

# Het inbedden van BIM

Een bouwwerkinformatiemodel (BIM) zelf lost de tekortkomingen van ICT-ondersteuning in de bouwproductieketen niet adequaat op. Een BIM zou moeten worden ingebed in een formele beschrijving van alle benodigde uitwisselingsvereisten. De ISO/buildingSMART standaard Information Delivery Manual (IDM) is een perfect uitgangspunt voor een dergelijk formeel interactiekader. Ook het belang van (standaard) objectbibliotheken wordt nog steeds ernstig onderschat. Een daadwerkelijke onderlinge uitwisselbaarheid kan alleen gerealiseerd worden met een BIM dat sterke koppelingen heeft met één of meerdere objectbibliotheken. Dit artikel beschrijft de samenhang tussen interactiekaders, objectbibliotheken en BIM. Verder komt de introductie van BIM in een ontwerp-/bouw-/onderhoudsproject van een snelweg in Nederland aan bod.

-Dr.ir. P.H. (Peter) Willems en dr.ir. M. (Michel) Böhms, TNO, Delft

In de jaren '70 en '80 ontstond het idee om een applicatieneutraal datamodel te ontwikkelen voor het faciliteren van informatie-uitwisseling tussen verschillende partijen in een productieketen. Gedurende deze periode, net voor de internetrevolutie, werd het idee vaak gevisualiseerd door het centrum van een 'wiel met spaken model' waarbij vele applicaties op de perimenter met elkaar verbonden worden. Een floppy-icoon symboliseerde de fysieke uitwisseling. Het was ook de tijd van standaardiseren, met als voorbeelden IGES [1] in de VS en, later, ISO STEP (ISO10303) [2] op wereldniveau. De STEP-inspanningen werden gedomineerd door de vliegtuigbouw en auto-industrieën. De AEC-industriebranche speelde slechts een relatief gemiddelde rol. In de jaren '90 gaf deze situatie een impuls aan de ontwikkeling van standaarden voor de bouwindustrie. Een groep

CAD-verkopers gebruikte de onderliggende technologie van de STEP-standaard als het fundament van IFC [3]. Dit consortium werd later getransformeerd tot een onafhankelijke alliantie, die nu bekend is onder de naam *buildingSmart*.

Paralleel aan de IFC-ontwikkeling werden gerelateerde interessegebieden opgenomen in de reeks van buildingSmart-bouw-informatie-standaarden:

- een methodologie voor het ontdekken van specifieke informatie-uitwisselingsvereisten in een concrete situatie. En een methodologie hoe deze uitwisselingsvereisten uitgezet kunnen worden in een gegeven uitwisselingsstandaard (IDM deel 1 [4]);
- het modelleren van interacties tussen de actoren (rollen) in een bouwproject (IDM deel 2 [5]);

- het structureren van standaard objectbibliotheken (IFD [6]).

### ■ NL- STANDAARDEN

Naast het bespreken van de internationale ontwikkelingen op het gebied van standaardisering, zoals hiervoor toegelicht, gaat dit artikel ook specifiek in op twee Nederlandse standaarden: VISI en Coins. VISI is een XML gebaseerde standaard voor het structureren van de communicatie tussen partners in een bouwproject. Het vormt de belangrijkste inspiratie voor de ontwikkeling van IDM deel 2 (heeft recent de ISO-DIS status bereikt). Coins is het acroniem voor 'Bouwobjecten en de Integratie van Processen en Systemen'. Het is een kleine, maar uitbreidbare, BIM- en objectbibliotheekstandaard met als doel de complete levenscyclus van een bouwobject in

kaart te brengen. Daarnaast heeft het sterke eigenschappen ter ondersteuning van systems engineering.

## ■ ONDERLINGE UITWISSELBAAR

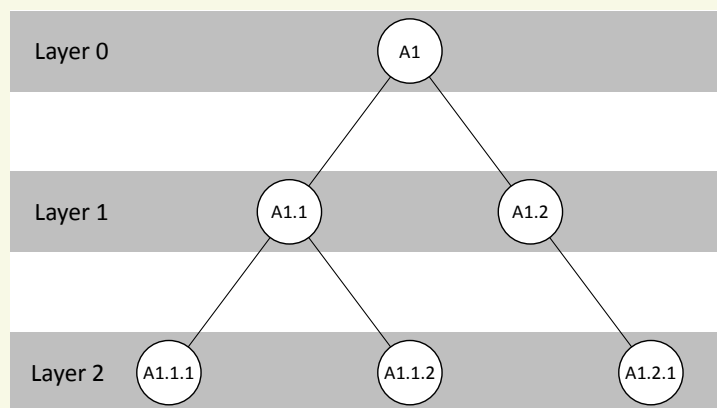
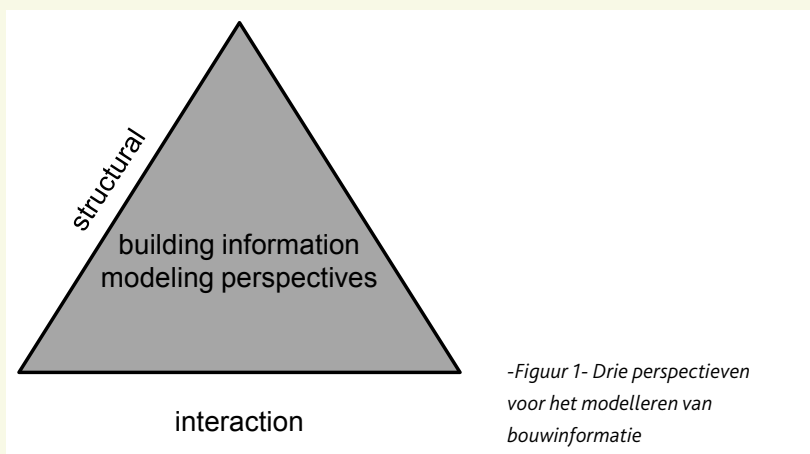
De vroege geschiedenis van de STEP-informatie- en communicatietechnologie heeft de manier waarop mensen werken en communiceren drastisch veranderd. Deze technologische impuls wordt weerspiegeld door het verschil tussen het statisch gesloten wereldbeeld van de relationele databasetechnologie van STEP en het dynamische open wereldbeeld van moderne semantische webstandaarden. Het gebruik van bijvoorbeeld de URI-standaard voor het toekennen van unieke informatiebronnen maakt het mogelijk om de betrokken informatie te modelleren en decentraliseren. Daarnaast kan de informatie virtueel aan elkaar gekoppeld worden terwijl deze nog steeds 'gehost' wordt bij de partijen die primair verantwoordelijk zijn voor de informatie-inhoud.

Dit artikel pleit ervoor om webtechnologie te mobiliseren voor het aanpassen van het ontwerp van de klassieke informatie-uitwisselingsstandaarden. Deze zouden dan zo aangepast dienen te worden dat ze passen binnen een constant veranderende omgeving. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door een losse koppelingsstructuur. Dit is de enige manier om de onderlinge uitwisselbaarheid tussen alle betrokkenen tijdens de gehele levenscyclus van een gebouw te realiseren. De applicaties die de betrokkenen gebruiken om hun werk te doen, dienen hierin ondersteund te worden.

## ■ DRIE PERSPECTIEVEN

Het modelleren van bouwinformatie kan vanuit drie verschillende perspectieven bekeken worden:

- *interactieperspectief*, dit beschrijft de dynamiek van de ontwikkeling en het gebruik van een bouwwerkinformatiemodel. De nadruk ligt op de personen die de informatieobjecten in het model maken, gebruiken, aanpassen of verwijderen;
- *structuurperspectief*, dit beschrijft de informatiestructuren die gedurende de tijd, en voor de verschillende bouwinformatiemodellen, onveranderlijk zijn. Het biedt softwareapplicaties die benodigd zijn om het bouwwerkinformatiemodel te ondervragen;
- *semantische perspectief*, dit beschrijft de inhoud. Wat is de betekenis van een concept uitgedrukt in verschillende hiërarchische netwerken (classificatie, specialisatie, decompositie)? En wat voor eigenschappen zijn gebruikt om dit concept een plek te geven (definiëren van eigenschappen) in de ontologie, of om het te onderscheiden



van andere concepttypen en uiteindelijk van andere voorkomende concepten.

## ■ INTERACTIE PERSPECTIEF

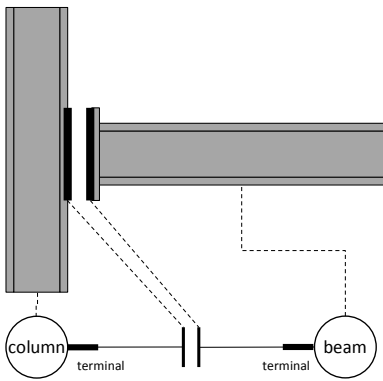
Om de dynamiek van een bouwwerkinformatiemodel te kunnen beschrijven dient de nadruk te liggen op de daadwerkelijke vereisten voor de informatie-uitwisseling. Met andere woorden, welke informatie is nodig om een bepaalde functie te kunnen uitvoeren? De volgende subparagrafen schetsen een methode, beschreven in de Information Delivery Manual (IDM-)standaard, om deze vereisten aan het licht te brengen en in kaart te brengen als een gebruikelijk BIM-structuur.

### Rollen en activiteiten

Informatiemanagement in een document gedreven omgeving is relatief makkelijk. Elektronische documentsystemen zijn zodanig volwassen dat ze prima hun werk doen met betrekking tot versiemangement en gebruikersautorisatie. Echter, om ook de manier waarop deze documenten geprodu-

ceerd worden te beheren, is een uitbreiding naar workflow management noodzakelijk. Een analyse van de productieprocessen van documenten dient als resultaat te hebben een netwerk van personen (rollen). Elke rol wordt toegekend aan bepaalde verantwoordelijkheid. Deze verantwoordelijkheid zal een serie van acties tonen die bestaande informatie vereisen (input) en zal nieuwe informatie produceren (output). In deze context is de activiteit zelf niet relevant, alleen wat erin gaat en wat eruit gaat.

Figuur 2 (verkregen uit IDM deel 2) toont een voorbeeld van het kernproces van een ontwerp-bureau. Het laat verschillende rollen en activiteiten zien van het kernproces binnen een ontwerp-bureau. Wanneer er ingezoomd wordt op een bepaalde activiteit dan toont deze de onderliggende boodschappen die heen en weer gaan tussen de verschillende betrokken functies (zie figuur 3). De documenten (specificaties, 3D-modellen, kostenberekeningen) worden overhandigd in de vorm van bijlagen aan een bericht binnen de activiteit.



-Figuur 3- Boodschappen binnen een bepaalde activiteit. Een activiteit wordt gestart door de initiatiefnemer die de uitvoerende vraagt bepaald informatie te produceren. Wanneer dit afgehandeld is, wordt de handeling zodanig gecontinueerd dat het resultaat aangepast, geaccepteerd of geweigerd wordt.

### Introduceren van BIM

De documenten uit de vorige sectie kunnen gezien worden als een vorm van een BIM voordat deze term bestond. Echter, een echte BIM dient gebaseerd te zijn op een objectgeoriënteerde kernstructuur. Dit diskwalificeert niet het gebruik van documenten als informatie-dragers. Integendeel, het combineren van objecten en documenten biedt een perfecte oplossing om BIM geleidelijk te introduceren in een organisatie zonder dat een abrupte overgang noodzakelijk is. Het gebruik van een boomdiagram met daarin de objecten lijkt een goede keus te zijn. De meeste mensen die betrokken zijn bij een project lijken een intuïtief gevoel te hebben van wat bedoeld wordt met een objectenboom. Documenten kunnen toegevoegd worden aan deze structuur, waarvoor de regel geldt dat als een object een link heeft met een document deze link ook toegekend wordt aan alle afstammelingen van dit object. Deze regel voorkomt een explosie van documentkoppelingen.

### Specificatie van aanleveren van informatie

Het interactieschema en de uitvoering hiervan in de berichtenschema's van iedere activiteit visualiseert de verschillende vereisten voor de informatie-uitwisseling. Dit zou het uitgangspunt dienen te zijn voor het verkennen van de informatie-inhoud van ieder object in de objectenboom. Deze inhoud kan zowel object- als documentgeoriënteerd zijn, als een combinatie van beide. Elke vereiste die gesteld wordt aan de informatie-uitwisseling wordt formeel gespecificeerd in de beschrijving van het informatieresultaat; oftewel een bepaalde view van het BIM-model voor die specifieke informatie-uitwisseling. In het geval van documenten leidt dit tot een creatie

van documentkoppelingen en -posities voor elk resulterend document. In het geval van objectgeoriënteerde informatie leidt dit tot de specificatie van eigenschapreeksen die ook de posities vormen voor eigenschapswaarden van de resultaten. Afhankelijk van de fijnheid van de onderliggende BIM-structuur kan er meer detail worden toegevoegd. Bijvoorbeeld specifieke structuren voor de locatie en geometrische omschrijvingen, het stadium binnen de levenscyclus, functies en vereisten waaraan voldaan dient te worden etc.

### STRUCTUREEL PERSPECTIEF

Het structurele perspectief beschrijft informatiestructuren die niet veranderen gedurende de tijd en die niet veranderen voor verschillende bouw-informatiemodellen. In de volgende paragrafen worden de verschillende structuren gedetailleerder toegelicht.

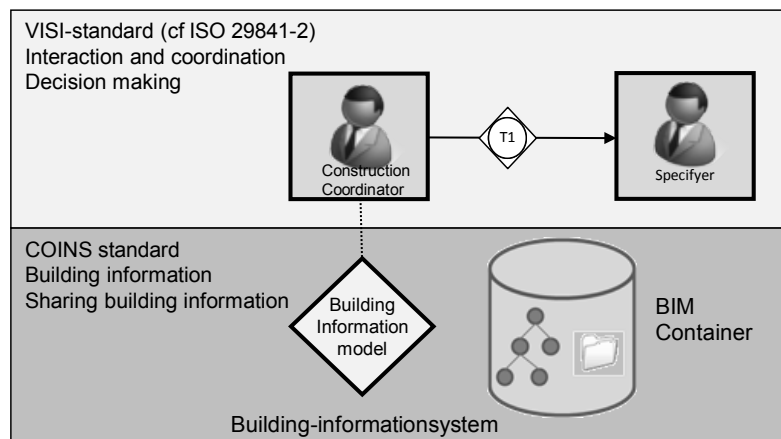
### Identificatie, toekenning en historiografie

Het belang van unieke objectidentificaties kan moeilijk overschat worden. Wanneer er geen

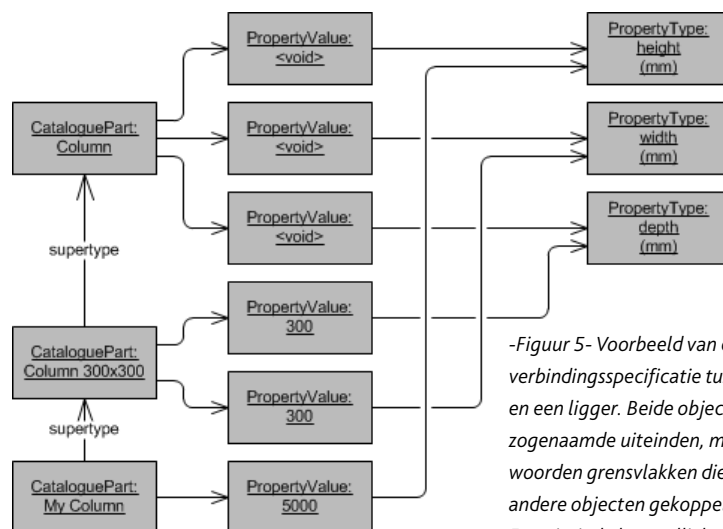
absolute garantie is dat actoren binnen een communicatieproces verwijzen naar hetzelfde object, is al het andere zinloos. De noodzaak van uniekheid van een object id is duidelijk, en zou geïnterpreteerd moeten worden als algemene uniciteit. Echter, uniciteit alleen is niet voldoende. De identificatie zou ook het vinden van dit unieke object moeten faciliteren. Voor dit doel is de URI-standaard [7] uitermate geschikt. Als resultaat hiervan zou de weergave van het BIM mogelijk gemaakt moeten worden via het web, bijvoorbeeld via RDF/OWL.

Wanneer het BIM toegankelijk is via het web, dan wordt een monolithische 'gesloten wereld' weergave voorkomen. Daarnaast worden flexibele gedecentraliseerde modulaire structuren mogelijk gemaakt die beheerd kunnen worden door de informatie-eigenaren.

Tot slot is het vastleggen van de geschiedenis van veranderingen aan ieder object een onmisbaar aspect van BIM. De aanpassingen die zijn gedaan gedurende de tijd dienen behouden te worden, evenals de metadata: wie verantwoordelijk is voor de aanpassing,



-Figuur 4- De decompositieboom is dusdanig gestructureerd dat elke laag het totale bouwobject weergeeft op een afgesproken detailniveau



-Figuur 5- Voorbeeld van een verbindingsspecificatie tussen kolom en een ligger. Beide objecten hebben zogenaamde uiteinden, met andere woorden grensvlakken die mogelijk met andere objecten gekoppeld kunnen worden. Een uiteinde kan wellicht gekoppeld worden aan een gebied op de vormweergave van zijn host-object.

een datum/tijd-kenmerk etc. In principe zou een informatieobject nooit verwijderd of, nog sterker, nooit aangepast mogen worden nadat het gecreëerd is. Elke aanpassing van een object zou automatisch moeten leiden tot een nieuwe versie van dat object met behoud van het originele object. Het verwijderen van een object zou beperkt moeten worden tot het kenmerken dat het object verouderd is.

### Decompositie en aanmaken van lagen

Decompositie is waarschijnlijk het bekendste structuurmechanisme dat toegepast wordt in een BIM. Het behoeft echter enige discipline om onsamenhangende disciplines, die onvergelijkbaar zijn in hun detailniveau binnen de verschillende stappen, te voorkomen. Het is bewezen dat het aanmaken van lagen behulpzaam kan zijn. Het centrale idee is dat alle objectdelen exact hetzelfde weergeven als hun gedeelde oorspronkelijke assemblageobject (gedetailleerder). Er geldt algemeen dat alle objecten in dezelfde decompositielaag het totale bouwobject vertegenwoordigen (gedetailleerder). Dit principe dwingt hetzelfde detailniveau af voor elke decompositielaag. Doordat het detailniveau van elke laag is vastgelegd kunnen objecten gekoppeld worden aan expliciete geometrische weergaven die dit detailniveau weergeven. In figuur 4 kan het A1-object direct verwijzen naar een graf gedefinieerde geometrische vorm, bijvoorbeeld een begrensde doos (bounding box). De vorm kan wellicht ook gedetailleerder weergegeven worden door de vormweergaven van de afstammelingen A1.1 en A1.2 (indien beschikbaar). Wellicht kan hij nog gedetailleerder weergegeven worden door de combinaties van de vormen A1.1.1, A1.1.2 en A1.2.1. Een vergelijkbare aanpak kan men ook volgen voor andere aspecten, zoals de bouwkosten en de bouwplanning.

### Verbinding en koppeling

Decompositiestructuren beschrijven alleen hoe objecten zijn samengesteld uit kleinere objecten. Ze bevatten geen informatie over hoe objecten verbonden zijn aan elkaar. Verbindingsstructuren zijn gedefinieerd tussen objecten in dezelfde decompositielaag. Dit biedt de mogelijkheid om dezelfde verbinding te specificeren op verschillende detailniveaus. Door beide zijden (uiteinden) van een koppeling te definiëren, is dit structuurmechanisme ook heel geschikt om de grensvlakken te beschrijven met de gebouwde omgeving of andere systemen die apart gemodelleerd worden (HVAC, elektrische grids etc.).

### Functionele specificatie

Het beschrijven van het functionele gedrag, in

aanvulling op de bouwobjecten (functievervuller), leidt tot een ander structuurmechanisme dat zijn oorsprong vindt in een ontwerpmethodologie genaamd systeembouw.

Voornamelijk overheidsorganisaties trekken zich in toenemende mate terug van een directe betrokkenheid in het ontwerp en de realisatie van een technische oplossing bij de uitwisseling van het voorschrijven van het functionele gedrag en de prestatievereisten van een bouwobject dat gerealiseerd moet worden. Voor de prestatievereisten kan een onderscheid gemaakt worden voor de verschillende stadia in de levenscyclus: ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud, sloop. Het modelleren van de levenscyclus draagt bij aan het optimaliseren van de totale levenscycluskosten tegenover de bouwkosten. Het biedt de klant een maximale zekerheid dat het bouwproduct de behoeften zal vervullen. Tegelijkertijd heeft de aannemer de maximale vrijheid om deze vereiste functionaliteit te realiseren met de maatregelen die hem geschikt lijken.

### Verificatie

In aanvulling op de functionele specificaties, dient een expliciete verificatie gemaakt te worden, in overeenstemming met expliciete testmethoden, die duidelijk maakt of het gerealiseerde prestatiegedrag voldoet aan het vooraf vereiste niveau. Het structuurmechanisme voor verificatie dient deze bevestiging toe te voegen aan de functionele specificatiestructuur.

### Levenscyclusstadia en grensniveau

Het structureren van het levenscyclusstadium ondersteunt het onderscheiden van informatie naar een specifiek levenscyclusstadium. Bijvoorbeeld, de vormbeschrijving kan verschillend zijn afhankelijk van het ontwerpstadium: voorlopig ontwerp, gedetailleerd ontwerp, definitief ontwerp. Echter, een vormbeschrijving kan ook verwijzen naar een 'als gebouwd situatie' of gefocust zijn op een belangrijk onderhoudsherontwerp. Een structureringsmechanisme voor het levenscyclusstadium verzekert dat er een onderscheid gemaakt wordt in de verschillende datasets voor ieder stadium. Dit principe voor het modelleren van de levenscyclus komt goed overeen met het grensniveauconcept van de systeembouw. Grensniveaus zijn effectieve manieren om het veranderingsgemak in de verschillende gebieden van het bouw-informatiemodel te beheren. Wanneer levenscyclusstadia en grensniveaus samenvallen, is het makkelijk om bepaalde gebieden af te sluiten voor verdere aanpassingen. Dit geeft deelnemers een stabiele basis voor verdere ontwikkeling. Wanneer een aanpassing in gesloten grensniveau daadwer-

kelijk noodzakelijk is dan dient dit gedaan te worden aan de hand van een formele procedure (aanvraag voor aanpassing), waarbij alle deelnemers die betrokken zijn hun goedkeuring verlenen.

### SEMANTISCH PERSPECTIEF

Het semantische perspectief gebruikt verzamelingenleer om objectinstanties te classificeren naar objecttypes, en objecttypes naar abstractere objecttypes. De domeinen van eigenschapswaarden strekt zich uit naar een multidimensionale ruimte terwijl regels deze eigenschappen inzetten door halve ruimtes te specificeren die de werkruimte van een specifiek objecttype insluiten.

Een klassiek voorbeeld focust op de eigenschapstypes *geslacht* (waardedomein:  $y: \{man \mid vrouw\}$ ) en *leeftijd* (waardedomein:  $y: \{y \in \mathbb{Z} \mid y \geq 0\}$ ). Een regel definieert bijvoorbeeld minderjarigheid, zoals  $leeftijd < 18$ . Wanneer de eigenschappen *geslacht* en *leeftijd* beide toegekend worden aan objecttype Persoon, dan kunnen de volgende subtypes afgeleid worden:

- vrouw (geslacht = vrouw)
- man (geslacht = man)
- volwassen (leeftijd > 17)
- minderjarige (leeftijd < 18)
- meisje (geslacht = vrouw; leeftijd < 18)
- jongen (geslacht = man; leeftijd < 18)

Automatische redenering zou uitwijzen dat een object van het type *Meisje* ook het objecttype *Vrouw* is. Omwille van prestatieredenen worden deze feiten vaak toegevoegd aan de basiskennis. Echter, er bestaat een risico dat na een tijd een dergelijke expliciete typering in conflict kan raken met modificaties van toegekende waarden. Bijvoorbeeld, een aanpassing van de leeftijdseigenschap kan impliciet het objecttype veranderen van minderjarige naar volwassenen. Managementsystemen van semantische databases dienen rekening te houden met dit soort mogelijke gebeurtenissen.

Enkele typische structureringsmechanismen worden toegelicht in het navolgende.

### Generalisatie/specialisatie

Het generalisatie/specialisatie structureringsmechanisme vormt de basisrelatie van een deelverzameling. Objecten van het type *Meisje* vormen een verzameling, die een deelverzameling is van de verzameling gevormd door objecten van het type *Vrouw*. Deze observatie resulteert uit het feit dat alle *Meisje*-objecten de *geslachtseigenschap* met de waarde *Vrouw* hebben toegekend gekregen. Dit maakt hen per definitie ook een object van het type *Vrouw*. Een dergelijke redenering kan

omgedraaid worden, zodat wanneer een object de waarde Vrouw toegekend heeft gekregen, automatisch de geslachtseigenschap Vrouw bevat.

Dit modelprincipe kan baat hebben bij eigenschapstoekenningen die initieel geen waarde hadden. Deze methode ondersteunt het samenstellen van objectfamilies die een reeks eigenschaptypen gemeen hebben, maar verschillen in de daadwerkelijke eigenschapswaarden. Gielingh heeft deze aanpak aangeduid als Generiek/Specifiek/Gebeurtenis. Het generieke type definieert de gemeenschappelijke eigenschapsreeks; het specifieke type vult een deel van de waarden van deze eigenschapsreeks in, de gebeurtenissen bevatten een complete reeks van eigenschapswaarden.

## ■ DECOMPOSITIE

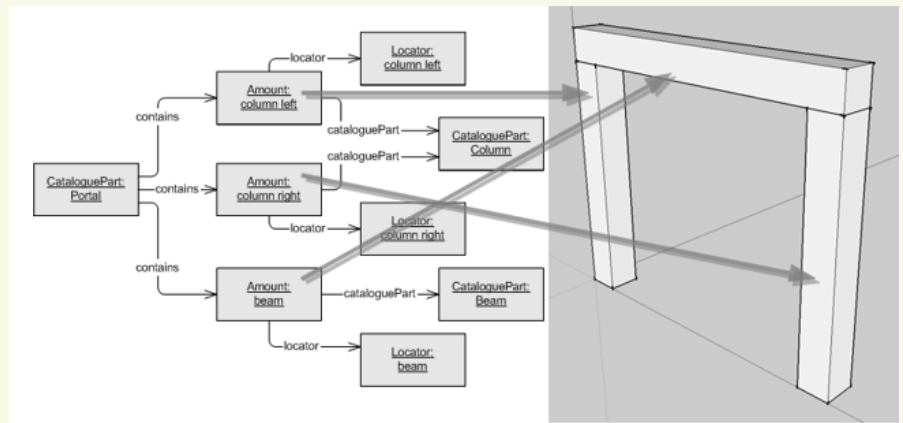
Decompositie in het semantische perspectief wijkt een beetje af van wat eerder beschreven werd over de objectenboom (structureel perspectief) in een bouwwerkinformatiemodel. In een objectenboom zijn de knopen echte bestaande objecten, oftewel ze refereren naar voorwerpen in de echte wereld (verleden, heden en toekomst) en hebben gewoonlijk een locatie in de tijd en ruimte. In het semantische perspectief refereren informatieobjecten naar objecttypes, oftewel ze verwijzen niet naar een voorwerp in de echte wereld dat een locatie in de ruimte en tijd heeft. Echter, een informatieobject uit de echte wereld zou kunnen verwijzen naar een dergelijk informatieobject als zijnde zijn type. Typedecompositie heeft relaties die geïnterpreteerd kunnen worden als 'kan deel uitmaken van' of omgekeerd 'kan bestaan uit'. Toegevoegde fundamentele restricties kunnen verklaard worden wanneer een dergelijke relatie verplicht is (op zijn minst 1), en kunnen vermenigvuldigd worden. Deze structuur kan als template dienen voor de bouw van een objectenboom.

### Parametrische vormdefinitie

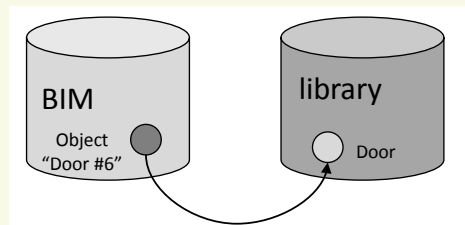
Vormdefinitie zou een onderdeel kunnen zijn van het semantische perspectief. Om het overeen te laten komen met de definitie van productfamilies dient de weergave parametrisch te zijn. De resulterende expliciete weergave (na evaluatie van algoritme dat de parametrische vorm beschrijft) kan later opgenomen worden in de 3D-weergave van het bouw-informatiemodel.

### Andere template relatietypes

Het semantische perspectief kan uitgebreid worden met *template* relatietypes die alle expliciete relatietypes van het overeenkomstige bouw-informatiemodel weerspiegelen. Wanneer dit gedaan wordt zal het semantische

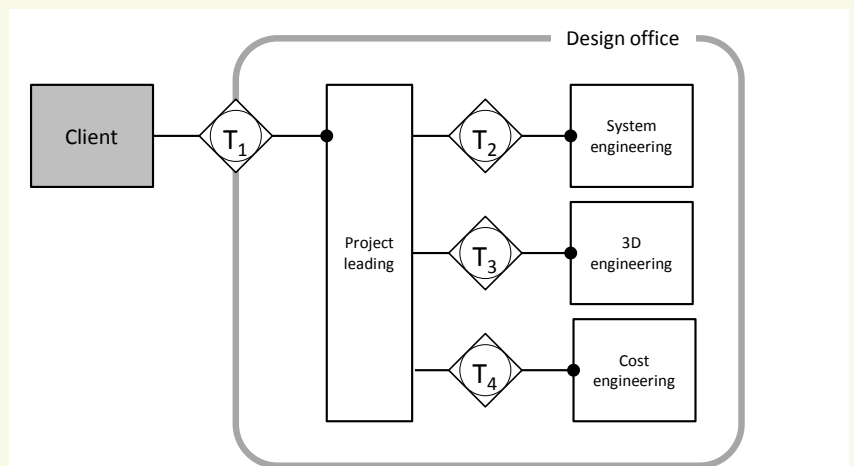


-Figuur 6- Het modelleren van een productfamilie van kolommen. Het generieke oorspronkelijke object van deze familie (kolom) specificeert de eigenschappen hoogte, breedte en diepte waar nog geen waarden aan zijn toegekend. Een specifieke kolom (Kolom 300x300) legt de breedte- en diepte-eigenschappen vast. Tot slot legt een kolom (Mijn kolom) de laatste waarde vast voor de hoogte waar nog geen waarde aan was toegekend. Echter, het is nog steeds een objecttype: het kan vele malen geconcretiseerd en geplaatst worden als concreet object.



CAD-programma gebruiken om de 3D-vorm in elkaar te zetten. Hier zijn dynamische SketchUp componenten gebruikt.

-Figuur 7- Het modelleren van de bouw van een onderdeel met deel-objecttypes die al beschikbaar zijn in de objectenbibliotheek. In dit voorbeeld is het objecttype Portaal gedefinieerd door gebruik te maken van de objecttypes kolom en ligger. Informatie over de locatie kan een component georiënteerd



-Figuur 8- Het interactie en structurele perspectief kan in kaart gebracht worden door twee gekoppelde lagen: -1- een proceslaag die de interactie tussen de functies beheert (twee functies per handeling) en -2- een productlaag die de integriteit van het gedeelde centrale bouw-informatiemodel beheert.

perspectief zich ontwikkelen in een volledig ontwikkeld kennisdomein, dat wellicht ook gebruikt kan worden voor het controleren van voorschriften of het adviseren van nieuwkomers. Echter, er bestaat een risico dat een dergelijk model verslechterd in iets dat erg gecompliceerd is, slecht presteert en moeilijk te onderhouden is.

## INTEGRATIE

Alle drie de perspectieven vormen belangrijke bouwstenen voor het succesvol introduceren van een bouwwerkinformatiemodel in de praktijk.

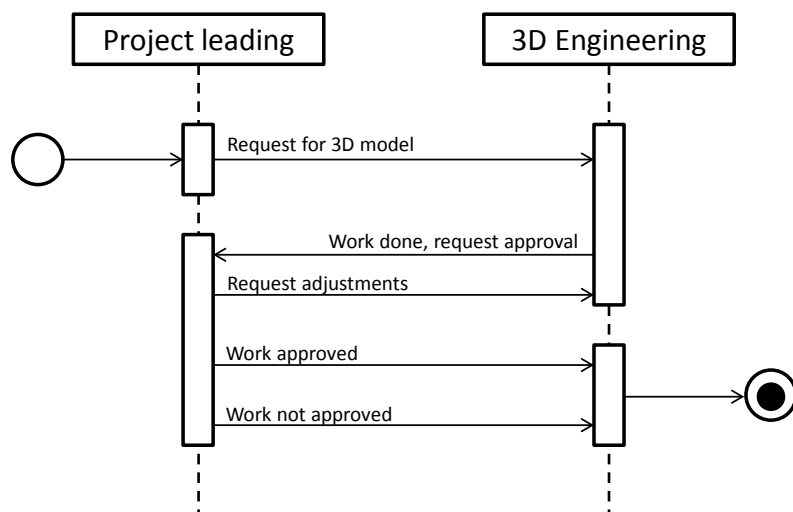
De volgende subparagrafen gaan in op hoe deze geïntegreerd kunnen worden in een nauw samenwerkend systeem.

### Interactie/structureel perspectief

Het integreren van het interactie en structureel perspectief biedt mogelijkheden om de ontwikkeling van een bouwwerkinformatiemodel te beheren. Zelfstandige bijdragen komen tot stand binnen een formeel interactiekader. Hierbinnen wordt degene die iets bij wil dragen voorzien van een pakket dat de benodigde inputinformatie bevat. Daarnaast, als onderdeel van dezelfde handeling, worden de resultaten toegevoegd aan dit informatiepakket (BIM container) zodat het terugkoppelt kan worden aan de initiatiefnemer van deze handeling. De initiatiefnemer zal een acceptatietest uitvoeren. Wanneer de uitkomst bevredigend is, kan de inhoud van de BIM container samengevoegd worden met het centrale gedeelde model.

Het toezicht kan uitgebreid worden door het zichtveld aan te passen op het model van degene die iets bij wil dragen. Een zogenaamd autoriteitenveld specificeert welk deel van het model toegankelijk is en welk deel van het submodel toegankelijk is voor aanpassingen. Aanpassingen aan dit autoriteitenveld kunnen op aanvraag gedaan worden door de teruggekomen containers kunnen geweigerd worden voordat het gedeelde model aangetast wordt. Semantisch en structureel perspectief

Integratie van het semantische en structurele perspectief biedt de mogelijkheid om de grootte van het conceptuele model te beperken (aantal afzonderlijke klassen en relatietypen), terwijl het overschot overgedragen wordt aan de objectbibliotheek. Een direct voordeel is de afname in de softwarecode voor de implementering van een dergelijke BIM-standaard. De meeste softwarecodes zijn noodzakelijkerwijs modelgeoriënteerd. Oftewel verwijzingen naar objectbibliotheek worden geanalyseerd op doorlooptijd. Dit biedt het grote voordeel dat objectbibliotheek aangepast kunnen worden zonder dat de softwarecode, die deze bibliotheek bestuurt, doorbroken wordt.



-Figuur 9- Semantische verrijking van een object genaamd 'Deur #6' door een verwijzing naar een 'Deur' concept in een objectbibliotheek. Voor het conceptuele model van het BIM is het niet nodig om de 'Deur' klasse te specificeren. Hierdoor is het mogelijk om binnen afzienbare tijd het model samen te voegen zodat meer flexibiliteit in de doorlooptijd verkregen wordt.

## CASE: SNELWEGPROJECT

In de komende jaren zal de snelweginfrastructuur rondom Schiphol, Amsterdam en Almere (SAA) geherstructureerd worden. Dit is het resultaat van een cluster van grootschalige projecten (de geschatte kosten bedragen rond de 4 miljard Euro). De meeste projecten zijn geclassificeerd als Ontwerp/Bouw/Kosten/Onderhoud (DBFM, Design/Build/Finance/Maintenance). Dit betekent dat de aannemer de infrastructuur voor een periode van ongeveer 30 jaar onderhoudt. Als resultaat hiervan zal de aannemer zich gedragen als een infrastructuraanbieder die door contract gebonden is om een dienstverlening aan te bieden voor het ondersteunen van de mobiliteit. De sleutelindicator voor het beoordelen van de prestatie is de levering van een minimum beschikbaar percentage van de beheerde infrastructuur. Een boete kan afgegeven worden wanneer deze minimale beschikbaarheid niet behaald is gedurende een bepaalde periode.

### Volgorde informatiestromen

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft het SAA-project geselecteerd als eerste pilot om de BIM-techniek toe te passen voor het beheren van de informatiestromen tussen de aannemer, het projectmanagement en de regionale en nationale dienstverlening (asset management, verkeersmanagement). In overleg werd dit BIM-implementatieproject 'Informatiestromen op orde' genoemd. Dit was om te benadrukken dat het uitvoeren van BIM niet een doel op zichzelf was. Het BIM-projectteam is gestart met een analyse van de verschillende functies en projectdeelnemers. Deze analyse omvatte de verschillende informatieoverdrachten tussen de

actoren in het project. De primaire aandacht was gevestigd op de informatieoverdracht tussen het projectteam van de nationale infrastructuurbeheerder (Rijkswaterstaat) en de aannemer. Deze informatieoverdrachten werden geformaliseerd in een zogenaamde informatie-leveringspecificatie. Die zal deel uitmaken van de formele documenten die later dit jaar uitgestuurd gaan worden voor de aanbesteding van het eerste subproject. Het volgende aandachtspunt was hoe de BIM-data de verschillende managementsystemen van Rijkswaterstaat kon voeden. Gedurende de tijd werd er een indrukwekkende samenvoeging van managementsystemen (asset management, onderhoud, verkeerbeheer etc.) ontwikkeld. Hierin bestonden overlappingen, maar ze onderscheidden ze zich van elkaar in detail, geometrische omschrijving en modelvisie. Uiteraard is het doel om uiteindelijk deze systemen samen te voegen door een vervangend BIM gebaseerd managementsysteem. Echter, het was niet haalbaar (en virtueel onmogelijk) om deze verschillende systemen dusdanig te structureren in één en hetzelfde BIM-project. De volgende stap was daarom het ontwerpen van een manier om de verschillende bestaande managementsystemen te voeden met de informatiestromen van de aannemer.

### BIM-standaard

In een eerder BIM-project concludeerde Rijkswaterstaat dat, om te voldoen aan de specifieke vereisten van dit moment (voornamelijk het gebruik van de systeembouwmethode), Coins de BIM standaardkeuze lijkt te zijn. Coins is een open Nederlandse standaard die gebaseerd is op de principes van systeem-

bouw. Initieel werd Coins klein gehouden om zo een flexibele interface met andere standaarden en objectbibliotheken te faciliteren. Als resultaat hiervan bevat Coins slechts een sterk gelimiteerd geometrisch model (locatie, oriëntatie en bounding box). Voor meer geavanceerde vormen is een koppeling naar bestaande formaten voor 3D-weergaven noodzakelijk, ofwel gevestigde standaarden zoals IFC, Collada, LandXML of bestandsformaten zoals DWG, RevitTM etc. Een Coins-BIM kan verwijzen naar verschillende formaten, die geïntegreerd kunnen worden in viewers zoals NavisworksTM. Een groeiende lijst met plugins draagt zorg voor de compatibiliteit van Coins met andere bestaande applicaties. Een andere consequentie van een kleine standaard is de beperking in semantische uitdrukkingen. Bijvoorbeeld, de Coins-objectboom herkent slechts twee verschillende klassen in objectknoten: fysiek object (voor concrete artefacten) en ruimte (voor immateriële objecten). Er bestaan geen specifieke klassen voor vloeren, daken, wanden etc. Dit semantisch tekort kan overwonnen worden door verwijzingen naar een objectbibliotheek. Een fysiek object dat bijvoorbeeld verwijst naar een deur objecttype in een standaard objectbibliotheek verkrijgt de semantische kenmerken van een deur.

Een laatste sterk punt van Coins is de uitbreidbaarheid. Verwijzingen naar objectbibliotheken is een manier om dit te doen. Een andere manier wordt gevormd door de zogenaamde referentiekaders: een soort submodel dat het Coins kernel model uitbreidt met klassen en relatietypes voor specifieke applicaties. Referentiekaders hebben bewezen zeer geschikte experimentele speeltuinen te zijn om opgenomen te worden als standaard referentiekader in toekomstige releases van de Coins-standaard. In deze case is een referentiekader ontwikkeld voor Rijkswaterstaat dat kan omgaan met de specifieke behoeften, zoals een locatie georiënteerd systeem om de wegverbindingen te beschrijven. Ondanks dat Coins oorspronkelijk geselecteerd werd als standaardkeuze voor het introduceren van de BIM-techniek voor het ondersteunen van de informatiestromen van Rijkswaterstaatprojecten, bestaat er ook een lange termijn strategie om deze beslissing te evalueren met betrekking tot de ontwikkeling van andere initiatieven binnen dit vakgebied. BuildingSmart startte bijvoorbeeld recent een nieuw initiatief 'OpenInfra', dat het doel van de bestaande IFC-standaard dient uit te breiden, zodat deze ook infrastructuur bestrijkt: snelwegen, spoorwegen, waterwegen etc. Recent diende Rijkswaterstaat en haar Zweedse partner een Europees project in als voorstel.

## Objectenbibliotheek

Er was veel energie nodig om een objectenbibliotheek te ontwikkelen die georiënteerd is op infrastructuur. Een Nederlandse standaard (NEN 2767-4) gericht op het meten van de conditie van infrastructuur werd geselecteerd als uitgangspunt. Deze standaard definieert duizenden infrastructurele concepten in drie detailniveaus. Bovendien is de typerende assemblagestructuur gedefinieerd (concept A kan onderdeel zijn van concept B, waarbij concept A en B gesitueerd zijn in aangrenzende lagen).

De NEN 2767-4 specificeert geen eigenschapsypen voor de verschillende concepten. Daarom is de volgende stap het definiëren van een objectbibliotheek die gekoppeld is aan de NEN 2767-4 concepten en die deze uitbreidt met definities van eigenschapsypen. Deze objectbibliotheek bestrijkt de infrastructuur van Rijkswaterstaat (in dit geval: wegen, viaducten, bruggen op topniveau en asfalt, hectometerpaaltjes, verlichtingsarmaturen op grondniveau). De gespecificeerde eigenschapsreeksen zijn een deel van de specificatie van de informatielevering. De daadwerkelijke eigenschapswaarden worden toegekend door de aannemer.

## Implementatiearchitectuur

De daadwerkelijke implementatie is georganiseerd rondom een zogenaamd Coins Bouw Informatie Systeem (CBIS): een Coins compatible databasemanagementsysteem. Hierin is de herhaalde gegevensoverdracht, die geleverd wordt door IDM-overdrachtssoftware, verpakt in discrete verpakkingen (Coins-containers). Na acceptatie van een resultaatoplevering, zal de inhoud samengevoegd worden met de reeds beschikbare informatieobjecten. Hierbij wordt in acht genomen dat bestaande informatieobjecten nooit verwijderd worden. Aanpassingen leiden altijd tot een nieuwe objectversie. Verwijderingen worden gemerkt als *verloren*. Inkomende externe koppelingen zullen nooit resulteren in een dood spoor, maar worden automatisch doorgekoppeld naar de huidige objectversie.

De Rijkswaterstaat objectbibliotheek zal publiek toegankelijk zijn als webservice. De SOA-architectuur draagt zorg voor de uitwisseling van de BIM-data naar de bestaande managementsystemen.

## Stand van zaken

Het SAA/BIM-project besteedt dit jaar aan het verkrijgen van de benodigde soft- en hardware, het opbouwen van de objectbibliotheken en het organiseren van testmogelijkheden. Het doel is om alle systemen draaiend te hebben aan het begin van 2013.

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Na een lange onderzoeks- en ontwikkelingsperiode lijkt het erop dat de BIM-technologie er klaar voor is om in het echt getest te worden. Uiteraard is er nog een aantal te nemen hordes, maar deze lijken niet onoverkomelijk te zijn. De IDM-aanpak blijkt erg nuttig te zijn bij het ontrafelen van de processen en informatie-handelingen in een potentiële complexe situatie. De software die de IDM-interactiekaders ondersteunt, leidt automatisch tot een discreet systeem waar de informatiestromen automatisch een formeel workflowpatroon volgen. Discrete uitwisselingen zijn makkelijker te beheren en zijn beter beschermd om mogelijke modelinconsistenties te voorkomen. Het belang van een goed gevormde objectbibliotheek kan nauwelijks overschat worden. Vanzelf leidt dit tot een onderverdeling in een BIM die:

- de objectdata structureert;
  - elk object lokaliseert;
  - de vormdefinities koppelt;
- en bibliotheken die:
- de concepttypes specificeren;
  - de eigenschapsreeksen toevoegt;
- en uiteindelijk:
- waarden toekent aan deze eigenschappen.

Tezamen zijn de interactiekaders, BIM en objectbibliotheken in staat om het werk te doen, oftewel ze zijn in staat om orde te brengen in de informatiestromen.

## REFERENTIES

1. Initial Graphics Exchange Specification, first published in January, 1980 by the U.S. National Bureau of Standards as NBSIR 80-1978.
2. ISO standard for the computer-interpretable representation and exchange of product manufacturing information, is known informally as 'STEP', which stands for 'Standard for the Exchange of Product model data'
3. ISO/PAS 16739:2005, Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform), a data model developed by BuildingSmart (International Alliance for Interoperability, IA) to facilitate interoperability in the architecture, engineering and construction (AEC) industry.
4. ISO 29481-1:2010, Building information modeling -- In-formation delivery manual - Part 1: Methodology and format.
5. ISO 29481-2 BIM - IDM - Part 2 Transaction framework
6. ISO 12006-3, International Framework for Dictionaries
7. Uniform Resource Identifier (URI): <http://tools.ietf.org/html/rfc3986>