

2016•2017
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Optimaal benutten van een BIM-model in onderhoudsfase, toegepast op de Belgische bouwmarkt

Promotor :
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Promotor :
ir. arch. DIETER FROYEN

Seppe Janssens , Jonathan Nackaerts

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2016•2017

Faculteit Industriële

ingenieurswetenschappen

master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Optimaal benutten van een BIM-model in onderhoudsfase,
toegepast op de Belgische bouwmarkt

Promotor :
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Promotor :
ir. arch. DIETER FROYEN

Seppe Janssens , Jonathan Nackaerts

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Woord vooraf

Deze masterproef kwam tot stand in het kader van onze opleiding master in de industriële wetenschappen, afstudeerrichting bouwkunde, aan de Universiteit Hasselt – KU Leuven.

Naar aanleiding van de sterke opmars van het *Building Information Model* (BIM), op de Belgische bouwmarkt, dringt de praktische implementatie van deze werkmethodek zich op om zodoende een concurrentiële en innovatieve positie binnen te bouwmarkt te handhaven. De vele mogelijkheden die deze methodek te bieden heeft, alsook het grote aandeel van de onderhoudsfase binnen de *Life Cycle Cost* (LCC), hebben geleid tot het uitgevoerde onderzoek. Hiernaast bood deze masterproef een mooie kans om ons te verdiepen in de algemene principes van de BIM-methodek, alsook de mogelijkheden tot een implementatie in de onderhoudsfase.

Vooreerst willen wij onze externe promotor ir. arch. Dieter Froyen van de bouwonderneming Kumpen, alsook onze interne promotor prof. dr. ing. Bram Vandoren bedanken voor hun deskundig advies en algemene begeleiding tijdens de realisatie van deze masterproef.

Hiernaast willen wij een speciaal woord van dank richten aan dr. ir. arch. Pieter Pauwels van de Universiteit Gent, arch. Stijn Mostmans van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB), ir. arch. Hannes Benaets van het bouwbedrijf Dethier en ir. Bart Gentens van Sweco. Hun visies en ervaringen betreffende de BIM-methodek hebben een bijzondere bijdrage geleverd voor de uitvoering van dit onderzoek, alsook in de ontwikkeling van onze eigen visie op het BIM-bouwen.

Verder willen wij ook dr. sc. Berthold Simons van Centrum Duurzaam Bouwen, Jan Parmentier van Vanhout Facilities en Vital Driesen van Jansen Services bedanken voor de gesprekken met betrekking tot de onderhoudsfase van gebouwen. Hun ervaring en raadgevingen hebben ervoor gezorgd dat wij het nodige inzicht voor het verdere onderzoek hebben gecreëerd.

Tot slot willen wij onze ouders bedanken voor hun steun, hun wijze raad en de vele kansen die ze ons gedurende onze volledige opleiding hebben gegeven. Zonder hen zou het haast onmogelijk geweest zijn deze opleiding tot een goed einde te brengen.

Seppe Janssens & Jonathan Nackaerts

Inhoudsopgave

Woord vooraf	I
Lijst met tabellen	V
Lijst met figuren	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Abstract in English	13
1 Inleiding	15
2 BIM-bouwen	17
2.1 Waarom BIM-bouwen?	17
2.2 Wat is BIM-bouwen?	18
2.2.1 Definitie van BIM	18
2.2.2 Evolutie naar het BIM-model	19
2.2.3 Mogelijkheden van BIM	20
2.3 Voordelen van BIM	21
2.3.1 Communicatie	21
2.3.2 Management en financiële aspecten	21
2.3.3 Clash detection	24
2.3.4 Brede toepasbaarheid	25
2.4 Nadelen van BIM	25
2.5 BIM en zijn varianten	26
2.5.1 Little BIM	26
2.5.2 Big BIM	27
2.6 BIM en Normering	28
2.7 BIM-protocol	29
2.7.1 Samenwerkingsafspraken	29
2.7.2 Modelleerafspraken	29
2.8 BIM en de ontwikkeling	30
2.9 BIM en de uitwisseling van bestanden	31
2.9.1 Open standaard: IDM - Information Delivery Manual	32
2.9.2 Open standaard: IFC – Industry Foundation Classes	32
2.9.3 Open standaard: BCF – BIM Collaboration Format	33
2.9.4 Open standaard: IFD – International Framework for Dictionaries	33
2.10 Conclusie en BIM in de toekomst	33
3 Facility management	35
3.1 Wat is facility management?	35
3.2 Belang van facilitymanagement?	35
3.2.1 Life Cycle Costing	36

3.3	Bestaande normering.....	39
3.4	Onderhoud en beheer	41
3.4.1	BIM als basis voor onderhoud en beheer	42
3.4.2	Soorten onderhoud	42
3.4.3	Knelpunten binnen onderhoud	43
3.5	Technologie en onderhoud	44
3.6	Informatiebehoefte en overdracht	48
4	Optimalisatie onderhoud door BIM	53
4.1	Inleiding	53
4.2	Visies met betrekking tot de optimale toepassing van BIM.....	54
4.2.1	Alle informatie in het BIM-model invoegen.....	54
4.2.2	Externe informatie aan het BIM-model koppelen.....	59
4.2.3	Toepassen van BIM bij Systems Engineering.....	62
4.3	Optimaal gebruik van BIM binnen de Belgische bouwmarkt.....	65
4.3.1	Groot patrimonium – onderhoud uitbesteden.....	66
4.3.2	Klein patrimonium – onderhoud in eigen beheer	72
5	Besluit	75
	Literatuurlijst.....	77

Lijst met tabellen

Tabel 1: Overzicht van open standaarden [12].....	31
Tabel 2: Weergave conditiescores NEN 2767 [32].....	40
Tabel 3: Conditie scorematrix van ernstige gebreken [33]	41
Tabel 4: Informatiebehoefte facility management	50
Tabel 5: Informatiebehoefte voor de onderhoudsfase van een wastafel	57
Tabel 6: Informatie uit BIM-model of externe informatie	60

Lijst met figuren

Figuur 1: Verschil tussen de traditionele bouwmethodiek en de BIM-methodiek [5]	18
Figuur 2: Tijdslijn evolutie van tekenafel naar Building Information Model [5]	19
Figuur 3: Voorbeeld van een Building Information Model - Kantoorgebouw Hasselt [6]	20
Figuur 4: Werkplan gegenereerd m.b.v. het BIM-model [2]	22
Figuur 5: Markering van de probleemdetectie in een BIM-model [2]	22
Figuur 6: Probleemdetectie overeenkomstig met de probleemmarkering in het model [2]	23
Figuur 7: Aanpak problemen vervoegen in het bouwproces [9]	24
Figuur 8: clash detection urinoir en technieken [6]	25
Figuur 9: Soorten BIM	26
Figuur 10: Schematische voorstelling van Little BIM	27
Figuur 11: Schematische voorstelling van Big BIM	28
Figuur 12: Evolutie van LOD in functie van de vordering van het bouwtraject	30
Figuur 13: Uitwisselen van BIM-modellen zonder gebruik te maken van IFC-bestanden	32
Figuur 14: Uitwisselen van BIM-modellen door gebruik te maken van IFC-bestanden	33
Figuur 15: Toepasbaarheid van BIM in de hele levenscyclus van gebouwen	34
Figuur 17: Kostenverdeling Life Cycle Cost	36
Figuur 18: Principeschema Life Cycle Cost [29]	37
Figuur 19: Gedetailleerde kostenverdeling Life Cycle Cost [29]	38
Figuur 20: Informatiebronnen voor berekening Life Cycle Costing [29]	39
Figuur 21: Informatiestroom tijdens de levenscyclus van een gebouw [7]	44
Figuur 22: Informatieverdeling COBie-bestanden [7]	45
Figuur 23: Voorbeeldweergave COBie spreadsheet [7]	46
Figuur 24: Classificatie volgens CI/SfB [36]	47
Figuur 25: Klassieke informatieoverdracht binnen bouwproces [7]	48
Figuur 26: Informatieoverdracht volgens het principe van reverse engineering [7]	49
Figuur 27: Indeling informatie volgens schaalniveaus [7]	50
Figuur 28: Principeschema DBFM-samenwerking [38]	53
Figuur 29: Principevoorbeeld informatiebehoefte onderhoud van een wastafel [6]	55
Figuur 30: Informatie subcategorie location [6]	56
Figuur 31: Informatie subcategorie relations [6]	57
Figuur 32: V-model Systems Engineering [43]	62
Figuur 33: Voorbeeld systeemboom	63
Figuur 34: Systeemboom aan 3D-model koppelen [5]	64
Figuur 35: Clash tussen keukenblok en technische leidingen [2]	66
Figuur 36: Gemodelleerde deur zonder beslag [2]	67
Figuur 37: Locatie gegevens deur [2]	68
Figuur 38: Kantoor na oplevering [45]	69
Figuur 39: Garage na oplevering [45]	69
Figuur 40: Technisch schacht na oplevering [45]	70

Verklarende woordenlijst

2D	Tekeningen in twee dimensies
3D	Tekeningen of computermodellen in drie dimensies
4D	Extra dimensie aan BIM-model geven: <i>planning</i>
5D	Extra dimensie aan BIM-model geven: <i>financiële aspecten</i>
6D	Extra dimensie aan BIM-model geven: <i>duurzaamheid</i>
7D	Extra dimensie aan BIM-model geven: <i>facilitymanagement</i>
BCF	<i>BIM Collaboration Format – Open standaard</i>
BIM	<i>Building Information <u>Management</u></i> <i>Building Information <u>Model</u></i> <i>Building Information <u>Modelling</u></i>
CAD	<i>Computer-aided Design</i>
COBie	<i>Construction Operations Building information exchange</i>
DBFM	<i>Design, Build, Finance and Maintain</i>
DBFMO	<i>Design, Build, Finance, Maintain and Operate</i>
FMIS	<i>Facility Management Information System</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation en Air Conditioning</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual – Open standaard</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes – Open standaard</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries – Open standaard</i>
LCC	<i>Life Cycle Cost</i>
LOD	<i>Levels of <u>Detail</u></i> <i>Levels of <u>Development</u></i>
NEN	Nederlandse Norm
PDF	<i>Portable Document Format</i>

Abstract

Kenmerkend aan de hedendaagse Belgische bouwmarkt is de opmars van projectrealisaties volgens het *Building Information Model* (BIM). De voordelen van deze werkmethode zijn te danken aan een integrale collaboratie van de betrokken partijen bij het bouwproces. Bijkomend kan het model gebruikt worden in verschillende bouwfasen. In de onderhoudsfase wordt het vooral nog onvoldoende benut. De verzamelde informatie is vaak onbruikbaar of gaat verloren. Een BIM-model wordt nog niet standaard geïntegreerd in een *as-built*-dossier.

In deze masterproef werd, in samenwerking met bouwbedrijf Kumpen (Hasselt), een BIM-modeladvies voor de onderhoudsfase opgesteld. De resultaten van deze studie zijn gebaseerd op interviews. Facility managers en aannemers deelden hun ervaringen omtrent het BIM-gebeuren, alsook hun visie op de implementatie van BIM binnen de onderhoudsfase. Dit onderzoek toont aan dat er verscheidene adviezen kunnen worden geïmplementeerd. Er bestaat echter een duidelijke consensus omtrent de noodzaak tot tijdige inschakeling - *i.e.* tijdens de ontwerpfase - van een facility manager.

Bijkomend onderzoek is essentieel om de hypothesen en bemerkingen van deze thesis te valideren. De uitvoering van het BIM-principe staat namelijk nog in zijn kinderschoenen. Bijkomend werd in deze studie geen onderzoek verricht naar de koppeling tussen BIM en externe info, noch tussen BIM en *Facility Management Information System*-software. Knelpunten binnen de verschillende stadia kunnen bijgevolg onvoldoende nauwkeurig onderzocht worden.

Abstract in English

Currently, the Building Information Model (BIM) is considered the must-use guide for Belgian construction. Its many benefits are mainly due to the bridges it builds between different stakeholders involved in the building process. Additionally, the model can be used in different construction stages. However, currently, the method is applied insufficiently, especially in the maintenance phase. The BIM-model is not yet always integrated in an as-built-file, which leads to information often being useless or getting lost.

This study, in collaboration with construction company Kumpen (Hasselt), provides some practical guidelines for implementing BIM in the maintenance phase. Study results are based upon literature review and interviews. Facility managers and contractors shared their experiences with BIM, as well as their vision on the implementation of the model in the maintenance phase. Study results indicated several guidelines could be implemented. However, there is a clear consensus considering the necessity of hiring a facility manager in a timely manner – i.e. during the design phase.

Additional research is essential for validation of the hypotheses and considerations. The implementation of the BIM principle is still in its initial stage. Neither the linkage between BIM and external data, nor the interconnection between BIM and Facility Management Information System software were investigated. Accordingly, controversies concerning the different stadia cannot be sufficiently verified.

1 Inleiding

Wanneer er in België aan bouwen wordt gedacht, wordt doorgaans de link gelegd met het ontwerp van een gebouw en de daadwerkelijke bouw of uitvoering van het project. Echter wordt er ter weinig bij stil gestaan dat zowel het ontwerp als de uitvoering slechts twee stappen zijn in de levenscyclus van een gebouw. Nadat de uitvoering gerealiseerd is en het project opgeleverd is, begint de fase die de grootste tijdspanne binnen deze levenscyclus in beslag neemt: de uitbating en het onderhoud van het gebouw. Dit onderhoud is een belangrijke factor in de totaalkost van het project. Deze totaalkost houdt de kosten in voor alle fasen binnen de levenscyclus: ontwerp, uitvoering, onderhoud, renovatie en sloop van een gebouw.

Het onderhoud van gebouwen wordt georganiseerd op basis van een *as-built*-dossier. Dit kan een dossier zijn met papieren plannen en documentatie, maar kan even goed gaan over een map met PDF-bestanden. Deze werkmethode zorgt doorgaans voor een inefficiënte inwinning van essentiële informatie voor onderhoud, niet up-to-date informatie of zelfs informatie die verloren gaat. Binnen de Belgische bouwmarkt groeit het besef en stijgt de vraag naar nieuwe methodes om het onderhoud te kunnen organiseren. Eén van deze nieuwe methodes zou zijn oorsprong kunnen vinden in het BIM, *Building Information Model/Modelling/Management*, -gebeuren. BIM is een nieuwe bouwmethodiek die bekend staat voor een betere communicatie en uitwisseling van informatie tussen de verschillende actoren van het bouwproces. Binnen BIM staat het 3D-model centraal waar informatie aan gekoppeld wordt, wat zorgt voor een bron van informatie.

Deze thesis richt zich op de vraag of de informatie die uit deze BIM-modellen kan gegenereerd worden, bruikbaar is voor de onderhoudsfase. Doordat BIM nog in zijn kinderschoenen staat in België zal er onderzocht worden via welke werkmethodes BIM kan gehanteerd worden. Daarnaast wordt er onderzocht welke verscheidenheid aan gebouwen er aanwezig zijn op de Belgische bouwmarkt en wordt voor deze verschillende gebouw- of patrimoniumtypes de beste werkmethode voorgesteld. Bij alle situaties wordt getracht een overzicht te geven van de sterke en zwakke punten zodat er uiteindelijk kan geconcludeerd worden of de Belgische bouwmarkt in staat is om op dit moment BIM te introduceren in de onderhoudsfase en op welke manier dit efficiënt kan verlopen.

Voor dit onderzoek werd er eerst een literatuurstudie gedaan, extra informatie werd voornamelijk ingewonnen door interviews. Deze interviews werden afgenomen bij aannemers, studie bureaus, adviesbureaus zoals WTCB en CeDuBo, maar ook een professor die gespecialiseerd is in BIM.

In deze scriptie wordt het eerste hoofdstuk volledig gewijd aan BIM. Hierin wordt toegelicht waarom er een noodzaak is naar een nieuwe bouwmethodiek zoals BIM, daarnaast wordt uitgelegd wat BIM is en welke voor- en nadelen dit met zich meebrengt. Vervolgens worden ook de verschillende varianten van BIM behandeld, maar daarnaast wordt er ook gekeken naar de normering en de afspraken die gemaakt worden omtrent BIM. Tenslotte wordt er ook toegelicht welke detailleringniveaus bij BIM gehanteerd worden en hoe de verschillende BIM-modellen via open standaarden uitgewisseld worden.

Het tweede deel van deze scriptie is toegewijd aan facilitymanagement. Hierbij wordt uitgelegd wat dit is en welke normering er bestaat omtrent dit onderwerp. Daarnaast wordt er ook een toelichting gegeven over het belang van onderhoud, welke knelpunten er voorkomen en hoe het onderhoud op technologisch vlak gecoördineerd wordt. Tenslotte wordt er ook een overzicht gecreëerd van de informatie die van belang is om het onderhoud uit te voeren.

In het derde en laatste hoofdstuk wordt een toelichting gegeven over de mogelijkheid tot optimalisatie van het onderhoud, door gebruik te maken van BIM. Hierin worden verschillende visies, werkmethodes van BIM toegelicht, die via de afgenomen interviews naar voren zijn gekomen. Deze visies leggen de nadruk op de koppeling tussen het model en andere belangrijke informatie. Tenslotte wordt er de beste werkmethode bepaald voor bepaalde gebouw- en patrimoniumtypes van verschillende omvang.

2 BIM-bouwen

2.1 Waarom BIM-bouwen?

Een correcte constructie en een efficiënt management van een bouwproces, rekening houdend met zowel de financiële als bouwtechnische aspecten, is al jarenlang een zeer moeilijke en uitdagende factor binnen de bouwwereld. Dit doordat binnen de huidige bouwwereld hoofdzakelijk gewerkt wordt volgens een documentgeoriënteerde werkwijze [1]. Bij het hanteren van deze werkmethode wordt er voornamelijk gewerkt via documenten die opgemaakt worden door de verschillende actoren. Echter is het in de meeste gevallen slechts mogelijk om deze documenten naast elkaar te gebruiken in plaats van aan elkaar te koppelen. Bijvoorbeeld bij het opstellen van meetstaten in een rekenblad op basis van 2D-plannen is geen automatisatie mogelijk. Er wordt vooral gewerkt volgens een 2D-visualisatie en er zullen geen digitale objecten toegepast worden [2]. Dit resulteert in een verkapt werkproces waarbij de verschillende partijen hoofdzakelijk naast elkaar werken in plaats van samenwerken. Door de grote hoeveelheid aan verschillende informatie gedurende het bouwgebeuren, is een goede communicatie cruciaal. Hierdoor ontstaat er een groeiende vraag naar een optimalisatie van de communicatie tijdens de realisatie van het bouwproces. Zo niet zal er echter veel informatie verloren gaan, bijvoorbeeld het verlies van documenten ten gevolge van menselijke nalatigheid.

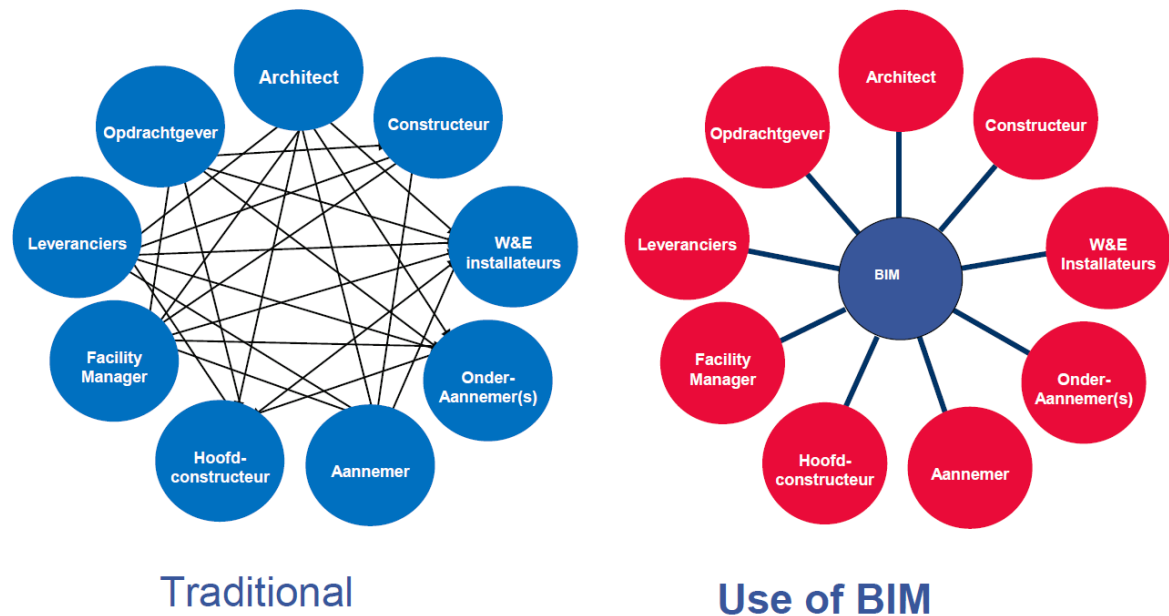
Het verlies aan informatie heeft echter zeer nadelige gevolgen op het volledige verloop van het project. Indien er verschillende praktische problemen optreden zoals conflicten tussen het architectuurontwerp en de stabiliteitsberekening, zal de communicatie een steeds belangrijker wordende functie vervullen. Dit omdat er vastgesteld kan worden dat ontstane problemen moeilijk alle actoren binnen het bouwproces bereiken. Vaak worden ontwerpfouten pas in de uitvoeringsfase ontdekt, waardoor de faalkosten grotere proporties kunnen aannemen. Ten gevolge van het falen van de communicatie binnen het bouwproces, treden er vaak chaotische situaties op betreffende de bouwtechnische problematiek, dewelke op hun beurt leiden tot ergernissen op de werkvloer [2].

Zoals eerder vermeld, wordt er vooral gewerkt volgens een document georiënteerde werkmethode. Deze heeft niet alleen nadelen voor de ontwerp- en uitvoeringsfase, maar zal echter ook verschillende nadelen creëren voor de beheer- en onderhoudsfase van het gebouw. Bij de oplevering van een bouwproject wordt een *as-built*-dossier overgedragen aan de bouwheer. Dit dossier bestaat echter uit een groot aantal van papieren tekeningen en documenten [1]. Het klassieke *as-built*-dossier is een inefficiënte werktuul om het facilitymanagement te organiseren. Dit is een foutgevoelige werkwijze waardoor de kans bestaat dat er mogelijk informatie verloren zal gaan. Bijvoorbeeld door onoplettend- en onnauwkeurigheden van de bouwheer op vlak van het bewaren van deze documenten [2].

Tot slot kan er geconcludeerd worden dat er binnen de huidige bouwwereld zowel een communicatie- als samenwerkingsprobleem heerst. Ter oplossing van deze heersende problematiek, is het BIM-bouwen in het leven geroepen [3]. Binnen deze bouwmethode wordt er gewerkt aan de hand van een 3D-model, dewelke onder andere fungeert als communicatiemiddel. Vooraleer er van een BIM-model kan gesproken worden, moet de noodzakelijke informatie aan het 3D-model gekoppeld zijn. Doordat deze informatie up-to-date gehouden wordt, beschikken alle actoren over de juiste informatie waardoor het communicatieprobleem opgelost wordt. Deze informatie dient slechts eenmalig in het model geïntegreerd te worden waardoor elke partij in een latere fase van het bouwproces hierop kan voortwerken. Deze integratie resulteert in een vlottere samenwerking. Door

deze verbeterde communicatie en samenwerking, kunnen de verschillende actoren snel inzicht krijgen in het bouwproject [4].

Figuur 1 illustreert het duidelijke verschil tussen enerzijds de traditionele bouwmethodiek en anderzijds de BIM-methodiek. Bij de traditionele methode communiceren alle actoren rechtstreeks met elkaar wat resulteert in de communicatie en samenwerkingsproblemen die eerder werden besproken in dit hoofdstuk. De methode waarbij BIM-bouwen wordt toegepast is een meer gestructureerde methode. Alle informatie die relevant is voor het bouwproject wordt aan BIM gekoppeld en is bereikbaar voor de andere partijen binnen het bouwteam.



Figuur 1: Verschil tussen de traditionele bouwmethodiek en de BIM-methodiek [5]

2.2 Wat is BIM-bouwen?

2.2.1 Definitie van BIM

Een duidelijke definitie van BIM bestaat er niet. Door het feit dat BIM een afkorting is voor meerdere termen, geeft iedereen zijn eigen interpretatie aan BIM en wordt het door iedereen op een verschillende manier toegepast. BIM staat voor *Building Information Modelling, Management of Model* [5]. De context waarin men spreekt over BIM bepaalt naar welke van de drie voorgenoemde betekenissen men wil refereren.

Wanneer men over *Building Information Modelling* spreekt, dan heeft men het over het maken van een 3D-model en het koppelen van de informatie eraan. Hierbij is het de bedoeling dat het gecreëerde model gedurende het hele bouwtraject wordt gebruikt om zo de communicatie, uitwisseling van informatie, samenwerking en optimalisatie van het ontwerp en de uitvoering te optimaliseren [5].

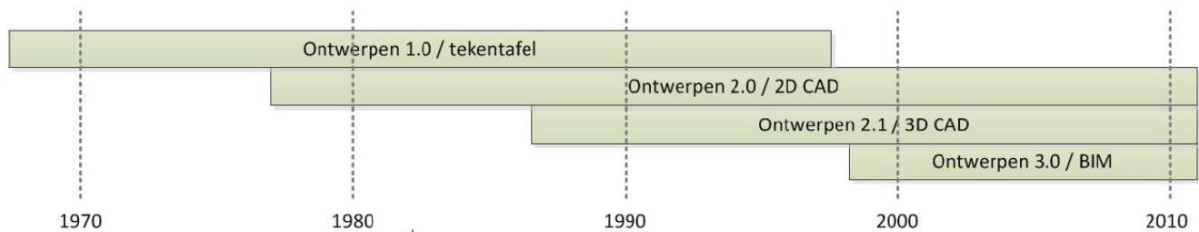
Met Management wordt de nadruk niet gelegd op het 3D-model maar meer op de informatie en het efficiënt raadplegen en gebruiken van de informatie. Dit management vindt plaats in de hele levenscyclus van een gebouw, van ontwerp tot en met sloop [5].

De laatste betekenis, *Building Information Model*, wordt specifiek gekeken naar het 3D-model. Hieraan kan dan alle informatie gekoppeld worden [5].

In de drie voorgaande definities komt er telkens één constante terug: BI. Dit staat voor *Building Information*, de essentie van heel deze bouwmethodiek. Met BIM is het belangrijk om de relevante informatie, die betrekking heeft tot de ontwerpfase, bouwphase of eventueel een latere fase, te gaan verzamelen en ter beschikking te stellen van andere actoren. Dit alles dient op een zo efficiënt mogelijke manier te gebeuren.

2.2.2 Evolutie naar het BIM-model

Als basis van de BIM-methodiek wordt er altijd beroep gedaan op een 3D-model waar achteraf de nodige informatie aan gelinkt kan worden. Het ontstaan van dergelijke 3D-modellen is het resultaat van een jarenlange evolutie. Figuur 2 geeft een tijdlijn weer waarop de evolutie te zien is, gaande van de tekenafel over het twee- en driedimensionaal tekenen tot en met het ontstaan van het *Building Information Model*.



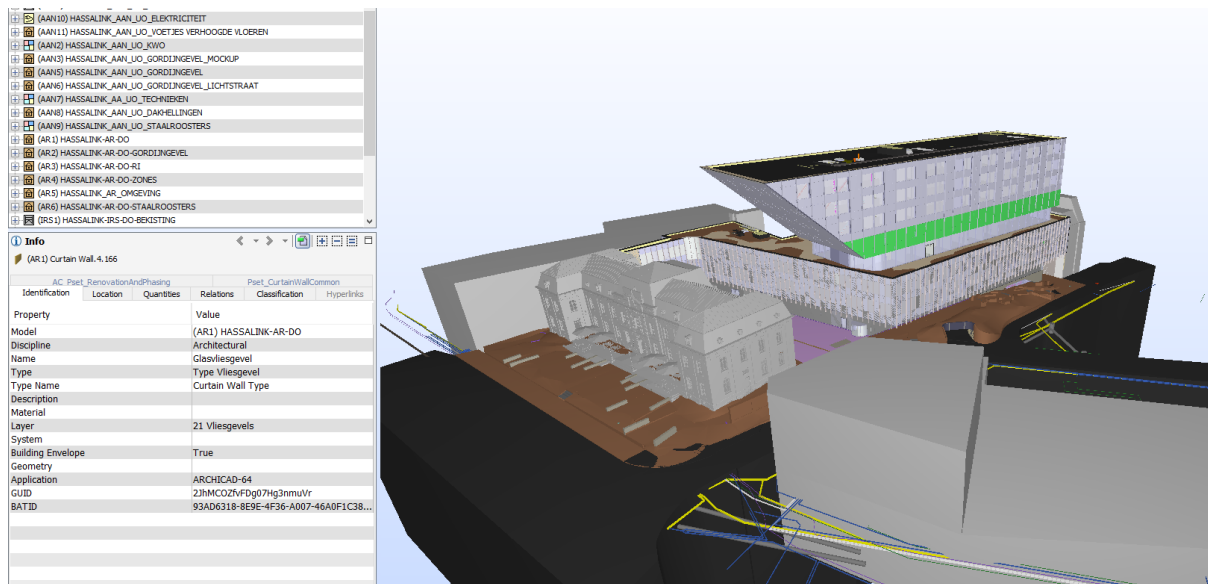
Figuur 2: Tijdlijn evolutie van tekenafel naar *Building Information Model* [5]

Voor de start van de evolutie werden bouwplannen op de tekenafel in 2D getekend. In de tweede helft van de jaren 70 werden de eerste plannen met behulp van computers getekend. Echter waren dit nog altijd 2D-tekeningen. De lijnen die men tekende, waren slechts digitale objecten met geen extra informatie aan gekoppeld. Een kleinere stap in deze evolutie is de overschakeling van 2D naar 3D. Het grootste voordeel van de evolutiestap was het visuele aspect. De opbouw van gebouwen kon duidelijker weergegeven worden, op deze manier kon iedereen sneller een inzicht krijgen in dit traject. Bij deze soort van twee- en driedimensionaal tekenen, is het nadeel dat er alleen informatie beschikbaar is over de geometrische data van de digitale objecten. Een muur rond een kamer wordt getekend als een rechthoek met daarin een kleiner rechthoek. Deze twee rechthoeken geven op een plan visueel weer dat er een muur moet komen met een bepaalde dikte. Maar deze informatie is niet uit het computermodel te genereren. Alleen de positie van deze twee rechthoeken en de breedte en de lengte van de rechthoeken kan gegenereerd worden [5].

De laatste grote stap in deze evolutie is het overschakelen van een 3D-model naar het *Building Information Model*. Aan de digitale objecten die gebruikt worden, kan veel meer informatie gekoppeld worden. Hierbij kan terug verwezen worden naar het voorbeeld van de muren die rond een bepaalde ruimte getekend worden. Hierbij kan informatie omtrent de dikte, de lengte, de breedte en de hoogte van de muur gegenereerd worden. Alsook is het mogelijk om informatie te extraheren over bijvoorbeeld de gebruikte bouwmaterialen, kleur van de wand en de locatie van deze wanden ten opzichte van andere wanden en ruimtes of verdiepingen in dit model [5].

Op Figuur 3 is een voorbeeld te zien van een *Building Information Model*. Hierbij is in het rechtergedeelte het 3D-model te zien. Links in dit model zijn bovenaan de verschillende

deelmodellen van het gebouw te zien. Tenslotte kan de gebruiker linksonder de informatie omtrent de geselecteerde objecten terugvinden. Voor dit voorbeeld werd beroep gedaan op het model van een kantoorgebouw dat tijdens het schrijven van deze masterthesis gebouwd werd door THV Kumpen-Democo, alsook op het model van een door Kumpen reeds opgeleverd kantoorgebouw [6].



Figuur 3: Voorbeeld van een Building Information Model - Kantoorgebouw Hasselt [6]

Zoals hierboven vermeld maken alle actoren een eigen deelmodel. Achteraf worden deze modellen over elkaar gelegd om zo de nodige controles uit te voeren. De redenen waarom er in deelmodellen wordt gewerkt en niet in één en hetzelfde model zijn van verschillende oorsprong. Een eerste reden is dat het computerbestand zeer groot zou worden en veel geheugen in beslag zou nemen. Dit zou het extra moeilijk maken om mee te werken. Doordat iedereen zijn eigen model maakt, kan iedereen werken voor zijn eigen deadline. Zo moet een HVAC-model niet noodzakelijk gelijktijdig klaar zijn met het architectuurmodel. Door met de verschillende modellen te werken, kunnen er discussies vermeden worden in het kader van de verantwoordelijkheden. Zo is iedereen verantwoordelijk voor zijn model, actoren kunnen de deelmodellen van andere partijen niet aanpassen. Zo is het op een snelle en efficiënte manier te controleren wie wat moet aanpassen of wie iets aangepast heeft zonder dat dit nodig was of waar geen toestemming voor werd verleend [5].

2.2.3 Mogelijkheden van BIM

Door middel van een optimale integratie van het BIM-model kan het vooraf besproken samenwerkings- en communicatieprobleem behandeld worden. De effectieve methodes waarmee dit aangepakt wordt, worden besproken in de volgende sectie Voordelen. Echter leidt een verkeerde toepassing van dit model tot ongunstige gevolgen. Deze worden toegelicht binnen de sectie Nadelen. Door deze analyse te maken tussen enerzijds de voordelen en anderzijds de nadelen, kan er nagegaan worden of BIM leidt tot een foutloze uitvoering op het vlak van communicatie, management en uitvoering.

Naast de 3D-aspecten binnen deze bouwwijze is er tevens ook de mogelijkheid tot het toepassen van 4D, namelijk de planning van het bouwproces waaraan informatie voor de uitvoering gekoppeld wordt, alsook 5D in functie van de financiële aspecten van het bouwproces [7]. Naast al deze aspecten

kunnen ook de eisen betreffende de duurzaamheid van het gebouw, 6D, getoetst worden, alsook het latere facilitymanagement, 7D.

2.3 Voordelen van BIM

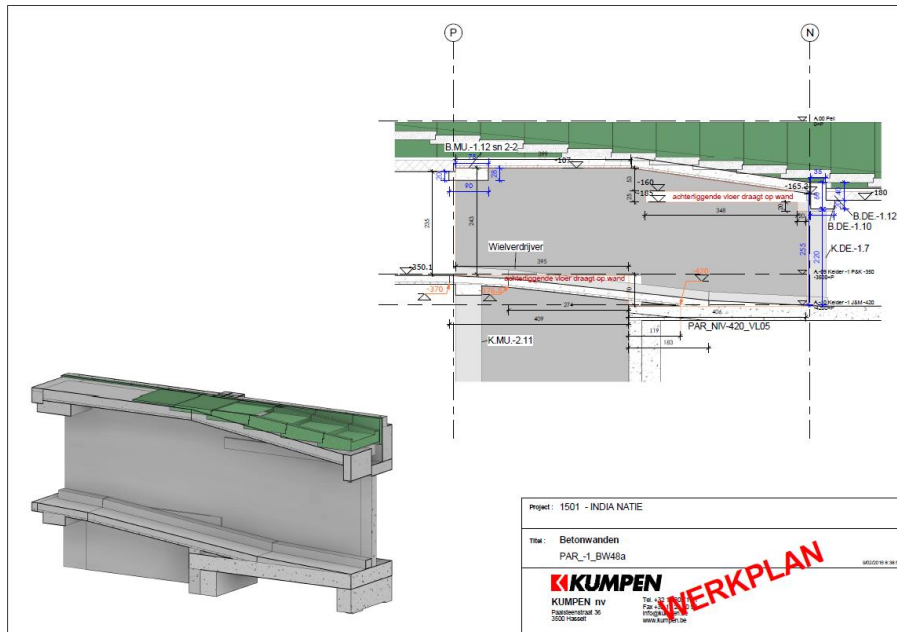
Zoals uit voorgaande secties gebleken is, heeft de implementatie van de BIM-methodiek verschillende voordelen op vlak van het communiceren en het managen binnen het bouwproces, alsook op de uitvoering ervan. Al deze voordelen worden in de volgende alinea's gebundeld en uitgebreid toegelicht.

2.3.1 Communicatie

Omdat informatie binnen de BIM-methode centraal staat, ontstaat de opportuniteit dat er verschillende voordelen optreden betreffende de communicatie tijdens de realisatie van een bouwproject. Bij het hanteren van deze methode verloopt de communicatie voornamelijk via een BIM-model wat kan leiden tot een beter projectdossier. Indien dit correct toegepast wordt, zullen er geen verouderde, onduidelijke, onvolledige of tegenstrijdige plannen optreden. Ook zal er aanzienlijk minder e-mailverkeer plaatsvinden en zal alle informatie zeer snel beschikbaar zijn. Al deze aspecten zorgen voor minder verwarring op de werkvloer waardoor er meer vertrouwen ontstaat in het dossier [2].

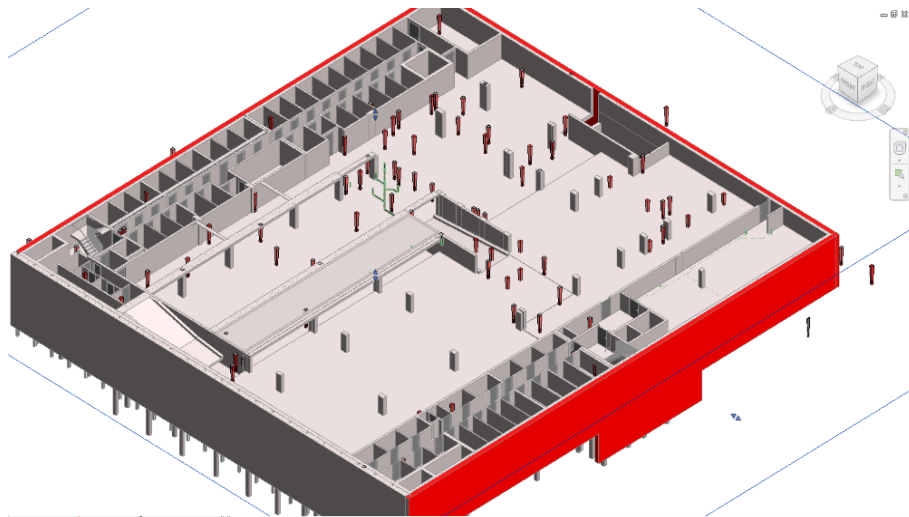
2.3.2 Management en financiële aspecten

Naast de verschillende voordelen op het vlak van communicatie, zijn er ook heel wat voordelen betreffende het projectmanagement, alsook de bijhorende financiële aspecten. Aan de hand van het BIM-model is men in staat de uitvoeringsplannen op te stellen, alsook te visualiseren. Hierdoor zal deze mogelijk volledig geoptimaliseerd zijn. Deze gegenereerde plannen kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor de bestelling van prefab-elementen. Figuur 4 illustreert een voorbeeld van een dergelijk gegenereerd uitvoeringsplan. Ook wordt er door de BIM-methode een automatisatie op het vlak van meetstaten gecreëerd, waardoor de kansen op het vergeten van hoeveelheden en posten in het budget ingedijkt worden. Deze waarheidsgetrouwe meetstaten kunnen resulteren in een correctere kostprijs voor de klant.



Figuur 4: Werkplan gegenereerd m.b.v. het BIM-model [2]

Vervolgens kunnen de werfvergaderingen gevoerd worden aan de hand van een *realtime* BIM-model. In dit model kunnen optredende problemen zowel gedetecteerd als gemarkeerd worden. Deze problemen kunnen op hun beurt tijdens vergaderingen zeer snel aangehaald en geraadpleegd worden. Hierdoor zullen de betrokken partijen sneller in staat zijn correcte beslissingen te nemen omtrent de vragen en onduidelijkheden betreffende het ontwerp en de uitvoering van het bouwproject. Elke partij beschikt namelijk over zijn eigen deelmodel waardoor men het desbetreffende probleem steeds vanuit hetzelfde standpunt kan benaderen. Een voorbeeld van deze probleemdetectie en -markering wordt geïllustreerd in Figuur 5 en Figuur 6.



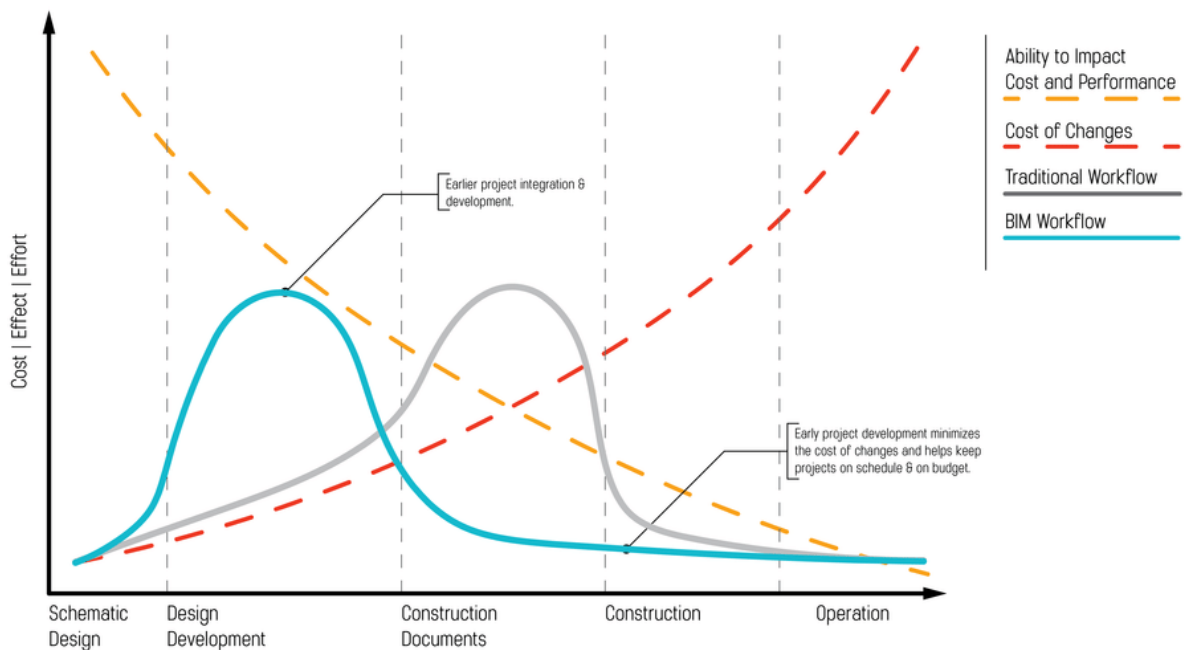
Figuur 5: Markering van de probleemdetectie in een BIM-model [2]

176	K4/14 DET C Snede 1-1 Klopt dit wel?	KELDER IR wrm niet?	1	1
177	K5/14 K.MU.-2.15, -2.16 en -2.17: betonkwaliteit C35/45 niet op detail vermeld - 01/07/2015: plannen zijn nu volledig	KELDER IR Betonblok	1	0
178	K5/14 Peil bovenkant K.MA. -2.11 -370 ipv -395?	KELDER IR klopt	1	1
179	K7/14 Verschillen in zone rond as F tussen plan K7/14 en K3/14 06:07 graag beide plannen juist te tekenen 04/08: nog	KELDER IR Plan 3 is cc	1	0
182	K7/14 Moet acodrain niet op -1? 2015 07 07 acodrain is nu getekend op plaat boven -1 ipv plaat boven -2. NCD nu ge	KELDER IR zie laatste	1	0
183	K7/14 2x snede FF, eenmaal door secanswand en eenmaal door pompput	KELDER IR zie laatste	1	1
184	K8/14 Snede D'-D' Aansluiting trap?	KELDER AI IRS voorzie	1	1
186	K9/14 De openingen in de kelderwand moeten nog gemodelleerd worden. Maar posities onbekend. 06/07 gelieve de	KELDER IR Integraal o	1	1
187	K9/14 Moeilijk knooppunt. Zie 3D 6/07 graag meer duidelijkheid op de plannen zelf	KELDER IR Wapening	1	1
188	K9,10/14 Moeilijk knooppunt. Voeg op kolom K.MA.-1.3. DET B Snede 1-1 Klopt dit wel? 6/07: nog niet volledig duid	KELDER IR a' B.MA.-1,	1	1
189	K9/14 Extra snede door B.MU.-1.12 nodig ter hoogte van vloerplaat van 25cm dik	KELDER IR akkoord, zi	1	1
192	Algemeen: kolommen zijn altijd gemodelleerd tot op peil van details. Dit leidt tot een aantal rare knooppunten.	KELDER IR individueel	1	0
193	K10/14 Wielverrijver bij B.MA.-1.3 is niet op plan K9/14 te zien	KELDER IR Akkoord, n	1	1
194	K10/14 B.MA. -1.6, -1.7 en -1.8 op plan 30cm	KELDER IR zie laatste	1	1
195	K10/14 Wielverrijver bij B.MA.-1.12 is niet op plan K9/14 te zien	KELDER IR Akkoord, n	1	1
196	K9/14 Snede 5-5 op plan K10/14: peil moet -8 zijn ipv -44	KELDER IR idd -8 vr sn	1	1
197	K10/14 Snede 9, 10, 11 en 12 onduidelijk. Verdikking in vloerplaat, tot waar precies? Peil -69 ipv -67? Tot hoever helle	KELDER IR Snedes lijk	1	0
198	K9/14 K.MA. -1.1 Kolom op voeg? 20 cm breed op plan en 15cm op detail? 06/07 nog niet op plan K3/14 duidelijk...	C KELDER IR De voeg w	0	0
199	K11/14 K.MA.-1.4: bovenpeil -33 ipv -115? K.MA.-1.4': bovenpeil -33 ipv -115, onderpeil -420 ipv -350?	KELDER IR details idd	1	1
200	K11/14 K.MA.-1.5, -1.6 en -1.15: onderpeil -420 ipv -350?	KELDER IR klopt	1	1
201	Algemeen: druklaag welfsels staat niet altijd correct op de plannen. Dikte moet aangegeven worden als dikte vd vloer	KELDER IR waar is dit	1	0
202	K12/14 Peil vloerplaat? - 01/07/2015: rappend: pellen op vloerplaat aanduiden ajb.	KELDER IR -8 09/07/IR	1	0
203	K12/14 positie K.MA.-1.4 komt niet overeen met positie op plan K9/14. K.MA.-1.4' bestaat zelfs niet op plan K12/14	KELDER IR Plan 12 ho	1	1
204	K12/14 Gek knooppunt. Lengte balk B.DE en B.MU -1.11. Zie 3D 06/07: gelieve 2 doorsneden te maken	KELDER IR balkenB.Df	1	1
205	K12/14 ? Onduidelijk. Positie K.CA.-1.4. is kolom 60cm of 65cm op 25cm?	KELDER IR 65 op 25, d	1	1
206	K12/14 Dikte vloer 25cm of 40cm? 20150710: vloerplaat op plan AR 35 dik ipv 40. Lager gelegen vloerplaat op plan A	KELDER AI Plan AR aa	0	0
207	K12/14 Opening volledig open?	KELDER IR ja, zie door	1	1
208	K13/14 Detail B.DE.-1.1 afmetingen 43 en 22 ipv 37 en 28?	KELDER IR klopt	1	1
209	K13/14 B.DE.-1.10 Peilen 25-32-8 ipv 28-32-5	KELDER IR klopt	1	1
210	K13/14 Peil snede 2 v B.CA.-1.1 -177 ipv -53	KELDER IR klopt, door	1	1

Figuur 6: Probleemdetectie overeenkomstig met de probleemmarkering in het model [2]

Vervolgens kan de implementatie van de BIM-methodiek gunstige voordelen leveren inzake de beheerfase van gebouwen. Een up-to-date opgeleverd BIM-model biedt de mogelijkheid tot een correcte inwinning van informatie, dewelke van belang is voor de inplanning van onderhoudswerken [2], [8]. Hiermee wordt in eerste instantie informatie ingewonnen met betrekking tot de materialen en de locatie van objecten binnen het gebouw.

Een laatste voordeel op het vlak van management kan uitgelegd worden aan de hand van onderstaande figuur, Figuur 7. De oranje stippellijn op deze figuur, *Ability to impact Cost and Performance*, visualiseert de mogelijkheid om problemen in een bouwproject aan te passen. Naarmate het bouwproces in verdere stadia terecht komt, wordt deze mogelijkheid tot aanpassingen steeds kleiner. Echter zal de kost die gepaard gaat met de aanpassingen omgekeerd evenredig verlopen met de mogelijkheid tot aanpassingen. Zodra de mogelijkheid tot aanpassingen verkleint, verhoogt de kost die ermee gepaard gaat indien de aanpassingen toch worden uitgevoerd. De rode stippellijn, *Cost of Changes*, visualiseert deze stijgende kostprijs. De grijze lijn, *Traditional Workflow*, geeft de traditionele documentgeoriënteerde werkmethode weer. De problemen worden meestal opgemerkt tijdens de uitvoering wat resulteert in een lagere mogelijkheid tot aanpassing, maar wel een hoger kostprijs die hier mee gepaard gaat. Via de BIM-methodiek of *BIM Workflow*, de blauwe lijn, kunnen deze problemen namelijk in de ontwerpfase ontdekt worden. Hierdoor kunnen de kosten, die gepaard gaan met het oplossen van deze problemen, tot het minimum beperkt worden [5].



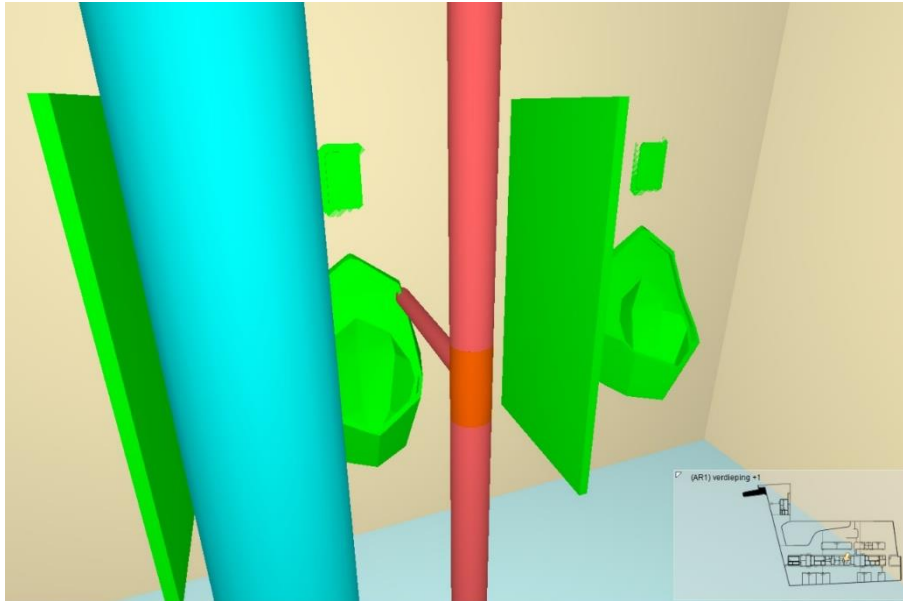
Figuur 7: Aanpak problemen vervroegen in het bouwproces [9]

2.3.3 Clash detection

Tijdens de ontwerpfase zijn de verschillende actoren eveneens in staat verschillende *clash detection* uit te voeren, waardoor conflicten in een vroeg stadium opgelost kunnen worden. De mogelijke oplossingen kunnen vervolgens aan de hand van het BIM-model gevisualiseerd worden, waardoor men steeds de meest optimale oplossing kan kiezen.

Clash detection vormt binnen het BIM-bouwen een zeer belangrijke rol en omvat het automatisch controleren van het BIM-model aan de hand van software. Door middel van deze controle kan men conflicten, zowel binnen een model als een combinatie van verschillende modellen, zeer snel identificeren en oplossen. De combinatie van verschillende modellen bestaat uit het samenbundelen van het architectuur-, stabiliteitsmodel, alsook de modellen van de speciale technieken en dat van de aannemer. Door deze *clash detection* worden de fouten reeds in de ontwerpfase ontdekt en kunnen zij virtueel aangepakt worden. Dit heeft als gevolg dat er groot voordeel geleverd wordt omtrent het tijdsaspect van de uitvoeringsperiode, alsook een betere beheersing en reductie van de faalkosten.

Het is belangrijk dat deze *clash detections* door de verschillende actoren zelf uitgevoerd worden, alsook op regelmatige tijdstippen. Er dient ook opgemerkt te worden dat deze controles steeds op een gedetailleerder niveau dienen uitgevoerd te worden naarmate het uitvoeringsproces vordert. De controles vinden echter op verschillende niveaus plaats namelijk in *hard* en *soft clash detection*. Bij *hard clash detection* wordt er voornamelijk een controle op het geometrisch niveau uitgevoerd. Op dit niveau wordt er nagegaan op er conflicten optreden omtrent de geometrische aspecten van het model. Dit kan gaan van bijvoorbeeld fouten bij de aansluiting van bouwelementen, het optreden van dubbele hoeveelheden en fouten betreffende het samenvoegen van de verschillende modellen. Een voorbeeld hiervan kan geïllustreerd worden aan de hand van Figuur 8. Deze afbeelding toont een *clash detection* resulterende uit de modellen van de architect en de ingenieur. Hierop is te zien dat er geen gebruik gemaakt kan worden van het linker urinoir doordat er verschillende leiding voorheen en doorheen lopen.



Figuur 8: clash detection urinoir en technieken [6]

De *soft clash detection* heeft betrekking tot de gekoppelde informatie en de huidige regelgeving. Op het vlak van informatie wordt er gecontroleerd of de juiste benamingen gehanteerd worden en of het model voorzien is van de nodige parameters. Tot slot wordt er op het niveau van wetgeving een controle uitgevoerd of het huidige ontwerp beantwoordt aan de huidige wetgeving en normen. Dit zijn bijvoorbeeld regelgevingen omtrent de brandveiligheid, de akoestiek en de energieprestaties van het gebouw. Zo kan er via deze *soft detection* gecontroleerd worden of er voldoende bewegingsruimte voorzien is in openbare toiletten voor mindervaliden [10]. De resultaten van deze *clash detection* dienen door de verschillende partijen geanalyseerd te worden, alsook nagegaan te worden dewelke van effectief belang zijn [3].

2.3.4 Brede toepasbaarheid

De betere communicatie en samenwerking binnen de BIM-methodiek wordt eveneens gerealiseerd door zijn brede toepasbaarheid. Naast de voordelen met betrekking tot de uitvoeringsfase, kan het model ook gebruikt worden voor de uitvoering van andere studies. Een BIM-model geïntegreerd worden in een rekensoftware, dewelke gebruikt wordt voor het uitvoeren van studies omtrent stabiliteit, speciale technieken, de energieprestaties en de akoestische kwaliteit van het gebouw [2], [8]. Deze rekensoftware werkt hedendaags op basis van een 3D-dimensie, dewelke opportuniteiten opent tot het gebruik van het reeds gemodelleerde BIM-model. Indien er gewerkt volgens de traditionele 2D-werkmethode, dient het 3D-stabiliteitsmodel helemaal opnieuw opgesteld te worden aan de hand van de bouwplannen. De traditionele werkmethode resulteert namelijk in een efficiëntieverlies.

2.4 Nadelen van BIM

Zoals uit de vorige sectie blijkt, biedt de implementatie van BIM vele voordelen voor een efficiënter verloop van het bouwproces. Echter mag BIM-bouwen niet beschouwd worden als de volmaakte bouwmethode. Deze methode omvat tevens veel aandachtspunten, dewelke garant staan voor de kwaliteit van het BIM-model.

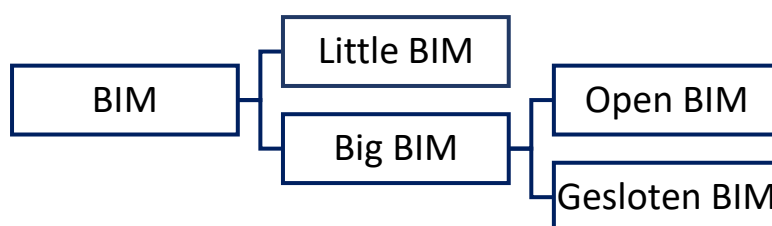
Het BIM-bouwen is een complexe materie. Hiernaast dient er tevens opgemerkt dat de BIM-methodiek nog steeds in zijn kinderschoenen staat waardoor de praktische implementatie een voortdurend en voorlopig tijdrovend leerproces voor alle actoren is. Desalniettemin is het noodzakelijk om het juiste personeel, zoals bijvoorbeeld BIM-modelleurs en BIM-managers, aan te werven, alsook de nodige opleiding voor de werknemers te voorzien. Het personeel moet goed beseffen wat de mogelijkheden zijn van een BIM-model en hoe ze dit juist aanpassen om in een latere fase van het bouwproject geen conflicten te ondervinden. Bij een verkeerde modelleermethodiek bestaat de mogelijkheid dat veel voordelen verloren gaan. Een voorbeeld hiervan zijn objecten die bij de verkeerde posten zijn verdeeld waardoor in een meetstaat verkeerde hoeveelheden worden gegenereerd.

De implementatie van BIM beoogt een toename met betrekking tot de samenwerking van verschillende partijen, dewelke in het verleden nog niet samengewerkt hebben. Toch is deze samenwerkingsmethodiek gebaseerd op vertrouwen tussen alle partijen, wat op zijn beurt risico's met zich meebrengt doordat men niet in staat is de betrouwbaarheid van de andere partij in te schatten. Ter beperking van deze risico's is men genoodzaakt om voor de aanvang van het project samenwerkings- en modelleerafspraken op te maken. Deze moeten door alle actoren van het bouwproces gerespecteerd worden om geen problemen te ondervinden met bestanden, bijvoorbeeld bestanden die overschreven worden door een andere onderaannemer.

Binnen de traditionele werkwijze zijn samenwerkingsafspraken minder aanwezig. Hierdoor kan elke partij volgens zijn eigen bedrijfscultuur werken. Door voorgenoemde samenwerkingsafspraken binnen de BIM-methodiek is er een noodzaak tot het op elkaar afstemmen van de bedrijfsculturen tijdens de realisatie van het desbetreffende bouwproject. Dit kan voor sommige bedrijven als nadeel beschouwd worden doordat zij mogelijk afstand moeten doen van hun traditionele werkwijze.

2.5 BIM en zijn varianten

De algemene BIM-methode kan opgesplitst worden in twee deelmethodes: *Little BIM* en *Big BIM*. Deze laatste methode kan op zijn beurt nogmaals opgesplitst worden in open BIM en gesloten BIM. De onderverdeling van deze verschillende BIM-varianten worden visueel voorgesteld in Figuur 9. De principes van deze varianten worden in de volgende alinea's toegelicht.

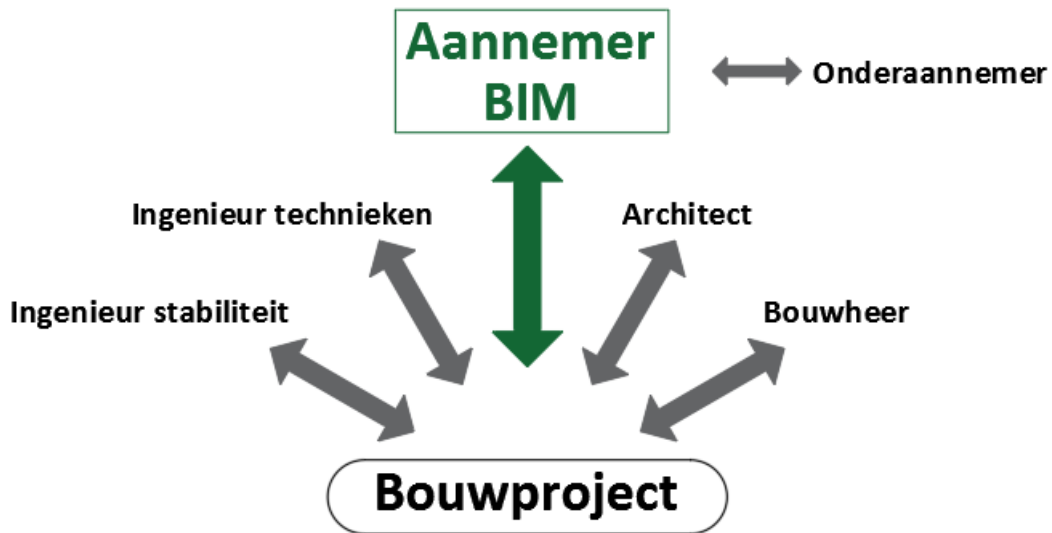


Figuur 9: Soorten BIM

2.5.1 Little BIM

Indien er binnen het bouwproces slechts één van de deelnemende partijen gebruik maakt van een BIM-model, kan er gesproken worden over *Little BIM*. Dit BIM-model zal voornamelijk gebruikt worden als intern communicatiemiddel en om de werkmethode binnen het bedrijf te optimaliseren [3].

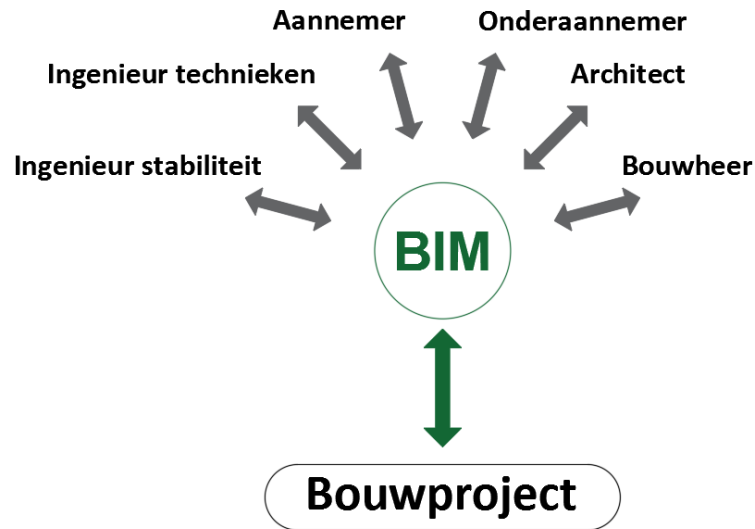
De van het BIM-model gebruikmakende partij zal steeds documenten of informatie van niet-BIM-gebruikmakende partijen ontvangen. Deze documenten zijn niet altijd implementeerbaar in het BIM-model, bijvoorbeeld een 2D-plan. Hierdoor is de BIM-gebruiker genoodzaakt deze informatie opnieuw te verwerken in het door hem opgestelde BIM-model, wat resulteert in een inefficiënt procesverloop. Hiermee worden de algemene basisprincipes van de BIM-methodiek, namelijk een efficiënt bouwproces en een betere samenwerking, onvoldoende benut. Figuur 10 illustreert de schematische weergave van het principe van *Little BIM*.



Figuur 10: Schematische voorstelling van *Little BIM*

2.5.2 Big BIM

Bij het toepassen van de *Big BIM*-methode is er, in tegenstelling tot *Little BIM*, sprake van een volledig samenwerkingsverband tussen de verschillende actoren van het bouwproces. Dit wil zeggen dat zowel de architect, als de ingenieur stabiliteit, als de ingenieur technieken, alsook de aannemer werken volgens de BIM-methodiek [3]. Omdat het BIM-bouwen binnen de Belgische bouwwereld nog steeds in zijn kinderschoenen staat, zijn er slechts een beperkt aantal projecten dewelke uitgevoerd worden volgens het *Big BIM*-principe, bv.: brandweerkazerne in Hasselt en het Stadskantoor Hasselt [11]. Een schematische voorstelling van *Big BIM* wordt weergegeven aan de hand van Figuur 11.



Figuur 11: Schematische voorstelling van Big BIM

2.5.2.1 Gesloten BIM

Een eerste onderverdeling van *Big BIM* is gesloten BIM. Hierbij maken alle actoren gebruik van dezelfde software. Deze methode heeft als grootste voordeel dat de uitwisselingen van de verschillende deelmodellen op een vlotte manier kan plaatsvinden. Echter hangen er ook nadelen aan deze vorm van BIM vast. Alle actoren maken een bepaald deelmodel, de voornaamste deelmodellen zijn doorgaans: architectuur, *HVAC* en stabiliteit. Door met Gesloten BIM te werken kunnen de actoren niet de softwarepakketten kiezen die het beste voor hun doeleinden ontwikkeld is [5].

2.5.2.2 Open BIM

Onder Open BIM wordt er verstaan dat de verschillende actoren binnen de realisatie van het bouwproject een vrije keuze hebben omtrent het gebruik van softwarepakketten. Binnen deze methode heerst er geen enkele verplichting tot het gebruiken van dezelfde programma's. Deze werkmethode geeft op zijn beurt aanleiding tot het gebruik van open BIM-standaarden zoals *IFC* en *BCF* [7]. In de sectie BIM en de uitwisseling van bestanden wordt er dieper ingegaan op deze verschillende bestandstypes. Doordat men beroep moet doen op open standaarden kan de uitwisselingen van deze modellen soms moeilijker verlopen. Niet alle noodzakelijke informatie van de modellen wordt dan in de uitwisselingsbestanden weggeschreven. De kwaliteit van deze bestanden hangt meestal af van de gebruikte software, namelijk de exportinstellingen en in hoeverre deze software open standaarden ondersteunt [5].

2.6 BIM en Normering

Momenteel is er in België geen normering voor BIM. Elk softwarepakket heeft zijn eigen modelleermethode. Bedrijven hebben doorgaans de vrijheid om te modelleren volgens hun eigen wil. Hedendaags bestaan er echter enkel bedrijfsgebonden werkprocedures en -protocollen [12]. In Nederland bestaat er één norm over BIM: de Rijksvastgoedbedrijf Bouwwerk Informatie Model Norm (RVB BIM Norm). Echter wordt er in deze norm enkel vermeld waaraan de bestanden moeten voldoen die afgeleverd worden aan. Onder deze bestanden wordt onder andere verstaan: *IFC*-bestanden, *CAD*-tekeningen en meetstaten en dergelijke. De norm beschrijft niet hoe deze op een correcte manier gemaakt moeten worden [13].

2.7 BIM-protocol

Momenteel is er in België geen normering voor modellering van BIM. Om het gebrek aan de normering en de daarbij komende informatiestroom die gepaard gaat met BIM-bouwen gestructureerd te laten verlopen, is het noodzakelijk om op voorhand enkele specifieke afspraken voor een bepaald project te maken onder de verschillende partijen zodat eventuele misverstanden in het latere bouwproces vermeden worden. Deze samenwerkingsafspraken dienen vooraf vastgelegd te worden in een BIM-protocol.

2.7.1 Samenwerkingsafspraken

Voor de opmaak van het BIM-model dient er informatie aangeleverd te worden die door de verschillende partijen ter beschikking moeten gesteld worden. Bij de samenwerkingsafspraken wordt tussen de partijen afgesproken wie welke informatie levert en in welke vorm dat deze dient aangeboden te worden. Dit kan variëren van spreadsheets tot computertekeningen. Vervolgens dienen er ook afspraken gemaakt te worden omtrent de gegevensuitwisseling, meer bepaald afspraken over de modeloverdracht. Een belangrijk aspect hierbij is het gebruik van de soorten software, dit in functie van het al dan niet toepassen van Open BIM. Er dient tevens ook opgemerkt te worden dat deze samenwerkingsafspraken variëren naar de aard van het project [14].

Om een goede controle over het BIM-model te bewaren dienen er verschillende functies binnen de BIM-structuur gedefinieerd te worden. Dit zijn functies zoals de BIM-coördinator, BIM-modelleur en BIM-manager [15].

2.7.2 Modelleerafspraken

Eén van deze modelleerafspraken heeft betrekking tot de naamgeving van de bestanden. De bestandsnamen moeten duidelijk weergeven om welke project het gaat, wie de eigenaar van het bestand is en wat het doel van het bestand is [16]. Door middel van goede afspraken kan met de juiste naamgeving vermeden worden dat bestanden ongewild worden overschreven. Echter is dit niet volledig onvermijdbaar, waardoor er een groot vertrouwen, omtrent het professioneel en correct handelen, tussen de verschillende bouwpartners moet zijn.

Bij elke software die gebruikt wordt, heeft zijn eigen tekenmethodes. Daarom is het alleen maar mogelijk om enkele algemene modelleerafspraken te vermelden. Deze afspraken kan elke partij hanteren tijdens het maken van het BIM-model.

Een belangrijk aspect is dat er gemodelleerd wordt zoals er gebouwd zal worden. Het lijkt handig om tijdens het ontwerp een muur door te trekken over de verschillende verdiepingen. Echter wordt dit in werkelijkheid zo niet gemaakt, maar zal deze muur eindigen per verdieping. Alleen door te modelleren zoals het gebouwd wordt, kan later de juiste informatie voor bijvoorbeeld de planning uit het BIM-model opgevraagd worden. Hiernaast is het ook belangrijk om bij het modelleren de exacte afmetingen te gebruiken voor de materialen die op de markt aanwezig zijn. Een stalen HEA-profiel dient volgens de correcte vorm, namelijk deze van een HEA en bijvoorbeeld niet een HEM, gemodelleerd te worden [17].

Het is tevens ook belangrijk dat er over enkele kleinere aspecten duidelijke afspraken dienen opgesteld te worden. Zo is het noodzakelijk dat alle partijen eenzelfde referentiestelsel hanteren. Ook dienen er duidelijke afspraken geleverd te worden over de te leveren informatie en de detaillering

hiervan. Indien deze vooropgestelde afspraken nauwkeurig nageleefd worden, kan dit leiden tot een efficiënter verloop van de samenwerking [14].

2.8 BIM en de ontwikkeling

Bij het ontwikkelen van een *Building Information Model* is het niet altijd onmiddellijk noodzakelijk om alle gedetailleerde informatie weer te geven. De graad waarin de informatie beschikbaar moet zijn kan vastgelegd worden in het vooraf besproken BIM-protocol. Voor deze graad wordt doorgaans de term LOD, *Level of Development*, gebruikt. In tegenstelling tot andere termen zoals *Level of Information* (LOI) of *Levels of Detail* (ook LOD) bepaalt het Level of development niet alleen de hoeveelheid van beschikbare informatie, maar ook in hoeverre dat deze informatie vast staat [18].

Bij deze *Levels of Development* worden er verschillende niveaus gebruikt. De meest toegepaste niveaus zijn: LOD100, LOD200, LOD300, LOD400 en LOD500. In sommige toestanden komt er nog een niveau tussen LOD300 en LOD400: LOD350. Deze worden hieronder verder toegelicht.

Bij LOD100 wordt een eerste schets gemaakt, hierbij gaat het vaak om eenvoudige ontwerpen om zo een idee te creëren van de richting die men wilt uitgaan met het ontwerp. In de daaropvolgende fase, LOD200, wordt het ontwerp definitiever. Hierbij worden de globale afmetingen van het gebouw vastgelegd. Toch is dit nog slechts een schematisch ontwerp en zijn de specifieke afmetingen van kolommen en balken nog niet vastgelegd. Bij LOD300 wordt het definitief ontwerp opgemaakt. Dit wilt zeggen dat alle noodzakelijke afmetingen noodzakelijk zijn [18]. Het level dat niet altijd wordt aangehaald, is LOD350. Bij dit level moet alle informatie voor het uitvoeringsdossier beschikbaar zijn [19]. In het voorlaatste level, LOD400, moet alle informatie aanwezig zijn die van belang is tijdens de constructie van de bouw [18]. Het verschil met LOD350 kan verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld over de wapening. Voor LOD350 is het nodig om bijvoorbeeld wapeningsplannen voor de kolommen op te stellen voor de uitvoering. Op deze plannen moet de informatie terug te vinden zijn die betrekking heeft tot de hoeveelheid en positie van de wapening. Voor LOD400 moet de informatie beschikbaar zijn over hoe deze wapening geplaatst gaat worden: lassen, vlechten of prefab wapeningskorven laten leveren. In praktijk komt het LOD400-niveau overeen met het *as-built*-dossier omdat dit alle informatie bevat hoe het model gebouwd is. Het laatste niveau, LOD500, wordt soms ook het *as-built*-dossier genoemd [18]. Echter wordt het BIM-model met een LOD500-niveau eerder een *facilitymodel* genoemd. In dit model moet de informatie staan die relevant is voor het onderhoud. Zo is het niet belangrijk om in dit model de informatie te behouden die betrekking heeft tot de wapening. Dit zou het model alleen maar zwaarder maken. Informatie met betrekking tot de gebruikte technische installaties hebben wel een meerwaarde in het *facilitymodel*. Figuur 12 geeft een schematische weergave van de evolutie van de Levels of Development in functie van de evolutie en vordering van het bouwtraject.



Figuur 12: Evolutie van LOD in functie van de vordering van het bouwtraject

Er kan opgemerkt worden dat naarmate de *Levels of Development* stijgen tijdens het bouwtraject, de *Levels of Information* en *Detail* ook zullen stijgen, met uitzondering van het LOD500-niveau.

2.9 BIM en de uitwisseling van bestanden

Om de samenwerking en communicatie beter te laten verlopen tijdens de uitvoering van een bouwproject is het de bedoeling dat iedereen binnen het project de toegang heeft tot het BIM-model. Echter is er niet één specifiek computerprogramma dat door iedereen kan gebruikt worden. Iedereen zal de software kiezen die het best aan zijn wensen en noden voldoet. Een stabiliteitsingenieur zal doorgaans andere softwarepakketten hanteren dan een architect of aannemer [3]. De software die momenteel op de markt beschikbaar is, is gecategoriseerd volgens drie niveaus: modelleren, analyseren en *viewen*.

De softwarepakketten op het niveau van modelleren zijn vooral bedoeld voor ingenieurs en architecten. Deze moeten de ontwerpen, BIM-modellen, volledig opmaken zodat deze vervolgens door de aannemer kunnen geanalyseerd worden. Voor deze analyse kan er beroep gedaan worden op de modelleerprogramma's of lichtere software die louter dient voor de analyse van het model. Bij het analyseren van een model zullen er vooral *clash detections* uitgevoerd worden en kunnen de noodzakelijke bouwplannen gegenereerd worden. De werfleiding gaat sneller geneigd zijn om viewers te gebruiken, wanneer ze op een snelle en efficiënte manier afmetingen of andere informatie van het project willen opzoeken.

Doordat de bouwpartners gebruik maken van verschillende softwarepakketten, is er een nood aan openstandaarden om informatie uit te wisselen tussen deze pakketten. De openstandaarden die hierbij gebruikt worden zijn *IFC*- en *BCF*-bestanden. Beide bestanden zijn de meest gebruikte standaarden om informatie uit te wisselen. Echter bestaan er nog enkele andere standaarden die betrekking hebben tot de uitwisseling van BIM-modellen, dit zijn standaarden zoals *IDM* en *IFD* [12]. Deze twee standaarden zullen samen met de *IFC* en *BCF*-standaarden hieronder verder toegelicht worden. Onderstaande tabel, Tabel 1, geeft een overzicht weer van deze standaarden. De voorgenoemde standaarden zijn standaarden die opgemaakt zijn door de Amerikaanse instantie *BuildingSMART*. Deze instantie maakt open standaarden maar ze worden niet erkend. Instanties zoals ISO, CEN en NBN hebben de mogelijkheden om de standaarden over te nemen en deze te erkennen [12]. Tabel 1 geeft een overzicht van de mogelijkheden om bestanden uit te wisselen. In voorgenoemde tabel wordt ook opgesomd wie ze ontwikkeld heeft, waar deze voor dienen en of de standaarden al dan niet officieel erkend zijn.

Tabel 1: Overzicht van open standaarden [12]

<i>Uitwisseling van bestanden</i>			
Soorten standaarden	Functie	Ontwikkelaar	Erkenning
IDM	Manier van werken	<i>BuildingSMART</i>	ISO 29481
IFC	Uitwisseling van data	<i>BuildingSMART</i>	ISO 16739
BCF	Uitwisseling van problemen	<i>BuildingSMART</i>	/
IFD	Terminologie	<i>BuildingSMART</i>	ISO 12006-3

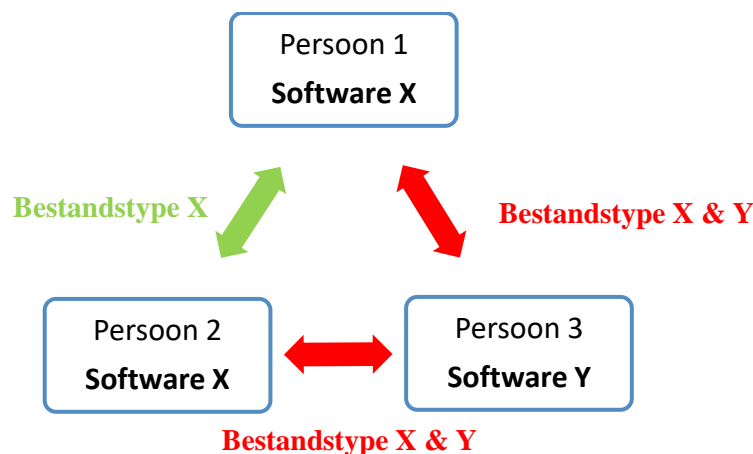
2.9.1 Open standaard: *IDM - Information Delivery Manual*

Een *IDM*-bestand is een open standard in de vorm van een PDF. Dit bestand beschrijft de manier van werken, meer bepaald hoe de informatie moet overgedragen worden van partij A naar B [12]. De standaard legt vast welke informatie moet overgedragen worden en hoe deze bewerkbaar moet zijn zodat de andere partij alle noodzakelijke informatie heeft om zijn of haar werk te verrichten [20].

2.9.2 Open standaard: *IFC – Industry Foundation Classes*

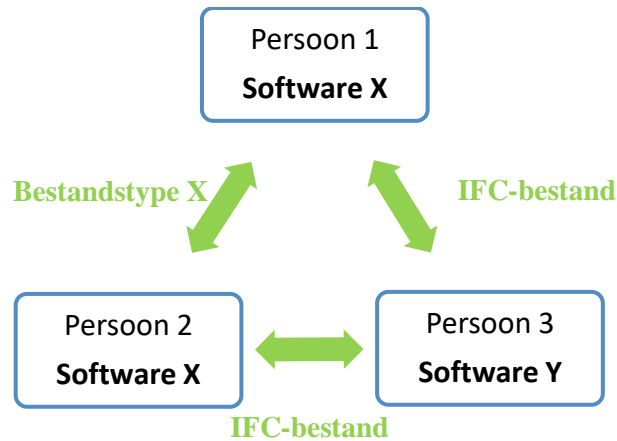
IFC is een *ISO*-gecertificeerde open standaard dewelke gehanteerd worden voor het ex- en importeren van BIM-modellen. Deze open standaard is de enige informatie-uitwisselingsmethode bij het toepassen van Open BIM. Om de BIM-modellen die door de verschillende actoren in het bouwproces gemaakt worden met elkaar te kunnen vergelijken en te controleren moet er dus gebruik gemaakt worden van deze *IFC*-bestanden.

Figuur 13 moet de werking van een *IFC*-bestand duidelijk maken. Indien persoon 1 gebruik gemaakt van de software *Software X* om een BIM-model op te stellen. Dan zal persoon 2, die tevens gebruik maakt van hetzelfde softwarepakket, dit zonder probleem kunnen inlezen en bewerken. Persoon 3 maakt gebruik van een ander softwarepakket, namelijk *Software Y*. Deze persoon zal echter het bestandstype *X* niet kunnen inlezen. Dit is ook van toepassing wanneer een bestand wordt uitgewisseld van persoon 3 naar persoon 1 of 2.



Figuur 13: Uitwisselen van BIM-modellen zonder gebruik te maken van *IFC*-bestanden

Als persoon 1 een exportbestand aanmaakt, het *IFC*-bestand, dan zal persoon 3, die gebruik maakt van een ander softwarepakket, nu ook het BIM-model van persoon 1 in zijn software kunnen inlezen. Uit dit bestand zal de gebruiker alle nodige informatie kunnen halen. Echter is het onmogelijk om wijzigingen aan de geometrie door te voeren of om informatie te bewerken. Het exportbestand dient enkel als leesbestand, bewerken van het *IFC*-bestand zou normaliter niet noodzakelijk moeten zijn. De mogelijkheden met ingelezen *IFC*-bestanden zijn beperkter dan wanneer er een oorspronkelijk bronbestand wordt ingelezen. Het principe van *IFC*-bestanden wordt schematisch weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: Uitwisselen van BIM-modellen door gebruik te maken van IFC-bestanden

De kwaliteit van het *IFC*-bestand is afhankelijk van de instellingen. De maker van het BIM-model kan via deze instellingen bepalen welke informatie er gedeeld wordt. De *IFC*-bestanden kunnen onder andere gebruikt worden voor *clash detection* [21].

2.9.3 Open standaard: *BCF – BIM Collaboration Format*

BCF-bestanden worden gebruikt om opmerkingen in verband met het model te delen. Via deze bestanden is het mogelijk om alleen de opmerkingen door te sturen en niet het model. Bij het aanmaken van een *BCF*-bestand worden de issues en de nodige informatie om het betreffende probleem te behandelen opgeslagen. Hiernaast wordt ook het camerapunt opgeslagen. Hierdoor zullen andere partijen die dit bestand openen onmiddellijk naar de juiste positie in het BIM-model genavigeerd worden [22].

2.9.4 Open standaard: *IFD – International Framework for Dictionaries*

Deze standaard zorgt ervoor dat objecten kunnen geclassificeerd worden en gelinkt worden met andere objecten. In Nederland en Frankrijk zullen verschillende termen voor een object, zoals bijvoorbeeld een deur, gebruikt worden. Deze standaard zorgt ervoor dat objecten juist geclassificeerd zullen worden en dat men uit verschillende landen toch dezelfde objecten in een objectenbibliotheek kan terugvinden ondanks het taalverschil [12], [23], [24].

2.10 Conclusie en BIM in de toekomst

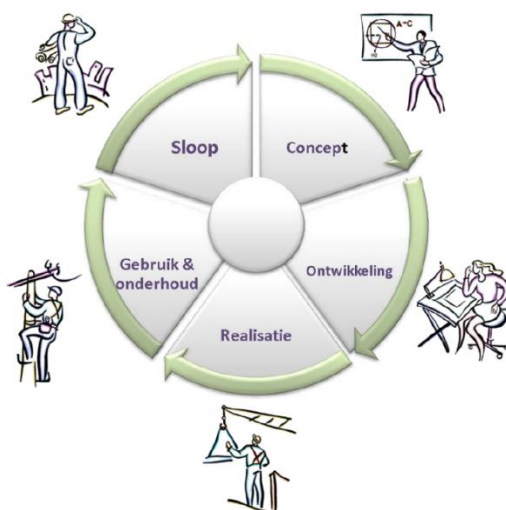
Op dit moment is BIM aan een opmars bezig binnen de Belgische Bouwmarkt. Zowat alle aannemers weten wat BIM is en welke voordelen deze methodiek kan bieden. Echter wordt dit nog niet door alle aannemers toegepast. Voornamelijk de aannemers, architecten en studiebureaus die grotere projecten realiseren passen BIM toe. Deze toepassing vindt momenteel vooral plaats in de ontwerp- en uitvoeringsfase. In de toekomst zal BIM zich nog breder en dieper verspreiden in de Belgische bouwmarkt.

Een hekpunt voor veel aannemers is de kostprijs en de verandering van werkmethode die moet doorgevoerd worden in heel de onderneming. Door goedkopere applicaties te ontwikkelen zouden er naar verloop van tijd meerdere aannemers moeten overschakelen naar het BIM-verhaal [25]. Hoewel bij BIM het 3D-model centraal staat, mag er zeker niet vergeten worden dat BIM ook een nieuwe managementvorm is. Deze moet de uitwisseling van informatie vergemakkelijken en correcter

maken. De implementatie van de BIM-methodiek is momenteel nog een leerproces waardoor er nog enige twijfel heerst omtrent de investeringskosten met betrekking tot dure softwarelicenties. Hiernaast zal de loonkost ook toenemen door de aanwerving van bekwaam personeel. Door aannemers en onderaannemers hiervan goed in te lichten, kan er een eerste stap gezet worden naar de bredere implementatie van BIM in de Belgische bouwmarkt.

De besproken voordelen van BIM-bouwen resulteren in een positief effect op het uitvoeringsproces. Doordat er binnen deze bouwwijze geïnvesteerd wordt in de ontwerpfase, creëert men een eenduidig uitvoeringsdossier. Hierdoor zullen de verwezenlijkte plannen geoptimaliseerd zijn en worden mogelijke onduidelijkheden beperkt voor de uitvoeringsfase en latere fasen in de levenscyclus van het gebouw.

Zoals eerder aangehaald, wordt BIM-vooral toegepast in de ontwerp- en uitvoeringsfase. Echter zijn dit slechts enkele stadia uit de levenscyclus van een gebouw. Na de oplevering begint een onderhoudsfase, renovatiefase en sloopfase. Door het BIM-model vanaf de start van een project te onderhouden moet dit BIM-model in de toekomst ook op dit vlak voor mogelijkheden en verbeteringen gaan zorgen. Figuur 15 illustreert de levenscyclus van een gebouw. In heel deze levenscyclus kan BIM gebruikt worden.



Figuur 15: Toepasbaarheid van BIM in de hele levenscyclus van gebouwen

Het verdere verloop van deze thesis richt zich op de implementatie van BIM in de onderhoudsfase. Hierbij wordt voornamelijk gekeken op welke manier BIM moet toegepast worden zodat de essentiële informatie met betrekking tot het onderhoud optimaal kan gegenereerd worden en wat de bijkomende voorwaarden zijn om BIM-modellen te gebruiken als informatiebron voor onderhoud. Desalniettemin dient er in de toekomst onderzoek uitgevoerd te worden naar de opportuniteiten van een BIM-model in de sloopfase.

De implementatie van de BIM-methodiek in een onderneming kan met andere woorden een zekere meerwaarde met zich meebrengen. Hoewel er veel informatie met behulp van computermodellen gegenereerd wordt, blijft het menselijk aspect de factor die de implementatie van BIM al dan niet tot een succesverhaal maakt. Als de mens achter het model de vooropgestelde regels niet respecteert, worden een groot deel van de voordelen tenietgedaan en brengt dat een efficiëntieverlies met zich mee. Om ervoor te zorgen dat alle actoren binnen het bouwproces een kwalitatief model afleveren wordt er voor aanvang van de bouw een BIM-protocol opgemaakt.

3 Facility management

3.1 Wat is facility management?

Facility management is een managementdiscipline dat kan beschouwd worden als de laatste fase van het bouwproces. Deze fase omvat namelijk de exploitatie van het gebouw. Gedurende deze periode dient het nodige onderhoud, alsook mogelijke wijzigingen aangebracht te worden [7]. Vroeger omvatte facility management enkel het technisch onderhoud van het gebouw. Dit is tot op heden uitgebreid met een brede waaier van activiteiten. Deze activiteiten zijn bijvoorbeeld gebouwonderhoud, schoonmaak, catering, groenvoorziening, beveiliging etc. [26].

De exploitatiefase kan vervolgens gecategoriseerd worden in verschillende types. In de eerste categorie is er sprake van een technische onderhouds- en beheerfase. Dit exploitatietype heeft voornamelijk betrekking tot het bouwkundige aspect, alsook de installatietechnische onderdelen van het bouwwerk. Binnen deze categorie wordt er als hoofddoel gesteld dat de infrastructuur steeds in goede staat dient te blijven. Dit type onderhoud bestaat hoofdzakelijk uit gepland of preventief en correctief onderhoud, inspecties en monitoring van het gebouw. Enkele voorbeelden hiervan zijn het vervangen van defecte verlichting, inplannen van keuringen van verwarmingsketels, jaarlijks onderhoud aan de liftinstallatie etc. Een tweede categorie kan omschreven worden als het vastgoedbeheer. Dit heeft vooral betrekking op het huren en verhuren van ruimtes en locaties. De inplanning van mogelijke verbouwingen dient echter ook onder dit type gecategoriseerd te worden. Facilitair beheer is de laatste categorie, dewelke de nodige dienstverlening, catering, schoonmaken, receptie e.d. bevat [7]. Binnen deze masterthesis zal er voornamelijk onderzoek gevoerd worden naar het eerste type van onderhoud en beheer, namelijk de technische onderhouds- en beheerfase.

Binnen het facility management kan er tevens een verder ontwikkelde vorm van onderhoud toegepast worden, namelijk *activity-based* onderhoud. Bij het hanteren van deze werkwijze wordt er gebruik gemaakt van sensoren, dewelke de activiteit binnen het gebouw meten, en worden gekoppeld aan een *activity-based* model. Op basis van deze informatie kan de facility manager vervolgens een geoptimaliseerde werkplanning opstellen en indien nodig een overschot aan personeel efficiënter inzetten. Deze werkmethode is zowel toepasbaar bij een nieuwbouw als een bestaand gebouw. Bij een bestaand gebouw zal men van start gaan met een activiteitsmeting over een tijdsperiode van enkele weken. Met activiteitsmeting kan bijvoorbeeld de bezetting van de verschillende ruimtes over een bepaald tijdsinterval gemonitord worden. Hiernaast is het ook mogelijk om het gebruik van verschillende objecten, zoals bijvoorbeeld, lichtpunten in kaart te brengen. Aan de hand van deze meting kan de facility manager een zo efficiënt en economisch mogelijk onderhoudsplan opstellen en dit indien nodig aanpassen aan de noden van de klant. Na het implementeren van dit plan zal men in staat zijn een vergelijking op te stellen tussen de oorspronkelijke onderhoudskosten en de nieuwe kosten. Naar de toekomst toe zou het koppelen van *activity-based* onderhoud aan een BIM-model interessante oplossingen kunnen bieden [27].

3.2 Belang van facilitymanagement?

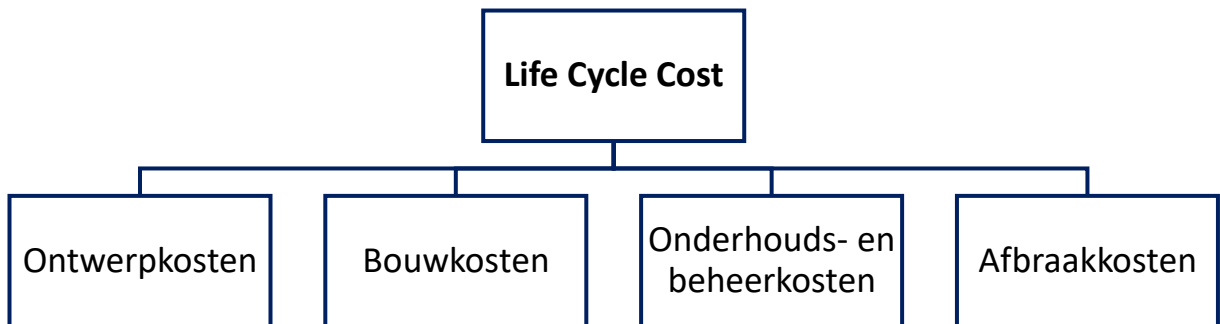
Bij de meeste bouwprojecten gaat de aandacht vooral naar het ontwerp en de realisatie van het gebouw. Echter wordt er te weinig rekening gehouden met de derde en laatste fase van een bouwproject: beheer en onderhoud van gebouwen [7]. Deze laatste fase vertegenwoordigt het grootste aandeel van de levensduurkosten. Per euro dat wordt besteed aan het ontwerp van een

gebouw, wordt er gemiddeld 20 en 60 euro geïnvesteerd in respectievelijk de constructie en onderhoud van een gebouw [28].

De verhouding van de kosten die met de bovenvermelde bouwfases gepaard gaat, moet een aanleiding zijn om enerzijds bij het ontwerp van gebouw reeds rekening te houden met de exploitatie ervan. Met behulp van *Life Cycle Costing* kan tijdens de ontwerpfase de levensduurkost bepaald worden. Deze kost kan afnemen door aanpassingen in het ontwerp door te voeren. Anderzijds is het beheer en onderhoud van gebouwen onvermijdelijk. Door dit zo efficiënt mogelijk te laten verlopen kan er tijd en geld bespaard worden.

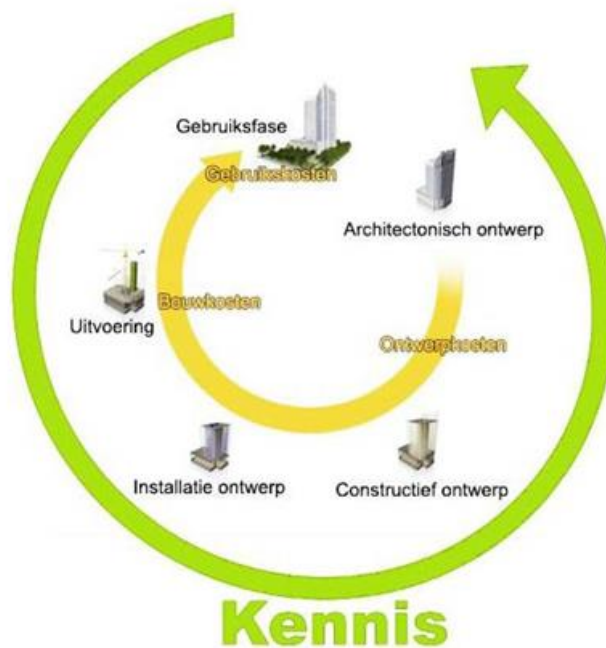
3.2.1 Life Cycle Costing

Met *Life Cycle Costing* wordt de berekeningsmethode bedoeld om alle kosten in kaart te brengen gedurende de levensduur van het gebouw. Deze kosten hebben betrekking tot het ontwerp, de realisatie, het onderhoud en het demonteren van het gebouw, een schematische weergave is hiervan terug te vinden op Figuur 16 [29].



Figuur 16: Kostenverdeling Life Cycle Cost

Door middel van LCC kan op voorhand voldoende kennis worden opgedaan om deze vervolgens te koppelen aan de ontwerpfase van het gebouw en zo het ontwerp aan te passen om de levensduurkosten te bepalen [29]. Figuur 17 geeft het prinsipschema weer dat de werking van *Life Cycle Cost* illustreert.



Figuur 17: Principeschema Life Cycle Cost [29]

3.2.1.1 Vier kostengroepen die levensduurkosten bepalen

De informatie die op voorhand moet gezocht worden, kan onderverdeeld worden in vier grote kostengroepen [29]:

1. **Bouwkosten**

Hierbij wordt er vooral gekeken naar de prijs van de gebruikte materialen en met welke alternatieve varianten deze prijs gedrukt kan worden. Zo kan het bijvoorbeeld goedkoper zijn om een balk te laten prefabriceren in plaats van deze ter plaatse te laten storten.

2. **Sloopkosten**

De levensduur van een gebouwen is in België gemiddeld voorzien op ongeveer 50 jaar. Dit wil zeggen dat het na enkele decennia noodzakelijk is om het gebouw gedeeltelijk te demonteren en te renoveren. Een andere optie is het overgaan tot het volledig slopen van het gebouw en vervolgens te opteren voor een volledige nieuwbouw. Het bouwontwerp heeft ook een rechtstreekse invloed op deze sloopfase.

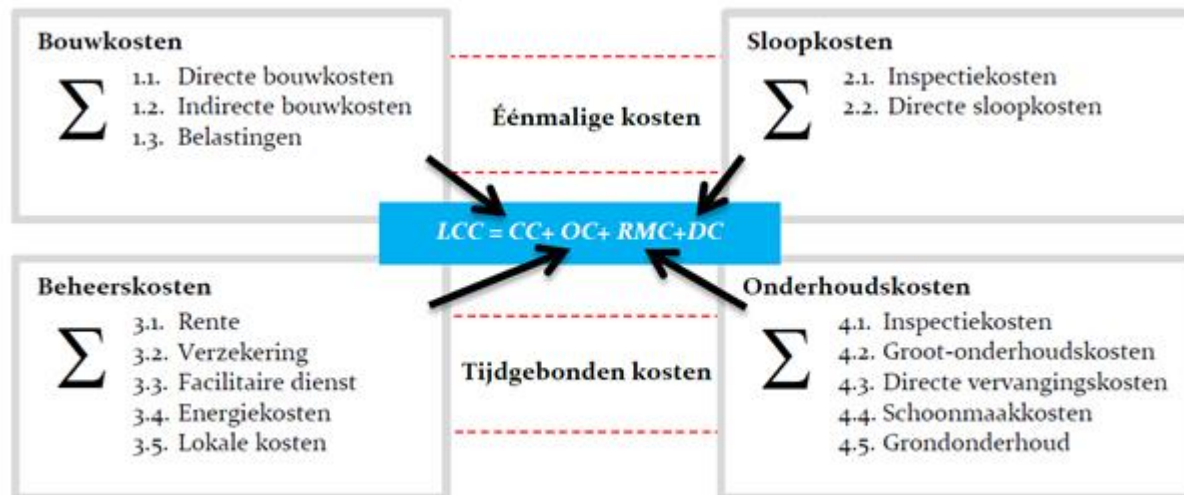
3. **Beheerskosten**

Bij deze kosten wordt er vooral gekeken naar de kosten die de beheerfase van gebouwen met zich meebrengt, bv.: verzekering van een gebouw en energiekosten. Voor de energiekosten wordt er gekeken naar de energiebehoefte van het gebouw. Door te kiezen tussen de verschillende alternatieve voor energievoorziening die op de markt aanwezig zijn, kunnen de energiekosten gedrukt worden.

4. **Onderhoudskosten**

De onderhoudskosten worden op voorhand meestal onderschat en vertegenwoordigen een groot groter deel van de LCC dan oorspronkelijk gedacht doordat in de ontwerpfase onvoldoende aandacht besteed wordt in functie van het latere onderhoud. Hierbij wordt er vooral gekeken naar bijvoorbeeld de levensduur van producten en hoe vaak een technische installatie moet onderhouden worden.

Figuur 18 geeft een overzicht van de vier grote kostenposten. Hieruit kan vastgesteld worden dat de sloopkosten en bouwkosten een éénmalige kost zijn. Terwijl de onderhoudskosten en beheerskosten tijdgebonden kosten zijn. Het facilitymanagement beheerst tijdens de exploitatie van het gebouw deze kosten.



Figuur 18: Gedetailleerde kostenverdeling Life Cycle Cost [29]

Door voldoende informatie in te winnen over deze kostengroepen, kunnen deze groepen samengevoegd worden en vervolgens de LCC bepalen. Deze informatie kan teruggekoppeld worden aan de ontwerpfase. Zodoende dat met behulp van de verkregen informatie aanpassingen kunnen doorgevoerd worden, dewelke een daling van de LCC creëren [29].

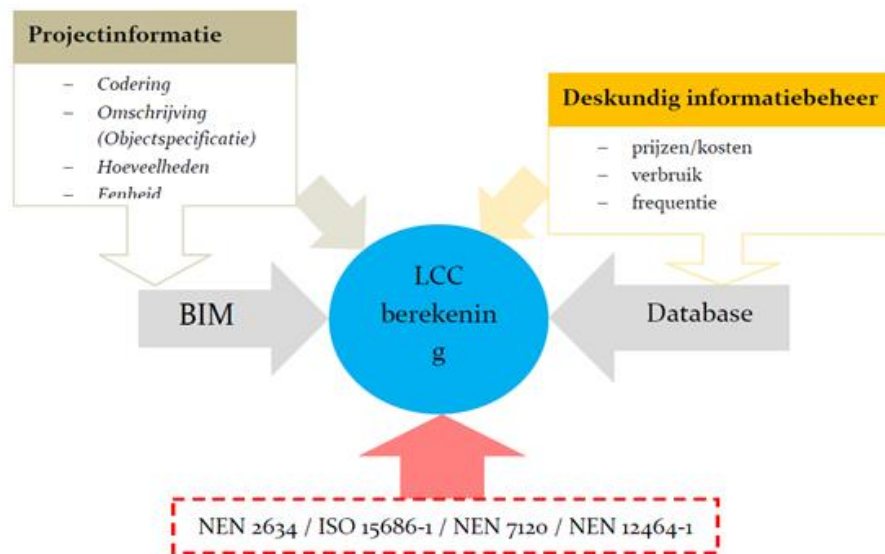
Er dient opgemerkt te worden dat er een duidelijk verband heerst tussen de verschillende kosten. Indien er geopteerd wordt om de energiekosten te laten dalen, moet er geopteerd worden voor het plaatsen van bijvoorbeeld een duurder verwarmingssysteem, wat opnieuw resulteert in een stijging van de bouwkosten. De *Life Cycle Costing* moet bepalen of de stijging van bouwkosten, met oog op lagere beheerskosten, een positief effect heeft op de totale levensduurkosten.

3.2.1.2 Informatie nodig om Life Cycle Cost te bepalen

Vooraleer de levensduurkosten kan geraamd worden, moet er eerst voldoende informatie worden ingewonnen. Deze informatie kan enerzijds afkomstig zijn uit een database. Aan de hand van deze database kan informatie gehaald worden met betrekking tot het verbruik van installaties en toestellen of de frequentie waarmee toestellen en installaties moeten vervangen of onderhouden worden.

Anderzijds is het ook noodzakelijk om informatie over het project te kunnen verzamelen. Zo moeten er vaak hoeveelheden bepaald worden. Als er bijvoorbeeld een nieuw tapijt moet gelegd worden, moeten hierrond enkele parameters bepaald worden. Namelijk in welke ruimte dit zal gelegd worden en wat de vloeroppervlakte van het lokaal is. Door gebruik te maken van een BIM-model kan deze informatie op eenvoudige manier verkregen worden.

Zoals Figuur 19 illustreert, is het mogelijk om aan de hand van de informatie uit de database en het BIM-model de kostengroepen te bepalen en zo de totale levensduurkosten op te stellen. De berekeningen van kostengroepen zijn redelijk complex. Er bestaan normen die geraadpleegd kunnen worden om een correcte prijs op te stellen, maar hier wordt verder niet op ingegaan [29].



Figuur 19: Informatiebronnen voor berekening Life Cycle Costing [29]

Door het BIM-model uit te breiden en te detailleren zou het mogelijk moeten zijn om de database rechtstreeks aan de objecten in het BIM-model te koppelen. Door de integratie van deze database in het BIM-model is het mogelijk om de *Life Cycle Cost* te berekenen aan de hand van het BIM-model zelf. Dit wordt gerealiseerd doordat de uit het BIM-model gegenereerde informatie deze van de database bevat. Hierdoor is het niet noodzakelijk het BIM-model en de database afzonderlijk te raadplegen.

3.3 Bestaande normering

Tot op heden bestaat er binnen de Belgische wetgeving nog geen normering dewelke voorschrijft hoe het onderhoud van gebouwen en installaties dient te verlopen. Desalniettemin dient er opgemerkt te worden dat de basis voor het uitvoeren van onderhoud gevormd wordt door de NEN 2767. Deze normering is van Nederlandse oorsprong en wordt nu ook in België toegepast. Binnen de NEN 2767 beschrijft men een uniforme manier voor het vaststellen van de mate waarin onderhoud vereist is voor gebouwen en technische installaties. Dit met het beoogde doel een betrouwbare manier en een eenheid van onderhoudswerken en conditiemeting te realiseren. Naast de beoordeling van gebouwen en technische installaties, kan de NEN 2767 ook toegepast worden als basis voor het onderhoud van infrastructuurelementen [30].

Bij de NEN 2767 wordt er een verdere onderverdeling in drie delen gemaakt. Binnen deel 1, meer bepaald NEN 2767-1, wordt er vooreerst een methode toegelicht dewelke beschrijft hoe de conditie van bouw en installatiedelen op een objectieve en uniforme manier kan vastgelegd worden. Een belangrijk aspect binnen de conditiemeting van elementen zijn de standaard genormeerde gebrekenlijsten. Deze zijn opgesteld aan de hand van een vast raamwerk en geven de mogelijke gebreken aan, dewelke mogelijk kunnen optreden bij bouw- of installatiedelen. De gebreken worden tevens bepaald aan de hand van andere parameters zoals het bijhorende belang van het element en indien van toepassing de intensiteit van het gebrek. De standaard gebrekenlijsten zijn, omwille van praktische redenen opgedeeld in twee delen. Dit met als doel de mogelijkheid tot periodieke herpublicatie van de gebrekenlijsten te creëren [31].

Binnen het tweede deel, namelijk NEN 2767-2, worden zoals in voorgaande alinea vermeld, de gebrekenlijsten vastgelegd. De zogenoemde gebreken worden gecategoriseerd volgens het vastgelegde raamwerk, alsook het bijhorende belang van het element. Op basis van de vereiste parameters: belang, intensiteit en omvang van het gebrek, wordt er vervolgens een conditiescore bepaald. De betekenis van de hier vermelde conditiescore wordt afgebeeld in Tabel 2. Het derde deel, NEN 2767-4, behandelt de conditiemeting omtrent infrastructuurelementen. Voorheen was er een sectie NEN 2767-3, echter werd deze in het verleden toegevoegd aan het eerste deel [31].

Tabel 2: Weergave conditiescores NEN 2767 [32]

<i>Conditiescore</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Toelichting</i>
1	<i>Uitstekende conditie</i>	<i>Incidenteel geringe gebreken</i>
2	<i>Goede conditie</i>	<i>Incidenteel beginnende veroudering</i>
3	<i>Redelijke conditie</i>	<i>Plaatselijk zichtbare veroudering, functievervulling van bouw- en installatiedelen niet in gevaar</i>
4	<i>Matige conditie</i>	<i>Functievervulling van bouw- en installatiedelen incidenteel in gevaar</i>
5	<i>Slechte conditie</i>	<i>De veroudering is onomkeerbaar</i>
6	<i>Zeer slechte conditie</i>	<i>Technisch rijp voor de sloop</i>

Belangrijk binnen het hanteren van de NEN 2767 inzake de conditiemeting van bouw- en constructiedelen, is dat zowel NEN 2767-1 als NEN 2767-2 niet afzonderlijk gebruikt mogen worden. Indien deze toch afzonderlijk toegepast worden, wordt de beoogde doelstelling omtrent de uniformiteit op conditiemetingen niet gerealiseerd. De conditiemeting zelf is gebaseerd op de parameters, ernst, omvang en intensiteit. Dit betekent meer bepaald dat, bij een correcte toepassing van de NEN 2767, de conditiemeting van verschillende gebouwen op dezelfde wijze uitgedrukt wordt [33]. Wanneer er in de praktijk verwezen wordt naar NEN 2767, wordt er automatisch verwezen naar zowel deel 1 als deel 2. Beide delen van de NEN 2767 hebben, met opzet, dezelfde numerieke aanduiding, dit met als doel te benadrukken dat ze in direct verband met elkaar staan [31].

Tijdens de toelichting van de NEN 2767 werd er meermaals het begrip conditiemeting aangehaald. Deze term kan vrij vertaald worden als een soort checklist waarmee men de technische staat van een gebouw of een infrastructuureel bouwdeel kan valoriseren. De conditiemeting dient te allen tijde te gebeuren volgens de NEN 2767, indien deze niet toegepast wordt, is er echter geen sprake van een conditiemeting [32]. Op basis van de NEN 2767 kan er gesteld worden dat de genormeerde conditiemeting een niet-destructieve, visuele en indirecte methode is, met als doel het vastleggen van de registratie of meting van de desbetreffende gebreken. Op basis van deze meting wordt vervolgens een conditiescore aan de hand van een zes-puntenschaal, toegekend. Deze zes-puntenschaal werd reeds geïllustreerd in Tabel 2.

In sommige gevallen dient er opgemerkt te worden dat er geen visuele beoordeling van het constructief of technisch element mogelijk is. Indien dergelijke situatie zich voordoet, dien er een inschatting van de conditiescore gemaakt te worden. Deze inschatting dient te gebeuren uitgaande van de verouderingskromme, dewelke in directe relatie staat met de levensduur van het bouw- of installatie-element. Wanneer de conditiemeting gebeurt op basis van de aanwezige gebreken, bepaald volgens de vooraf vernoemde criteria, wordt de conditiescore tevens bepaald volgens een scorematrix. Deze matrix, toegepast op ernstige gebreken, wordt weergegeven in Tabel 3 [33].

Tabel 3: Conditie scorematrix van ernstige gebreken [33]

Ernstige gebreken					
Omvang Intensiteit	(1) Incidenteel (< 2 %)	(2) Plaatselijk (2 % tot 10 %)	(3) Regelmatig (10 % tot 30 %)	(4) Aanzienlijk (30 % tot 70 %)	(5) Algemeen (≥ 70 %)
(1) Laag (beginstadium)	1	1	2	3	4
(2) Midden (gevorderd stadium)	1	2	3	4	5
(3) Hoog (eindstadium)	2	3	4	5	6

Er kan algemeen gesteld dat de NEN 2767 een uniforme en eenduidige conditiemeting van gebouw- of installatiedelen beoogt. Deze meting gebeurt op basis van normatieve gebrekenlijsten, dewelke het mogelijk stellen gebreken visueel of via eenvoudige middelen te detecteren. Hiernaast zijn de gebrekenlijsten tevens opgesteld van het oogpunt op het tactische niveau, meer bepaal het opstellen van een meerjarig onderhoudsplan van het desbetreffende gebouw. Het is tevens mogelijk deze lijsten op een hoger of lager abstractieniveau te hanteren dan aangegeven in NEN 2767-2, desalniettemin dient het raamwerk uit NEN 2767-1 als basis gehanteerd te worden. Tot slot dient er opgemerkt te worden dat de gebrekenlijsten geen vaste checklist zijn, maar eerder een richtinggevend document. Het is echter nog steeds mogelijk andere gebreken waar te nemen, dewelke niet in de gebrekenlijst zijn opgenomen. Echter is het noodzakelijk deze gebreken vast te leggen conform met het raamwerk van NEN 2767-1 [31].

3.4 Onderhoud en beheer

Life Cycle Costing vindt plaats tijdens de ontwerpfase van een gebouw. Dit heeft als doel om vooraf de levensduurkosten van het gebouw te ramen en te dempen, mits enkele aanpassingen in het ontwerp door te voeren. Tijdens deze fase kan het aandeel van de onderhouds- en beheerskosten wel afnemen. Maar het blijft hoe dan ook noodzakelijk om na de oplevering het noodzakelijke onderhoud en beheer te laten verrichten door de facility manager.

Voor het beheer en onderhoud van gebouwen kan door de bouwheer gekozen worden om al dan niet beroep te doen op externe firma's. Hoe groter en hoe meer gebouwen tot het patrimonium van de bouwheer behoren, des te meer er nood is aan een degelijk facility management om de dagelijkse werking van het gebouw in stand te houden. Indien de bouwheer kiest om gebruik te maken van een externe facility manager dan komen er twee gevallen voor.

Het eerste geval heeft betrekking tot bestaande gebouwen. De externe facility manager moet het onderhoud en beheer regelen aan de hand van het *as-built*-dossier dat bij de oplevering overhandigd is door de aannemer. Dit dossier omvat vooral volgende informatie [7]:

- Productinformatie
- Garantiebewijzen
- Onderhoudsschema's
- *As-built*-bouwplannen
- Technische specificaties

Het *as-built*-dossier is doorgaans niet up-to-date. Dit is te wijten aan menselijke onnauwkeurigheden. Aanpassingen aan het gebouw die niet op de plannen zijn aangebracht of slechts op een gedeelte van de plannen. Informatie die uit het dossier is genomen met de bedoeling om dit later terug te steken, wat nooit gebeurd is. Naast het gebrekkige *as-built*-dossier, moet er ook nog manueel een inventaris opgemaakt worden. Deze inventaris moet zeer gedetailleerd zijn. Het is echter niet voldoende om van elke ruimte de oppervlaktes te weten, maar ook het soort lampen e.d. is van belang. Deze inventarisatie kan enige tijd in beslag nemen. Door tijdens deze inventarisatie zoveel mogelijk gedetailleerd te werk gaan, kan er in de latere fase van het onderhoud aanzienlijk veel werkuren en geld bespaard worden [27].

Het tweede geval heeft betrekking tot nieuwbouwprojecten. Hier is het voordelig als de facility manager bij het ontwerp betrokken kan worden. Zo kunnen niet alleen de levensduurkosten berekend en beperkt worden. Maar kan de facility manager naast ontwerpadvies ook onmiddellijk de nodige informatie verzamelen en vervolgens correcte lijsten opstellen. Door deze werkmethode toe te passen, zal er echter geen informatie van het project verloren gaan. Het bedrijf dat het facility management uitvoert, kan starten met een up-to-date dossier en zal alle veranderingen onmiddellijk toevoegen [27].

3.4.1 BIM als basis voor onderhoud en beheer

Voor een efficiënt beheer en onderhoud is het belangrijk om op een vlotte en correcte manier de nodige informatie te verwerven. In België is BIM-bouwen aan een opmars bezig binnen de ontwerp- en bouwfase van een project. Voor onderhoud wordt dit echter zelden toegepast. Toch kan een gedetailleerd BIM-model informatie opleveren, dewelke voordelig is voor de exploitatie van gebouwen. Aanpassingen binnen het gebouw kunnen snel gevisualiseerd worden. Er kunnen overzichtslijsten gegenereerd worden met de hoeveelheden vierkante meters in een welbepaalde ruimte. Voor objecten kan er bijvoorbeeld opgevraagd worden wat hun kleur is of welke garantietermijn er van toepassing is op het object [7].

De hoeveelheid van informatie die verkrijgbaar is, wordt vooral bepaald door de kwaliteit van het BIM-model. Door in de beginfase meer tijd te steken in het ontwerp van het gebouw en het opstellen van het informatiemodel, kan er in een latere fase meer informatie opgevraagd worden die van belang is voor het onderhoud en beheer.

Echter wordt er op dit moment voor facility management gebruik gemaakt van informaticatools die enorm verschillen van de programma's waarvan men gebruik maakt tijdens de ontwikkeling van het gebouw. Deze software verschilt omdat ontwerpers en aannemers andere informatie nodig hebben dan de beheerders. De uitdaging hierin bestaat eruit om de output van het BIM-model te gebruiken als input voor de beheerssoftware [7].

3.4.2 Soorten onderhoud

Na het afronden van de bouwfase van het project zal de uiteindelijke onderhoudsfase van het gebouw van start gaan. Deze fase bekleedt de grootste periode binnen de levenscyclus van het gebouw. Om de vooropgestelde levensduur van het gebouw te respecteren of al dan niet te verlengen, alsook het creëren van een aangename werk- of leefomgeving, is het van belang dat de nodige onderhoudswerken worden uitgevoerd. De onderhoudswerken kunnen op hun beurt gecategoriseerd worden in twee hoofdcategorieën, namelijk het kuis- en het bouwkundig onderhoud. Deze laatste categorie kan op zijn beurt verder onderverdeeld worden in preventief en curatief onderhoud.

Het kuisonderhoud van gebouwen kan algemeen verklaard worden als het hygiënisch houden van de verschillende gebruiksruimtes, alsook de verschillende constructiedelen. Deze vorm omvat bijvoorbeeld het poetsen van vergader- en werkruimtes, alsook het reinigen van verschillende raampartijen. Zoals eerder vermeld kan het bouwkundig onderhoud onderverdeeld worden in curatief, ook wel *hard facility* genoemd, of preventief, *soft facility*, onderhoud. Indien curatief onderhoud toegepast wordt, wordt er enkel actie ondernomen wanneer een probleem zich voordoet. Dit kan verduidelijkt worden aan de hand van het voorbeeld van een beschadigde tegel in de kelder. Deze tegel dient echter eenmaal vervangen te worden, maar heeft daarentegen niet de hoogste prioriteit. Indien preventief onderhoud toegepast wordt, wordt er gekeken welke bedrijfskritische elementen het nodige onderhoud bedingen. Deze elementen zijn doorgaans technische installaties of objecten dewelke bij een mogelijk gebrek, de werking van het bedrijf negatief kunnen beïnvloeden of doordat deze mogelijk een hoge herstellingskost veroorzaken [34].

3.4.3 Knelpunten binnen onderhoud

Problemen omtrent het uitvoeren van werkzaamheden komen niet alleen voor binnen de bouwfase van het gebouw, maar eveneens tijdens de jarenlange onderhoudsfase van het gebouw. Deze pijnpunten kennen hun oorsprong zowel op constructief als administratief vlak en leiden doorgaans tot een hogere onderhoudskost. Het eerste knelpunt kan gecategoriseerd worden met betrekking tot de toegankelijk- en werkbaarheid van ruimtes en constructiedelen. Dit bouwkundig knelpunt kan o.a. verklaard worden aan de hand van te kleine leidingschachten en ramen die te hoog of te ver van de gevel verwijderd zijn waardoor het poetswerk bemoeilijkt wordt. Hiernaast dient er ook vermeld te worden dat er niet altijd sprake is van een veilige toegang, alsook een eenvoudige toegang tot de te onderhouden technische installaties [34], [35].

Naast de toegankelijkheid van ruimtes is een slechte materiaalkeuze ook een veelvoorkomend knelpunt binnen de onderhoudsfase. Vaak wordt er binnen het ontwerp- of bouwproces geopteerd voor goedkopere, vermoedelijk minder onderhoudsvriendelijke, materialen waardoor de onderhoudskost vaak stijgt of een vroegtijdige vervanging van het desbetreffende materiaal voordoet. Dit aspect heeft betrekking op zowel bouwkundige als installatietechnische onderdelen [34]. Technische installaties, zoals een brander en airco-unit, dienen jaarlijks voorzien te worden van conformiteitscertificaten. Echter dient er opgemerkt te worden dat er in sommige gevallen een nalatigheid optreedt waardoor deze toestellen niet steeds conform zijn aan de bij norm gestelde eisen [35].

Een veelvoorkomend administratief pijnpunt met betrekking tot onderhoudswerkzaamheden zijn geen of slechte *as-built*-dossiers. Vaak worden deze zelden of niet aangepast ten gevolge van ongeplande of nodige veranderingswerken. Een voorbeeld hiervan is het aanpassen van de deuren binnen een gebouw. In dergelijke situaties bestaat de kans dat er geen rekening gehouden wordt met de brandveiligheid, alsook de brandcompartimentering van het gebouw. Het gebrek aan *up-to-date* bestanden of verlies van de bijhorende *as-built*-dossiers levert met andere woorden een moeilijkheid inzake de beschikbaarheid van de nodige onderhoudsinformatie [35].

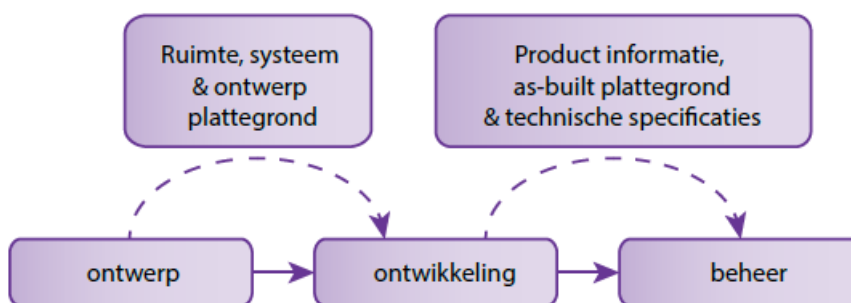
Tot slot kan er, in sommige gevallen, aan de hand van de beperkte bouwkundige kennis van de belanghebbende partijen, een laatste knelpunt gedefinieerd worden. Vaak beschikt de onderhoudsmanager over een onvoldoende bouwkundige achtergrond. Hierdoor kan deze persoon mogelijk foutieve beslissingen of conclusies inzake onderhoudswerkzaamheden nemen. Een andere belanghebbende partij, waarbij geregeld een onwetendheid optreedt, is de klant. Deze personen snappen doorgaans niet wat een onderhoudsinterventie inhoudt en kijken doorgaans alleen naar het

kostenplaatje van het hele verhaal, waarbij ze vervolgens concluderen dat er over gefactureerd wordt. Algemeen bekeken, bestaat een onderhoudsinterventie uit drie instanties, namelijk het constateren van het probleem, vervolgens het bestellen van de nodige reparatieonderdelen en ten slotte het oplossen van de gestelde problematiek. Dit proces neemt doorgaans heel wat tijd in beslag wat eveneens niet altijd vanzelfsprekend is voor klanten. Vaak verwacht deze vragende partij ook standaardprijzen voor technische gebreken wat uiteraard niet evident is, daar er geen gestandaardiseerde omvang van een probleem kan beschreven worden [35].

3.5 Technologie en onderhoud

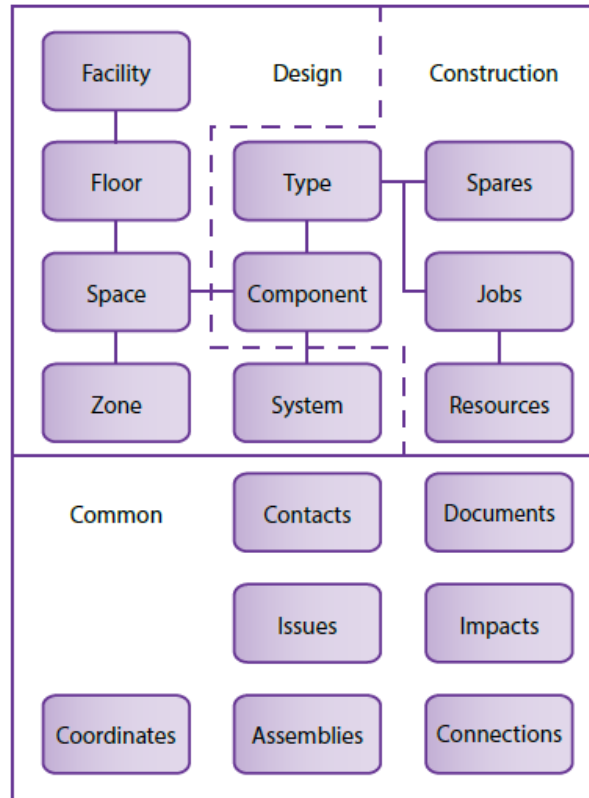
In het hoofdstuk *Open standaard: IFC – Industry Foundation Classes* werd reeds *IFC* besproken. Dit is een open standaard om informatie uit te wisselen wanneer er Open BIM wordt toegepast tijdens het bouwproces. Dergelijke open source standaard is ook ontwikkeld om informatie uit te wisselen tussen enerzijds de softwarepakketten die gebruikt worden tijdens de ontwerp- en bouwfase en anderzijds de beheerfase. Deze open standaard wordt *COBie*, *Construction Operations Building information exchange*) genoemd. De *COBie* standaard zorgt ervoor dat de informatie uit het informatiemodel overzichtelijk in een spreadsheet wordt weergegeven. Net zoals *IFC*-bestanden geopend kunnen worden met compatibele tekensoftware, zijn deze standaarden te openen met behulp van gespecialiseerde beheerssoftware die compatibel is met deze standaard of met *viewers* die gratis te downloaden zijn.

Het *COBie* bestand wordt opgemaakt aan de hand van informatie die tijdens de ontwerp-, ontwikkeling- en bouwfase van het gebouw naar voren komt. Zo komt tijdens de ontwerpfase informatie naar voren die betrekking heeft tot de gebouwindeling en de oppervlaktes van alle ruimtes. Bij de ontwikkelings- of de bouwfase wordt de informatie verzameld over de specifieke tegels of verf die gehanteerd zijn [7]. Tijdens de beheerfase wordt de informatie ook bijgehouden die aan het *COBie*-bestand kan toegevoegd worden. Hierdoor kan er gecontroleerd worden wanneer een verwarmingsketel zijn laatste keuring heeft gehad. Figuur 20 laat de informatiestroom tijdens de levenscyclus van een gebouw zijn.



Figuur 20: Informatiestroom tijdens de levenscyclus van een gebouw [7]

De informatie die in de *COBie*-bestanden terug te vinden is, kunnen onderverdeeld worden in drie grote groepen: Ontwerp (*Design*), Bouw (*Construction*) en Gemeenschappelijk (*Common*). De structuur van deze groepen wordt weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21: Informatieverdeling COBie-bestanden [7]

De COBie-bestanden kunnen op drie manieren opgesteld worden. Een eerste optie is om rechtstreeks uit het BIM-model een COBie-bestand te exporteren. De tweede optie bestaat eruit om handmatig informatie toe te voegen aan het spreadsheet. Als laatste optie kan de informatie van verschillende deelinformatiemodellen samengevoegd worden in een *IFC*-bestand, om aan de hand van dit bestand een COBie-bestand op te stellen.

Figuur 22 geeft een voorbeeld van een COBie spreadsheet weer. Deze spreadsheet is voornamelijk bedoeld voor kleinere ondernemingen die onderhoud in eigen beheer willen uitvoeren. Grote kapitaalkrachtige organisaties hebben de mogelijkheid om dure software, zoals *Facility Management Information Systems (FMIS)*, te gebruiken.

Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	FloorName	Description	ExSystem	ExObject	ExIdentifier	RoomTag	UsableHeight	GrossArea	NetArea
1	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Lesruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	86.062	86.062
2	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Lesruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	88.142	88.142
3	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	40.125	40.125
4	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	40.125	40.125
5	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	40.125	40.125
6	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Lesruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	48.578	48.578
8	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Projectruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	32.513	32.513
7	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Projectruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	32.512	32.512
9	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Lesruimte	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	48.772	48.772
10	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Trappenhuis	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	15.646	15.646
11	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Toilet	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	11.66	11.66
12	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Berging	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	3.574	3.574
13	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Toilet	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	11.401	11.401
16	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
14	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Berging	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	2.491	2.491
15	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Overloop	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	10.271	10.271
19	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
20	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
17	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
18	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
23	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	13.125	13.125
21	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
22	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Open werkplek	Autodesk R4	lfcSpace	3QE4yv2fj0Lv2G	n/a	n/a	14.0	14.0
24	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Verkeersruimte	Autodesk R4	lfcSpace	28y11kv5X7p8J	n/a	n/a	353.201	353.201
26	JEPunkown	2013-06-06T11:26:21	n/a	5de verdieping	Schacht	Autodesk R4	lfcSpace	3PIYaAFSD5X8v	n/a	n/a	3.154	3.154

Figuur 22: Voorbeeldweergave COBie spreadsheet [7]

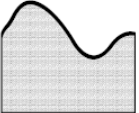
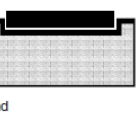
Naast het COBie-principe bestaan er nog tal van andere FMIS. Deze systemen kunnen tevens aan de BIM-methodiek gekoppeld worden, daar er een informatiebehoefte langs beide kanten kan teruggevonden worden. De nuttige informatie uit BIM voor FMIS kan onderverdeeld worden in twee subcategorieën, namelijk de informatie omtrent ruimtes of *spaces* enerzijds en de informatie omtrent aanbevelingen of *assets* anderzijds. Binnen de eerste categorie kan er informatie gegenereerd worden betreffende de te poesten en onderhouden ruimtes, alsook de nodige informatie omtrent de functies en bezettingen van deze ruimtes. De categorie omtrent aanbevelingen omvat de informatie over het nodige technisch materiaal voor het uitvoeren van curatief en preventief onderhoud, alsook de nodige aanbevelingen betreffende *Life Cycle Management*. Deze laatste subcategorie omvat aanbevelingen inzake verouderingen, mogelijke vernieuwingen en investeringsregelingen. De terugstroom van informatie van het FMIS naar BIM toe bevat aantekeningen of *annotations* omtrent mogelijke veranderingen en aanpassingen van fouten in het model [36].

Binnen de FMIS-methodiek is het belangrijk dat zowel het gebouw als de informatie als de structuur beschouwd wordt als zijnde data. Het gebouw verschaft de nodige informatie omtrent de geometrie van het gebouw en meer bepaald de te onderhouden onderdelen. De informatie staat echter in voor het mogelijk maken van het efficiënt beheer van projecten. De structuur van het gebouw levert vervolgens de nodige informatie inzake de toepassing van de verschillende materialen. Het hanteren van de geometrie binnen de FMIS, is echter een belangrijk verschil in vergelijking met de COBie-methodiek. Bij het toepassen van COBie wordt er geen geometrie opgenomen. Ongeacht voor welke methodiek er geopteerd wordt, blijft de hamvraag in hoeverre een model gedetailleerd dient te zijn. Uiteindelijk kan er gesteld worden dat de mate van detaillering in direct verband staat met de fase waarin het bouwproces zich bevindt [36]. Het uiteindelijke detailleringniveau voor de onderhoudsfase is LOD500. Dit werd reeds behandeld binnen de sectie BIM en de ontwikkeling.

Algemeen kan er gesteld worden dat de modellen steeds van een goede structuur dienen voorzien te worden. Deze goede structuur kan gerealiseerd worden door middel van het hanteren van de verschillende LOD's, alsook het consistent toepassen van een codering. Dit is tevens noodzakelijk zodoende er achteraf geen aanpassingswerk dient doorgevoerd te worden. Een mogelijke classificatiemethode wordt weergegeven in Figuur 23. Het correct detailleren van de verschillende

LOD's is vervolgens afhankelijk van de mate waarin het onderhoud dient opgevolgd te worden. Dit kan verduidelijkt worden aan de hand van het volgende voorbeelden. Het eerste voorbeeld omvat het verbruik van een pomp. De detaillering hiervan zal echter afhankelijk zijn indien het individuele verbruik van de pomp dient gekend te zijn of het verbruik van het systeem. Een ander voorbeeld omvat het financiële aspect. Dit kan gedetailleerd worden op basis van de te kennen verbruikskosten of de mogelijke faalkosten indien het systeem zou falen [36].

Binnen deze werkmethode is er steeds een bepaalde insteek voor de invoer van informatie, dewelke van belang is voor de onderhoudsfase. Deze kan bijvoorbeeld ingevoerd worden door de aannemer, de klant of door de facility manager. De partij dat hiervoor verantwoordelijk zal zijn, zal echter tijdens de bouwfase beslist worden. Dit kan tevens verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld omtrent het serienummer van een verwarmingsketel. In het eerste geval zal de aannemer verantwoordelijk zijn voor het ingeven van het serienummer van de verwarmingsketel. De andere optie bestaat eruit dat de klant of de facility manager deze nummer zelf dient in te vullen [36].

	onderbouw		bovenbouw		
(0-) Terreinen, projecten	(1-) bodem, onderbouw	(2-) primaire elementen van bovenbouw	(3-) secundaire elementen, afsluitende elementen, van de bovenbouw	(4-) afwerking	
	(10) - voorbehouden -	(20) - voorbehouden -	(30) - voorbehouden -	(40) - voorbehouden -	
(11)  bodem	(21) buitenwanden primaire elementen	(31) secundaire elementen	(41) buiten-afwerking		
(12) - voorbehouden -	(22) binnenwanden primaire elementen	(32) secundaire elementen	(42) binnen-afwerking		
(13)  lagen en vloeren op volle grond	(23) vloeren, galerijen, balkons, loopbruggen primaire elementen	(33) secundaire elementen	(43) afwerking		
(14) - voorbehouden -	(24) elementen voor verticale circulatie, trappen primaire elementen	(34) secundaire elementen	(44) afwerking		

Figuur 23: Classificatie volgens CI/SfB [36]

Binnen het algemeen gebouwbeheer kunnen projecten ingedeeld worden volgens de grootte van het te onderhouden patrimonium. Hierbij onderscheiden we in dit onderzoek een klein patrimonium en een groot patrimonium. Onder klein patrimonium wordt verstaan dat het gaat om één of enkele kleinere gebouwen waarbij de beheerder geen externe partijen inschakelt voor onderhoud en alle onderhoudsactiviteiten zelf plant. Het grote patrimonium heeft betrekking tot een groot aantal gebouwen die onder het beheer vallen van één enkele organisatie. Hieronder vallen bijvoorbeeld banken, deze financiële instanties hebben meestal meerdere filialen in verschillende steden en gemeentes. Het onderhoud van dergelijke grote patrimonium wordt doorgaans uitbesteed aan externe onderhoudsfirma's. FMIS kan vervolgens rechtstreeks gekoppeld worden aan de patrimoniumgrootte en is in principe voor beide gevallen toepasbaar. Desalniettemin is de toepassing van FMIS ook sterk

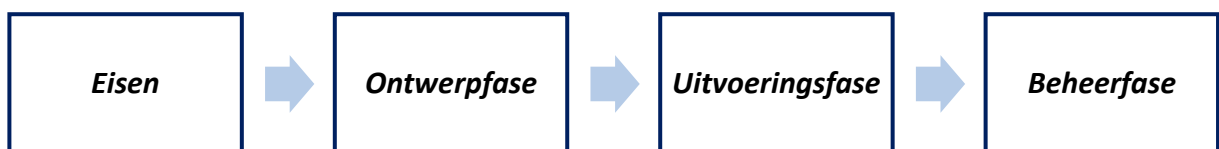
afhankelijk van de aard van het project, bijvoorbeeld het beheer van een schoolgebouw en ziekenhuis. Indien het gebruik van FMIS bekeken wordt voor een schoolgebouw, kan er opgemerkt worden dat dit niet noodzakelijk is. Een schoolgebouw kan beschouwd worden als behorende tot de categorie klein patrimonium. Voor dit gebouwtype zijn de onderhoudswerken van beperkte omvang, daar er enkel kuisonderhoud en kleine herstellingswerken, zoals het vervangen van een lamp of deur, dienen uitgevoerd te worden. Indien dit schoolgebouw volgens de BIM-methodiek gebouwd is, kan het model gehanteerd worden voor het genereren van informatie met betrekking tot de geometrie, de technische installaties en dergelijke.

Voor het onderhoud van een groter gebouw, zoals bijvoorbeeld een ziekenhuis, is het gebruik van een FMIS noodzakelijk. Naast de oppervlaktegrootte van het project worden er binnen dit voorbeeld een aanzienlijk grotere hoeveelheid technieken in het gebouw verwerkt. In het geval van een ziekenhuis zijn dit bijvoorbeeld de operatieruimtes, radiologische afdelingen en dergelijke. De onderhoudseisen voor een dergelijk projecttype zijn veel strenger als bijvoorbeeld deze voor een schoolgebouw, waardoor de rendabiliteit van een FMIS in dit geval groter zal zijn. Tot slot kan er besloten worden dat een FMIS voornamelijk project- en gebruikersafhankelijk is. Een FMIS komt het meest in aanmerking voor het beheer van een groot patrimonium, desalniettemin is deze ook toepasbaar voor het onderhouden van een klein patrimonium. Echter is dit niet noodzakelijk, maar indien de eigenaar dit systeem wenst te gebruiken, kan dit perfect toegepast worden.

3.6 Informatiebehoefte en overdracht

Binnen de verwezenlijking van het facility management wordt er doorgaans een facility manager aangesteld. Deze persoon is verantwoordelijk voor het behouden van de goede staat van het gebouw, namelijk het onderhoud, alsook een efficiënt beheer in functie van het gebruik van het gebouw. Het hoofddoel van deze persoon is tevens het creëren van een geoptimaliseerd onderhoud, zowel economisch als ecologisch, voor het gebouw. Het is daaruit dan ook van groot belang dat deze persoon over de correcte informatie beschikt bij het opstellen van zijn strategie [37]. Deze informatie dient verkregen te worden via het klassieke *as-built*-dossier en omvat de nodige technische gegevens dewelke van groot belang zijn voor het onderhoud.

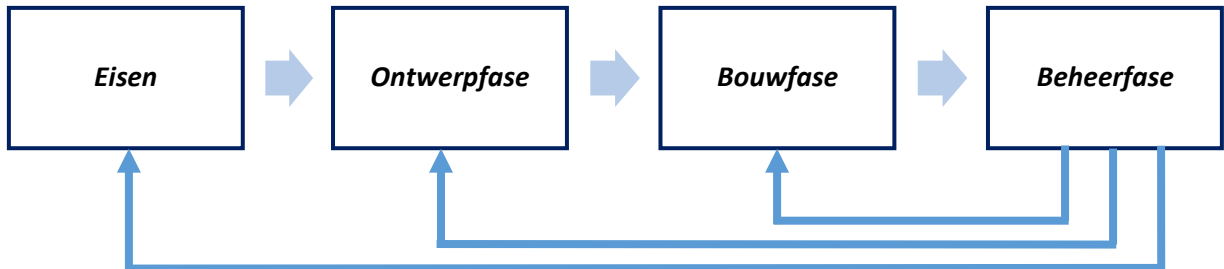
De aanstelling van de facilitair manager gebeurt meestal na de oplevering van het project. Dit betekent echter dat de beslissingen die een grote impact hebben op het onderhoud vaak niet genomen zijn door de facilitair manager, maar door andere partijen. Deze werkwijze levert op zijn beurt een inefficiëntie betreffende de optimalisatie van het onderhoud. De huidige werkwijze wordt geschetst aan de van Figuur 24 [7].



Figuur 24: Klassieke informatieoverdracht binnen bouwproces [7]

Het ideale scenario bestaat er echter uit dat de facilitair manager reeds in een vroeger stadium binnen de realisatie van het bouwproject wordt aangesteld. Hierdoor zal deze persoon, binnen elke fase van het bouwproces, echter belangrijke adviezen kunnen geven omtrent de mogelijke knelpunten tijdens de latere beheerfase [37]. Indien deze werkmethode toegepast wordt, ontstaat er het principe van *reverse engineering*. Er wordt namelijk een omgekeerde analogie toegepast doordat de facility

manager zijn informatiebehoefte gaat leveren aan de andere betrokken partijen. Hierdoor zullen deze personen rekening kunnen houden met de geleverde opmerkingen en informatie, alsook in staat zijn een optimalisatie van de latere beheerfase te creëren. Het ideale scenario volgens het principe van *reverse engineering* wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 25 [7].



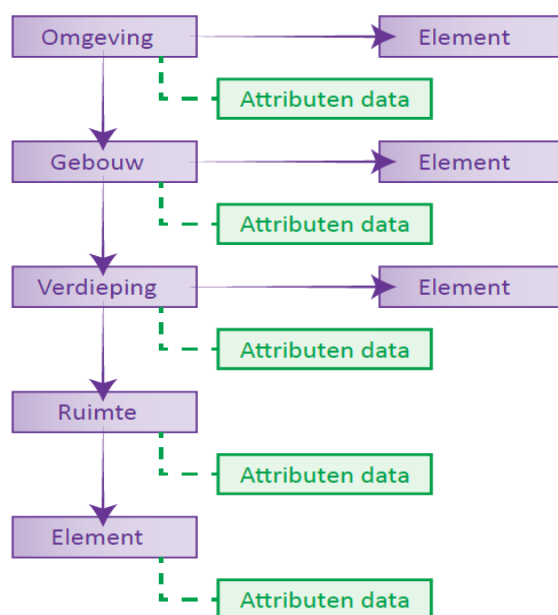
Figuur 25: Informatieoverdracht volgens het principe van *reverse engineering* [7]

De nodige informatie voor de facilitair manager kan vervolgens gecategoriseerd worden op verschillende schaalniveaus en dient voldoende gedetailleerd te zijn. De verschillende objectniveaus bestaan uit:

1. Omgeving
2. Gebouw
3. Verdieping
4. Ruimte
5. Element

Elk van deze objectniveaus bevatten specifieke informatie, ook attributen genoemd, over de toegepaste elementen. Indien er naar het totaalplaatje gekeken wordt, kan er vastgesteld worden dat deze verschillende niveaus rechtstreeks met elkaar in verband. Een gebouw wordt gerealiseerd in een bepaalde omgeving, bestaat uit meerdere verdiepingen, dewelke op hun beurt bestaan uit meerdere ruimtes, dewelke meerdere elementen bevatten. Elk objectniveau kan vervolgens onderverdeeld worden in verschillende categorieën. Een voorbeeld hiervan is het onderscheiden van de verschillende technieken op een verdieping, bijvoorbeeld een onderscheid tussen de verlichting en de watervoorzieningen in de keuken op de eerste verdieping. Figuur 26 illustreert het concept van deze strategie. Ook dient er opgemerkt te worden dat de data over de attributen bestaat uit verschillende belangrijke parameters. Dit zijn bijvoorbeeld technische keuringen, handleidingen, technische fiches, garantiebewijze en dergelijke. Belangrijke parameters voor verlichting zijn bijvoorbeeld [7]:

- Type
- Wattage
- Kostprijs
- Artikelnummer lichtbron
- *Fitting*
- Lichtsterkte
- Branduren
- Garantieperiode



Figuur 26: Indeling informatie volgens schaalniveaus [7]

Voorgaande studies omtrent facility management hebben uitgewezen dat de Tabel 4 gedestilleerd kan worden inzake de informatiebehoefte van een facilitair manager.

Tabel 4: Informatiebehoefte facility management

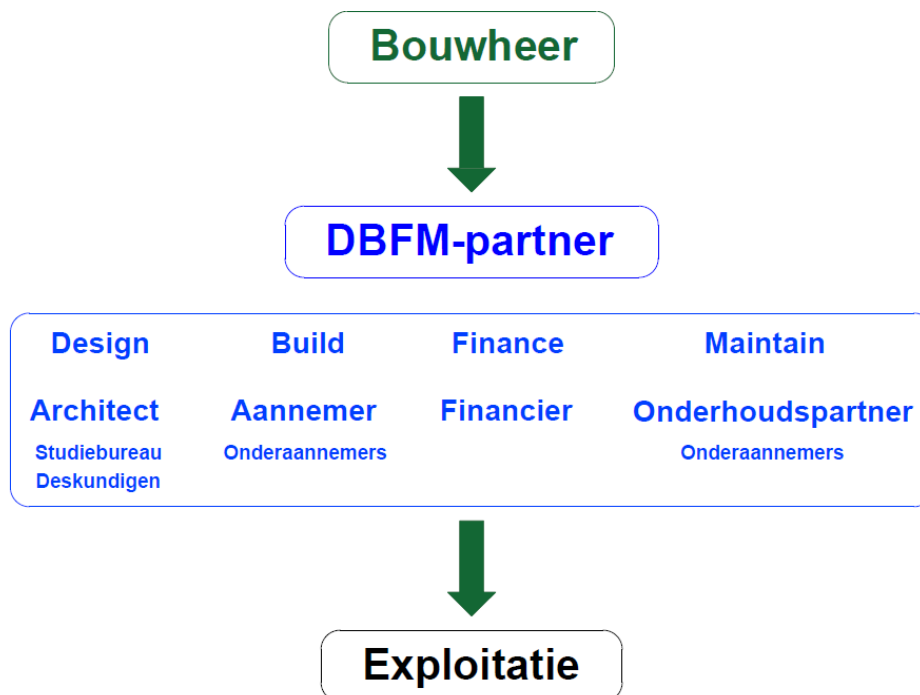
Informatiebehoefte Facility Manager		
Categorie	Onderverdeling	Gebruik van BIM
Gebouwbeheer	Gebouw (code)	Specificeren
	Vergunningen (document)	Koppelen
	Verordeningen (document)	Koppelen
	Flora en faunabeheer	Koppelen
	Specifieke gebouwelementen in 3D (installaties)	Automatisch
	Doorsneden, leidingverloop	Automatisch
	Contactenlijst	Specificeren/Koppelen
	Contractenlijst	Koppelen
	Logboek actiepunten, aansturing	Specificeren/Koppelen
	Energieprestatieberekeningen	Automatisch
	Koellast- transmissieberekeningen	en Automatisch
	Elementendatabase (bibliotheek)	Automatisch
	Materiaaldatabase	Automatisch
Ruimtebeheer	Gebouw (code)	Specificeren
	Verdieping	Automatisch
	Ruimtenummer, ruimtenaam	Automatisch
	Ruimtegebruik, ruimtesoort	Specificeren
	Instantie/afdeling	Specificeren

	Domein	<i>Specificeren</i>
	Oppervlakten (GO, BVO, NVO, VVO, TO(m2))	<i>Automatisch</i>
	Oppervlakten daglichttoetreding	<i>Automatisch</i>
	Vrije hoogtes	<i>Automatisch</i>
	Nominale hoogtes (verdiepingshoogtes)	<i>Automatisch</i>
	Volumes (m ³)	<i>Automatisch</i>
	Perimeters (mm)	<i>Automatisch</i>
	Aantal gebruikers	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Inventarislijst	<i>Automatisch</i>
	Type vloerafwerking	<i>Specificeren</i>
	Type wandafwerking	<i>Specificeren</i>
	Type plafondafwerking	<i>Specificeren</i>
	Vloermateriaal	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Wandmateriaal	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Plafondmateriaal	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Aansluitpunten (230V, krachtstroom, gas, vacuüm, drink- en bedrijfswater, data, telefoon)	<i>Automatisch</i>
	Toegang (bevoegdheid)	<i>Specificeren/ Koppelen</i>
	Regelbaarheid van installaties	<i>Specificeren</i>
	Benodigde klimaateisen (ventilatievoud en lux)	<i>Specificeren</i>
	Prestatie-eisen	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Benodigde vloeroppervlaktes	<i>Specificeren</i>
	Gebruiksfunctie	<i>Specificeren</i>
	Gebruiksoppervlakte	<i>Automatisch</i>
	Verblijfsgebied	<i>Automatisch</i>
	Verblijfsruimte	<i>Automatisch</i>
	Gezondheidseisen (ventilatie, daglicht)	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
Zonebeheer	Gebouw (code)	<i>Specificeren</i>
	Verdieping	<i>Automatisch</i>
	Oppervlakte (m ²)	<i>Automatisch</i>
	Brandcompartimentering (m ²)	<i>Automatisch</i>
	Brandcompartimentering	<i>Specificeren</i>
	Vluchtwegen	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Installatiezones (m ²)	<i>Automatisch</i>
	Installatiezones	<i>Specificeren</i>
Beheer van bouwelementen	Gebouwelementen	<i>Specificeren/ Automatisch</i>
	Elementtype	<i>Specificeren</i>

4 Optimalisatie onderhoud door BIM

4.1 Inleiding

Binnen de realisatie van (grootschalige) bouwprojecten wordt er op heden vaak gebruik gemaakt van de DBFM-methodiek, meer bepaald *Design, Build, Finance* en *Maintain*. In sommige gevallen is er echter sprake van DBFMO, waarbij de O voor *Operate* staat en zo ook de exploitatie van het bouwproject aan de opdracht-nemende partij wordt toegekend. Een DBFM(O)-projectaanpak kan gedefinieerd worden als een geïntegreerde contractvorm waarbij één opdracht-nemende partij verantwoordelijk is voor het ontwerp, de bouw, de financiering en onderhoud, alsook in sommige gevallen de exploitatie. Bij de realisatie van een dergelijk project, beperkt de opdrachtgever zich enkel tot het bepalen van de noden en eisen waaraan het desbetreffende project moet voldoen en geeft deze vervolgens door aan de uitvoerende partij. Belangrijk dient er opgemerkt te worden dat de opdrachtnemer de verantwoordelijkheid betreffende het volledige risico van het project op zich dient te nemen. Aan de hand van Figuur 27 wordt er een prinsipschema van deze projectaanpak geïllustreerd [38], [39].



Figuur 27: Prinsipschets DBFM-samenwerking [38]

Uitgaande van het prinsipschema wordt er dieper ingegaan op de onderdelen *Build* en *Maintain*. De bouwfase binnen de realisatie van het DBFM-project zal op dezelfde traditionele wijze gebeuren als in een niet-DBFM-project. In dit geval wordt er tevens gebruik gemaakt van een hoofdaannemer en verschillende onderaannemers. Desalniettemin dient er opgemerkt te worden dat, binnen deze samenwerkingsvorm, het onderhouds gedeelte een zeer groot aandeel op zich neemt. Zoals eerder aangehaald, staat de opdrachtnemer zelf in voor de onderhoudsfase van het desbetreffende project en wordt de benadering van de *Life Cycle Cost* op zijn beurt belangrijker. De opdrachtnemer heeft hieromtrent de keuze uit twee mogelijke opties. Deze partner kan namelijk opteren voor het gebruik van duurzame materialen met als doel frequent onderhoud te vermijden. De tweede optie bestaat uit het beperken van de investeringskost met op zijn beurt het toepassen van frequenter onderhoud. De

uiteindelijke keuze hieromtrent dient echter door de DBFM-partner gemaakt te worden. Het onderhoudsaspect is tevens de oorzaak voor de lange duur, namelijk 15 tot 25 jaar of zelfs langer, van deze samenwerkingsvorm. De lange contractduur resulteert op zijn beurt in een noemenswaardig risico betreffende de onderhoudskosten, waardoor het van groot belang is hier voldoende aandacht aan te besteden [39].

Indien er binnen deze samenwerkingsvorm gewerkt wordt volgens de BIM-methodiek, is de DBFM-partner reeds in het bezit van een BIM-model. Hierdoor kan dit model logischerwijze gebruikt worden in de uiteindelijke beheerfase. Doordat er binnen deze methodiek gewerkt wordt met één team, kan er normaliter op een snelle manier onderhandeld worden om het beoogde doel, met betrekking tot de *Life Cycle Cost* en onderhoudsfase, te realiseren.

4.2 Visies met betrekking tot de optimale toepassing van BIM

Om BIM te kunnen toepassen binnen de onderhoudsfase en bij uitbreiding andere fasen in de levenscyclus, is het noodzakelijk om BIM op een optimale manier te kunnen hanteren. Uit een bevraging bij verschillende partijen is gebleken dat er nog geen eenduidige manier bestaat waarop BIM-gebruikt wordt, dit losstaande van het feit dat er geen BIM-normering bestaat. Elke BIM-gebruiker tast nog in het donker naar de optimaalste werkwijzen. Uit de bevraging zijn er drie visies, methodes naar voor gekomen waarop BIM gebruikt kan worden:

- Alle informatie in het BIM-model invoegen;
- Externe informatie aan het BIM-model koppelen;
- BIM koppelen aan *Systems Engineering*.

De drie voorgenoemde visies worden hieronder verder toegelicht. Verder wordt er gekeken welke visie het beste kan gebruikt worden in een bepaalde situatie die betrekking heeft tot het onderhoud van gebouwen.

4.2.1 Alle informatie in het BIM-model invoegen

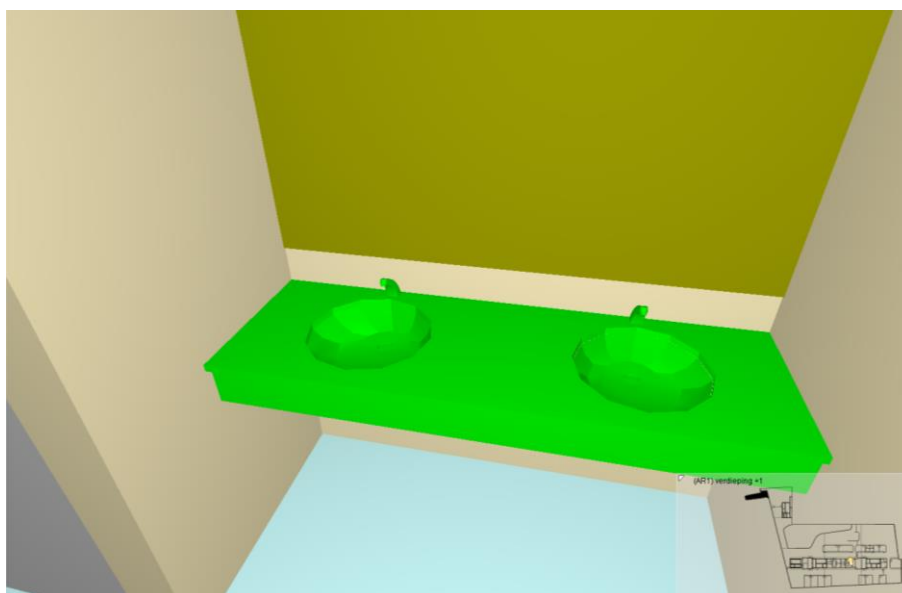
De eerste visie omtrent de koppeling van informatie aan een BIM-model bestaat eruit dat alle nodige informatie in het model geplaatst wordt. Hiermee wordt bedoeld dat het model volledig als centraal informatiepunt zal fungeren. Binnen de toepassing van deze methodiek wordt de nadruk voornamelijk gelegd op het model zelf en niet zozeer op de beoogde optimalisatie, waardoor de ruime betekenis van BIM-bouwen beperkt wordt.

Ondanks het beperken van de ruime betekenis, heeft deze methode echter één groot voordeel. Zoals eerder vermeld wordt de informatie op een centraal punt bewaard, waardoor deze volgens een ideaal scenario snel hanteerbaar en niet te verliezen is. Desalniettemin dient er in het kader van dit onderzoek opgemerkt te worden dat er binnen de realisatie van een bouwproces zowel relevante als irrelevante informatie voor de onderhoudsfase is. Informatie met betrekking tot wapeningsstaven en betonkwaliteiten is in principe irrelevant voor de onderhoudsfase, tenzij er al dan niet grote verbouwingswerken dienen uitgevoerd te worden. Installatietechnische en de hieromtrent bijkomende informatie, zoals bijvoorbeeld omtrent een verwarmingsketel, is op zijn beurt relevant voor de beheerfase. De informatiebehoefte met betrekking tot een verwarmingsketel kan bijvoorbeeld bestaan uit de fabrikantsgegevens, handleiding, afmetingen, garantiebewijzen, technische gegevens, onderhoudsvorschriften, alsook de locatie waar het desbetreffende toestel geplaatst is.

Zoals in de voorgaande alinea vermeld, wordt het model als centraal informatiepunt beschouwd. Uitgaande van deze stelling rijst de hamvraag hoe de nodige informatie in het model geplaatst wordt, alsook hoe gedetailleerd het model daadwerkelijk dient te zijn. Binnen de realisatie van een bouwproces wordt er beroep gedaan op zowel grote als kleine aannemers. Vaak is deze laatste partij niet in het bezit van dure softwarepakketten wanneer deze niet vertrouwd zijn met de BIM-methodiek. Hierdoor is deze partij niet in staat informatie, betreffende zijn uitgevoerde werkzaamheden, in het model te plaatsen. Dit fenomeen leidt op zijn beurt tot verschillende invoermogelijkheden, namelijk het gebruik van invulvelden waarin de nodige ruimte voorzien wordt om de nodige informatie te plaatsen of het plaatsen van de nodige documenten met betrekking tot het object in het model. Binnen deze visie kan het niveau van detaillering tevens in vraag gesteld worden. Dit kan verduidelijkt worden aan de hand van de vraag of het noodzakelijk is alle lichtpunten te verwerken in het BIM-model. Het antwoord op deze vraag zal echter sterk afhankelijk zijn van de gebruiker. Tot slot dient er ook opgemerkt te worden dat de grote hoeveelheid aan informatie het BIM-model extra zal belasten waardoor het minder werkbaar wordt.

Algemeen kan er gesteld worden dat wanneer alle informatie in een BIM-model geplaatst wordt, er in principe geen andere onderhoudssoftware of FMIS meer noodzakelijk is. Uitgaande van deze stelling dringt de vraag of de huidige BIM-software voldoet aan dezelfde eisen als een FMIS zich op. Deze visie omtrent het gebruik van BIM en de terugkoppeling naar de onderhoudsfase lijkt op het eerste gezicht de meeste voordelen te bieden. Desondanks dient er bemerkt te worden dat binnen deze werkwijze meer nadelen, alsook onbeantwoorde vragen optreden.

Tot slot kan deze visie weerlegd worden aan de hand van een illustrerend voorbeeld omtrent een wastafel, dewelke weergegeven wordt in Figuur 28. Binnen dit voorbeeld wordt er aan de hand van een bestaand BIM-model nagegaan of de informatiebehoefte omtrent het vooraf vermelde toestel wordt beantwoord.

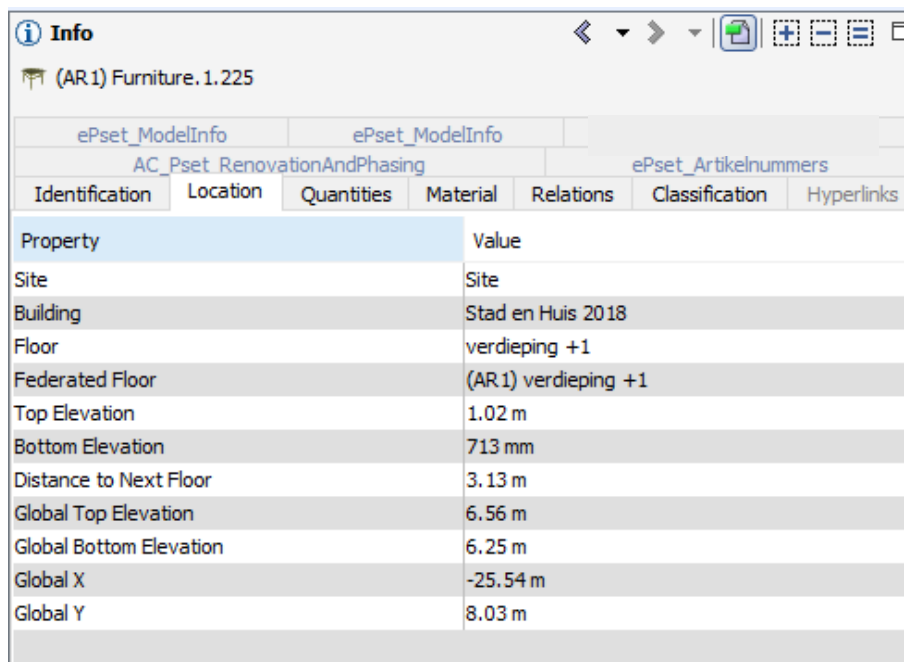


Figuur 28: Principevoorbeeld informatiebehoefte onderhoud van een wastafel [6]

Binnen deze korte casestudy wordt de informatie met betrekking tot de verschillende objecten opgedeeld in verschillende subcategorieën. De eerste categorie, genaamd *identification* of identificatie, omvat de algemene parameters, zoals onder meer de naam van het object en de bouwfase, van het desbetreffende object. Voor de wastafel kan er kort samengevat worden dat deze

tot de categorie in het kader van het sanitair behoort en binnen het model van een gepast benaming voorzien is.

Een tweede categorie, namelijk *location* of locatie, bevat alle informatie met betrekking tot de plaats en de bijhorende afmetingen waar het object geplaatst dient te worden. Indien deze categorie behandeld wordt voor de wastafel uit Figuur 28, kan er vastgesteld worden dat deze op de eerste verdieping van het Stad en Huis 2018 geplaatst wordt. Hiernaast kan er ook afgeleid worden dat de onderzijde op een hoogte van 713mm en de bovenzijde op 1020mm boven het afgewerkte vloerniveau dient te liggen. Vervolgens worden er ook nog andere afmetingen toegekend, zoals bijvoorbeeld de afstand tot de volgende verdieping. Aan de hand van Figuur 29 wordt de informatie, binnen de subcategorie *location*, geïllustreerd.

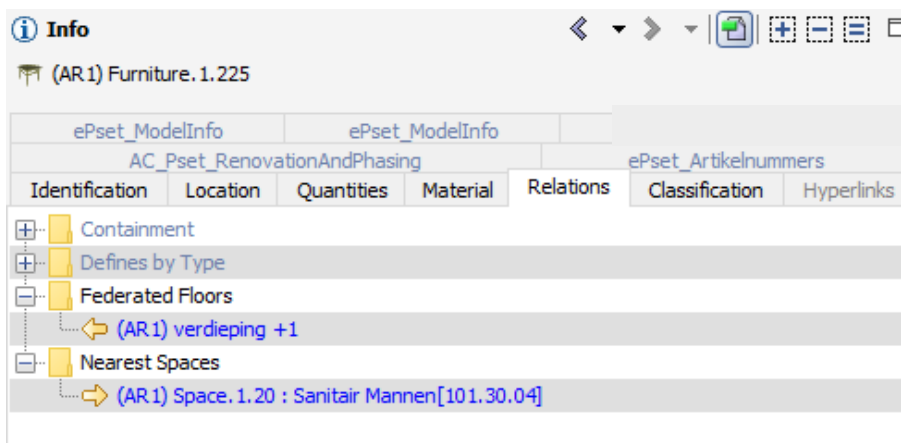


Property	Value
Site	Site
Building	Stad en Huis 2018
Floor	verdieping +1
Federated Floor	(AR.1) verdieping +1
Top Elevation	1.02 m
Bottom Elevation	713 mm
Distance to Next Floor	3.13 m
Global Top Elevation	6.56 m
Global Bottom Elevation	6.25 m
Global X	-25.54 m
Global Y	8.03 m

Figuur 29: Informatie subcategorie *location* [6]

De subcategorie *quantities*, hoeveelheden, bevat op zijn beurt gegevens met betrekking tot de verschillende afmetingen van de toegepaste wasbak. Voor deze wastafel worden zowel de oppervlakte als het volume van de wasbak als de afmetingen van de *bounding box* weergegeven. Deze laatste parameter wordt bepaald door de maximale lengte, breedte en hoogte van het desbetreffende object. De vierde subcategorie, namelijk *materials*, wordt toegekend aan de materiaaleigenschappen van het object. Er dient echter opgemerkt te worden dat er binnen dit voorbeeld geen specifieke materiaalafwerking gedefinieerd wordt en dat zowel de kranen als de wasbak als het tablet samen beschouwd worden als één enkel object.

Een volgende subcategorie, *relations*, bevat specifieke informatie inzake de relaties die het object kenmerken ten opzichte van de ruimtes. Binnen het voorbeeld van de wastafel worden er enkel relaties gekenmerkt met betrekking tot de verdieping waar het element geplaatst wordt, alsook welke het meest nabijgelegen lokaal is. Aan de hand van Figuur 30 kan er besloten worden dat deze wastafel het dichtst gelegen is bij de sanitaire ruimte voor de mannen op de eerste verdieping. Deze subcategorie *nearest spaces* geeft voor elk object de dichtstbijzijnde gedefinieerde ruimtes weer. Binnen dit voorbeeld is deze *nearest space* de ruimte waarin het object geplaatst is.



Figuur 30: Informatie subcategorie relations [6]

Een laatste categorie, namelijk *classification*, heeft betrekking tot de classificatie van de toegepaste objecten. Binnen deze categorie wordt er voor de wastafel namelijk gedefinieerd welke classificaties er gehanteerd dienen te worden met betrekking tot de afwerking en de te gebruiken eenheden van de objecten, alsook de toegepaste materialen.

De voorgenoemde parameters zijn van groot belang voor de uitvoering van het bouwproces, maar hiernaast dient er echter de vraag gesteld te worden of deze informatie voldoet voor de onderhoudsfase. In Tabel 5 wordt een opsomming gegeven welke informatie van belang is voor het onderhoud van een wastafel. Aan de hand van deze tabel kan er onmiddellijk vastgesteld worden dat de informatie uit het model niet beantwoordt aan de informatiebehoefte. Voor elke nodige parameter wordt er nagegaan of deze al dan niet in het BIM-model geplaatst is, alsook hieromtrent een korte verklaring.

Tabel 5: Informatiebehoefte voor de onderhoudsfase van een wastafel

Informatiebehoefte onderhoud - Wastafel		
Type informatie	Terugggevonden in BIM-model?	Verklaring
Fabrikant: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Naam;</i> • <i>Contactgegevens.</i> 	Nee Nee	Informatie met betrekking tot de fabrikant is niet terugggevonden in het BIM-model. Deze gegevens kunnen echter pas ingevoerd worden van zodra er een definitieve keuze binnen het bouwproces gemaakt is. Momenteel bevindt het project, waarvan het model getoetst werd, zich in de ruwbouwfase. Hiernaast dient er tevens opgemerkt te worden dat er geen bijkomend veld voor de gegevens van de fabrikant is voorzien.
Locatie: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gebouw;</i> • <i>Verdieping;</i> • <i>Lokaalnummer.</i> 	Ja Ja Nee	Binnen het gehanteerde model is de benodigde informatie omtrent het gebouw en de verdieping terugggevonden. Echter is de nummer van het lokaal, waarin de wastafel

		geplaatst is, niet vermeld. De naastliggende ruimtes worden daarentegen wel weergegeven.
Onderhoud: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Onderhoudsinstructies;</i> • <i>Handleiding;</i> • <i>Garantieperiode;</i> • <i>Datum ingebruikname.</i> 	Nee Nee Nee Nee	Informatie met betrekking tot de onderhoudsfase is er binnen dit BIM-model niet teruggevonden. Deze informatie kan echter pas in het model geplaatst worden van zodra de werken voltooid zijn. Indien er beoogd wordt het BIM-model te integreren binnen de onderhoudsfase, dienen hiervoor bijkomende velden geprogrammeerd te worden.
Bijkomende specificaties: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Afmetingen;</i> • <i>Gewicht;</i> • <i>Classificatie;</i> • <i>RAL kleurcodering;</i> • <i>Sifontype;</i> • <i>Sifonafmetingen.</i> 	Ja Nee Ja Nee Nee Nee	Het gebruikte BIM-model bevat voorlopig enkel gegevens met betrekking tot de afmetingen en de classificatie van de wastafel. De afmetingen van de wastafel worden echter weergegeven als een omsloten balk van de maximale lengte, breedte en hoogte. Hiernaast wordt er ook informatie gegeven omtrent de oppervlakte, dewelke de wastafel in beslag neemt. Vervolgens worden ook de bijhorende bodem- en topniveaus ten opzichte van het afgewerkte vloerpeil gegeven. De overige gegevens, dewelke niet in het model geplaatst werden, kunnen later aangevuld worden indien er een bijkomend veld voorzien wordt.

Een beperkende factor van deze werkmethode is de bestandsgrootte van de BIM-modellen. Naarmate er meer informatie in het model geplaatst wordt, zal deze bestandsgrootte aanzienlijk toenemen. Indien dit voor een enkel object wordt doorgevoerd, zal dit verschil niet noemenswaardig zijn. Wanneer dit geëxtrapoleerd wordt naar meerdere objecten heeft dit ongunstige gevolgen op de bestandsgrootte. In vergelijking met tekstdocumenten met een bestandsgrootte van ongeveer 5 MB, is deze van BIM-modellen gelegen tussen 50 – 200 MB. De bestandsgrootte zal echter variëren naarmate de grootte van het project. Indien er bijkomende informatie aan het model toegevoegd wordt, kan de gestelde grens van 200 MB makkelijk overschreden worden.

Aan de hand van voorgaande casestudy kan er besloten worden dat niet alle nodige informatie voor de onderhoudsfase terug te vinden is in het BIM-model. Het object binnen deze case, namelijk een wastafel, is echter een relatief eenvoudig onderdeel dat, ondanks zijn eenvoud, een grote informatiebehoefte bezit. Indien dit voor elk object van het volledige project dient toegepast te worden, zou dit een enorme hoeveelheid tijd in beslag nemen waardoor deze techniek niet voldoende rendabel zal zijn. Kortweg kan er samengevat worden dat de visie, met betrekking tot het plaatsen van alle informatie in het BIM-model, niet de correcte werkmethode is en er voor andere varianten dient geopteerd te worden.

4.2.2 Externe informatie aan het BIM-model koppelen

Een tweede visie die gehanteerd wordt bij BIM is de koppeling van externe informatie, zoals bijvoorbeeld technische fiches en onderhoudsvoorschriften, aan de BIM-modellen. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van BIM-modellen als basis van de informatiebron, maar niet alle informatie wordt in het 3D-model geplaatst. Deze visie sluit in tegenstelling tot de eerste visie meer aan bij het ruimere aspect van BIM-bouwen. De nadruk ligt niet zozeer op het 3D-model zelf. Echter ligt de nadruk op het delen van informatie met alle belanghebbende actoren en dit op een zo efficiënt mogelijke manier.

Deze methode heeft verschillende voordelen ten opzichte van de eerste visie. Door externe informatie te koppelen aan het model, maar niet te importeren, kan de bestandsgrootte beperkt blijven. Dit resulteert in een model dat werkbaarder is. Sommige informatie wordt aangeleverd aan de hand van PDF-bestanden, zoals technische fiches, of andere bestandsformaten. Door deze visie, werkmethode te hanteren, is het makkelijker en overzichtelijker om aan een object in het model een koppeling toe te voegen die de technische fiche opent of de locatie weergeeft waar de documenten terug te vinden zijn. Zo moet alle informatie niet apart gekoppeld worden aan het model.

Echter wordt er bij deze werkmethode meer aandacht vereist op vlak van het beheer van de informatie doordat alles niet meer op één plek, in het model, terug te vinden is. Door nauwkeurig te werken zal men bij het selecteren van een object uit het model altijd de mogelijkheid hebben om onmiddellijk de juiste externe informatie te raadplegen. Hierbij is het wel noodzakelijk om de informatie op centrale plek te bewaren zodat alle belanghebbende deze informatie kunnen raadplegen. Voor de projecten waar er reeds gebruik wordt gemaakt van BIM bestaan er al specifieke samenwerkingsplatformen die specifiek voor de uitwisseling van BIM-modellen bedoeld zijn. Dergelijke samenwerkingsplatformen worden al langer gebruikt bij de klassieke bouwmethode, zonder BIM. Deze platformen worden gebruikt om onder andere digitale 2D-plannen of rekenbladen met meetstaten met elkaar uit te wisselen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om te bepalen wie al dan niet de bepaalde informatie mag raadplegen. Door deze samenwerkingsplatformen te gebruiken kan zowel het BIM-model en de bijhorende externe informatie altijd op een gezamenlijke plaats teruggevonden en geraadpleegd worden.

De voorgenoemde platformen kunnen zowel gebruikt worden tijdens het ontwerp, de uitvoering, het onderhoud en latere stappen in de levenscyclus van een gebouw. De informatie die hierop terug te vinden is vormt het uiteindelijke *as-built*-dossier wat op eenvoudige manier kan overgedragen worden naar de bouwheer en de facility manager. Door de informatie op dit platform die niet relevant is voor het onderhoud te verwijderen, kan dit *as-built*-dossier als onderhoudsdossier gehanteerd worden. Informatie die van belang is voor het onderhoud kan hierbij toegevoegd worden, tussen deze informatie en het BIM-model kan dan opnieuw een koppeling gemaakt worden. Objecten kunnen dan gekoppeld worden met keuringsverslagen, onderhoudsvoorschriften en dergelijke. Deze informatie is moeilijk in te voegen in een BIM-model en zou geen meerwaarde kunnen brengen.

Een ander voordeel van het gebruik van deze werkmethode en de samenwerkingsplatformen is dat iedereen toegang kan krijgen tot de informatie. Via de huidige stand van zaken in België zijn kleinere aannemers en onderaannemers nog niet mee met het BIM-verhaal omdat ze nog niet overtuigd zijn van het nut of omdat het een te dure investering is. Echter kan via deze weg deze aannemer toch betrokken worden bij het BIM-verhaal. Een schrijnwerker kan zijn plannen met details voor, bijvoorbeeld een binnendeur, uploaden op dit platform. Vervolgens kunnen de plannen van deze deur gekoppeld worden aan de deuren in het model. Zo is het niet noodzakelijk dat de schrijnwerker de BIM-software gebruikt. Maar kunnen de gebruikers van de BIM-software toch de nodige informatie

voor de deuren makkelijk terugvinden. Omgekeerd is het ook mogelijk. Zo kunnen er via het BIM-model plannen en lijsten gegenereerd worden met aanduiding van de deuren per verdiep en de afmetingen. Deze gegenereerde plannen en lijsten worden op het platform geplaatst die de aannemer dan kan raadplegen. Deze werkmethode legt niet de nadruk op het modelleren van een BIM-model, maar richt zich voornamelijk op het managementaspect van de BIM-methode, namelijk *Building Information Management*.

Echter bestaat het gevaar wel dat bepaalde partijen de mogelijkheid hebben om informatie te bewerken of te verwijderen zonder dat dit nodig is. Dit resulteert in het verlies van informatie dat oorspronkelijk ook een probleem was bij het klassieke *as-built*-dossier. Hierbij komt het belang van het menselijke aspect weer kijken en kan een systeem goed werken, zolang de mens achter het systeem een correcte en ordelijke werkmethode hanteert.

Een bijkomend opmerking van deze samenwerkingsplatformen, is dat deze niet volledig gratis zijn. Er dient per gebruiker een jaarlijkse bijdrage betaald te worden. De gebruikstarieven voor deze platformen kunnen oplopen tot 14.000 euro per jaar en is afhankelijk van de gewenste opslagruimte [40]. Wanneer er gekeken wordt naar het onderhoud, is alle informatie op te zoeken via gratis modelcheckers. Dit zou het mogelijk moeten maken om met het BIM-model het volledige onderhoud te organiseren. De klant moet hierbij onderzoeken of dergelijke samenwerkingsplatformen financieel interessanter zijn dan de aankoop van onderhoudssoftware.

Deze werkmethode legt de nadruk op koppelingen maken tussen een BIM-model en de externe informatie. Toch moet niet alle informatie gekoppeld worden. Als voorbeeld kan er gekeken worden naar een verlichtingspunt. Tabel 6 geeft in grote lijnen de informatie weer die van belang is voor de onderhoudsfase. Daarnaast wordt er dan ook aangeduid of deze informatie het beste uit het BIM-model kan gehaald worden of deze informatie extern ter beschikking moet zijn en aan het BIM-model gekoppeld moet worden.

Tabel 6: Informatie uit BIM-model of externe informatie

Soort informatie	Extern/intern	Opmerking
Fabrikant: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Naam;</i> • <i>Contactgegevens.</i> 	Externe informatie	Deze informatie kan gekoppeld worden aan het BIM-model. Door bijvoorbeeld een link met de bedrijfswebsite van de fabrikant toe te voegen aan het BIM-model.
Locatie van het verlichtingspunt: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Gebouw;</i> • <i>Verdieping;</i> • <i>Lokaal.</i> 	Intern informatie	Deze informatie is meestal al beschikbaar in een BIM-model. Hierdoor is het mogelijk om deze informatie uit het BIM-model te halen. Zo kunnen er ook lijsten gegenereerd worden met de lokalen waarin dit bepaald type van verlichtingsarmatuur is geïnstalleerd.
Handleiding	Extern informatie	Handleidingen zijn doorgaans informatiebrochures van ettelijke pagina's. Dit is bijna onmogelijk om dit in een BIM-model in te voegen. Daarom is het voordeliger om handleidingen en gelijkaardige informatie op een samenwerkingsplatform te zetten en in het BIM-model een koppeling te maken naar deze documenten.

Garantie	Interne informatie	Binnen deze sectie dient de datum van de ingebruikname van het toestel ingegeven te worden. Hierbij kan ook meteen de geldige garantieperiode aangegeven worden.
Technische gegevens: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vermogen;</i> • <i>Spanningen;</i> • <i>Verbruik;</i> • <i>Rendement.</i> 	Externe informatie	Deze informatie is niet belangrijk voor het modelleren zelf, dus moet daarom niet noodzakelijk in het model terug te vinden zijn. Al deze informatie staat meestal centraal verzameld in het technische fiche van dergelijk product. Waardoor het voldoende is om tussen het object en het technische fiche een koppeling te maken.
Afmetingen	Externe (soms interne) informatie	Dit hangt van situatie tot situatie af. Als het verlichtingspunt voor weinig problemen zorgt, dan kan de informatie hierover net zoals de andere technische gegevens teruggevonden worden via de koppeling met de technische fiches. Dit heeft als voordeel dat de armaturen niet nauwkeurig gemodelleerd moeten worden. Vanaf het moment dat de afmetingen van verlichtingspunten of eender welke objecten wel van belang zijn. Bijvoorbeeld om te bepalen of dit conflicten op levert met andere objecten. Dan is er een meer gedetailleerde modellering van het model terug te vinden en kan deze in het model zelf teruggevonden worden.
Onderhoud <ul style="list-style-type: none"> • Laatste controle • Service Limit Agreement 	Externe en interne informatie	De datum waarop een laatste controle of onderhoud van de lamp heeft plaatsgevonden, kan teruggevonden worden in het BIM-model. Op deze manier kunnen de lijsten gegenereerd worden informatie over het onderhoud. Zo is het niet nodig om koppeling te maken met onderhoudssoftware. Wanneer de bouwheer en onderhoudsmanager toch wensen gebruik te maken van onderhoudssoftware, kan de informatie met betrekking tot bijvoorbeeld laatste uitgevoerde controles en SLA's teruggevonden worden via een externe koppeling.

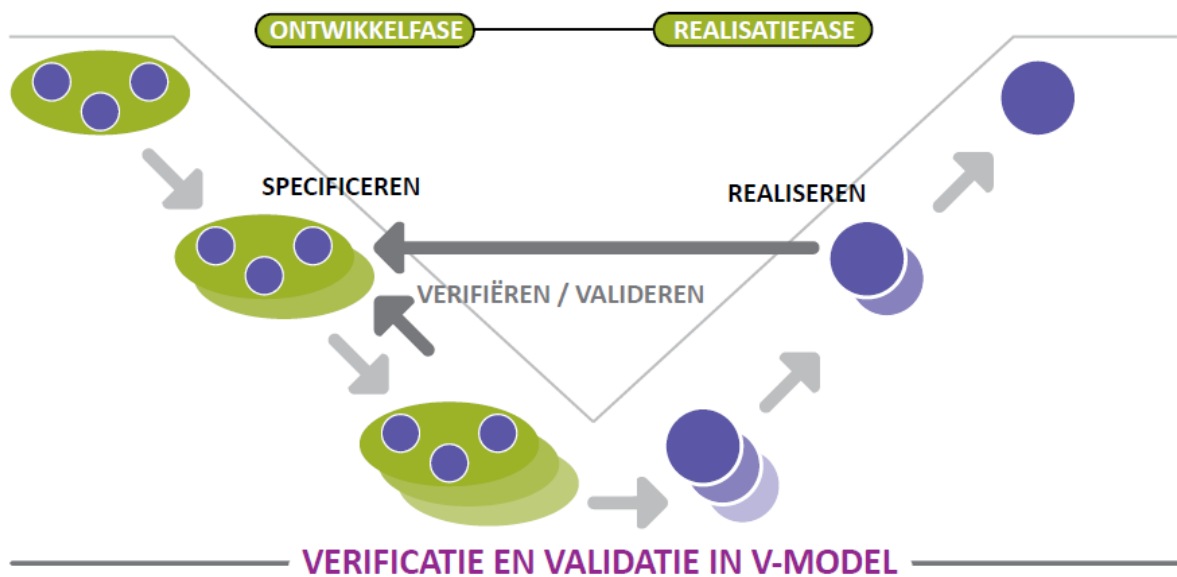
Deze werkmethode levert veel flexibiliteit. Iedereen kan deelnemen aan BIM, ook de partijen die geen toegang hebben tot specifieke BIM-software. Alle relevante informatie kan op een bepaalde manier gekoppeld, gedeeld en geraadpleegd worden. Toch is het van belang dat deze informatie goed beheerd wordt. Wegens het ontbreken van bestaande normering in verband met BIM en onderhoud, is het aangeraden om bij het opmaken van een BIM-protocol, niet alleen aandacht te geven aan afspraken die betrekking hebben tot naamgeving van deelmodellen of modellering, maar is het ook

belangrijk om afspraken te maken in verband met de informatie en hoe deze met het BIM-model gekoppeld moet worden.

4.2.3 Toepassen van BIM bij Systems Engineering

De derde en laatste visie over het gebruik van BIM is de meest onbekende werkmethode. In de vorige gevallen stond het 3D-model centraal in BIM en werd daar eventueel informatie aan gekoppeld. Via deze werkmethode staat *Systems Engineering* centraal en wordt het BIM-model er aangekoppeld. *Systems Engineering* is een ontwerpmethodiek die in België nog niet heel bekend is, in Nederland is dit al beter ingeburgerd [41].

Systems Engineering zorgt ervoor dat bij het ontwerp van een project wordt voldaan aan de eisen van de belanghebbenden in het bouwtraject. Hierbij wordt een ontwerp opgemaakt dat voldoet aan alle vooropgestelde eisen en worden deze stuk voor stuk geverifieerd en gevalideerd. Tevens is de werkmethode die gepaard gaat met *Systems Engineering* een methode die zorgt voor een overzichtelijke structuur in de informatie. Volgens deze werkmethode kan er een ontwerp gemaakt worden door het V-model te hanteren, dit wordt geïllustreerd in Figuur 31. Hierbij begint men met een concept dat men verder wilt uitwerken. Door de nodige eisen toe te voegen en deze verder te specificeren en concreter te maken, kan er uiteindelijk een gedetailleerd ontwerp gemaakt worden. In praktijk komt dit overeen met het lastenboek. Dit lastenboek bevat alle eisen waaraan het project moet voldoen, zonder een specifieke oplossing te vermelden. Daarna wordt voor elke eisen een oplossing gezocht en wordt geverifieerd en gevalideerd of deze oplossingen goed zijn en welke oplossing het beste is, indien er meerder oplossingen mogelijk zijn [42].

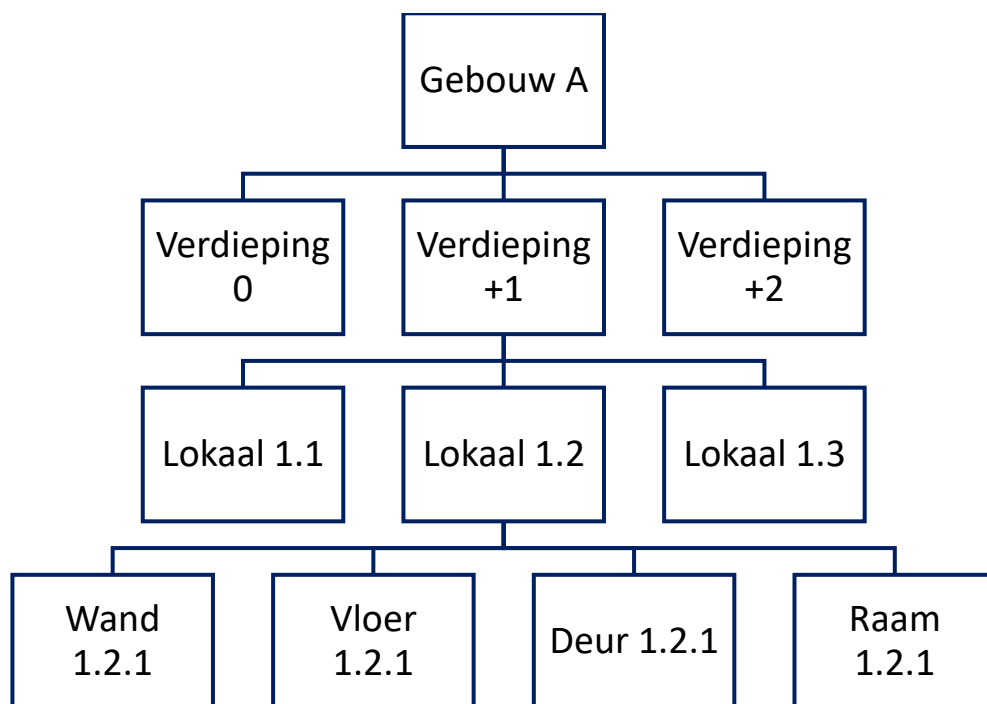


Figuur 31: V-model Systems Engineering [43]

De eisen die bij *Systems Engineering* kunnen toegepast worden, kunnen op verschillend niveau zijn. Een eerste soort zijn de systeemeisen. Deze zijn geldig voor het hele gebouw en kan bijvoorbeeld gaan over het aantal delen waaruit een gebouw moet bestaan, dit kan belangrijk zijn met betrekking tot de brandcompartimentering. Een tweede soort zijn de functionele eisen. Met deze eisen worden de functies van bepaalde ruimtes vastgelegd. Zo kan er vastgelegd worden dat een ruimte moet dienen als vergaderzaal in plaats van opslagruimte en wat de capaciteit van deze vergaderzaal moet zijn. Dit heeft zijn invloed op de ventilatie. Verdere detaillering van de eisen, zit op het niveau van de

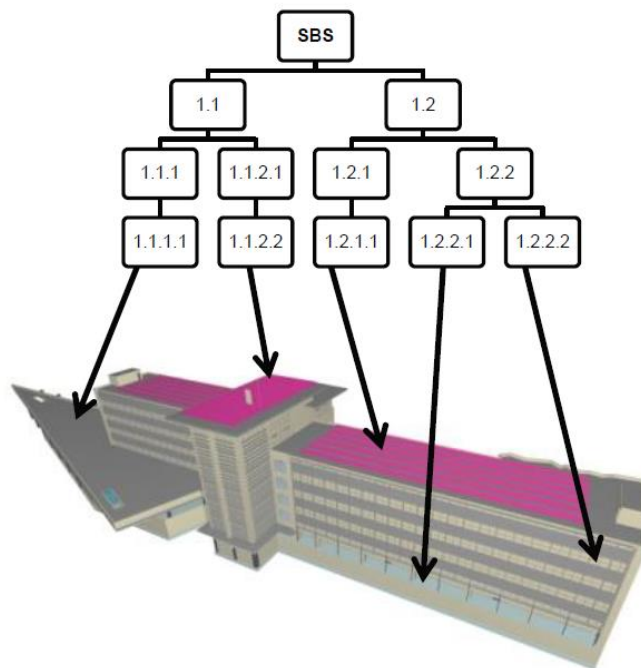
ontwerpeisen. Hoeveel ramen heeft een ruimte nodig? Moet een bepaalde ruimte drempelloos zijn? De eisen waaraan een bepaald object aan moet voldoen worden vastgelegd op het niveau van elementeneisen en kunnen tenslotte uitgebreid worden met materiaaleisen. Reeds vanaf het ontwerp kan er op deze manier rekening gehouden worden met later fasen in de levenscyclus van een gebouw zoals het onderhoud. Eén van de aangehaalde knooppunten waarbij men in de onderhoudsfase vaak mee geconfronteerd wordt, is de toegankelijkheid van technische ruimtes. Door het onderhoudsteam reeds bij de ontwerpfase van een gebouw erbij te betrekken kan er met de eisen omtrent deze ruimtes rekening mee gehouden worden. De eisen voor het aangehaalde voorbeeld van de technische ruimtes zou op niveau van de ontwerpeisen teruggevonden worden [42].

Eén van de aspecten die van belang zijn bij *Systems Engineering* zijn systeembomen. Deze systeembomen verdelen een gebouw, systeem, onder in meerdere subsystemen. Figuur 32 geeft een voorbeeld van deze systeembomen [41].



Figuur 32: Voorbeeld systeemboom

Hoe verder deze systeemboom wordt uitgewerkt, hoe gedetailleerder het ontwerp is. De koppeling tussen BIM-mode en *Systems Engineering* zou kunnen gebeuren door middel van iBIM, *integrated Building Information Modelling*, -connectoren. Dit is een plug-in in het modeleersysteem. Hierdoor kunnen objecten uit het BIM-model zoals vloeren en wanden gekoppeld worden aan de structuurboom zoals te zien is in Figuur 33. Via deze werkmethode zouden eisen rechte reeks aan het model gekoppeld kunnen worden. Via deze iBIM-connectoren kunnen eisen onmiddellijk geverifieerd worden. Zo kan men tijdens de ontwerpfase het gebouw onderhoudsvriendelijk modelleren [42].



Figuur 33: Systeemboom aan 3D-model koppelen [5]

In de tweede werkmethode die hiervoor werd toegelicht, werd de externe informatie rechtstreeks aan het BIM-model gekoppeld. Echter werken de iBIM-connectoren bij *Systems Engineering* ook in omgekeerde richting. Via de platformen, ruimtes waar de eisen gebundeld worden, kan toegang gekregen worden tot de modellen. Maar kan men ook per object toegang krijgen tot documenten zoals technische fiches, opmerkingen die gemaakt werden tijdens een vergadering en kan er tevens gecontroleerd worden in hoeverre de opmerkingen reeds behandeld zijn [42].

Systems Engineering geeft vooral tekstuele informatie rondom eisen, functies en objecten en centraliseert alle informatie, met betrekking tot onder andere de uitvoering en communicatie, op de platformen of ruimtes. Al deze informatie wordt niet langer uit één database gehaald, wat bij de eerste werkmethode wel het geval was en bij de tweede werkmethode ongeveer benaderd werd. De geometrische informatie die aan de objectenboom of systeemboom kan gekoppeld worden, wordt uit het 3D-BIM-model gehaald. Dit zorgt tevens ook voor een decentralisatie van het BIM-model in heel de bouwmethode. Daarnaast kan de informatie met betrekking tot de eisen waaraan voldaan moet worden, uit een andere database gehaald worden en kan voor het onderhoud een koppeling gemaakt worden tussen objecten en een database met onderhoudsactiviteiten. In de toekomst is het belangrijker om zo te werken. In plaats van alle informatie in één database te beheren, moet elke soort van informatie beheerd worden in een speciaal daarvoor ontwikkelde database. En via een centraal systeem kan deze informatie gekoppeld en geraadpleegd worden [42]. Hieronder worden enkele voorbeelden van databasesystemen weergegeven:

- Informatie omtrent geometrische informatie: BIM-modelleringsprogramma's zoals *Revit* of *Archicad*;
- Informatie omtrent eisen: *Relatics*;
- Informatie omtrent onderhoud: *Planon*;
- Informatie centraal koppelen en raadplegen: *Neanex*.

Het voordeel van deze derde werkmethode ten opzichte van de tweede eerder besproken werkmethode is dat de informatie blijft bestaan. Wanneer men bij het ontwerp een muur intekent en deze blijkt op een foute plaats te staan, dan moet dit in het model aangepast worden. Echter wordt dit niet altijd op een correcte manier uitgevoerd. Waardoor soms de muur verwijderd wordt en een nieuwe muur getekend wordt. Dit heeft als resultaat dat de informatie die aan de muur was gekoppeld niet verwijderd is. Met een structuurboom blijft deze informatie bestaan omdat de informatie aan de systeemboom is gekoppeld en niet aan de objecten. Zodoende is het alleen noodzakelijk om het object te koppelen aan de systeemboom en niet alle informatie aan het object in het model [44].

Net zoals bij de vorige visie is het mogelijk om bij *Systems Engineering* gebruik te maken van een online gebruikersplatform of ruimtes. Met het enige verschil dat deze informatiegericht zijn in plaats van documentgericht. Bij het documentgericht platform kan alle informatie op het platform geplaatst worden en eventueel gekoppeld worden met het BIM-model maar is deze informatie verder onnuttig. Bij het informatiegerichte platform kan informatie nuttiger gebruikt worden. Een voorbeeld hiervan is een vergaderverslag dat opgemaakt wordt na elke vergadering. Dit verslag bevat meestal punten van uit te voeren opmerkingen. In het documentgerichte platform staat dit als een PDF-bestand online en moet men deze afzonderlijk openen en lezen. Via de informatiegerichte platformen, waarvan men bij *Systems Engineering* gebruik van maakt, kunnen deze opmerkingen rechtsreeks gekoppeld worden aan de objecten. Door een link te maken tussen *Systems Engineering* en BIM te maken, kan alle informatie die noodzakelijk is voor het onderhoud, zijnde het via het BIM-model of de documenten die aan de systeemboom zijn toegevoegd, opgezocht en geraadpleegd worden. Ook is het via deze informatiegerichte platformen mogelijk om te communiceren en opmerkingen te maken. Wat kan gebruikt worden om gebreken door te geven of een dringende vraag naar onderhoud door te sturen [42].

4.3 Optimaal gebruik van BIM binnen de Belgische bouwmarkt

Tot nu toe werden de verschillende methodes geanalyseerd die kunnen toegepast worden, wanneer er gekozen wordt om een project uit te voeren in België. Een éénduidige afweging voor het optimaal gebruik van BIM-modellen binnen de onderhoudsfase voor de Belgische bouwmarkt kan niet gemaakt worden. Dit is te wijten aan de grote verscheidenheid van de werven.

Een eerste onderscheid kan gemaakt worden op basis van de grootte van het patrimonium. Dit werd reeds toegelicht binnen de sectie Technologie en onderhoud. Een tweede onderscheid kan gemaakt worden op basis van het tijdstip waarop men besluit om het BIM-model te gebruiken in de onderhoudsfase van een gebouw. De meest optimale situatie is om dit reeds bij het ontwerp te besluiten. Daarnaast is het mogelijk dat er tijdens de uitvoeringsfase wordt besloten om de BIM-modellen die op dat moment gehanteerd worden, te gebruiken voor de onderhoudsfase. Maar deze beslissing kan ook gemaakt worden na de oplevering. Hierbij kan er een BIM-model ter beschikking zijn, maar kan het ook zijn dat er gebouwd werd aan de hand van de klassieke bouwmethodiek. Bij dit laatste zal de vraag naar voor komen of het nuttig en mogelijk is om nog een BIM-model op te maken en dit toe te passen voor de onderhoudsfase.

Echter moet er bij de keuze van een optimale BIM-werkmethode steeds een kritische reflectie uitgevoerd worden. Er moet afgevraagd worden of een bepaalde optimale werkmethode voor BIM in de onderhoudsfase een voordeel met zich meebrengt voor het hele traject. Het doel van dit onderzoek is niet om de onderhoudsfase te optimaliseren BIM en tegelijk de ontwerp- of uitvoeringsfase uit het oog te verliezen waardoor deze fases meer problemen ondervinden met een bepaalde werkmethode. De definitieve keuzes die gemaakt worden in het verdere verloop van het

onderzoek, zullen voorstellen zijn om BIM in de onderhoudsfase toe te passen en zo de hele levenscyclus van een gebouw te optimaliseren.

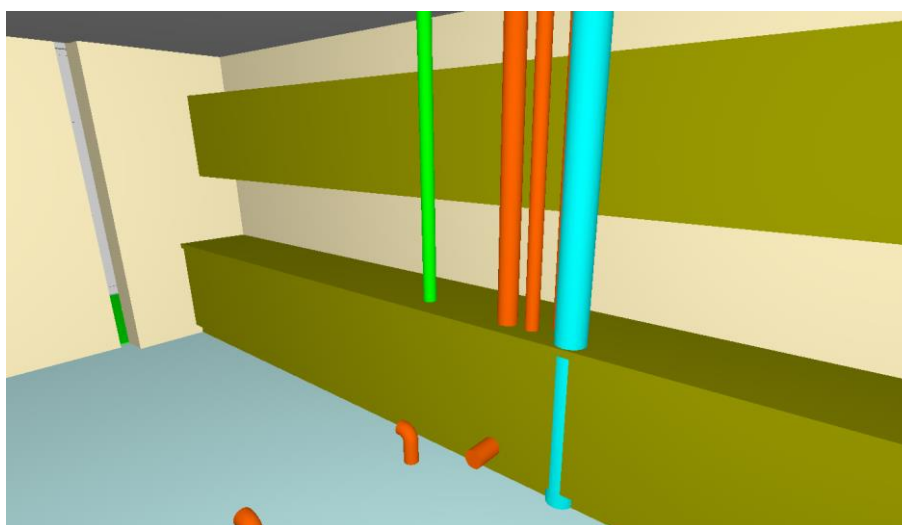
4.3.1 Groot patrimonium – onderhoud uitbesteden

Zoals eerder besproken wordt het onderhoud van een groot patrimonium doorgaans uitbesteed aan externe onderhoudsfirma's. De corebusiness van deze externe firma's is meestal onderhoud gerelateerd. Hierdoor zorgt een investering in FMIS-software voor een zekere meerwaarde van de onderhoudsfirma's. Wanneer men BIM wil implementeren in het onderhoud van dergelijke grote patrimonium, is het niet de bedoeling deze FMIS-software volledig buiten te sluiten door BIM-modellen te gebruiken voor het onderhoud, maar moet men het BIM-model bekeken worden als een informatiebron voor de FMIS-software waarmee het onderhoud kan gebeuren.

Om een BIM-model als informatiebron te laten fungeren, moet dit model het nodige LOD-niveau hebben. Voor een goede implementatie van het BIM-model, moet er gestreefd worden naar LOD500 wat overeenkomt met het *facilitymodel*, dit is reeds toegelicht bij BIM en de ontwikkeling.

Wanneer er tijdens of voor de uitvoeringsfase van een bepaald project wordt beslist om de gehanteerde BIM-modellen in de verdere levenscyclus van het gebouw te hanteren, is het uitermate belangrijk om de informatiemodellen blijven bij te bewerken. In het algemeen zou dit zo snel mogelijk moeten gebeuren om het risico op mogelijk informatieverlies te reduceren. Desalniettemin kan dit eveneens plaatsvinden na de voltooiing van de uitvoeringswerkzaamheden. Voor het onderhoud is het belangrijker om een correct en up-to-date model ter beschikking te hebben vanaf het moment van oplevering. Met dit informatiemodel kan dan het onderhoud georganiseerd worden en hierin kunnen tevens toekomstige aanpassingen doorgevoerd worden.

Figuur 34 toont het belang aan van de noodzakelijkheid om modellen tijdens heel de uitvoeringsfase bij te werken. Op deze figuur wordt een conflict gevisualiseerd tussen een keukenblok en verschillende technische leidingen. Voor de uitvoeringsfase brengt dat vanzelfsprekend problemen met zich mee. Dergelijke problemen worden opgelost bij werfvergaderingen maar moeten ook daadwerkelijk in het model zelf opgelost worden. Ervanuit gaande dat dit model niet zou aangepast worden, dan zullen de onderhoudsfirma's bij bepaalde onderhoudswerken ondervinden dat de leidingen ergens anders steken dan het 3D-model laat vermoeden.



Figuur 34: Clash tussen keukenblok en technische leidingen [2]

Naast het up-to-date houden van de BIM-modellen is het ook belangrijk om voldoende informatie in een model te verwerken. Tevens zal dit de keuze waarop men BIM wil toepassen gaan beïnvloeden. Zo is het niet altijd noodzakelijk om alles te modelleren, zolang de relevante informatie met betrekking tot de onderhoudsfase maar beschikbaar is. Dit komt overeen met het besproken LOD500. Figuur 35 is hiervan een goed voorbeeld. In dit model werden van de deurobjecten de deurenbladen en omkasting gemodelleerd. Het deurbeslag zoals klinken en scharnieren is niet gemodelleerd. Toch kan deze informatie belangrijk zijn voor de onderhoudsfase. Wanneer er definitief een keuze wordt gemaakt voor het deurbeslag, is het niet noodzakelijk om dit deurbeslag te modelleren. Dit zou het model veel zwaarder maken als men voor alle deuren en kasten het gebruikte beslag moet modelleren. Een oplossing hiervoor is gebruik maken van de tweede voorgenoemde werkmethode of visie. Hierbij zouden dan bijvoorbeeld de technische fiches van het deurbeslag op een werkplatform opgeslagen worden en wordt dit gekoppeld aan het model. Op deze manier kan er altijd opgezocht worden welk beslag bij welke deur toebehoort.



Figuur 35: Gemodelleerde deur zonder beslag [2]

Het is dus niet altijd noodzakelijk om tijdens de bouwfase alle informatie en gebruikte materialen te modelleren. Toch kan het nuttig zijn om bepaalde informatie wel toe te voegen in het 3D-model. Opnieuw wordt er gekeken naar het voorgaande voorbeeld van de deuren. Eén van de eigenschappen van 3D-objecten in een BIM-model is de bepaling van de locatie van objecten, in dit geval gaat het dan over de locatie van een deur. De gegevens met betrekking tot de locatie van de deur worden weergegeven in Figuur 36. Hieruit blijkt dat er informatie wordt gegeven over de gebouw en de verdieping waarin de deur zich bevindt. Deze informatie zou nog gedetailleerder moeten. Er kan namelijk nog vermeld worden in welk lokaal de deur zich bevindt. Dit zou veel tijds winst kunnen opleveren, zeker naarmate het gebouw groter wordt zoals grote ziekenhuizen. In dergelijke gebouwen komen veel deuren voor, bijvoorbeeld bij elke patiëntenkamer. Wanneer er onderhoud aan een deur moet verricht worden, is het aangewezen om naast de verdieping ook de exacte kamer te weten waar de deur zich bevindt.

IfcDoorPanelProperties		Pset_DoorCommon		P:	
ePset_SimplebimBasicQuantities		Ifc Dimensions		IfcDoorLiningProperties	
AC_Pset_RenovationAndPhasing		ePset_Artikelnummers		ePset_ModelInfo	
Identification		Location		Quantities	
Material		Relations		Classification	
Hyperlinks					
Property		Value			
Site		Site			
Building		Stad en Huis 2018			
Floor		verdieping +1			
Federated Floor		(AR.1) verdieping +1			
Top Elevation		3.15 m			
Bottom Elevation		-10 mm			
Distance to Next Floor		1.00 m			
Global Top Elevation		8.69 m			
Global Bottom Elevation		5.53 m			
Global X		-12.63 m			
Global Y		14.48 m			

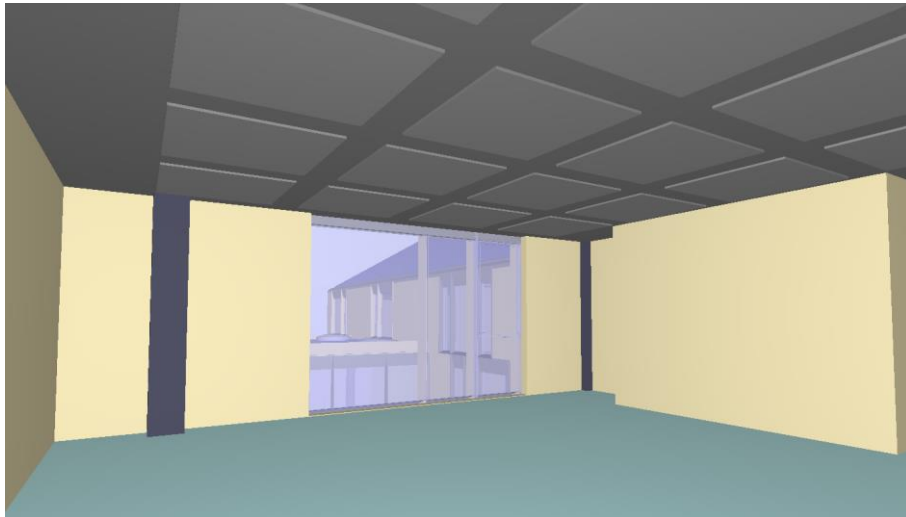
Figuur 36: Locatie gegevens deur [2]

Bij gebouwen die in uitvoering zijn, kan er geconcludeerd worden dat het belangrijk is om de BIM-modellen gedurende de hele ontwerp- en uitvoeringsfase te onderhouden en up-to-date te houden. Hierdoor kan er een correct onderhoudsdossier aangemaakt worden voor de oplevering en de overdracht naar de onderhoudsfirmas. Daarnaast is het niet noodzakelijk om alle informatie te modelleren en rechtstreeks in het model te plaatsen. Het kan echter voldoende zijn om een samenwerkingsplatform te gebruiken waar alle externe informatie en BIM-modellen zijn opgeslagen en waartussen de informatie koppeling en -uitwisseling met FMIS-software kan gebeuren voor het onderhoud. Dit stemt overeen met de tweede visie van de verschillende werkmethodes.

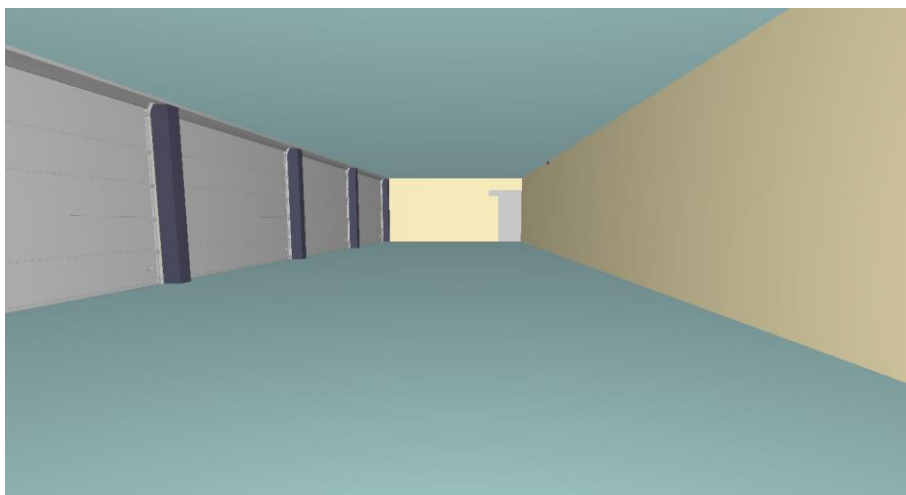
Voor gebouwen die reeds opgeleverd zijn en waar er gebruik werd gemaakt van BIM, is het ook raadzaam om de BIM-modellen van de oplevering te gebruiken als informatiebron voor het onderhoud. Hierbij kan dezelfde methode gebruikt worden om externe informatie te koppelen aan de BIM-modellen en aan de hand hiervan het onderhoud te organiseren. BIM-modellen die tijdens de uitvoeringsfase goed zijn opgevolgd en up-to-date zijn gehouden vertonen minder clashes en conflicten. Toch blijft het een moeilijkheid om alle actoren te overtuigen om hun deelmodellen up-to-date te houden. Deze nalatigheid neemt zeker toe naarmate de opleveringsdatum nadert. Dit omwille van het feit dat de onderaannemers het besef niet hebben welk nut een correct en up-to-date *as-built*-model heeft in de verdere levenscyclus van een gebouw. Door goede afspraken te formuleren in het BIM-protocol kunnen dergelijke problemen vermeden worden en kunnen alle actoren ertoe verplicht worden om hun modellen tot op het einde up-to-date te houden.

Figuur 37, Figuur 38 en Figuur 39 laten voorbeelden zien van een *as-built*-dossier. Respectievelijk vertegenwoordigen deze figuren een kantoor, garage en technische schacht na oplevering van het gebouw. In dit model komen geen *clashes* meer voor. Echter is hier te weinig informatie beschikbaar om een degelijk onderhoud te kunnen organiseren. Op Figuur 38 zijn geen opbouwleidingen te zien voor een sprinklerinstallatie in de garage en op Figuur 39 zijn helemaal geen leidingen in de technische schacht te zien. Dit zijn essentiële gebreken aan een BIM-model, dewelke van belang zijn

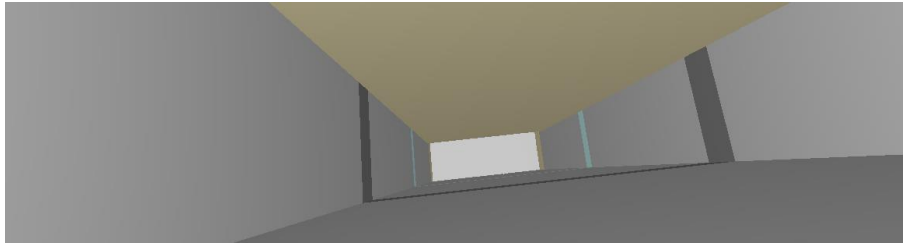
om het onderhoud te organiseren. Figuur 34 laat een clash zien tussen het keukenblok en de leidingen, maar de leidingen worden er wel getekend waardoor na het oplossen van de conflicten een betere organisatie kan geregeld worden met betrekking tot het onderhoud van de leidingen, pompen en dergelijke installaties. Figuur 37 laat een kantoorgebouw zien na oplevering. Aan de hand van deze illustratie valt het op dat er niets van elektrische installaties, zoals stopcontacten of lichtpunten, is gemodelleerd. Gezien het feit dat deze installaties zeer onderhoudsgevoelig zijn, was een modellering toch noodzakelijk. De detaillering hiervan hoeft niet bijzonder hoog te zijn, maar een basisobject dat een lichtpunt moet vertegenwoordigen is wel raadzaam. Zodoende kan men aan dit object, desnoods een kubus, de nodige technische informatie via een externe koppeling koppelen.



Figuur 37: Kantoor na oplevering [45]



Figuur 38: Garage na oplevering [45]



Figuur 39: Technisch schacht na oplevering [45]

Om een niet up-to-date *as-built*-dossier van een reeds opgeleverd project toch nog te gebruiken voor onderhoud, probeert men het beste toch nog de ontbrekende informatie te modelleren. Indien dit haast onmogelijk is, mits te weinig informatie of te veel modelleerwerk, moet men trachten om de ontbrekende informatie zoveel mogelijk samen te brengen op reeds voorgenoemde samenwerkingsplatformen. Afhankelijk van de gekozen FMIS-software moet de ontbrekende informatie op een zodanige manier verzameld worden op deze platformen zodat deze reeks kunnen ingelezen worden in de FMIS-software om alsnog het onderhoud te kunnen verrichten. Hierbij wordt er enerzijds getracht het bestaande BIM-model te gebruiken met zo weinig mogelijke manipulatie en anderzijds de informatie, dewelke niet aan het model gekoppeld kan worden, gebruiksklaar kan aangeleverd worden voor de FMIS-software.

Een ander voorbeeld van gebouwen waarbij moet overwogen worden of BIM-modellen bij het onderhoud een meerwaarde kunnen leveren, zijn opnieuw reeds opgeleverde gebouwen. In tegenstelling tot het vorige voorbeeld werd hierbij geen gebruik gemaakt van een BIM-model. Wil men toch nog voor dergelijke gebouwen gebruik maken van BIM, dan moet men een keuze maken tussen de verschillende opties om dergelijke modellen op te maken. Wanneer een klassiek up-to-date *as-built*-dossier aanwezig is, kan men aan de hand van deze plannen een 3D-model proberen te genereren en hier de extra informatie aan koppelen. Zodoende gaat men opnieuw te werk volgens de tweede voorheen besproken werkmethode te werk. Van deze opportuniteit moet men gebruik maken om het project zo goed mogelijk te modelleren, inclusief de nodige info over verlichtingspunten die niet altijd in BIM-modellen wordt verwerkt. De informatie die gekoppeld kan worden, hoeft niet noodzakelijk in het model zelf geplaatst te worden. Echter moet telkens de vraag gesteld of de investering in de opmaak van een BIM-model voor een reeds opgeleverd gebouw doorweegt in vergelijking met de klassieke onderhoudsmethodiek waarbij gebruik wordt gemaakt van het klassieke *as-built*-dossier. Hoe groter het patrimonium, hoe nuttiger een opmaak van dergelijke modellen is. Wanneer het niet rendabel blijkt te zijn om deze modellen op te maken, is het beter om BIM niet te benaderen in de betekenis van *Building Information Modelling*, maar eerder in de bredere betekenis van *Building Information Management*. Hiermee wordt bedoeld dat de samenwerkingsplatformen die tijdens de uitvoeringsfase gebruikt worden, ook toegepast kunnen worden binnen de onderhoudsfase. Echter zal hierbij de plaats van de aannemer ingenomen worden door de externe onderhoudsfirma. Het *as-built*-dossier wordt dan opgeslagen op deze platformen. De 2D-plannen en technische fiches zullen dan als informatiebronnen gebruikt worden. Echter kunnen deze 2D-plannen niet de informatie leveren die een BIM-model kan leveren. Daarom kunnen er bepaalde inventarisatielijsten opgemaakt worden die voor FMIS-software kunnen gebruikt worden. De opmaak van deze lijsten zal goedkoper en rendabeler zijn dan de opmaak van een 3D-BIM-model.

Bij oudere gebouwen of historische gebouwen is meestal een gebrek aan een up-to-date *as-built*-dossier of bestaan er zelfs geen bouwplannen meer. Toch kan het voorkomen dat voor dergelijke gebouwen ook de overweging wordt gemaakt om BIM te gebruiken in het onderhoud. Als eerste

moet men hier meer overstappen naar het idee om BIM niet te gebruiken in de betekenis van het 3D-model waaruit informatie kan gegenereerd worden. Maar is het een betere instelling om BIM te gebruiken als een managementtool om de beschikbare informatie over het gebouw te verzamelen en uit te wisselen met andere partijen die betrokken zijn bij het onderhoud. Als er toch geopteerd wordt om een BIM-model op te starten als er geen plannen zijn, dan bestaan er twee opties. Een eerste optie is om het gebouw manueel op te meten, wat kan resulteren dat bij het modelleren zelf vaststellingen gedaan worden die betrekking hebben tot onnauwkeurige of ontbrekende opgemeten maten. Tevens zijn deze manuele metingen zeer tijdrovend. Een tweede optie is om het gebouw in te scannen met 3D-laser technologie. Via dit systeem wordt het gebouw gescand, wat resulteert in een veel nauwkeuriger model en minder tijdrovend proces. Toch kan een BIM-model, dat achteraf gemaakt is, niet altijd leiden tot een efficiëntere informatiebron voor het onderhoud. Dergelijke modellen kunnen moeilijk het detailleringsniveau halen dat vergelijkbaar is met een BIM-model dat tijdens de ontwerp- en uitvoeringsfase is gecreëerd of met een BIM-model dat is opgemaakt aan de hand van een up-to-date *as-built*-dossier. De globale structuur kan ingetekend worden, maar een exact leidingentracé is moeilijk te bepalen zonder de nodige informatie. Indien er technologie bestaat die dit mogelijk zou maken, moet er gecontroleerd worden of de meerkost die hier mee gepaard gaat een verantwoordelijke investering is.

De laatste projecten die voortkomen bij grote patrimonien, zijn de projecten die nog moeten ontwerpen of uitgevoerd worden. Voor deze projecten is het belangrijk om niet zo zeer op zoek te gaan naar een optimalisatie van de onderhoudsfase, maar eerder een optimalisatie van de verschillende fasen in een levenscyclus en waarbij BIM kan betrokken worden. Een mogelijkheid bestaat hiervoor om gebruik te maken van de eerder besproken *Systems Engineering*. Hierbij wordt bij het ontwerp gezorgd dat de vooropgestelde eisen gerespecteerd en tegemoet gekomen worden. Door de onderhoudsfirma of een adviserende persoon die kennis van zaken heeft reeds te betrekken bij het ontwerp, kunnen ook de nodige eisen omtrent dit onderhoud opgesteld worden en tegemoet gekomen worden. Daarnaast kunnen de platformen en ruimtes die gebruik worden bij *Systems Engineering* ook gebruikt worden in onderhoudsfase. Via dit platform wordt de informatie gegenereerd voor de onderhoudsfase. Het voornaamste verschil met de vorige voorbeelden en soorten gebouwen, is dat het BIM-model niet meer voor alle informatie zal zorgen die al dan niet gekoppeld was aan het BIM-model. Echter zal het BIM-model fungeren als bron voor informatie met betrekking de geometrie en hoeveelheden van objecten. De informatie zal via systeembomen per niveau en deelsysteem kunnen gegenereerd worden.

Voor de grote patrimonien kan er gesteld worden dat in de huidige toestand van de Belgische bouwmarkt, de beste werkmethode is om informatie extern te koppelen aan het BIM-model en op deze manier via het BIM-model de informatie te genereren die essentieel is voor het onderhoud. Wanneer de plannen niet beschikbaar zijn, of het achteraf modelleren van het 3D-model is niet rendabel genoeg, dan moet BIM in zijn bredere management vorm toegepast worden en moet de nadruk niet gelegd worden op de koppeling van informatie aan het 3D-model, maar eerder de uitwisseling en van informatie. Voor toekomstgerichte projecten is het beter om *Systems Engineering* toe te passen. Gezien het feit dat dit meer op het ontwerp gericht is heeft dit geen rechtstreeks effect op de onderhoudsfase. Maar deze vorm van engineering heeft een positief effect gedurende de hele levenscyclus van gebouwen. Hierbij is het beter om in het totale beeld, de verschillende fasen in een levenscyclus, te bekijken in plaats van heel specifiek alleen een optimalisatie van het onderhoud toe te passen.

4.3.2 Klein patrimonium – onderhoud in eigen beheer

De onderhoudsfase van een klein patrimonium wordt gewoonlijk in eigen beheer uitgevoerd. Desalniettemin kan deze fase ook uitbesteed worden aan een externe onderneming, dewelke het onderhoud voor haar rekening neemt. Zoals eerder vermeld, gaat dit doorgaans over één of enkele kleinere gebouwen, een schoolgebouw kan bijvoorbeeld onder deze term gecategoriseerd worden. De organisatie van een school heeft normaliter eigen onderhoudspersoneel, zoals een klusjesman en schoonmaakpersoneel, in dienst. De organisatie staat in dit geval zelf in voor de planning en algemene regeling van zowel curatief als preventief onderhoud.

Indien gebouwen, behorende tot de categorie van het klein patrimonium, gebouwd werden volgens de BIM-methodiek, bestaat de mogelijkheid tot een implementatie van het BIM-model in de onderhoudsfase. Echter is het van belang te weten volgens welk van de voorgaande visies deze werkmethode toegepast werd, zodanig dat de implementatie optimaal kan verlopen. Voor het klein patrimonium kan er algemeen gesteld worden dat alle visies in aanmerking komen, elk met hun voordelen. De eerste visie, alle informatie wordt in het model geplaatst, heeft als grote voordeel dat deze informatie centraal bewaard wordt, alsook de visualisatie van het gebouw meteen ter beschikking is gesteld. De tweede visie, namelijk de koppeling van externe informatie aan het BIM-model, omvat een betere werkbaarheid van het model. Dit omwille van de beperkte bestandsgrootte. De benadering volgens de methodiek van *Systems Engineering*, de derde visie, biedt een zeer interessante insteek in de benadering van BIM-projecten. Binnen deze werkmethode vindt er in een zeer vroeg stadium de nodige verificatie en validatie van de gestelde projecteisen plaats. Doorgaans wordt deze methode echter toegepast voor grote bouw- en infrastructuurprojecten.

Het onderhoud van een klein patrimonium wordt doorgaans niet uitbesteed en uitgevoerd in eigen beheer. Indien het desbetreffende gebouw gerealiseerd is volgens de BIM-werkmethode, is het van raadzaam de aspecten omtrent de gebruiksvriendelijkheid van softwarepakketten in vraag te stellen. Deze programma's zijn mogelijk moeilijk hanteerbaar voor het onderhoudspersoneel wanneer zij relevante informatie voor onderhoudswerkzaamheden uit het model moeten genereren. De BIM-methodiek is namelijk voor iedereen een leerproces, daar er dient afgestapt te worden van de traditionele methodes. Hierdoor moeten er mogelijk bijkomende opleidingen worden voorzien met betrekking tot de gedachtegang van BIM, alsook het gebruik van software. De implementatie van een BIM-model in de onderhoudsfase kan eveneens gebeuren volgens elk van de drie voorgaande visies. De tweede methode beantwoordt het best aan de gestelde noden en wensen inzake de werkbaarheid van het model. Binnen de eerste visie kan deze werkbaarheid namelijk in vraag getrokken vanwege de bestandsgrootte. De methode omtrent *Systems Engineering* wordt op zijn beurt enkel toegepast voor projecten van grotere omvang.

Een mogelijke oplossing betreffende de onderhoudsfase van gebouwen, behorende tot een klein patrimonium, is het gebruik maken van online samenwerkingsplatformen, dewelke voorzien zijn van de nodige structuur. Op deze platformen kan er als het ware een *work breakdown structure* gemaakt worden van het desbetreffende gebouw. Aan de hand van dit schema kan er vervolgens een overzicht gecreëerd worden van verschillende ruimtes en de bijhorende eisen en componenten. Een voorbeeld van een mogelijk schema wordt getoond in Figuur 32. Door middel van dit schema kan er gesteld worden dat dit een zeer gebruiksvriendelijke en eenvoudige methode is. De gebruiker zal echter zeer snel in staat zijn hieruit de nodige informatie, omtrent de te vervangen component, te genereren. Binnen deze werkruimte is het tevens mogelijk de verschillende technische fiches en de plannen te uploaden. Het BIM-model fungeert hierbinnen als visuele ondersteuning. De definitie van BIM kan

binnen de toepassing van online samenwerkingsplatformen eveneens in de bredere betekenis beschouwd worden, namelijk als *Building Information Management*. Het aandeel van de nodige ICT-kennis wordt, gebruikmakende van deze methodiek, gereduceerd tot een minimum wat resulteert in een stijging van de gebruiksvriendelijkheid en op zijn beurt de kans op fouten aanzienlijk doet afnemen. Voor projecten, dewelke reeds gerealiseerd zijn zonder de toepassing van BIM, kan het onderhoud eveneens uitgevoerd worden volgens een BIM-strategie. Binnen deze onderhoudsfase dient er echter gewerkt te worden volgens de tweede visie. Hierbij zal er echter gewerkt worden volgens de bredere definitie van BIM, namelijk *Building Information Management*, waarbij er gebruik gemaakt wordt van samenwerkingsplatformen en er geen bijkomend 3D-model noodzakelijk is.

Het onderhoud van reeds, zonder BIM toegepast, opgeleverde gebouwen gebeurt op basis van het *as-built*-dossier. Dit alsnog met de voorgenoemde nadelen en risico's. Voor deze gebouwen dient men echter een afweging gemaakt te worden voor welke methode er geopteerd wordt. Het onderhoud van deze gebouwen kan zowel gebeuren door middel van een online samenwerkingsplatform als het opstellen van een BIM-model. Een online samenwerkingsplatform, voorzien van 2D-plannen en correcte classificatie, biedt ook in dit geval de meest voordelige oplossing. Het opstellen van een BIM-model voor bestaande gebouwen is niet evident en is doorgaans niet lucratief, rekening houdend met de mogelijke onvolledigheid van het *as-built*-dossier.

5 Besluit

Met deze studie werd als doel beoogd een overzicht te geven van de mogelijkheden en de belangen die gepaard gaan met enerzijds BIM-bouwen en anderzijds onderhoud. Daarnaast werd ook nog onderzocht in hoeverre de BIM-modellen gebruikt kunnen worden als informatiebron om de onderhoudsfase van gebouwen mee te organiseren.

Uit deze scriptie kan er geconcludeerd worden dat BIM-bouwen een methodiek is, dewelke nog niet volledig geoptimaliseerd is, maar die daarentegen een sterke opmars kent in de ontwerp- en uitvoeringsfase binnen de Belgische bouwmarkt. Deze methodiek moet zorgen voor een betere samenwerking en uitwisseling van informatie tussen de verschillende actoren die deelnemen aan het bouwproces. Daarnaast zorgt enerzijds de 3D-techniek en anderzijds de toekenning van informatie en parameters aan de 3D-objecten voor een afname van problemen op de werf omdat deze op voorhand worden gedetecteerd. Deze BIM-methodiek resulteert eveneens in een automatisatie. Hierdoor kunnen er automatische meetstaten, plannings en dergelijke worden gegenereerd. Echter mag BIM-bouwen niet als de methodiek beschouwd worden die alle problemen op de Belgische werven gaat verhelpen. Het is slechts een hulpmiddel dat daartoe kan leiden. De mens achter het BIM-verhaal is en blijft verantwoordelijk voor een succesvolle toepassing van BIM. Dit kan mogelijk gegarandeerd worden door een degelijke opleiding en het afsluiten van overeenkomsten via een BIM-protocol.

Naast het BIM-verhaal is gebleken dat onderhoud een fase binnen de levenscyclus van gebouwen is, waar te weinig aandacht aan besteed wordt. Door het onderhoudsteam reeds bij het ontwerp te betrekken kan een groot deel van onderhoudsknelpunten, zoals toegankelijkheid van technische installaties, verholpen worden. Deze komen anders pas naar voor na de oplevering van het gebouw en het onderhoud van start gaat.

Daarnaast is gebleken dat de onderhoudskosten tijdens een hele levenscyclus van het gebouw ongeveer driemaal zo hoog zijn als de bouwkosten van het project. Een degelijk ontwerp en organisatie zouden deze kosten kunnen laten reduceren. Deze verbeterde organisatie kan gerealiseerd worden door de essentiële informatie voor de onderhoudsfase te genereren en te beheren. Bij dit laatste stap kan de voorheen toegelichte BIM-methodiek een hulpmiddel zijn.

Een universele methode om BIM toe te passen in de onderhoudsfase bestaat er niet. Dit komt door de grote verscheidenheid aan projecten. De beste methode is zeer projectafhankelijk. Bij grote patrimonien kunnen goede opgebouwde BIM-modellen en de externe gekoppelde informatie een informatiedatabank vormen die gebruikt kan worden in de onderhoudssoftware. Momenteel staat bij de meeste BIM-projecten het BIM-model centraal. In de toekomst zal er geëvolueerd worden naar decentralisatie van het BIM-model. Hierbij zal het BIM-model slechts een databank zijn voor geometrische informatie over een project, maar er kunnen daarnaast nog aparte databanken ontstaan zoals eisen waar het project aan moet voldoen of een databank met noodzakelijke onderhoudsactiviteiten. Deze verschillende databanken zullen in de toekomst aan elkaar gekoppeld worden om zo het hele project op te volgen en voor elk object binnen een gebouw de gewenste informatie te kunnen genereren. Wanneer er gekeken wordt naar kleinere patrimonien, wordt het onderhoud doorgaans niet uitbesteed. Een BIM-model kan ervoor zorgen dat de dure software niet noodzakelijk is om het onderhoud te organiseren. De nodige informatie met betrekking tot het onderhoud kan op een gebruiksvriendelijke manier uit het BIM-model gegenereerd worden.

Ook al is het mogelijk om BIM in de toekomst toe te passen voor onderhoud. Toch is het uitermate belangrijk om eerst BIM te optimaliseren binnen de ontwerp- en uitvoeringsfase van een bouwproject. Zolang deze implementatie niet goed is, kan er niet optimaal overgestapt worden naar onderhoud. Een BIM-model dat niet gedetailleerd genoeg is of up-to-date gehouden is, is even onbruikbaar als een klassiek *as-built*-dossier waar bepaalde informatie uit ontbreekt. Dit kan alleen maar gerealiseerd worden door de reeds aangehaalde opleiding en een BIM-protocol. Maar ook een degelijke controle op de naleving van dit protocol heeft een invloed op de kwaliteit en bruikbaarheid van het BIM-model.

Tenslotte kan er geconcludeerd worden dat er omtrent het onderwerp van deze thesis nog meer onderzoek kan uitgevoerd worden. Dit onderzoek zou dan gaan over de speciale koppeling tussen enerzijds het BIM-model en externe informatie en anderzijds de koppeling tussen de gegenereerde informatie uit het BIM-model als output en de informatiebehoefte van FMIS-software als input. Dergelijke onderzoeken worden beter geleid door mensen die een langere inwerkings- en onderzoeksperiode kunnen doorlopen om verschillende BIM- en FMIS-software te leren kennen en mensen met een betere informatica-achtergrond. Dit met het oog op het groot belang van het programmerende aspect binnen de software dewelke gehanteerd wordt voor deze werkmethode.

Literatuurlijst

- [1] Bouw Informatieraad, „Nederlandse BIM Levels,” Bouw Informatieraad, 2014.
- [2] Kumpen, „BIM: Oppurtiniteit voor de aannemer,” Cevora, 2015.
- [3] Kumpen, „Algemeen - Wat is BIM?,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/algemeen_-_wat_is_bim. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [4] Kumpen, „Algemeen - Gebruik van BIM bij Kumpen,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/algemeen_-_gebruik_van_bim_bij_kump. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [5] H. Oogink, „Building Information Modeling (BIM),” Scia, Nederland.
- [6] Kumpen, „Coördinatiemodel,” Solibri Model Viewer, Kumpen.
- [7] E. Visser, J. de Boer en L. van de Voet, „BIM In beheer biedt kansen,” Amsterdam, 2013.
- [8] WTCB, „BIM & ICT: van virtualiteit naar realiteit,” *Contact*, p. 2, 2016.
- [9] Sure House, „Building Information Modeling: How the construction industry is getting 'smart',” *Popular Science*, 6 April 2015. [Online]. Available: <http://www.popsci.com/building-information-modeling-how-construction-industry-getting-smart#page-3>. [Geopend 27 Mei 2017].
- [10] N. Patel, „3 Types Of 3D BIM Clash Detection Have Their Own Importance,” 19 Oktober 2014. [Online]. Available: <http://www.hitechcaddservices.com/news/3-types-of-3d-clash-detection-have-their-own-importance/>. [Geopend 6 december 2016].
- [11] BIM Portal, „Casestudy's,” BIM Portal, [Online]. Available: <http://www.bimportal.be/nl/cases/>. [Geopend 6 december 2016].
- [12] P. Pauwels, Interviewee, *Informatief Gesprek BIM-Bouwen*. [Interview]. 15 Maart 2017.
- [13] Het Rijksvastgoedbedrijf, „RVB BIM Norm,” Het Rijksvastgoedbedrijf, Den Haag, 2013.
- [14] Bouw Informatie Raad, „BIM juridisch, checklist BIM-werkafspraken,” augustus 2014. [Online]. Available: <http://www.bouwinformatieraad.nl/wp-content/uploads/2014/10/Kenniskaart-4B-BIM-juridisch-checklist-werkafspraken.pdf>. [Geopend 3 december 2016].
- [15] Bouw Informatieraad, „BIM-rollen en -competenties,” Bouw Informatieraad, 2015.
- [16] Kumpen, „Protocol - Naamgeving bestanden,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/protocol_-_naamgeving_bestanden_-_v. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [17] Kumpen, „Protocol - Modellerafspraken,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/protocol_-_modellerafspraken_-_ver. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [18] L. Rasking en B. Decroos, *BIMtonic - Introductie tot BIM*, Redactie bureau Palindroom, 2017.

- [19] J. Nackaerts en S. Janssens, Red., *Gebruik van BIM binnen aannemersbedrijven en de toepassing met onderhoud*, Diepenbeek, 2017.
- [20] Nationaal BIM Handboek, „IDM,” Nationaal BIM Handboek, 12 Februari 2012. [Online]. Available: <http://nationaalbimhandboek.nl/woordenboek/idm/>. [Geopend 8 April 2017].
- [21] Kumpen, „Open BIM - IFC is...,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/open_bim_-_ifc_is..._-_versie_1. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [22] Kumpen, „Open BIM - BFC is...,” 30 September 2016. [Online]. Available: https://issuu.com/kumpenbe/docs/open_bim_-_bcf_is..._-_versie_1. [Geopend 8 Oktober 2016].
- [23] International Organization for Standardization, „ISO 12006-3:2007,” International Organization for Standardization, April 2007. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/38706.html>. [Geopend 8 April 2017].
- [24] Nationaal BIM Handboek, „IFD: International Framework for Dictionaries – ISO 12006-3,” Nationaal BIM Handboek, 2 Februari 2012. [Online]. Available: <http://nationaalbimhandboek.nl/woordenboek/ifd-international-framework-for-dictionaries-iso-12006-3/>. [Geopend 8 April 2017].
- [25] S. Mostmans, Interviewee, *Informatief gesprek BIM-bouwen en onderhoud*. [Interview]. 23 Maart 2017.
- [26] F. V. d. Velde, „Facility Manager,” Interfederaal Korps van de Inspectie van Financiën, 2005.
- [27] E. Faket, Interviewee, *Facility Management*. [Interview]. 24 Oktober 2016.
- [28] K. Rosenfield, „The Future of the Building Industry: BIM-BAM-BOOM!,” Arch Daily, 9 Augustus 2012. [Online]. Available: <http://www.archdaily.com/262008/the-future-of-the-building-industry-bim-bam-boom>. [Geopend 27 Mei 2017].
- [29] R. Tahir en M. Molijn, „LCC4BIM een koppeling van Life Cycle Costing aan BIM,” De Haagse Hogeschool en Hogeschool Rotterdam, 2013.
- [30] „Ook Belgische huisvestingsmaatschappijen pakken conditiemeting volgens NEN 2767 op,” WVS Training, [Online]. Available: <https://wvstraining.nl/nieuws/ook-belgische-huisvestingsmaatschappijen-pakken-conditiemeting-volgens-nen-2767-op/>. [Geopend 2 April 2017].
- [31] N. norm, „Condiemeting van bouw- en installatiedelen - Deel 2: Gebrekenlijsten,” 2008.
- [32] „Condiemeting,” NEN, [Online]. Available: <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Condiemeting.htm>. [Geopend 1 April 2017].
- [33] Y. Sneyers, „Condiemeting van schoolgebouwen,” Xios Hogeschool Limburg, Diepenbeek, 2013.
- [34] T. Simons, Interviewee, *Informatief Gesprek BIM-Bouwen en onderhoud*. [Interview]. 24 Maart 2017.
- [35] J. Parmentier, Interviewee, *Informatief Gesprek BIM-Bouwen en onderhoud*. [Interview]. 4 April 2017.

- [36] MCS, „Software & Advisory for Integrated Real Estate, Facility Management & Workplace Management,” 2017.
- [37] International Facility Management Association, „FM & Architectuur,” IFMA Belgium, Diegem, 2015.
- [38] G. Leemans, „Hoofdstuk 1: Toelichting van het bouwproces,” in *Sterkteleer 2 pba bouw*, Hogeschool PXL, 2013, pp. 5-10.
- [39] V. K. PPS, „Hoofdstuk 1: PPS en DBFM in Vlaanderen,” in *DBFM-handboek*, Brussel, Vlaamse overheid, 2008, pp. 6-10.
- [40] Chapoo , „Tarieven,” Chapoo , 2017. [Online]. Available: <https://www.chapoo.com/nl-be/pricing/>. [Geopend 3 Juni 2017].
- [41] P. Cosyn, Interviewee, *Wegontwerp/wegergonomie 2*. [Interview]. 15 Februari 2017.
- [42] B. Gentens, Interviewee, *Informatief gesprek: BIM & Systems Engineering*. [Interview]. 28 April 2017.
- [43] B. Gentens, „Beheersen van informatiestromen binnen het bouwteam,” Sweco, Hasselt, 2017.
- [44] H. Oogink, Interviewee, *Building Information Model*. [Interview]. 21 Maart 2017.
- [45] Kumpen, „POLBOR_AS-built,” Kumpen, Hasselt, 2017.
- [46] B. Samman, „Monitoring, Evaluating and Reporting Project’s Budget Performance,” 3 September 2016. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/monitoring-evaluating-reporting-projects-budget-bassam>. [Geopend 8 April 2017].
- [47] D. Froyen, Interviewee, *Hoofd werkvoorbereiding*. [Interview]. 26 September 2016.
- [48] D. Hughes, „Is Open Source Wireless Connectivity Worth the Security Risk?,” RTC-magazine, Oktober 2014. [Online]. Available: <http://rtcmagazine.com/articles/view/103779>. [Geopend 30 April 2017].

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Optimaal benutten van een BIM-model in onderhoudsfase, toegepast op de Belgische bouwmarkt

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2017**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Janssens, Seppe

Nackaerts, Jonathan

Datum: **5/06/2017**