQuantity`. De `NominalLength` wordt bijvoorbeeld uitgedrukt in `IfcQuantityLength`.

J.4 Wand

Een wand is een ruimtescheidend bouwobject en hoeft niet noodzakelijk dragend te zijn. Het IFC-model onderscheidt twee entiteiten voor een wand:

- `IfcWallStandardCase` met gelijke dikte langs de wand die beschreven kan worden door de material layer set.
- `IfcWall` voor alle andere wanden

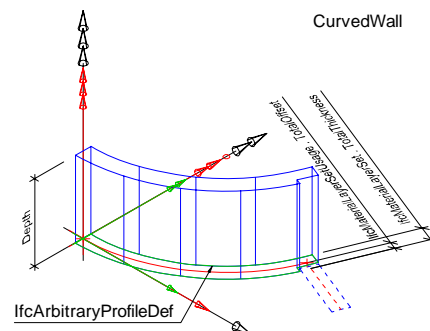
`IfcWall` wordt in het bijzonder gebruikt voor wanden met een ongelijke dikte langs de wand en een niet-rechthoekige doorsnede.

De vorm van een wand wordt weergegeven door de entiteit `IfcProductDefinitionShape`. De volgende representaties worden ondersteund of zijn toegestaan:

- `SweptSolid`, extrusie van profiel
- `Brep`, meerdere vlakken
- `SurfaceModel`, één of meerdere oppervlakken

```
#248=IFCARBITRARYCLOSEDPROFILEDEF(.AREA.,$,#247);
#252=IFCEXTRUDEDAREASOLID(#248,#251,#9,4000.);
#255=IFCSHAPEREPRESENTATION(#27,'Body','SweptSolid',(#252));
#256=IFCPRODUCTDEFINITIONSHAPE($,$,(#241,#255));
#257=IFCWALLSTANDARDCASE('2HKe2do2LCEuGbenHw4a$h',#33,'Basic Wall:Exterior - Brick on Mtl. Stud:231524',$,'Basic Wall:Exterior - Brick on Mtl. Stud:397',#238,#256,'231524');
```

Figuur J.9 Voorbeeld `SweptSolid` representatie voor wand



Figuur J.10 `SweptSolid` representatie

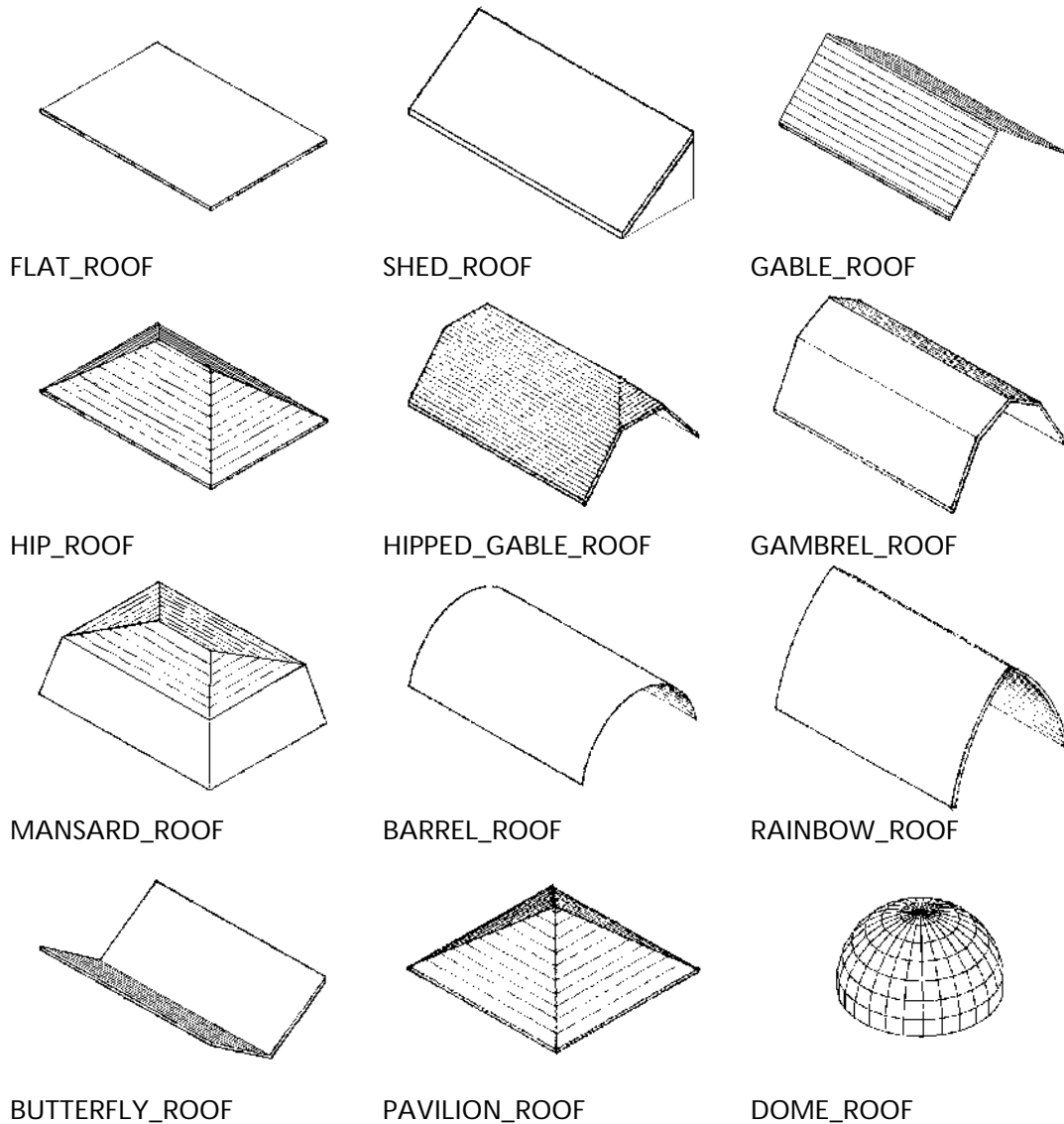
Figuur J.9 geeft van een willekeurig profiel door extrusie een volume. Dit volume dient ter representatie van de standaardwand.

J.5 Vloer en dak

De entiteit in het IFC-model voor vloer is `IfcSlab`. Door middel van de relatie `IfcRelContainedInSpatialStructure` wordt een vloer gerelateerd aan een verdieping. De vorm van de vloer wordt bepaald in `IfcProductDefinitionShape`.

Een dak is de afsluiting aan de bovenkant van een gebouw. In het IFC-model bestaat een dak uit vloeren, spanten, gordingen en andere daken van bijvoorbeeld dakkapellen. De samenstelling wordt voorzien door de relatie beschreven in `IfcRelAggregates`.

Met de eigenschap `IfcRoofTypeEnum` kan een van de volgende daktypen worden gekozen:



Daarnaast kan een vrije vorm of ongedefinieerd type dak worden gekozen.

J.6 Opening

Een opening is in het algemeen een sparing in bijvoorbeeld een wand of vloer. In het IFC-model is de entiteit `IfcOpeningElement` opgenomen om openingen te beschrijven in elementen. Het supertype `IfcFeatureElementSubtraction` heeft een relatie met bouwobjecten als wanden en vloeren.

In het figuur relateert de entiteit `IfcRelVoidsElement` de opening aan de vloer.

```
#56=IFCSLAB('2LTGR2YaH12xze5vc$F6A',#33,'Floor:Generic 100mm:231745',$,'Floor:Generic 100mm',#47,#55,'231745',.FLOOR.);
#71=IFCOPENINGELEMENT('3OGK8vAfDDH9j7Gi$R573I',#33,$,$,'Opening',#70,#69,'231774');
#72=IFCRELVOIDSELEMENT('3NbsQzwZHD2QCWHQBoMrIh',#33,$,$,#56,#71);
```

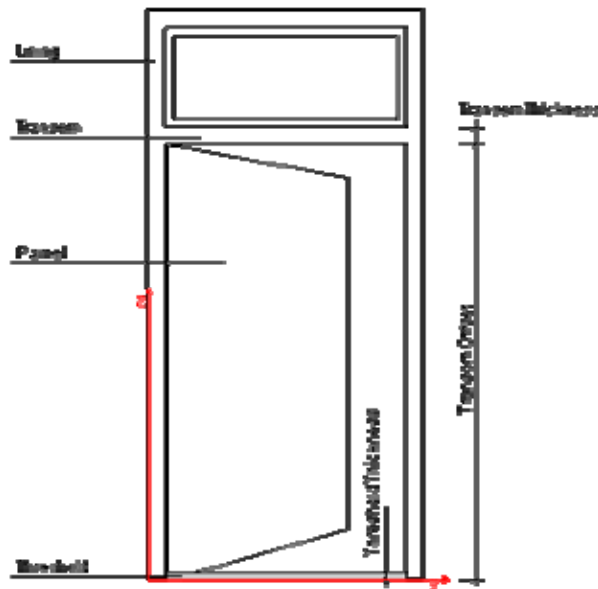
Figuur J.11 Relatie tussen vloer en opening

Een opening kan gebruikt worden voor een deur of raam. De relatie met de opening wordt beschreven in `IfcRelFillsElement`.

J.7 Deur en raam

Een deur bestaat uit een kozijn en vlakken; glazen of platen. De eigenschappen van het kozijn zijn beschreven in `IfcDoorLiningProperties`. Een voorbeeld is gegeven van de tussenregel in het figuur hiernaast. De platen worden beschreven in `IfcDoorPanelProperties`. Behalve de geometrie van de plaat wordt ook de manier van openen beschreven.

`IfcDoor` definieert een specifieke deur in de ruime context van een project. De werkelijke eigenschappen en de vorm worden beschreven in `IfcDoorStyle`.



Figuur J.12 Eigenschappen van tussenregel (transom)

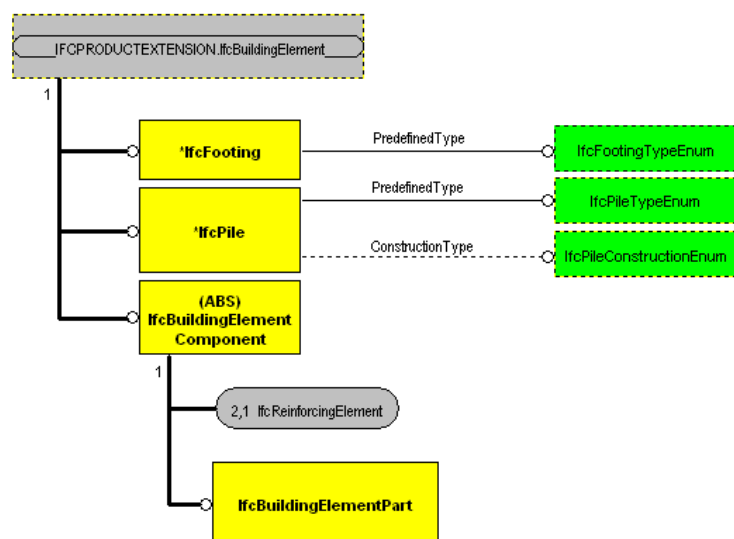
Een raam wordt beschreven in de entiteit `IfcWindow`. Deze entiteit heeft vergelijkbare eigenschappen als `IfcDoor`. Ook voor de werkelijke eigenschappen en vorm van een raam bestaat een `IfcWindowStyle`. In `IfcWindowStyleConstructionEnum` wordt de bouw van een raam beschreven in een materiaal. In het IFC-model is de keuze beperkt tot:

- Aluminium
- Hoge kwaliteitsstaal
- Staal
- Hout
- Aluminium met hout
- Plastic
- Ander materiaal
- Niet gedefinieerd

Bouwfysische eigenschappen moeten dus worden vastgelegd in de property sets Pset_DoorCommon en Pset_WindowCommon en kunnen niet worden afgeleid uit de materialen.

J.8 Fundering

De fundering is een constructief element. In het IFC-model bestaat geen aparte entiteit voor de fundering. In figuur hieronder is het schema Structural Elements Domain weergegeven. De fundering kan worden beschreven met IfcFooting en IfcPile.



Figuur J.13 Categorie Structural Elements Domain

Objecten die worden beschreven met IfcFooting zijn onder andere poeren en funderingsbalken. IfcPile beschrijft verschillende soorten palen.

J.9 Installatie

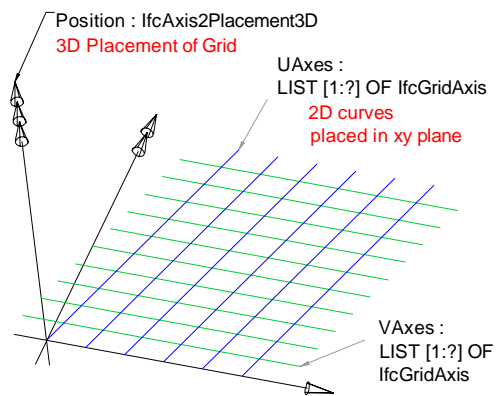
In het IFC-model bestaan vier schema's uit entiteiten met betrekking tot installaties. De installaties die moeten worden uitgewisseld staan in het schema Shared Bldg Services Elements. Het supertype van alle installaties is de entiteit IfcDistributionElement.

J.10 Stramien

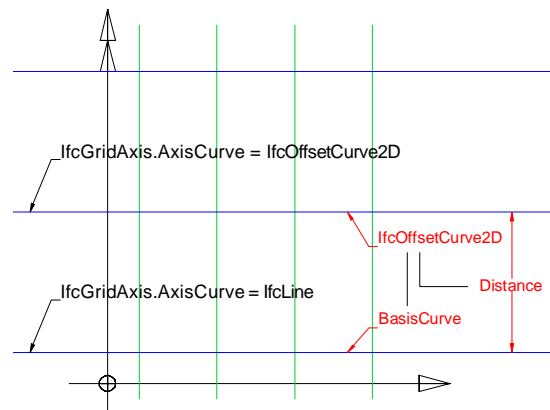
Een stramien is een essentieel onderdeel van de afspraken in een bouwproject. Een van de eerste stappen in een ontwerpproces is het vaststellen van een gezamenlijk stramien.

Een stramien bestaat uit meerdere lijnen. In het IFC-model heeft de entiteit IfcGrid als eigenschappen twee of drie lijsten met lijnen. Deze lijnen worden gedefinieerd door

de entiteit IfcGridAxis. Een eigenschap van IfcGridAxis is AxisCurve. Deze eigenschap kan een eenvoudige IfcLine zijn of een IfcOffsetCurve2D van de lijn. Hiermee is de hart-op-hartafstand bepaald. Met behulp van IfcGridPlacement worden objecten geplaatst op het grid.



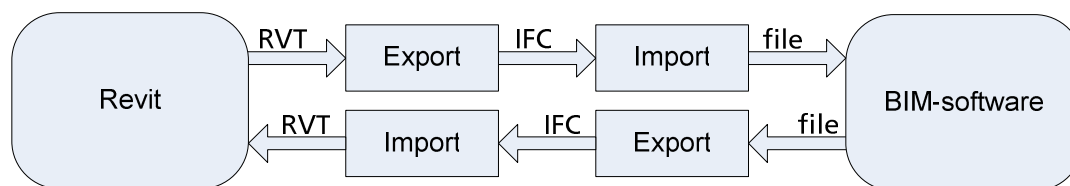
Figuur J.14 Stramien in 2D



Figuur J.15 Basislijn en offsetlijn

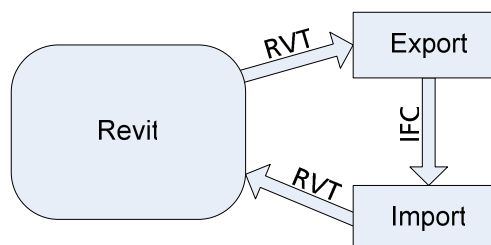
Bijlage K - Mapping van Revit naar IFC

Uitwisseling van een (gedeeltelijk) BIM-model in Revit naar andere BIM-software is beperkt mogelijk via IFC. Het Revit-model wordt geëxporteerd naar IFC en geïmporteerd in de andere BIM-software. Andersom is ook mogelijk.



Figuur K.1 Uitwisseling BIM-model tussen Revit en andere BIM-software

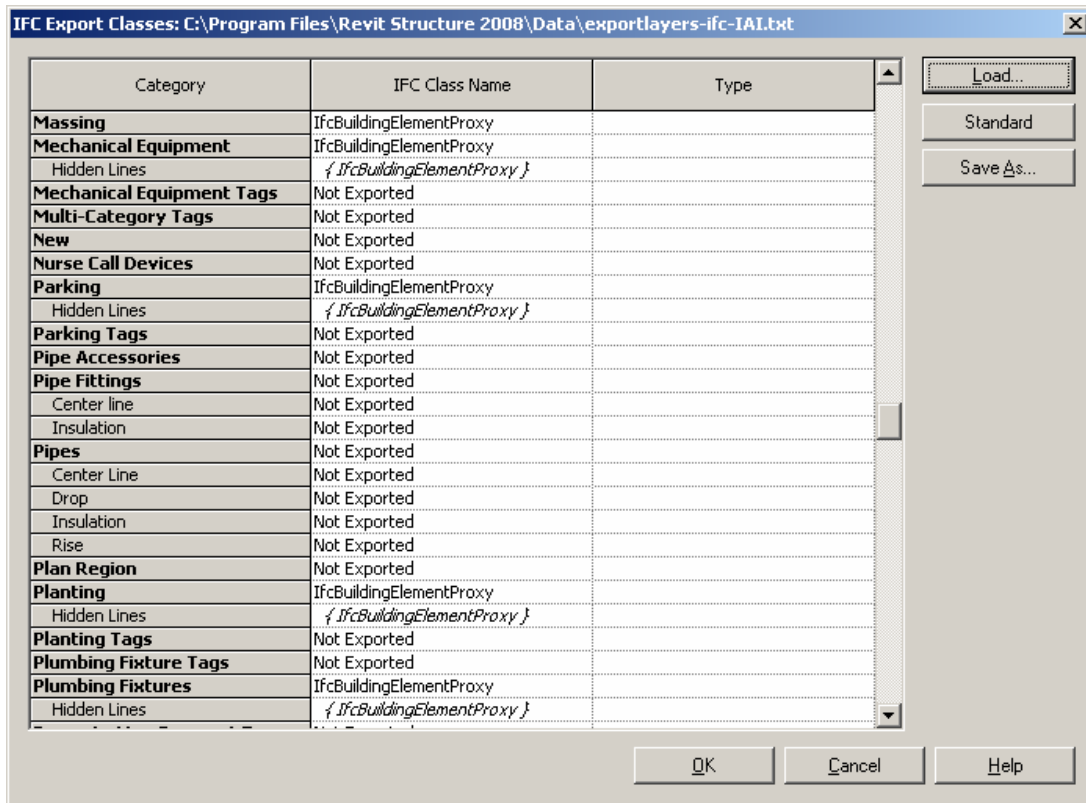
Strukton Engineering maakt gebruik van Revit. Om de mogelijkheden van de uitwisseling met IFC voor specifiek Revit te onderzoeken wordt hetzelfde model vanuit Revit geëxporteerd naar IFC en vervolgens weer geïmporteerd.



Figuur K.2 Export en import 'binnen' Revit

K.1 Exportopties

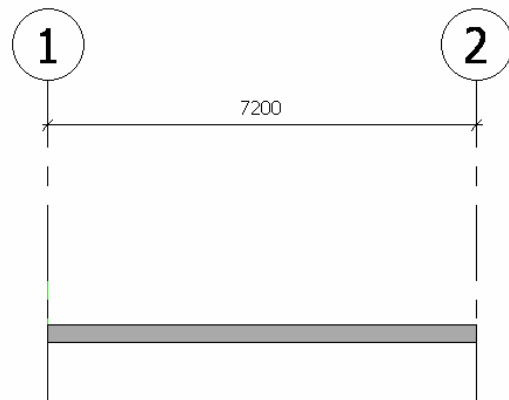
In Revit is het mogelijk per categorie de IFC-entiteit aan te geven waar naar moet worden geëxporteerd. Een screenshot van de exportopties is gegeven in het figuur op de volgende pagina. Standaardopties kunnen als tekstbestand worden geladen. In het figuur zijn de exportinstellingen geladen van de IAI.



Figuur K.3 IFC-exportopties in Revit

Een simpele test wijst uit dat de export niet zo werkt. Als voorbeeld is een standaard wand tussen twee stramienlijnen gemodelleerd in Revit. In de exportopties van de IAI staat de categorie Grids op 'Not exported'. De IFC bevatten de entiteit IfcGrid met als attributen één of meerdere IfcGridAxis. Exporteren van de categorie Grids naar IfcGrid of IfcGridAxis geeft geen IFC-bestand met een stramien.

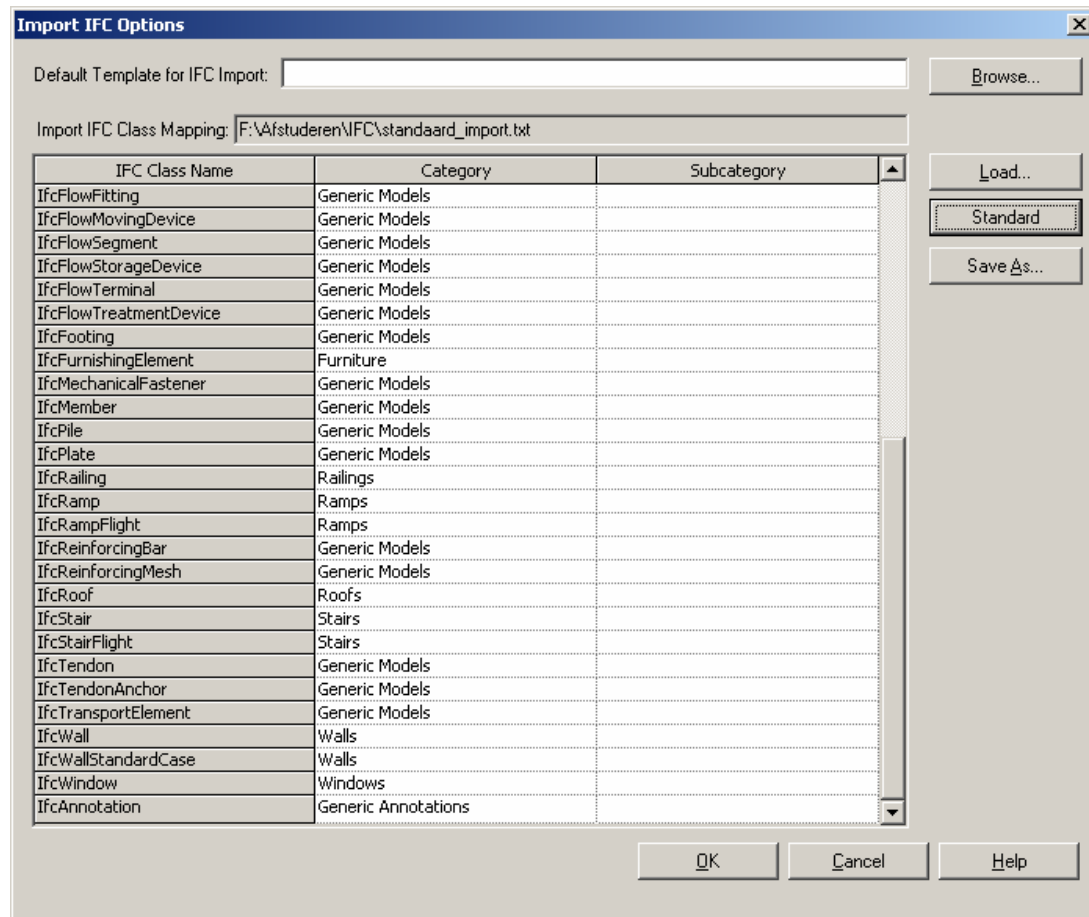
Standaard staat de categorie Rooms op 'Not exported'. Export levert echter wel een IfcSpace. Zelfs als alle categorieën op 'Not exported' worden ingesteld, is het resultaat hetzelfde IFC-bestand.



Figuur K.4 Wand tussen twee gridlijnen

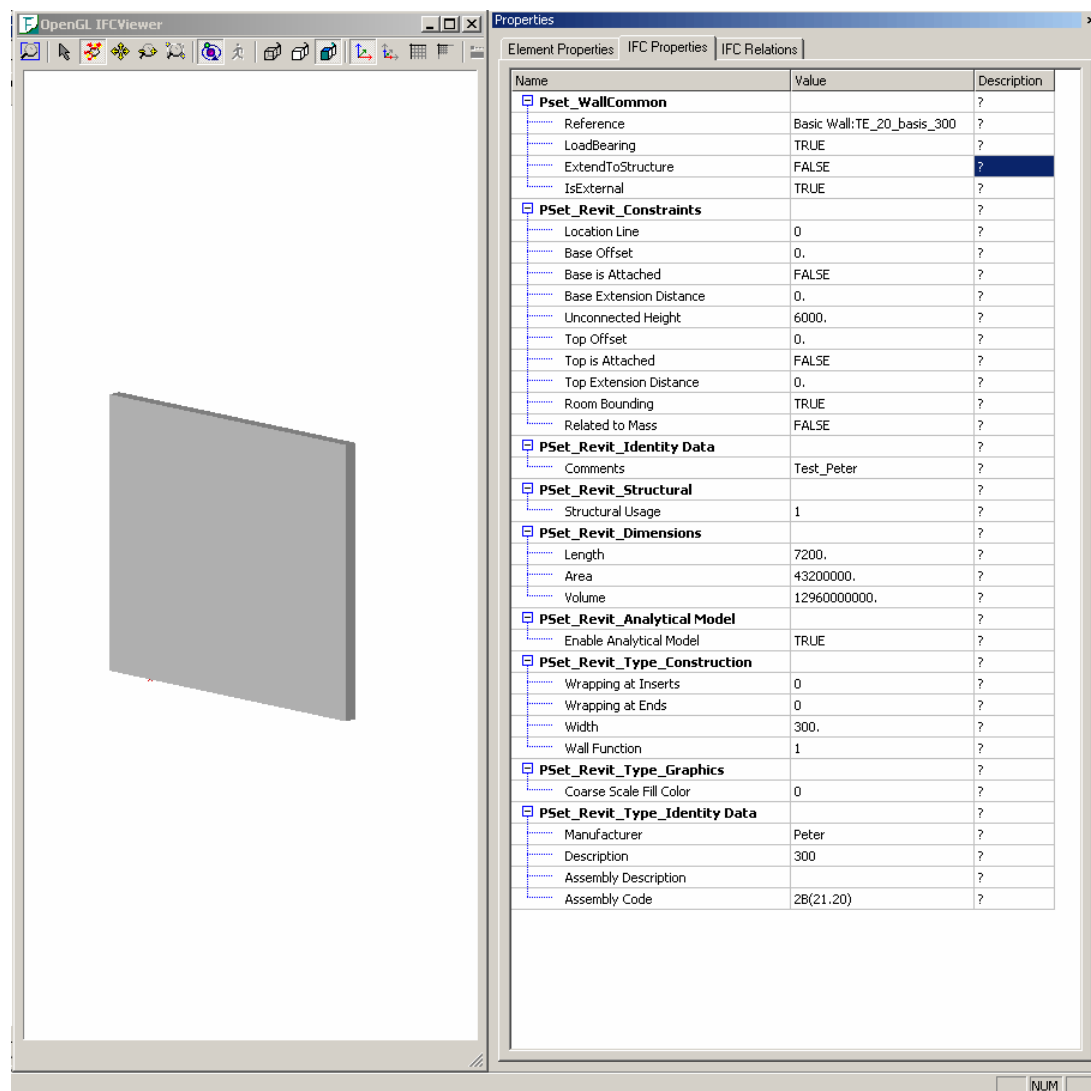
K.2 Importopties

De importopties werken tegengesteld aan de exportopties. De IFC entiteiten worden geïmporteerd naar de verschillende categorieën. De meeste entiteiten worden geïmporteerd als Generic Models.



Figuur K.5 IFC-importopties in Revit

Interessant is de import van property sets. In de IFC worden eigenschappen van entiteiten beschreven door property sets. Een aantal property sets zijn gedefinieerd in het IFC-model. Daarnaast is het mogelijk dat software zelf property sets aanmaakt. In Revit bijvoorbeeld worden de property sets PSet_Revit_Identity_Data en PSet_Revit_Structural geëxporteerd. Echter importeren van deze eigenschappen kan niet. De enige eigenschap die wordt geïmporteerd is de IfcGUID.



Figuur K.6 Property sets in IFC viewer

Eigenschappen van kolommen en liggers, zoals de hoogte en lengte, worden in Revit beschreven door Shared Parameters. In de IFC-bestanden komen deze terug in de property sets van Revit zelf. Opvallend is dat Revit zijn eigen property sets niet importeert, maar wel beweert andere property sets te importeren.

Bijlage L - Selectieblad

Het selectieblad bestaat uit objecten met bijbehorende eigenschappen. De objecten zijn verdeeld in 11 objectgroepen, zie Figuur L.1.

| Projectpartners: | | | Fasering | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|--------------|------------|--------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------|------------|
| A | = | Architect | Studie | | | Ontwerp | | | | Bouw | | | |
| C | = | Constructeur | Initiatief | Haalbaarheid | Project definitie | Massastudie | Structuurontwerp | Voorontwerp | Definitief ontwerp | Technisch ontwerp | Prijzsvorming | Voorbereiding | Uitvoering |
| I | = | Installateur | | | | | | | | | | | |
| Aa | = | Aannemer | | | | | | | | | | | |
| Objectengroep | | | | | | | | | | | | | |
| Code | Object | | | | | | | | | | | | |
| | Eigenschap | Eenheid | | | | | | | | | | | |
| R | Ruimtelijke delen | | A | A | A | A | A | | | | | | |
| 1 | Bodem- en funderingsvoorzieningen | | | | | | C | C | C | C | Aa | Aa | Aa |
| 2 | Primaire bouwkundige elementen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 3 | Openingen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 4 | Afwerkingen | | | A | A | A | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 5 | Werktuigbouwkundige voorzieningen | | | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 6 | Elektrotechnische voorzieningen | | | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| 7 | Vaste overige voorzieningen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 8 | Losse inventaris | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 9 | Terreinvoorzieningen | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| 0 | Projectvoorzieningen | | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa |

Figuur L.1 Objectgroepen selectieblad

De objectgroep 2 Primaire bouwkundige elementen bevat bijvoorbeeld het object buitenwanden; constructief. De eigenschappen van dit object en verantwoordelijke projectpartners per fase zijn weergegeven in Figuur L.2.

| Projectpartners: | | | Fasering | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|----------------|------------|--------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------|---------------|---------------|------------|
| | | | Studie | | | Ontwerp | | | | Bouw | | | |
| A | = | Architect | Initiatief | Haalbaarheid | Project definitie | Massastudie | Structuurontwerp | Voorontwerp | Definitief ontwerp | Technisch ontwerp | Prijpsvorming | Voorbereiding | Uitvoering |
| C | = | Constructeur | | | | | | | | | | | |
| I | = | Installateur | | | | | | | | | | | |
| Aa | = | Aannemer | | | | | | | | | | | |
| Objectengroep | | | | | | | | | | | | | |
| Code | Object | | | | | | | | | | | | |
| | Eigenschap | Eenheid | | | | | | | | | | | |
| 21.2 | buitenwanden; constructief | | | | | | | | | | | | |
| | positie | | | | | | A | C | C | C | Aa | Aa | Aa |
| | verdieping | nummer | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | oriëntatie | vector | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | vorm | | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | hoogte | meter | | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | lengte | meter | | | | | | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | dikte | millimeter | | | | | | | C | C | C | Aa | Aa |
| | oppervlakte | m ² | | | | | A | A | A | A | Aa | Aa | Aa |
| | materiaal | | | | | | | | C | C | C | Aa | Aa |
| | brandwerendheid | tijd | | | | | | | A | A | A | | |
| | kosten | € | | | | | | | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa |
| | bouwfase | tijd | | | | | | | Aa | Aa | Aa | Aa | Aa |

Figuur L.2 Object 21.2 buitenwanden; constructief

Per fase kan een projectpartner zijn bouwobjecten en eigenschappen bepalen. In het figuur hierna is de selectie weergegeven van de objecten en eigenschappen die een constructeur moet modelleren in het voorontwerp.

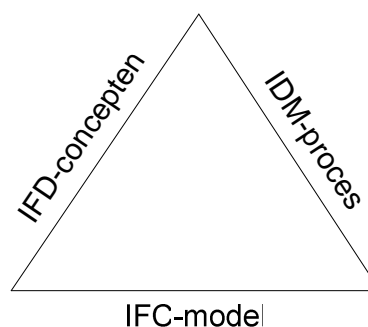
| Objectengroep | | | Voorontwerp |
|---------------|---|------------|-------------|
| Code | Object | | |
| | Eigenschap | Eenheid | |
| 1 | Bodem- en funderingsvoorzieningen | | C |
| 11.1 | bodemvoorzieningen; grond | | C |
| 11.2 | bodemvoorzieningen; water | | C |
| 13.2 | vloeren op grondslag; constructief | | C |
| | dikte | millimeter | C |
| | oppervlakte | m2 | C |
| | materiaal | | C |
| 16.1 | funderingsconstructies; voeten en balken | | C |
| | positie | | C |
| | oriëntatie | vector | C |
| | vorm | | C |
| | materiaal | | C |
| 16.2 | funderingsconstructies; keerwanden | | C |
| | positie | | C |
| | oriëntatie | vector | C |
| | vorm | | C |
| | materiaal | | C |
| 17.1 | paalfunderingen; niet geheid | | C |
| | positie | | C |
| | oriëntatie | vector | C |
| | vorm | | C |
| | materiaal | | C |
| 17.2 | paalfunderingen; geheid | | C |
| | positie | | C |
| | oriëntatie | vector | C |
| | vorm | | C |
| | materiaal | | C |
| 21.2 | buitenwanden; constructief | | C |
| | dikte | millimeter | C |
| | materiaal | | C |
| 22.2 | binnenwanden; constructief | | C |
| | dikte | millimeter | C |
| | materiaal | | C |
| 23.2 | vloeren; constructief | | C |
| | dikte | millimeter | C |
| | oppervlakte | m2 | C |
| | materiaal | | C |
| 27.2 | daken; constructief | | C |
| | type | | C |
| | materiaal | | C |
| 28.1 | hoofddraagconstructies; kolommen en liggers | | C |
| | profiel | | C |
| | hoogte | meter | C |
| | lengte | meter | C |
| | materiaal | | C |
| 28.2 | hoofddraagconstructies; wanden en vloeren | | C |
| | dikte | millimeter | C |
| | materiaal | | C |
| 28.3 | hoofddraagconstructies; ruimte-eenheden | | C |
| 37.1 | dakopeningen; niet gevuld | | C |
| 37.2 | dakopeningen; gevuld | | C |
| | materiaal | | C |

Figuur L.3 Selectie bouwobjecten constructeur in voorontwerp

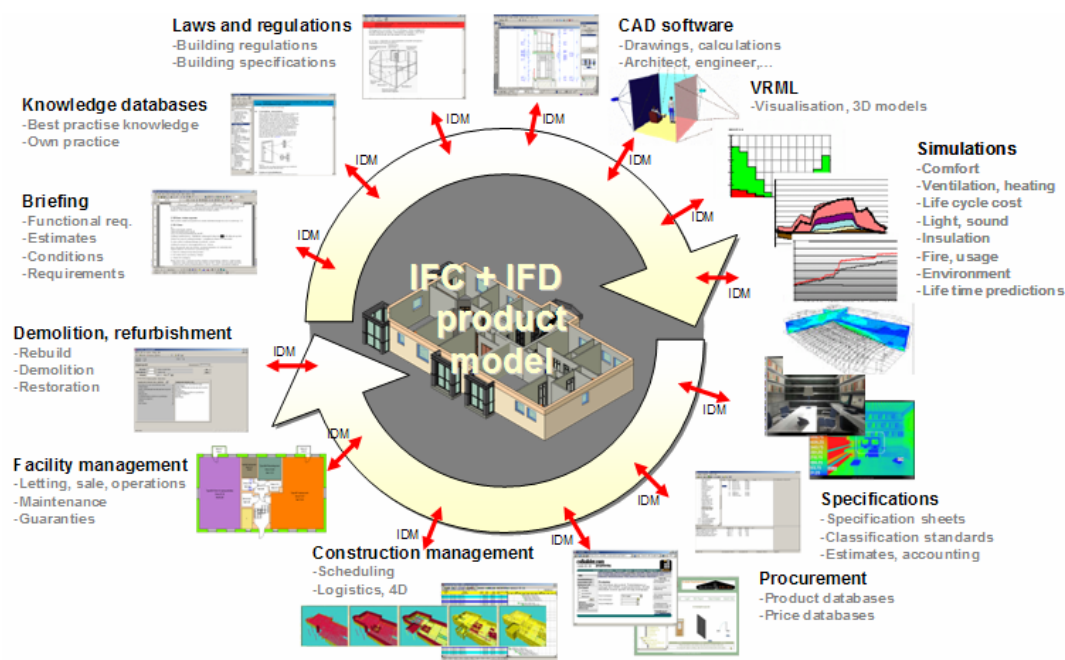
Bijlage M - Ontwikkelingen

De ontwikkelingen rond BIM gaan snel. Een aantal ontwikkelingen is nog niet ver genoeg om invloed te hebben op het resultaat van het afstudeerproject. In de toekomst kunnen de resultaten van deze ontwikkelingen wellicht wel gebruikt worden. In dit hoofdstuk worden vijf ontwikkelingen toegelicht.

De eerste twee ontwikkelingen kunnen worden gezien in relatie met de IFC. De ontwikkeling van de IFC is al ver gevorderd. Een BIM-model kan al redelijk worden beschreven met de IFC. Op objectniveau zijn de meeste bouwobjecten goed te beschrijven met IFC. De vraag blijft welke informatie moet worden uitgewisseld. In de Information Delivery Manual (IDM) worden processen gestandaardiseerd met bijbehorende informatiestromen. Voor de terminologie van de informatie wordt gebruik gemaakt van de International Framework for Dictionaries (IFD).



Figuur M.1 Drietal ontwikkelingen



Illustrations: Lars Bjørkhaug Norwegian Building Research Institute, Olof Granlund, LBNL University of California, Stanford University

Figuur M.2 Combinatie IFC, IDM en IFD (IDM Project)

De derde ontwikkeling moet BIM mogelijk maken met één centraal BIM-model waar alle projectpartners mee werken. In Figuur 4.9 wordt de uitwisseling geschetst van

disciplinemodellen. Deze delen van het BIM-model zouden bij elkaar moeten komen op een modelserver.

Product Modelling Ontology (PMO) is een concept van TNO. PMO moet een aanvulling zijn op BIM en TNO zelf verwacht dat PMO de IFC gaat opvolgen binnen 10 tot 15 jaar.

De laatste ontwikkeling wordt al toegepast in verschillende bouwprojecten. Systems Engineering (SE) wordt echter nog niet gekoppeld met BIM.

De resultaten van deze ontwikkelingen in deze bijlage zijn nog niet duidelijk en kunnen nog niet worden meegenomen in het stappenplan. In toekomstige uitbreidingen van het stappenplan kunnen deze ontwikkelingen wel worden meegenomen.

M.1 Information Delivery Manual

De IAI heeft zich gerealiseerd dat het voor een geïntegreerd bouwproject niet voldoende is om afspraken te maken over informatiemodellen, zoals de IFC. Ook het bouwproces zelf moet worden beschreven (De relatie tussen VISI, IDM en COINS).

De Noorse chapter van de IAI (buildingSmart Norway, 2007) definieert Building Smart als een verbetering van het bouwproces. De gewenste informatie moet aanwezig zijn op het moment dat hierom gevraagd wordt en de kwaliteit van de informatie moet voldoende zijn. Volgens de chapter wordt BIM pas effectief als de kwaliteit van de communicatie tussen projectpartners verbetert.

De Noorse chapter van de IAI heeft daarom het initiatief genomen tot de ontwikkeling van een beschrijving van het bouwproces. De chapter doet dit door het ontwikkelen van de Information Delivery Manual (IDM). Hierin wordt onder andere de informatie beschreven die moet worden uitgewisseld bij verschillende processen.

De ontwikkeling van IDM is nog nieuw. De methodiek is in conceptvorm beschreven en beperkt zich voornamelijk tot de theorie. Enkele onderdelen zijn beschreven, maar deze beperken zich tot de taken van één projectpartner. Juist de informatie-uitwisseling tussen de projectpartners is van belang bij de ontwikkeling van BIM.

M.1.1 Doel

Met de IDM wordt getracht alle bedrijfsprocessen in de bouw te beschrijven. Met de handleiding zouden projectpartners op het juiste moment de juiste informatie moeten hebben. Om dit te realiseren is meer inzicht nodig in de informatiestromen tussen projectpartners.

De IDM beschrijft:

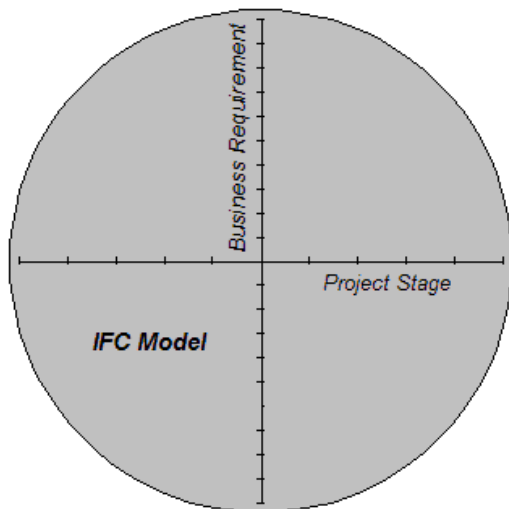
- Waar een proces zich bevindt en waarom het relevant is
- Welke actoren produceren, gebruiken en hebben voordeel van de informatie
- Wat de informatie is die geproduceerd en gebruikt wordt

- Hoe de informatie zou moeten worden ondersteund door software leveranciers

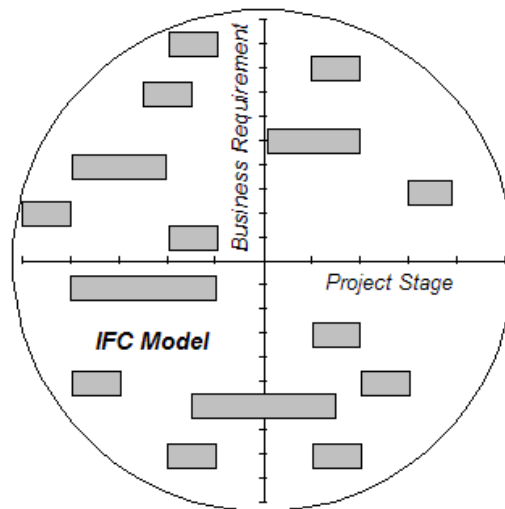
Volgens de IDM zelf versnelt IDM het gebruik van BIM in praktijkprojecten (buildingSmart Norway, 2007).

M.1.2 Aanvulling op IFC-model

Het streven van de IAI is alle bouw informatie gedurende de gehele levenscyclus te kunnen beschrijven met de IFC. In Figuur M.3 is het IFC-model schematisch weergegeven. De IAI tracht alle informatie in een bouwproces in één allesomvattend model te bevatten. Op projectniveau zijn in de verschillende fasen alleen bepaalde delen van het IFC-model nodig, zie Figuur M.4. Processen die worden uitgevoerd in een bouwproject hebben niet het gehele IFC-model nodig. Software die deze processen ondersteunen zijn niet compatibel met het gehele IFC-model. Door de IAI gecertificeerde software is alleen compatibel ten opzichte van een bepaalde view.



Figuur M.3 IFC ondersteunt alle behoeften voor alle projectfasen (buildingSmart Norway, 2007)



Figuur M.4 IDM ondersteunt een behoefte in een projectfase (buildingSmart Norway, 2007)

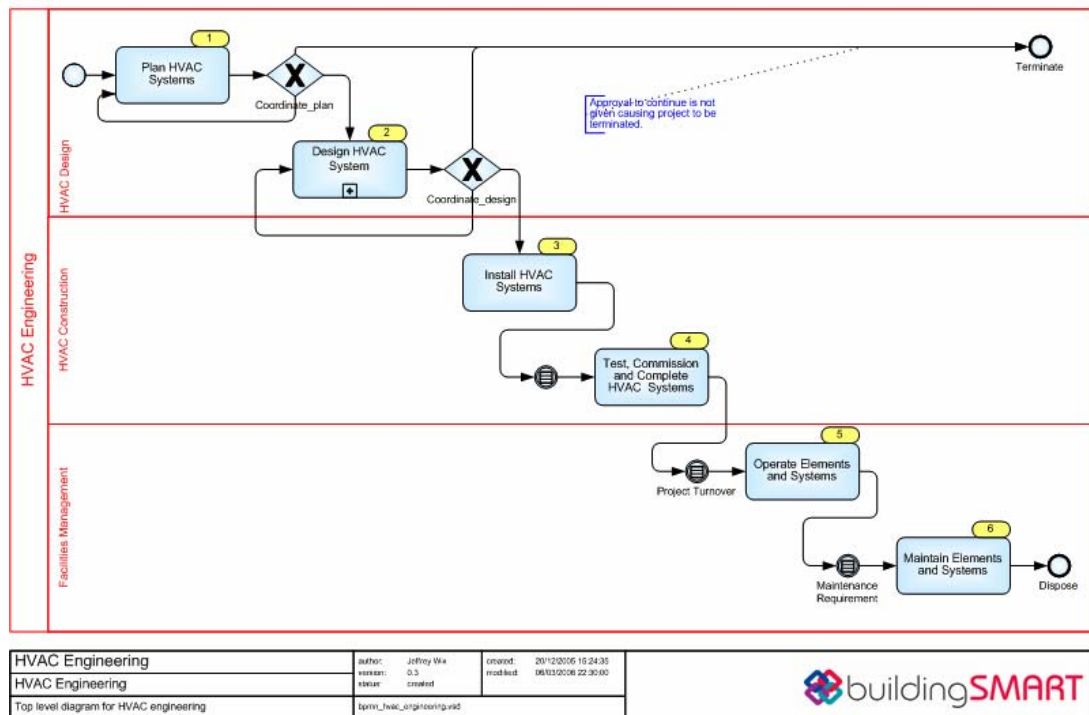
De IDM moet meer duidelijkheid verschaffen welke delen van het IFC-model nodig zijn bij verschillende processen in een bouwproject.

M.1.3 Opbouw

De IDM bestaat uit drie delen:

- Process maps
- Exchange requirements
- Functional parts

Activiteiten in het bouwproces worden beschreven in de process maps. Processen worden in de IDM beschreven met behulp van de Business Process Modelling Notation (BPMN), zie Bijlage F. Een voorbeeld van een process map is gegeven in Figuur M.5.



Figuur M.5 Voorbeeld process map (Wix e.a., 2007)

Van de processen wordt beschreven welke informatiebehoefte en uitwisseling nodig zijn. Een bepaalde behoefte uit Figuur M.4 moet worden voldaan door een softwareoplossing, zie Figuur M.6.

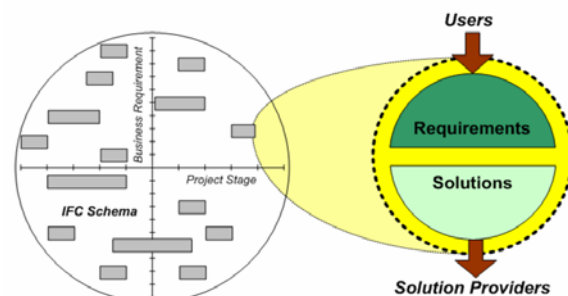
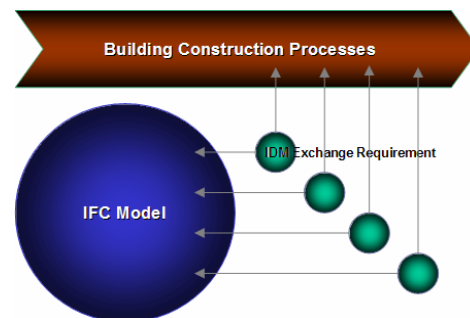


Figure 5: Business process requirements and solutions

Figuur M.6 Behoefte en oplossing (buildingSmart Norway, 2007)



Figuur M.7 Exchange requirements verbinden proces en informatie (buildingSmart Norway, 2007)

De informatie die moet worden uitgewisseld wordt beschreven in exchange requirements. Voor de exchange requirements worden niet-technische termen gebruikt en zijn bedoeld voor de gebruikers. In de process maps worden per proces de bijbehorende exchange requirements benoemt.

Om aan de informatiebehoefte beschreven in een exchange requirement te voldoen zijn functional parts gekoppeld aan de exchange requirements. Functional parts zijn gerelateerd aan het IFC-model die voorzien in een bepaalde informatiebehoefte. In technische termen beschrijven functional parts de delen van het IFC-model die moeten worden uitgewisseld.

M.1.4 Kanttekeningen

De betekenis van de functional parts is niet zo duidelijk als die van de andere twee onderdelen. Functional parts worden beschreven in delen van de IFC en is daarmee afhankelijk van de implementatie van het IFC-model. Volgens Jeffrey Wix, betrokken bij de ontwikkeling van IDM, zijn verschillende software leveranciers intern bezig met de implementatie van de functional parts.

De processen die al beschreven zijn variëren sterk op detailniveau. Met de ontwikkeling van de IDM lopen de installatie technische processen voorop. Processen als Electrical Engineering en HVAC Engineering zijn uitgebreid beschreven terwijl niets bekend is over Structural Engineering. Coördinerende processen tussen projectpartners wordt wel genoemd, maar zijn nog niet zichtbaar.

De IDM streeft ernaar alle processen te beschrijven. Door het brede blikveld is de haalbaarheid twijfelachtig. IDM zal zich moeten ontwikkelen door het uitbreiden van exchange requirements. Gebruikers kunnen gebruik maken van de bestaande exchange requirements. Met de te ontwikkelen business rules kunnen exchange requirements worden aangepast aan locale omstandigheden. Van deze business rules is echter nog niet bekend hoe ze werken.

Bronnen:

buildingSmart Norway (2007). *Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods*. Handleiding (pdf-document).

http://idm.buildingsmart.no/confluence/download/attachments/446/IDM2_Methodology.pdf?version=1 (geraadpleegd op 8.1.2008)

De relatie tussen VISI, IDM en COINS. [online].

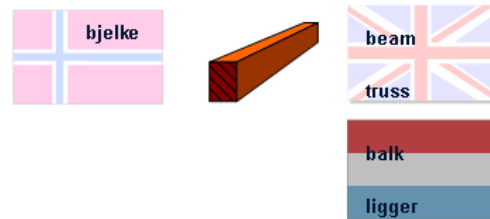
http://www.coinsweb.nl/wiki/index.php/De_relatie_tussen_VISI%2C_IDM_en_COINS (geraadpleegd op 16.1.2008)

M.2 International Framework for Dictionaries

Een aanvulling op de IFC is de IFD. De afkorting IFD staat voor International Framework for Dictionaries. Een korte beschrijving van de IFD is te vinden op de Wiki-website van de IFD (Bjørkhaug, L., Bell, H., 2007).

De Nederlandse LexiCon van STABU is één van de twee eerste implementaties van IFD (STABU, 2005). Het lexicon is gedefinieerd voor een betere communicatie tussen projectpartners en een betere informatieverwerking door computers. De andere implementatie is het Noorse BARBi.

De IFD kan worden toegepast als meertalig woordenboek of verzameling van meerdere woordenboeken. De IFD verzamelt meerdere concepten gescheiden van hun naam. Een concept heeft meerdere vertalingen, zie Figuur M.8. Voor hetzelfde concept komen meerdere vertalingen in aanmerking. Daarnaast kan een vertaling meerdere concepten bedoelen.



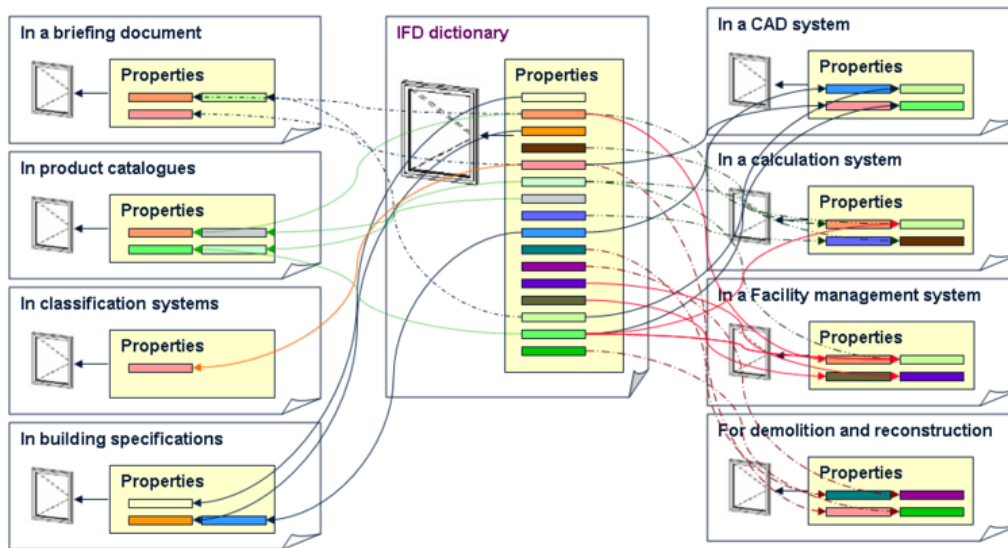
Figuur M.8 Het concept balk/ligger (Bjørkhaug, L., Bell, H., 2007)

Vertalingen in de IFD worden beschreven met een naamlabel. Het concept balk/ligger heeft bijvoorbeeld de naamlabels 'balk' en 'ligger'. Een balk kan gemaakt worden van het materiaal met de label 'hout'. Behalve de naamlabels worden aan concepten ook een Global Unique Identifier (GUID) gekoppeld. Via een standaard algoritme worden GUIDs gegenereerd met een zeer grote onwaarschijnlijkheid op dubbelen. In plaats van uitwisseling op basis van naamlabels kunnen concepten worden uitgewisseld met GUIDs.

In het IFC-model kan een object worden gerelateerd aan een bibliotheek met de entiteit `IfcRelAssociatesLibrary`. De entiteit `IfcLibraryInformation` heeft als eigenschap `LibraryReference`. Een object kan aan een bibliotheek worden gerelateerd met een referentie naar GUIDs.

In Paragraaf 4.6 is de implementatie van het stappenplan beschreven. Bij de opbouw van de database van bouwobjecten kan gebruik worden gemaakt van de IFD. De database bevat nu slechts naamlabels van bouwobjecten en eigenschappen. Als alternatief kunnen de GUIDs worden gebruikt van de IFD. Het voordeel is dat onduidelijkheden over concepten worden voorkomen.

Een voorbeeld van een concept is een raam. Een raam komt in veel verschillende contexten voor. Bij iedere context worden verschillende eigenschappen aan een raam toegekend. De IFD probeert al deze eigenschappen samen te voegen. Door de juiste context te kiezen kunnen relevante eigenschappen worden gebruikt, zie Figuur M.9.



Figuur M.9 Eigenschappen van raam in IFD en verschillende contexten

Met de IFD kunnen dus ook de eigenschappen van de bouwobjecten worden geselecteerd op basis van een context. Door met het stappenplan de fase(n), projectpartners en doelen te kiezen kunnen de relevante eigenschappen van de bouwobjecten bepaald worden.

Bronnen:

Bjørkhaug, L., Bell, H. (2007). Ifc: IFD in a Nutshell. [online]. Oslo, SINTEF Building and infrastructure. http://dev.ifd-library.org/index.php/Ifd:IFD_in_a_Nutshell (geraadpleegd op 16.04.2008)

STABU (2005). STABU LexiCon. [online]. Ede, Stichting STABU. <http://www.stabu-lexicon.nl> (geraadpleegd op 15.04.2008)

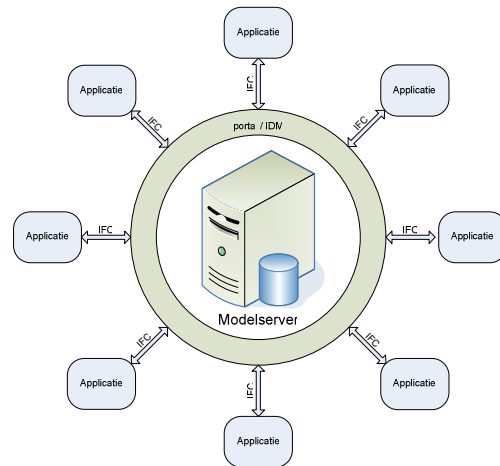
M.3 Modelserver

In de huidige situatie is BIM beperkt tot het uitwisselen van IFC-bestanden. Om echt één centraal model te gebruiken kan een modelserver gebruikt worden. In Nederland is een proef bezig met het gebruik van een modelserver. Hiermee is Nederland het derde land ter wereld, na Noorwegen en Singapore, dat een modelserver gebruikt in de bouw (Belzen, 2007).

De modelserver die gebruikt wordt in de proef is de EDM Model Server die wordt geleverd door het Noorse bedrijf Jotne EPM Technology. Met deze modelserver is ook de Airbus 380 ontwikkeld.

Met een modelserver kunnen projectpartners tegelijkertijd werken aan één project. Een portal naar de server toe zorgt voor de uitwisseling van IFC-bestanden. Op de server wordt de data samengevoegd. Door de portal in te stellen kan ook worden bepaald welke informatie wordt gebruikt. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van de IDM.

Een modelserver kan voornamelijk gebruikt worden om het proces te vereenvoudigen. Op de server worden de versies van de data beheerd, zodat alle projectpartners met de laatste informatie werken.



Figuur M.10 Centrale modelserver

Van belang blijven de informatiestromen van en naar de modelserver. De portals die deze uitwisseling moeten regelen, moeten worden geïmplementeerd in de huidige software. Voor een bouwproject moeten worden vastgelegd welke informatie van het model door iedere projectpartners geleverd, gebruikt en gewijzigd wordt.

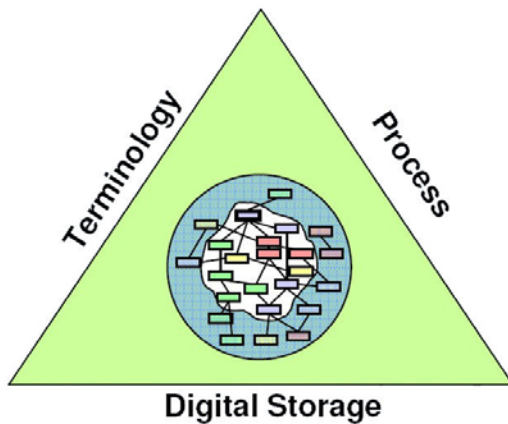
M.3.1 Fidumo

Traverse brengt in de Community of Practise (CoP) Virtueel Bouwen verschillende partijen bij elkaar. Een aantal leden van CoP heeft onder aanvoering van CADVisual en Portiva geïnvesteerd in de eerste Nederlandse modelserver voor BIM. De modelserver wordt daarom de First Dutch Model Server (Fidumo) genoemd. De server bevindt zich in het datacentre van Portiva (Sandt, 2007).

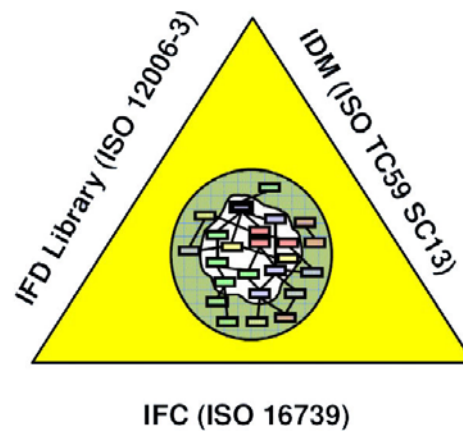
Een andere deelnemer in de CoP is PSIBouw, medeoprichter van de IAI chapter Benelux. Om een inhaalslag te maken in de procesintegratie in de bouw ten opzichte van Scandinavische landen, ziet PSIBouw de noodzaak van een IFC modelserver. De modelserver moet dienen als testomgeving voor de Nederlandse bouwsector. Met Fidumo kunnen Nederlandse bedrijven in de bouw ervaring opdoen met BIM (CoP Virtueel Bouwen).

M.3.2 EDMserver

De EDMserver is ontwikkeld door Jotne EPM Technology. Jotne noemt drie onderdelen die gestandaardiseerd moeten worden in het bouwproces, zie Figuur M.11.



Figuur M.11 Standaardisatie op drie onderdelen (Aas-Jakobsen, 2007)

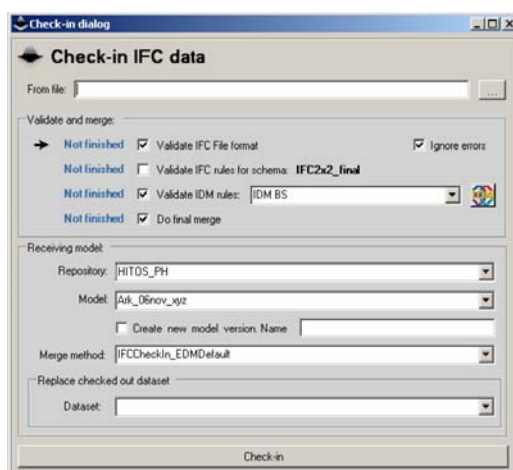


Figuur M.12 Standaardisatie voor het bouwproces (Aas-Jakobsen, 2007)

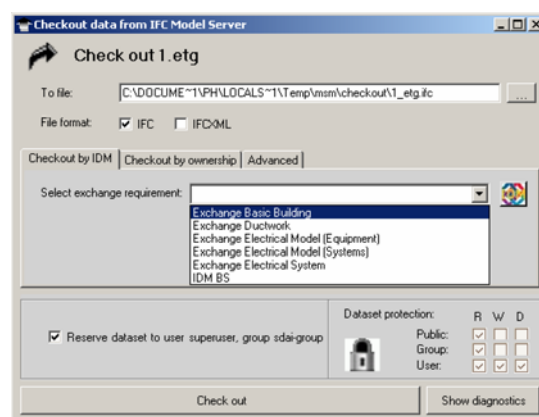
Een modelserver is een opslagmedium voor BIM. Het BIM-model kan worden opgeslagen op een centrale server. Eigenschappen van de modelserver zijn:

- Samenvoegen van IFC-bestanden tot één model ('merging');
- Creëren van een deel van het IFC-model ('extract');
- Versionering op object en eigenschappenniveau;
- Toetsen van het model op basis van gedefinieerde regels ('rule checking').

Projectpartners kunnen gebruik maken van de modelserver door (delen van) IFC-bestanden in en uit te checken, zie Figuur M.13 en Figuur M.14. IFC-bestanden die worden ingecheckt in het centrale model worden samengevoegd. Welke informatie wordt opgeslagen op de server kan worden bepaald aan de hand van de IDM. Bij uitchecken kunnen exchange requirements van de IDM worden geselecteerd, zodat over de juiste informatie kan worden beschikt.



Figuur M.13 Check-in IFC-bestand naar modelserver (Aas-Jakobsen, 2007)



Figuur M.14 Check-out naar software (Aas-Jakobsen, 2007)

In het rapport *Use of IFC Model Servers* (Jørgensen, K. A., Skauge, J., Christiansson, P. , e.a., 2008) wordt gedemonstreerd hoe een modelserver werkt. Voor het experiment is gebruik gemaakt van de EDM Model Server. Met de modelserver zijn verschillende modellen uitgewisseld. De modellen zijn echter alleen toegevoegd aan een hoofdmodel en niet samengevoegd tot één model. Het praktische gebruik van de modelserver is geëvalueerd in het rapport. Een aantal problemen is gevonden die een succesvolle implementatie van de modelserver in bouwprojecten tegenhouden. Met name die im- en export op basis van de IFC door BIM-software werkt belemmerend. Essentieel is een adequate vertaalslag tussen de BIM-software en de modelserver. In het experiment is om die reden alleen gebruik gemaakt van ArchiCAD. De eigenschappen van de objecten zijn opgeslagen in een specifieke property set. Ideaal zou zijn om delen van het BIM-model direct uit te wisselen tussen de BIM-software en de modelserver. In de toekomst moeten softwareleveranciers deze functionaliteit implementeren in hun applicaties.

Bronnen:

Aas-Jakobsen, J. (2007). *Data Modeling*. Presentatie (pdf-document). EPM Technology AS. <http://www.coinsweb.nl/downloads/EPM-COINS.pdf> (geraadpleegd op 31.10.2007)

Belzen, T. van (2007). 'PSIBouw past bouwmethode Airbus 380 toe', *Cobouw*, 26/10/2007. (gelezen op <http://www.portiva.nl/ezines/PSIBouw%20past%20bouwmethode%20Airbus%20380%20toe%20cobouw%2026%20okt.pdf>)

CoP Virtueel Bouwen (2007). Fidumo. Reden, doel en budget. Informatieset (pdf-document). (gelezen op http://www.fidumo.nl/Documenten%20%20presentaties/Fidumo_informatieset.pdf)

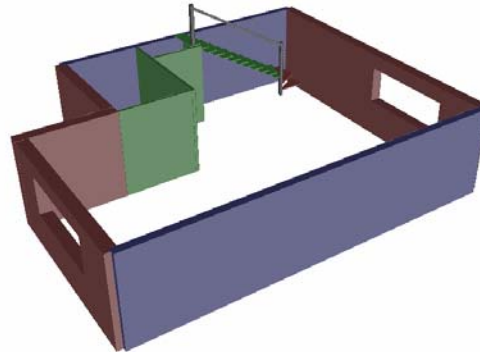
Jørgensen, K. A., Skauge, J., Christiansson, P. , e.a. (2008). *Use of IFC Model Servers. Modelling Collaboration Possibilities in Practice*. Aalborg Denemarken, Aalborg University.

Sandt, T. van de (2007). 'Eerste Nederlandse server voor 3D-bouwmodellen', *Technisch Weekblad*, 01/09/2007: 4.

M.4 Product Modelling Ontology

De uitwisseling van BIM via IFC gaat nog niet perfect. De IFC wordt dan ook nog verder ontwikkeld. Daarnaast werkt TNO aan standaarden om BIM naar een hoger niveau te brengen. Een meer betekenisvol model wordt ook wel Semantisch Model genoemd. Een initiatief om dit te bereiken is Product Modelling Ontology (PMO). PMO wordt ontwikkeld in het kader van het onderzoeksprogramma Semantic Web-based Open engineering Platform (SWOP, 2007). PMO is één van de eerste praktische toepassingen van productmodellering met het Semantic Web, de nieuwe generatie internettoepassingen (TNO, 2007).

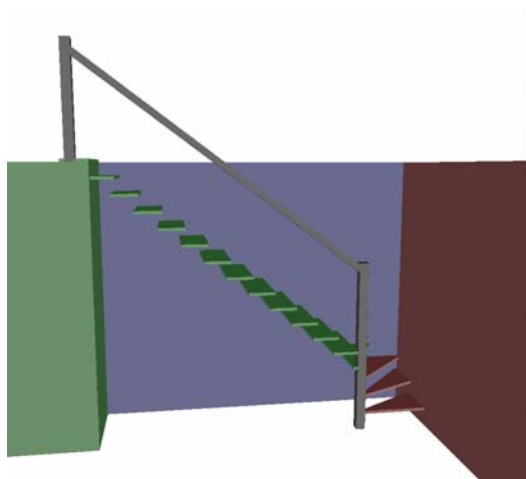
De ontwikkeling van IFC als standaard voor BIM heeft een aantal nadelen. IFC is niet parametrisch en is slechts beperkt semantisch. Om toch betekenisvolle informatie uit te wisselen wordt PMO ontwikkeld. Daarnaast heeft PMO meer voordelen, zoals de indeling en het abstractieniveau. Volgens Peter Bonsma van TNO is PMO binnen 5 tot 10 jaar tot het niveau van de IFC van de afgelopen 2 jaar. Binnen 15 jaar moet PMO ook werkelijk toepasbaar zijn.



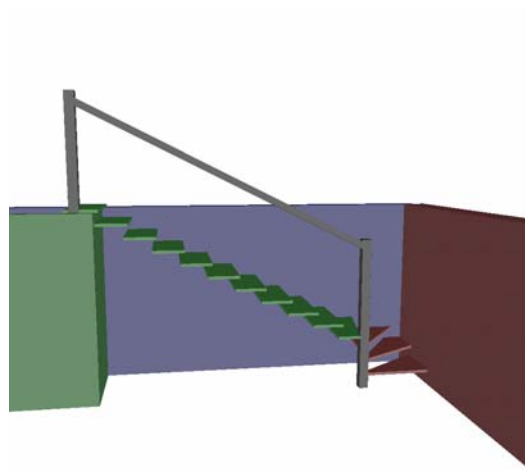
Figuur M.15 PMO-model

Met PMO kunnen de consequenties van aanpassingen in het BIM-model direct door de software verwerkt worden. In de huidige situatie moet een groot deel van de interpretatie door mensen worden gedaan, hetgeen kostbaar is en meer kans op fouten geeft. Met PMO kan de software deze interpretatie overnemen.

In Figuur M.15 is een parametrisch en semantisch model gegeven met een trap. Van de trap zijn de relaties met de wanden en de treehoogte gemodelleerd. Door de dimensies van de wanden aan te passen, verandert de trap mee, zie onderstaande figuren.



Figuur M.16 Trap met 17 treden



Figuur M.17 Trap met 14 treden

Het voorbeeld met de trap kunnen de huidige BIM-software ook. Echter als een BIM-model via IFC wordt uitgewisseld gaat deze informatie verloren. Met PMO kunnen projectpartners hun bouwobjecten modelleren in relatie met de andere objecten. Wijzigingen worden dan automatisch doorgevoerd in alle objecten.

De ontwikkeling van PMO loopt voor op de praktijk. De IFC is nog niet eens uitontwikkeld of zijn opvolger dient zich aan. PMO bevindt zich echter nog in de

onderzoekswereld van TNO en heeft dus tijd nodig om daadwerkelijk te worden toegepast.

Bronnen:

SWOP (2007). *SWOP – Semantic Web-based Open engineering Platform*. [online]. <http://www.swop-project.eu> (geraadpleegd op 17.04.2008)

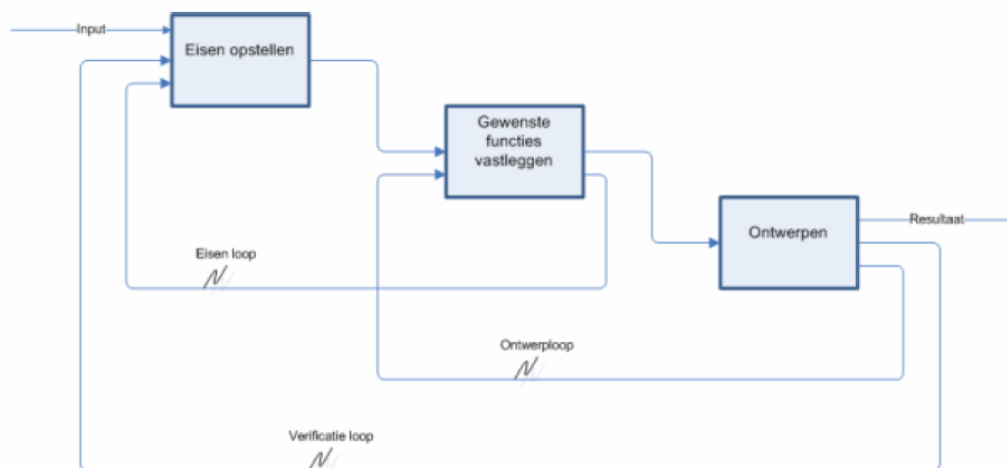
TNO (2007). *Graphisoft implementeert TNO technologie in CAD Software*. Persbericht. http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=persbericht&laag1=37&item_id=200711200065 (geraadpleegd op 17.04.2008)

M.5 Systems Engineering

Een van de vele initiatieven in Bijlage B is COINS dat zich bezig houdt met standaardisering ten behoeve van BIM. De COINS-systematiek is beschreven in een publicatie van de CUR (CUR Bouw & Infra, 2008). De systematiek maakt gebruik van de werkmethode die bekend staat als Systems Engineering (SE).

SE is voortgekomen uit de defensie-industrie en is ontstaan uit de behoefte om het ontwikkelingsproces van complexe producten beter te beheersen (CUR Bouw & Infra, 2008). Sinds een aantal jaren experimenteren Rijkswaterstaat en ProRail met SE. Voor de GWW-sector hebben zij in samenwerking met Bouwend Nederland en het ONRI een leidraad opgesteld (ProRail en Rijkswaterstaat, 2007).

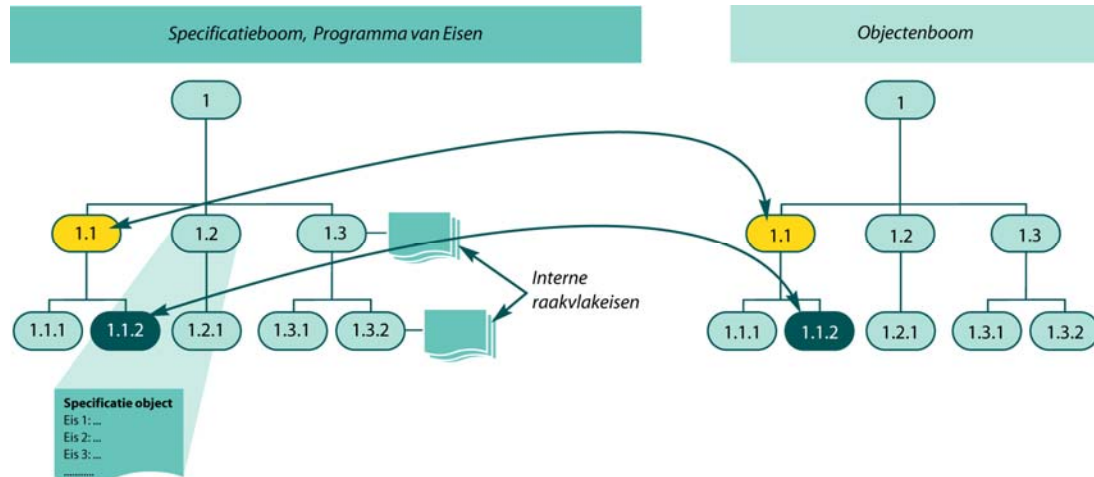
De essentie van het SE proces is geschetst in Figuur M.18. Op een gestructureerde wijze wordt een behoefte gespecificeerd. Bij de behoefte wordt op een gestructureerde wijze een passende oplossing ontworpen.



Figuur M.18 System Engineering Proces (CUR Bouw & Infra, 2008)

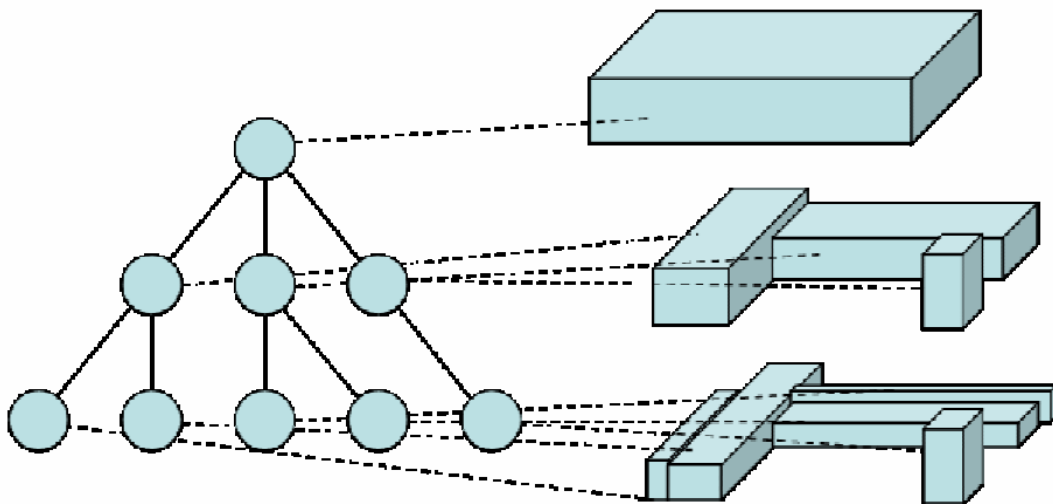
In een bouwproject kan met SE de vraagspecificatie uitgedrukt worden in functies. Voor deze functies zijn oplossingen beschikbaar in de vorm van bouwdelen. Functies moeten gekwantificeerd worden met eisen en bouwdelen met prestaties. In het

ontwerpproces met SE worden één of meerdere eisen gecombineerd met één of meerdere prestaties. Functies kunnen worden weergegeven in een specificatieboom. Parallel daaraan kan de objectenboom worden gegeven, zie Figuur M.19.



Figuur M.19 Relatie specificatie- en objectenboom (ProRail en Rijkswaterstaat, 2007)

BIM is objectgeoriënteerd. Het BIM-model bestaat uit bouwobjecten die overeenkomen met de objecten in een objectenboom, zie Figuur M.20. SE kan gebruikt worden om gestructureerd tot de bouwobjecten van het BIM-model te komen en hierover afspraken vast te leggen.



Figuur M.20 Bouwobjecten in objectenboom en BIM-model (CUR Bouw & Infra, 2008)

SE is een werkmethode om gestructureerd om te gaan met BIM. Aan de bouwobjecten in BIM kunnen functies worden gehangen die de

verantwoordelijkheden van projectpartners beschrijven. SE is een hulpmiddel om afspraken vast te leggen over het gebruik van BIM.

SE wordt steeds meer ingezet bij bouwprojecten. In de GWW-sector wordt in sommige projecten SE voorgeschreven door de opdrachtgever. Een koppeling van de objecten in SE met de bouwdelen van het BIM-model moet nog worden ontwikkeld.

Bronnen:

CUR Bouw & Infra (2008). *De COINS-systematiek*. Concept publicatie. (pdf-document). Gouda, CUR Bouw & Infra.

ProRail en Rijkswaterstaat. (2007). *Leidraad voor Systems Engineering*. ProRail en Rijkswaterstaat. <http://www.leidraadse.nl> (geraadpleegd op 08.04.2008)