



Het BIM (Bouw Informatie Model) wordt in toenemende mate gebruikt als open standaard om informatie efficiënt en eenduidig te kunnen uitwisselen in de bouwketen.

# To BIM or not to BIM

## Een verkennend praktijkgericht onderzoek naar het gebruik van Bouwwerk Informatie Management (BIM) door MKB'ers ten behoeve van duurzame bouwlogistiek

**Adrie Spruijt** Kenniscentrum Duurzame Havenstad,  
Hogeschool Rotterdam

**Ron van Duin** Kenniscentrum Duurzame Havenstad,  
Hogeschool Rotterdam, Technische Universiteit Delft

### SAMENVATTING

157

De overheid kan volgens Tieleman meer vaart zetten achter de brede invoering van BIM. Door als opdrachtgever bij de aanbesteding van bouwwerken BIM als algemene richtlijn aan aannemers voor te schrijven. Engeland en Scandinavische landen doen dat al. De digitalisering van de bouwlogistiek kan worden gezien als een systeemverandering. Het gaat in het bouwproces om veel organisaties, waarbij sprake is van een grote wederzijdse afhankelijkheid bij het uitwisselen van informatie. Het BIM (Bouw Informatie Model) wordt in toenemende mate gebruikt als open standaard om informatie efficiënt en eenduidig te kunnen uitwisselen in de bouwketen.

Deze digitalisering in de bouw betekent ook dat er een verschuiving plaats vindt in de macht en belang van de stakeholders. Op dit moment is het belang van de aannemer het grootst. De belangen en rol van brancheorganisaties, BIM-Adviseurs en softwareleveranciers alsmede die van de overheid en beheerders van vastgoed zullen in belangrijkheid verder toenemen.

Om de adoptatie van BIM te versnellen is het ook belangrijk dat beheerders van vastgoed, vaak ook optredend als opdrachtgever, hun interne processen verder aanpassen en ook BIM gaan voorschrijven in de samenwerking met derden in de keten. Ook de overheid kan bij de verlening van omgevingsvergunningen BIM voorschrijven en deze BIM-data koppelen aan Geo data en CBS-statistieken.

De grotere bedrijven passen BIM wel toe, maar zij beperken zich vaak tot de ruwbouw en eventueel de installaties. Bij de grotere aannemers is het gebrek aan tijd en budget alsmede de nog niet volmaakte uitwisseling van BIM-data uit de verschillende productclassificaties. Veel MKB-aannemers zijn er nog niet klaar voor BIM. Het ontbreekt hen aan tijd, staf en bereidheid om in IT te investeren. Pas als het vaker wordt voorgeschreven zullen de MKB-aannemers zeker volgen. Zo lang organisaties in de keten hun eigen BIM-beleid en toepassing ervan niet geheel op orde hebben, dan zullen zij aan de partijen waarmee wordt samengewerkt maar in beperkte mate eisen stellen aan het werken in BIM of er geheel van afzien.

Voor de digitale transitie is er beleid op organisatie- en ketenniveau noodzakelijk. Hier is een belangrijke rol weggelegd voor het topmanagement, zowel zelf als via de branche-organisaties. Het topmanagement moet meer lange termijn denken en voordeel halen uit partnerschap op basis van vertrouwen en het denken in integrale kosten van de hele keten. De culturele factoren worden door vrijwel iedereen in de branche als cruciaal gezien. Ook al zijn software en een goede IT-infrastructuur voorwaardenscheppend, het gaat om de factor mens! Bij de organisatiekundige veranderingen kan kennis uit verandermanagement, waaronder interventie met o.a. serious games, worden toegepast.

Gezien de omvang van de transitie zou het management moeten overwegen om zich eerst te concentreren op een aantal pilots en deze volledig in BIM te laten uitvoeren. Er zijn altijd voorlopers, ook in het MKB, die graag mee willen doen. Meten is weten is het adagium. Ook al is elk project anders, het lijkt toch verstandig om business cases te beschrijven en te analyseren. Het levert nieuwe onderbouwde inzichten op die weer als leerervaringen in volgende projecten kunnen worden meegenomen en uiteindelijk een concurrentievoordeel zullen opleveren.

## Inleiding

De laatste jaren is er sprake van grote veranderingen in de bouw. De 'traditionele' bouwtechnieken die worden gebruikt veranderen. Bestaande huizen moeten veel duurzamer worden. Verder komen er nieuwe innovatieve manieren van bouwen en renoveren, denk hierbij o.a. aan gasloze woningen, complete 3D-geprinte gebouwen of prefab binnenwanden waarbij het freeswerk voor elektra en waterleidingen al zijn geïntegreerd.

**De Bouw Informatie Raad (BIR) heeft de drie samenhangende betekenissen van BIM als volgt gedefinieerd:**

- 1. Bouwwerk Informatie Model.** Digitale representatie van hoe een bouwwerk is ontworpen, wordt gerealiseerd en/of daadwerkelijk is gebouwd.
- 2. Bouwwerk Informatie Modelling.** Nadruk op het proces. Hier gaat het om (samen)werken in bouwprojecten met behulp van digitale informatiemodellen. Gerelateerde begrippen zijn integraal ontwerpen, concurrent engineering, lean planning en het delen van digitale informatie.
- 3. Bouwwerk Informatie Management.** Informatie zelf staat centraal: de opbouw, het beheer en (her)gebruik van digitale bouwwerkinformatie in de hele levenscyclus van het bouwwerk.

Bron: BIR (2019).

In het traditionele bouwproces maakt elke partij 'opnieuw' het plan met zijn/haar interpretatie van hetgeen zij krijgt aangeleverd van haar voorganger. Met een BIM-model kunnen alle betrokken stakeholders gelijktijdig in hetzelfde model werken. BIM is feitelijk ook een workflow, een proces waarbij er door veel partijen moet worden samengewerkt en dat gaat verder dan alleen software. Het betekent dat alle partijen de hele BIM-workflow goed moeten begrijpen en ook implementeren. Per project moet worden bepaald: welke BIM toepassingen zullen worden ingezet; in welke fase(n), voor welke bouwwerkelementen en in welk detailniveau (LOD) dat zal gebeuren en welke bouwpartners daarvoor verantwoordelijk zijn. Deze en andere afspraken rond het werken met BIM, worden doorgaans vastgelegd in een BIM Protocol (BIR, 2019). Hierdoor wordt de snelheid van het proces verhoogd en worden minder fouten (clashcontrole) gemaakt. Door het digitaal controleren van de aansluitingen tussen de verschillende bouwdelen wordt de kans op kostenverhogend meerwerk sterk verlaagd. Minder fouten en een geïntegreerde plannings op basis van BIM zorgen ook voor een efficiëntere logistiek.

159

Is het project eenmaal opgeleverd, dan kan in BIM-data voor onderhoudsfase worden toegevoegd. Hierdoor kunnen digitaal een meerjaren-onderhoudsplanning en –begrotingen worden gemaakt. Vaak wordt hier een gespecialiseerd adviesbureau voor ingeschakeld.

Ondanks dat de Bouw Informatie Raad (BIR) een grote voorstander is van de invoering van BIM gaat de implementatie van BIM met haar grootse verwachtingen uiterst moeizaam. Initiatiefnemers zijn vaak de grote bouwbedrijven. Adriaanse (2014) en Noordhuis (2015) geven aan dat de bouwbranche sterk gefragmenteerd is. Maar ook voor de grote bouwbedrijven geldt dat er veel (kleine) partijen (MKB-ers) nodig zijn om een bouwproject tot stand te brengen. Een belangrijke ICT-gerelateerde ontwikkeling in de bouw is het

werken met Bouw Informatie Modellen (BIM) (Adriaanse, 2014). Tot nu toe wordt BIM voornamelijk gebruikt in de ontwerpfase en de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten (Eadie e.a., 2013; Miettinen & Paavola, 2014; Adriaanse, 2014) in de vorm van het opbouwen en delen van 3D-modellen. Het gebruik van BIM in de daadwerkelijke uitvoeringsfase, en daarmee ook in de aansturing van bouwlogistieke ketens is veel beperkter (Adriaanse, 2014), maar neemt toe. Het is echter nog niet gebruikelijk dat MKB'ers in de uitvoeringsfase via BIM verschillende partijen informeren over aanpassingen (Čuš-Babič e.a., 2014).

De MKB'ers hebben vaak wel een groot aandeel in het bouwproject. Gezien de vele veranderingen op het gebied van Informatietechnologie, het beperkte budget van het MKB voor innovatie en het ontbreken van staffuncties is de veronderstelling gevormd dat met name het MKB een remmende factor zou kunnen zijn in de adoptie van BIM.

*Op grond van deze veronderstelling is de volgende hoofdvraag is gedefinieerd:*

***Wat is de perceptie van MKB'ers op het gebruik van BIM dat er op gericht is om efficiëntie en duurzaamheid in de bouwlogistiek te verbeteren?***

160

In deze verkennende studie is eerst gekeken naar de ervaringen met BIM in het bouwproces (=bouwtechnische deel) en later naar de aansturing (= de logistiek) vanuit BIM. Om een goed beeld te krijgen van de situatie is allereerst een literatuurstudie uitgevoerd (sectie 2) waarbij is het bouwproces en de logistiek zijn bestudeerd. Daarnaast zijn interviews gevoerd met diverse partijen uit het bouwproces (sectie 3). Als laatste zullen wat conclusies ten aanzien van het gebruik van BIM door MKB'ers worden getrokken (sectie 4).

### **Literatuurstudie bouw en -logistiek**

Deze studie heeft plaats gevonden van 1 juni 2018 tot en met eind mei 2019. De literatuurstudie is uitgevoerd aan de hand van een aantal zoekwoorden: 'BIM', 'MKB', 'bouwlogistiek' en 'implementatie'. Hiervoor zijn de databases Archidat bouw informatie en ERIC gebruikt. Daarnaast is met dezelfde zoekwoorden in Google gezocht om zo ook recente rapporten van onder andere brancheorganisaties te kunnen achterhalen. Het literatuuronderzoek is gedaan om te zien welke inzichten er bestaan vanuit de wetenschap op het BIM-gebruik.

### **Het Bouwproces**

De bouwsector ondervindt veel problemen en krijgt daarom vaak een negatieve reputatie op het gebied van prestaties. Over het algemeen gaan problemen gepaard met hoge faalkosten, ontoereikende productiviteitsgroei; vooral in vergelijking met andere industrieën en een gebrek aan innovatie (Adriaanse, 2014). Afgaande op de achtergrond

van de bouwsector lijkt fragmentatie de essentie te zijn van een substantieel deel van de problemen in de bouwsector. Er wordt per bouwproject vaak in een andere samenstelling aan het bouwwerk gewerkt, waarbij er sprake kan zijn van een wisselende rollen (Dainty e.a., 2006; Eadie e.a., 2013; Stewart e.a., 2004, Adriaanse, 2014).

Adriaanse (2014) benadert de bouwsector als een archipel van eilanden, waar sprake is van (1) verticale fragmentatie (opdrachtgever, architect, aannemer, beheerder/gebruiker), (2) horizontale fragmentatie (veel uitbesteding zoals onderaannemer en onderaannemer van de onderaannemer) en (3) longitudinale fragmentatie (meerdere projecten met verschillende partijen). Bij de verticale fragmentatie wordt na de voltooiing van elke fase de informatie doorgegeven aan de volgende fase, die meestal wordt uitgevoerd door andere organisaties of individuen. Deze benadering wordt door Adriaanse (2014) aangeduid als de 'relay'-benadering.

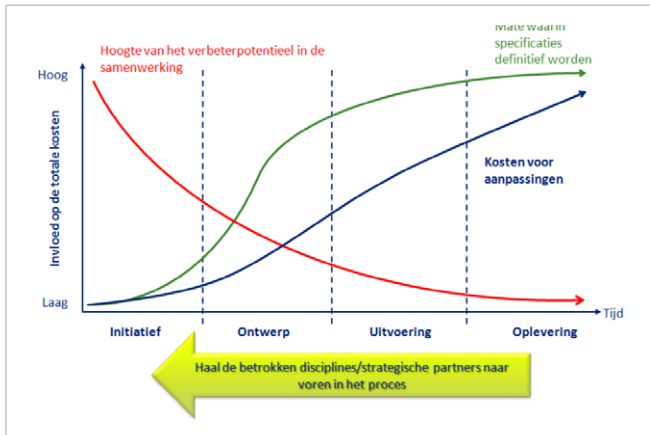
Ook Noordhuis (2015) geeft een uitgebreide beschrijving van de kenmerken van de bouw, waarvan de belangrijkste hier worden weergegeven:

- Uitbesteding is de kern van de bedrijfsmodellen
- Complexe logistieke keten. Horizontaal en verticaal
- Diversiteit in projecten:
  - Wisselende coalities, samenstelling afhankelijk van het soort project
  - Weinig standaardisatie m.n. in de utiliteit
  - BIM is lastig bij renovatie.
- Detailkennis aanwezig bij het MKB
- Kosten-gedreven in plaats van TCO-gedreven
- Relatief hoge faalkosten (5-35% - verbeterpotentieel 10-15%).

161

Ook Houtekamer (2017) geeft aan dat elk jaar 10 procent van de omzet in de bouw op gaat aan fouten. Een belangrijke oorzaak is volgens haar de grote variatie in het bouwproject zelf hetgeen zij samenvat in de volgende zin: "Het is decadent om elk kantoor, elke school als uniek project te zien." In het artikel pleit zij vooral voor modulair bouwen en verdere toepassing van standaardisatie.

Kijkend naar het bouwproces benadrukt Curt (2004) dat het vroegtijdig betrekken van alle partners in het bouwproces een belangrijke factor is bij de reductie van faalkosten. Zoals in Figuur 1 te zien is, is het verbeterpotentieel (= rode lijn in Figuur 1) zeer hoog in de initiatiefase van een bouwproject.



**Figuur 1** Mate van verbeterpotentieel in de samenwerking tijdens het totale bouwproces (Curt, 2004)

Met het vroegtijdig betrekken van de partners later in de keten, speelt voor de hoofdaannemer uiteraard het dilemma: hoe kun je samenwerken in een vroeg stadium zonder je onderhandelingspositie bij de inkoop te verspelen? Voor de partijen, die gevraagd worden in een vroeg stadium mee te denken, geldt dat het lastig is om tijd te investeren zonder dat je zekerheid hebt dat je het project ook daadwerkelijk krijgt.

162

Meerdere auteurs waaronder Vass en Gustavsson (2017) en Poiries c.s. (2015), beschrijven elk een aantal aspecten die de implementatie van virtueel bouwen met BIM in de bouw bemoeilijken. De belangrijkste factoren zijn:

1. Rentabiliteit van BIM is onduidelijk
2. BIM wordt nog nauwelijks gebruikt voor logistiek, terwijl belang van BIM steeds groter wordt
3. Merendeel MKB is afwachtend
4. Relatief veel interne aanpassingen nodig. Beleid, beslisregels, werkwijze, contracten, cultuur etc.
- 5. Implementatie wordt te veel gezien als een IT-systeem**
  - a. BIM: tot nu toe veel technocratisch optimisme
  - b. Te veel top down implementaties
  - c. Grote afhankelijkheid van een aantal enthousiastelingen
  - d. Implementatie te veel op externe consultants gebaseerd
  - e. Te weinig de operationele praktijk erbij betrekken.
- 6. Intern al lastig, laat staan de hele keten (intra).**
  - a. Welke bouwfasen moeten dan worden meegenomen en tot welk detail moet BIM worden doorgevoerd zijn vaak onbekend bij de MKB-ers. Vaak ontbreekt ook de detailkennis bij het MKB.

- b. Grote verschillen in perceptie tussen gebruikers en niet-gebruikers, waardoor verschillen in definities en verwachtingen kunnen ontstaan.
- c. Inkoopfunctie vereist andere opzet. Meer denken in integrale kosten gedurende de levenscyclus in plaats van kostprijs van het product.
- d. Culturele aspecten moeten meer nadruk krijgen! Deze worden te weinig meegenomen in BIM-volwassenheid model.

Uit de literatuur rondom het bouwproces komt naar voren dat het toepassen van BIM over een breed front grote veranderingen in de werkwijzen met zich meebrengt. Het gaat verder dan het technisch implementeren van op BIM gebaseerd IT-systemen. Er dient veel aandacht moet worden gegeven aan organisatiekundige veranderingen. Het MKB heeft daarbij de neiging om af te wachten, totdat er wordt voorgeschreven om op basis van BIM te werken. (Bosch/Sijtsema e.a. 2017)

BIM-software wordt vanuit het oogpunt van de gebruiker, als duur ervaren. Bovendien is onduidelijk wat de investering in BIM uiteindelijk oplevert (Bosch-Sijtsema et al. 2017). Door het grote aantal belanghebbenden met verschillende verantwoordelijkheden is het is met name voor MKB'ers lastig om overzicht te krijgen over kosten en baten van BIM (Segerstedt & Olofsson 2010).

163

### **De logistiek**

Om efficiënte en duurzame afleverplanningen continu mogelijk te maken, is een koppeling van BIM aan bedrijfsmatige en logistieke systemen zoals ERP (Enterprise Resource Planning), WMS (Warehouse Management Systemen) en TMS (Transport Management Systemen) voor MKB nodig (Adriaanse, 2014). Hiermee is het mogelijk om op termijn de benodigde materialen en de verwerking van die materialen slim te koppelen aan de goederenstroom. Om deze koppeling te realiseren is zowel de inzet van de bouwer, de toeleverancier als de vervoerder nodig; zij moeten de informatiesystemen aan elkaar koppelen of deze zelfs integreren, intern in de eigen organisatie en extern met de samenwerkingspartners in de planningen.

De vaak als conservatief beschouwde bouwsector heeft het in de praktijk nog niet zo op logistieke innovaties zoals efficiënte beladingsgraad van vrachtwagens, bundeling van goederenstromen richting de bouwplaats (zie figuur 3) en laat staan het inzetten op ketenregie (Merriënboer e.a., 2018).





Voorbeeld van een aflevermoment op een bouwplaats

164

Desalniettemin zijn duurzame logistieke innovaties hard nodig voor de bouw aangezien de komende jaren veel (woning)bouwprojecten in slecht bereikbare binnensteden worden gerealiseerd. Onderzoek wijst uit dat nu al 30 procent van het zakelijke verkeer in steden bouwgerelateerd is met dagelijks meer dan 200.000 bestelbusjes en 20.000 vrachtwagens. Dit leidt tot ergernis en kosten van files, problemen met luchtkwaliteit (CO<sub>2</sub>, fijnstof), geluid en verkeersveiligheid (Smokers, 2013).

De verwachting is, dat de bouwopgave in de steden nog verder zal toenemen, waarmee de CO<sub>2</sub>-uitstoot verder stijgt. Als er niets gebeurt, zal dit tot grotere verkeerstechnische problemen en daarmee tot meer problemen met luchtkwaliteit in de steden leiden. Meer bouwverkeer zorgt voor congestie en vervuiling van de lucht (Smokers, 2013). Dit wordt onder meer veroorzaakt doordat bevoorrading van de bouwplaats vaak inefficiënt verloopt waardoor er meer logistieke bewegingen zijn dan nodig (Navon & Berkovich 2006). Bovendien kan inefficiënte bevoorrading ook zorgen voor vertraging van de bouwwerkzaamheden, doordat er onjuiste materialen worden geleverd of materialen niet tijdig aanwezig zijn (Bankvall, 2010).

Inmiddels bestaat vanuit de logistieke hoek ook meer aandacht voor logistiek in de bouw. Het samenwerkingsverband 'Logistiek in de Bouw' ([www.logistiekindebouw.nl](http://www.logistiekindebouw.nl)) gaat de uitdagingen in het logistieke bouwproces aan. Hierbij kan worden gedacht aan gestroomlijnde logistiek op de bouwplaats door in een vroeg stadium de inkoop erbij te betrekken en ook efficiëntere communicatie tot stand te brengen. Hierbij wordt rekening gehouden met factoren zoals duurzaamheid, milieueisen, overlast in de binnenstad en het gebrek aan opslag bij bouwlocaties in dichtbebouwde gebieden.

Om prestaties van bouwlogistieke ketens te verbeteren is het nodig om informatie te delen en ICT-systemen toe te passen die voorzien in de bedrijfs overstijgende informatiebehoefte (Kumar & van Dissel, 1996; Arshinder e.a., 2008; Noordhuis 2015). De Greendeal Duurzame Bouwlogistiek ziet de doorontwikkeling, het gebruik en de toetsing van de bijdrage van virtueel bouwen met BIM aan duurzame bouwlogistiek als een belangrijke opgave voor de kennisorganisaties (Green Deal 2017:9).

Bedrijven, zeker in de bouw, denken vaak erg operationeel en zijn zich vaak onvoldoende bewust van alle organisatiekundige zaken die een rol spelen bij de overgang van een traditionele werkwijze naar virtueel bouwen. Volgens o.a. Antwi-Afari c.s. (2018), Grilo (2007), Poirier c.s (2015) en Papadonikolaki (2017) zijn de volgende factoren van belang voor een succesvolle implementatie:

- 1) BIM-beleid op bedrijfstakniveau. Dit moet meer zijn dan alleen een gezamenlijke ambitie op papier! Diversiteit in de bedrijfstak meenemen. Goed beeld van de werkelijke belangen van partijen. Een standaard innovatiemodel kan de adoptie van BIM niet verklaren.
- 2) Visie en strategie op organisatieniveau. Helder gedocumenteerde en gezamenlijke BIM-visie en -doelstellingen, BIM-taken en -verantwoordelijkheden, en BIM-procedures en -werkstructies. Een BIM-protocol voor alle partijen. Multidisciplinair of nog beter interdisciplinair BIM-team.
- 3) BIM kan helpen bij Supply Chain-integratie à BIM voorschrijven;
- 4) Beter begrip van de impact van BIM-implementaties. Het los kunnen laten van wat als vanzelfsprekend verondersteld wordt, zoals bestaande procesmodellen, rolpatronen en commerciële relaties. Openheid in communicatie. Ruimte voor twijfels en zorgen.
- 5) Eenduidig BIM-model. Fase, detail, interoperabiliteit etc. Afstemmen van bestandsformaten, interfaces, procedures;
- 6) Interne en externe samenwerking als primair aandachtspunt. Niet alleen een digitale, maar ook een culturele verandering w.o. ook vertrouwen!
- 7) Vroeg betrekken van alle relevante partijen. Het vinden van goede en zo eenvoudig mogelijke contractvormen, die passen bij ketensamenwerking;
- 8) Inkoopcontract speelt belangrijke rol bij levering van (juiste) BIM-data. Afstemming/ Coördinatie met leveranciers. Complex! Dieptekennis inkopers!
- 9) Opgebouwde kennis vastleggen en borgen.

Een belemmerende factor is de wederzijds afhankelijkheid in de leveringsketen. Alle schakels dienen mee te doen in het afsprakenstelsel. (Bankvall e.a. 2010). In bovengenoemde literatuuropsomming wordt sterk de nadruk gelegd op de noodzaak van BIM-beleid op bedrijfstakniveau alsmede op een visie en strategie op organisatieniveau. Daarbij gaan vrijwel alle punten over samenwerken, zowel intern als extern. Zoals aangegeven kent

de bouw op dit moment een cultuur van afgebakende verantwoordelijkheden/eilanden. Op basis van bovenstaande bevindingen kan men concluderen, dat in een cultuur van 'eilanden' de overgang naar virtueel bouwen met BIM op meerdere niveaus aanzienlijke veranderingen met zich meebrengt, zowel op het bouwproces, de samenwerking tussen partijen in de keten en het managen ervan. Dit laatste moet vooral gedragen worden vanuit het topmanagement.

### **Conclusies literatuur onderzoek**

Na bestudering van de literatuur en informatie van brancheorganisaties kunnen de volgende conclusies en inzichten worden afgeleid m.b.t. BIM en de bouw:

1. Faalkosten zijn relatief hoog, maar kunnen worden verlaagd door het vroegtijdig betrekken van externe partijen in het bouwproces. BIM kan daarbij, door open standaarden en centrale eenduidige informatie, een rol spelen in verbetering van het bouwproces.
2. De digitalisering van het bouwproces vereist een bedrijfs overstijgend beleid. De wederzijdse afhankelijkheden zijn groot en is een digitaliseringsproces moet de hele keten meedoen. De steeds wisselende samenstellingen van bedrijven, die aan een bouwproject werken, werkt belemmerend.
3. De transitie brengt veel organisatiekundige veranderingen met zich mee. Het werken met BIM vereist een groot aantal veranderingen in de werkwijzen op meerdere niveaus in de interne organisatie en op een nog grotere schaal in de keten.
4. Er is veel ondersteuning in de vorm van modellen en protocollen beschikbaar vanuit de brancheorganisatie. Deze raamwerken en modellen zijn meer toegesneden op de wat grotere bedrijven.
5. Zachte factoren spelen een essentiële rol in de overgang naar digitalisering. Inzichten uit de theorieën over verandermanagement en over samenwerking in de keten kunnen extra handvatten geven. Hier is een belangrijke rol voor het management weggelegd.
6. Het MKB is pas bereid om in BIM te werken als het wordt voorgeschreven.
7. BIM-software. Het is vooral voor de MKB-organisaties onduidelijk wat de investering in BIM uiteindelijk oplevert. Bouwprojecten zijn ook erg divers en daarom lastig met elkaar te vergelijken.

166

### **Praktijk Interviews – Percepties op de toepassing van BIM in het bouwproces**

Om inzicht te verkrijgen op de percepties van het MKB op het gebruik van BIM zijn 15 diepgaande, semigestructureerde interviews bij 10 verschillende bedrijven uitgevoerd. De geïnterviewde functionarissen zijn werkzaam op zowel directie- als operationeel niveau, werkzaam bij aannemers, woningcorporaties, BIM-adviesbureaus architecten en een bouwhub. De interviewgesprekken zijn uitgevoerd aan de hand van de volgende gesprekspunten:

- Management & beleid,
- Personeel/mens & cultuur,
- Inkoop,
- Communicatie/ICT
- Planning & logistiek.

Onderstaand volgen puntsgewijs een aantal samenvattingen op basis van de gesprekspunten.

### **Algemene bevindingen**

Los van de genoemde gesprekspunten zijn de volgende algemene punten naar voren gekomen, die ook van invloed zijn op de toepassing van BIM.

“Van Wijnen verwerkt projecten zo veel mogelijk in BIM. Het is wel lastig om te bepalen tot welke LOD (Level Of Detail) je moet gaan. Verder is het voor een hoofdaannemers lastig om tot op detail niveau alles in BIM te zetten omdat specifieke detailkennis bij de onderaannemers zit. Veelal zijn dit MKB-bedrijven en deze zijn lastig mee te krijgen. Zij hebben geen staf en weinig tot geen kennis van ICT. Verder speelt de onzekerheid over het verdienmodel met BIM voor hen een grote rol. Je hebt ze [MKB'ers] wel nodig en afdwingen is niet zo eenvoudig”

**Logistiek engineer - Van Wijnen B.V.**

167

Aanbestedingen staan haaks op het werken op basis van partnerships. Deze werkwijze richt de aandacht te veel op zo laag mogelijke kosten en wordt er geen rekening gehouden met de extra kosten voor het werken in BIM. De hoofdaannemer is vaak niet bereid om onderaannemers extra te betalen voor het aanleveren in BIM. Veel beter zou zijn om uit te gaan van Total Cost of Ownership (TCO). Door de relatief hoge aanvangsinvesteringen in IT en veranderende werkwijzen is de terugverdientijd van BIM korter bij een integrale benadering van ontwerpen, bouwen en onderhouden.

Grote aannemers werken meer in BIM dan MKB-aannemers. Onderaannemers, merendeel MKB, wachten af. Ze hebben genoeg werk, missen staffuncties. Indien BIM wordt vereist volgen ze wel.

BIM wordt nog beperkt toegepast. In de praktijk zien we dit alleen in de basisconstructie/ruwbouw waarbij BIM vooral wordt toegepast om fouten digitaal te controleren (clash controle) en voor technische ruimten. Afbouwen met BIM is veel complexer, waarbij heel veel gedetailleerde data nodig zijn.

BIM voor de logistiek wordt nog niet toegepast. Er zijn wel enkele uitzonderingen, waarbij in de nieuwbouw maatwerk wordt berekend door de constructeur en via BIM wordt

doorgestuurd naar de fabrikant die vervolgens het onderdeel levert aan de bouwplaats. Het transport wordt nog op de traditionele wijze aangestuurd.

### **Houding management & beleid**

Een nieuwe IT-strategie kost tijd en geld en rendabele business cases ontbreken. Dit geldt in versterkte mate voor beheerders van oude panden, waarvan beperkte en meestal niet bijgewerkte informatie in 2D beschikbaar is. Het management moet werken vanuit een lange termijn perspectief, meer faciliteren en sturen en dit tevens lang volhouden. Daarbij help het aanstellen van een BIM-manager en een logistiek manager. Voor de kleine bedrijven is dit een stuk lastiger. Alleen software aanschaffen is niet voldoende. De factor Personeel/ Mens en Cultuur is hierin cruciaal. Het lijkt verstandig om niet direct alle projecten in BIM uit te gaan voeren, maar om te concentreren op pilots met laaghangend fruit en dit samen te doen met voorlopers. In het MKB zijn deze gelukkig ook te vinden.

### **Personeel - Mens & Cultuur**

De bouwsector is sterk gefragmenteerd met eilanden met elke eigen gewoontes en verantwoordelijkheden. De term 'over de muur gooien' is een bekend begrip in de bouwwereld. Onder het uitvoerend personeel leeft ook het idee dat de strakke benadering op basis van BIM iets is van de theorie en dat de praktijk anders is. Daarmee worden hun bestaande werkwijzen gerechtvaardigd. Door de toenemende tijdsdruk, die vrijwel altijd optreedt tijdens het bouwproject, vallen mensen sneller terug op oude gewoontes en eigen werkwijzen. Met name in de laatste fase bij de uitvoerder. Het betekent ook, dat nieuwe vaardigheden, die meer gericht zijn op samenwerken met andere disciplines en externe organisaties belangrijker zijn geworden. Een belemmering is dat mensen niet snappen, dat extra data moeten worden ingevuld voor anderen die na hun in het proces komen. Zeker in het kader van planning en logistiek is dit een belangrijke voorwaarde om BIM integraal toe te passen. Het management moet medewerkers hiervan bewust maken en vooral ook de tijd voor geven!

### **Inkoop**

De projectinkoop geschiedt veel door de werkvoorbereider. Hij heeft daarbij geen tijd voor het coördineren van transporten. Bovendien zijn de meeste afspraken met leveranciers gebaseerd op franco-levering. Daar waar in BIM wordt gewerkt, ontbreken de data die voor de inkoop en logistieke planning. Hierdoor is ook controle en monitoring via de software op basis van BIM niet mogelijk.

### **Planning & logistiek.**

Voor de logistieke managers is het belangrijk, dat zij zeker in kritische omgevingen, vroeg meedenken. Het kan invloed hebben op de keuze van bouwdelen tot aan het introduceren van opperen, waardoor vakmensen meer productie kunnen draaien. Verder zien we meer

prefab en samengestelde producten naar de bouwplaats gaan, hetgeen leidt tot minder vervoersbewegingen en minder mensen voor montage (leidt ook weer tot minder vervoersbewegingen).

Een belemmering bij het toepassen van BIM is dat BIM vaak alleen voor de ruwbouw en clashes wordt gebruikt en dat verdere productdetailering vaak ontbreekt. Deze is met name van belang bij de afbouw, inkoop en planning en logistiek.

Er zijn veel verschillende planningspakketten, elk geschikt voor een specifieke functie, zoals het bouwproces, materieel (beschikbaarheid bouwkransen) en transport. Integratie levert efficiëntievoordelen op. Logistieke afstemming gaat niet alleen over hoe de levering fysiek gebeurt, maar ook over het uitwisselen van plannings- en voorraadinformatie, het afstemmen van de ICT-systemen en de overlegstructuren. Een gemeenschappelijke 'taal' tussen alle logistieke ketenpartners dient te worden ontwikkeld om dat faciliteren.

De bouwlogistieke software moet nog verder worden doorontwikkeld. Enerzijds via integratie met andere specifieke pakketten en anderzijds door het toevoegen van logistieke data zoals verpakkingseenheden, stapelbaarheid, volume etc. De uitvoerder is eindverantwoordelijk en heeft lol in het oplossen van problemen en houdt graag vast aan zijn eigen bewezen planningsmethodes en communicatie via mail en telefoon. Verder ontbreekt het aan eenduidige monitoring systematiek. De in de logistieke wereld gebruikelijke meetinstrumenten houden onvoldoende rekening met de karakteristieken van de bouw: relatief veel maatwerk, wisselende locaties, veel toeleveranciers die hun eigen logistiek regelen, beschikbaarheid van mensen en materieel. Bouwhubs zijn nog niet rendabel of er ontbreekt nog voldoende data. Hoe dienen de kosten te worden verdeeld? Logistieke software moet ook nog verder ontwikkeld worden door de integratie van bouwhub als modaliteit en Control Towers mogelijk te maken. Dit laatste vereist wel een zeer groot aantal vervoersbewegingen om dit rendabel te maken.

169

### **Communicatie en ICT**

Het spreekt voor zich, dat voor ketengerichte samenwerking veel bedrijfsoverstijgende belangen en open standaardisatie dient te worden geregeld. De menselijke factor moet daarbij ook niet worden onderschat.

In Nederland hebben we een aantal normen zoals die van het Rijksvastgoedbedrijf: de RVB BIM-standaard. Daarnaast bestaat de DRS (Dutch Revit Standard) en recent ook ETIM RT. Zie kader.

### **Ketenstandaard Bouw en Installatie**

De Ketenstandaard Bouw en Installatie is een stichting, die zich bezighoudt met standaarden binnen de bouw en installatie branche. Circa 2.400 bedrijven (waaronder vastgoedbeheerders, woningcorporaties, service- en onderhoudsbedrijven en bouwbedrijven) zijn aangesloten bij de Ketenstandaard. Voor productclassificatie wordt de ETIM-standaard aangehouden en uitgewisseld via de Sales standaard.

De stichting Ketenstandaard B&I is samen met o.a. BIR actief betrokken bij DigiDealGO. De DigiDeal is in 2019 tot stand gekomen. Het betreft een overeenkomst tussen alle partijen in de bouw en het Ministerie van Binnenlandse Zaken. Het doel is om gezamenlijk een actieplan met projecten uit te voeren, die betrekking hebben op versnelling van digitalisering van de toeleveringsketen.

Bron: [www.ketenstandaard.nl](http://www.ketenstandaard.nl)

De meeste bedrijven in Nederland houden de ETIM-standaard aan. Toeleveranciers in de installatiebranche werken vaak met de EMCS-standaard. Inmiddels is het mogelijk om data tussen de verschillende standaarden uit te wisselen. Daarbij is het nog wel een probleem dat de standaard protocollen over de wijze van omschrijven en het samenstellen van meerdere producten tot objecten/elementen deels nog in ontwikkeling zijn.

170

Bij nieuwbouw ontbreken productdetails in BIM en/of de benodigde protocollen voor samengestelde producten verschillen in de beschikbare standaarden. Hierdoor is integratie niet mogelijk is. Daarnaast zijn de beschikbare product BIM-data niet altijd actueel. Voor renovatie geldt dat veel protocollen en digitale productomschrijvingen ontbreken, dan wel te oud en niet meer in de handel zijn. Het ontwikkelen van BIM-workflows, zoals het tot in detail beschrijven van producten en van samengestelde producten inclusief onderhoudsdata vereist hoge investeringen. Hoe deze terug te verdienen? Ook hier ontbreken nog de business cases. Een aantal voorlopers investeren hier veel in, maar er zijn nog veel beheerders die veel te voorzichtig meedoen. Uit de interviews is ook naar voren gekomen, dat objecten in softwarepakketten anders worden vastgelegd. Dit houdt in, dat het lastig is om data uit te wisselen, denk hierbij bijvoorbeeld aan het berekenen van energieprestaties, CO2 uitstoot etc. In plaats van dit integraal te berekenen moeten deze data per gebruikt softwarepakket worden uitgerekend.

Ook ontbreekt het in de software vaak nog aan logistieke data, denk hierbij aan verpakings-eenheden, stapelbaarheid, afmetingen etc. Er is al veel vooruitgang in standaardisatie geboekt, maar er is nog een lange weg te gaan. Er worden steeds meer gebruiksvriendelijke apps ontwikkeld die ook gebaseerd zijn op bijvoorbeeld de open standaarden van de Ketenstandaard. Deze apps zijn vooral belangrijk voor het MKB, denk hierbij aan het opnemen van apparaten of bouwdeel of het gereed melden van opdrachten en vervolgens factureren.

### 3.7 Conclusies uit de interviews

Naast de trend om in een vroeger stadium samenwerken met derden is digitalisering van het bouwproces een belangrijke voorwaardenscheppende factor om efficiënter te werken en faalkosten te reduceren. Tot nu, is het lastig gebleken voor organisaties om zich in een vroeg stadium al te binden aan toekomstige partners zonder de onderhandelingspositie bij de prijsbepaling te verliezen.

De digitalisering van het bouwproces brengt aanzienlijke verandering met zich mee. Niet alleen bij de individuele organisaties maar in de gehele keten. Men kan stellen, dat het bij de digitalisering van de bouw gaat om een systeemverandering. Daarbij zijn de wederzijdse afhankelijkheden t.a.v. informatie-uitwisseling in de hele keten erg groot. Elke organisatie in de keten moet dus ook haar eigen beleid, structuur en werkwijzen aanpassen. Open standaarden en protocollen, die voor de hele keten gelden zijn daarbij een basisvoorwaarde. Om deze systeemverandering tot stand te brengen zijn ook de toepassingen van veranderkundige inzichten gewenst.

Bij de transitie is er is een belangrijke rol weggelegd voor het topmanagement. Dit verschilt per stakeholder. Voor de aannemers en beheerders van vastgoed is de invloed het grootst. Bij de organisatiekundige veranderingen dient er immers veel aandacht te worden besteed aan de zachte factoren, zoals het leren werken met nieuwe middelen, het op een andere wijze gaan samenwerken, vertrouwen, het loslaten van individuele werkwijzen etc. Het topmanagement dient meer middelen beschikbaar te stellen om al in een vroeg stadium ook de benodigde data, die nodig is verderop in de keten, te kunnen toevoegen. Tegelijkertijd dienen de organisaties, die zich bezighouden met open standaarden en protocollen, door te gaan met het overbruggen van de verschillen tussen de standaarden en tot komen tot uniforme protocollen bij samengestelde producten.

Een belemmering bij het toepassen van BIM is dat BIM door aannemers vaak alleen voor de ruwbouw en clashes wordt gebruikt en dat verdere productdetailering vaak ontbreekt. Deze is met name van belang bij de afbouw, inkoop en planning en logistiek. Zo lang organisaties hun eigen BIM-beleid en toepassing ervan niet op orde hebben, dan zullen zij maar beperkte eisen stellen aan het werken in BIM van de partijen waarmee wordt samengewerkt. Het ontbreekt aan goed onderbouwde business cases, hetgeen een belangrijke voorwaarde is voor investeringsbeslissingen. Er worden steeds meer gebruiksvriendelijke apps ontwikkeld die de samenwerking met opdrachtnemers efficiënter maken. Deze opdrachtnemers zijn vaak MKB. Deze apps zijn gebaseerd op bijvoorbeeld de open standaarden van de Ketenstandaard. Deze apps worden onder andere toegepast bij het opnemen van apparaten of gebouwdeel of het gereed melden van opdrachten en vervolgens factureren. Zo lang het werken in BIM niet wordt voorgeschreven, is er voor het MKB geen drijfveer om in BIM te werken. Een belemmering daarbij is ook de betaling



van de extra kosten voor het aanleveren van BIM. Omdat het bij het merendeel van de onderaannemers aan kennis ontbreekt, besteden zij het BIM werk vaak uit. Dit is vaak relatief duur. De hoofdaannemer is meestal niet bereid om hiervoor extra te betalen. Zeker bij traditionele aanbestedingen op prijs wordt het werken in BIM niet mee gecalculeerd.

De bouwlogistieke software moet nog verder worden doorontwikkeld. Enerzijds via integratie met andere specifieke pakketten en anderzijds door het toevoegen van logistieke data zoals verpakkingseenheden, stapelbaarheid, volume etc. Ook hier spelen de zachte factoren een grote rol. Medewerkers snappen vaak niet, dat extra data moeten worden ingevuld voor anderen die na hun in het proces komen. Het management moet hun medewerkers, die in de eerste fases actief zijn, meer tijd geven. In latere fasen verdient dit zich ruimschoots terug. Een andere factor is dat de uitvoerder eindverantwoordelijk is en graag vasthoudt aan zijn eigen bewezen planningsmethodes en communicatie via mail en telefoon.

Het MKB zal zich bij deze transitie wel moeten realiseren dat zij binnen afzienbare tijd voor de keuze komen te staan of ze een puur loonbedrijf worden of dat zij toegevoegde waarde gaan leveren door in een vroeg stadium mee te denken en in BIM te gaan werken.

### Eindconclusies op percepties bij gebruik van BIM

Bij bouwprojecten zijn er veel partijen betrokken, die vaak nog in wisselende samenstellingen opereren. Het traditionele aanbestedingsproces staat een meer ketengerichte samenwerking in de weg. Bij aanbestedingen gaat het vaak nog om de laagste prijs en dit werkt belemmerend op het samenwerking als partners en verhoogt de kans op faalkosten.

Uit de literatuur en uit deze studie komt vooral naar voren dat er voor het toepassen van BIM in de bouwlogistiek er bedrijfsoverstijgend beleid nodig is. Daarnaast wordt er melding gemaakt van grote organisatiekundige veranderingen. Op dit moment speelt de hoofdaannemer een leidende rol als primaire stakeholder. Om de adaptatie van BIM te versnellen is het ook belangrijk dat beheerders van vastgoed, vaak ook optredend als opdrachtgever, hun interne processen verder aanpassen en ook BIM gaan voorschrijven in de samenwerking met derden. Ook de overheid kan bij de verlening van omgevingsvergunningen BIM voorschrijven en deze BIM-data koppelen aan Geo data en CBS-statistieken. Dit levert niet alleen een veel efficiënter proces met zich mee maar tegelijkertijd bevorderen ze innovatie gebruik in de keten.

Aannemers gebruiken BIM vaak alleen nog in de nieuwbouw voor de ruwbouw en clashes. Voor de afbouw ontbreekt het vaak aan productdetailering in BIM. Dit komt o.a. door feit dat het voor de werkvoorbereider aan tijd ontbreekt om de vereiste data, die van belang is voor het verdere proces in de keten, daadwerkelijk in BIM in te voeren. Daarnaast zijn

veel onderaannemers er nog niet klaar voor zijn of vragen er te veel geld voor. Ook speelt daarbij nog een rol dat bijvoorbeeld protocollen van de standaarden nog verschillen in de wijze waarop het samenstellen van producten worden beschreven. Dit bemoeilijkt de uitwisseling. Dit speelt met name bij de afbouw, inkoop, planning en logistiek. Zo lang organisaties hun eigen BIM-beleid en toepassing ervan niet geheel op orde hebben, dan zullen zij aan de partijen waarmee wordt samengewerkt maar in beperkte mate eisen stellen aan het werken in BIM of er geheel van afzien.

Om deze transitie naar een digitaal ondersteund bouwproces te vergemakkelijken hebben brancheorganisaties al veel materiaal beschikbaar gesteld. Het materiaal bevat raamwerken en stappenplannen, die vooral geschikt zijn voor grotere bedrijven. De culturele factoren worden door vrijwel iedereen in de branche als cruciaal gezien. De investering in software en bijbehorende IT-infrastructuur is daarbij belangrijk als voorwaardenscheppend middel. Daarnaast moet bijvoorbeeld ook de inkoop anders worden georganiseerd. Niet meer alleen op de laagste productkosten inkopen, maar veel meer inkopen vanuit de integrale kosten. Bij vrijwel alle onderaannemers zien we een afwachtende houding. Zij hebben het druk genoeg en zij beschikken niet over staffuncties. Daarnaast vinden zij het lastig om hoge bedragen in software te investeren. Pas al het vaker wordt voorgeschreven zullen de MKB-aannemers zeker volgen.

173

Gezien de omvang van de transitie zou het management moeten overwegen om zich eerst te concentreren op een aantal pilots en deze volledig in BIM te laten uitvoeren. In beginsel gaat het om nieuwbouw utiliteit en kleine specifieke renovatieprojecten, waarbij niet de traditionele aanbestedingsprocedure van toepassing zijn. Er zijn altijd koplopers te vinden, ook in het MKB, die graag mee willen doen. BIM heeft zeker potentieel om de aansturing van de bouwlogistiek te organiseren, maar in de praktijk zien we dat BIM hiervoor niet wordt toegepast.

Tenslotte is het belangrijk om kleine bouwbedrijven te stimuleren door kennis uit te wisselen en hen te motiveren om BIM-cursussen te volgen. De beschikbaarheid van apps helpen de digitale samenwerking te bevorderen helpen daarbij. Het betekent wel, dat het MKB in de nabije toekomst voor een keuze staat. De centrale vraag hierbij is: word ik loonbedrijf of ga ik meedoen in het proces van digitalisering, waarbij ik toegevoegde waarde ga leveren door in een vroeg stadium mee te denken en in BIM te gaan werken. Het antwoord zou volmondig 'JA' moeten zijn om meer duurzaam in de bouwwereld met elkaar samen te werken.

Bij deze transitie dienen meerdere kennisgebieden, zoals bouwkundig, logistieke, ICT en bedrijfskunde, samen te werken om zo tot een integrale benadering te komen om zo de efficiëntie en duurzaamheid van de hele bouwketen te versnellen. Het HBO-onderwijs

kan ondersteuning bieden bij deze transitie. Men moet hierbij denken aan het maken van goede business cases, het monitoren van processen en mogelijk bij het ontwikkelen van serious games waarin ervaringen met BIM kunnen worden opgedaan.

## Bronnen

- Adriaanse, A. M. (2014). *Bruggen bouwen met ICT*. Enschede: Universiteit Twente.
- Arshinder K, Kanda A., Deshmukh, SG (2008) Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *Int. J Prod Econ* 115(2):316–335. Arshinder e.a., 2008;
- Bankvall, L., Bygballe L.E., Dubois A., Jahre, M. (2010) 'Interdependence in supply chains and projects in construction', *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 15 Issue: 5, pp.385-393, <https://doi.org/10.1108/13598541011068314>
- BIM-Loket (2013) ([www.bimloket.nl/praktijk](http://www.bimloket.nl/praktijk)). Gezien op 9.43.2019.
- BIR (2019) *Bouw Informatie Raad, BIM loket*, [www.bimloket.nl/](http://www.bimloket.nl/), gezien op 23.12.2019.
- Bosch-Sijtsema, P., Isaksson, A., Lennartsson, M., Linderoth, H. (2017). Barriers and facilitators for BIM use among Swedish medium-sized contractors- 'We wait until someone tells us to use it ! Visualization in Engineering. 4. 1-12. 10.1186/s40327-017-0040-7. Mar 2017
- Bussem, L. en Meier, F., *Samenwerking tussen organisaties: 3 succesfactoren uit de praktijk. Ervaringen vanuit een casestudie: de start van Hago Rail Services*, Managementsite, 3 oktober 2017.
- Čuš-Babič, N., MatjažNekrep-Perc, D., Podbreznik, P., *Supply-chain transparency within industrialized construction projects*, *Computers in Industry*, Volume 65, Issue 2, February 2014, pages 345-353; <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.12.003>
- CURT (2004), *Collaboration, Integrated Information and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*, Presented by the Architectural/Engineering Productivity Committee of The Construction Users Roundtable (CURT), WP-1202 August 2004.
- Dainty, A., Leiringer, R., Scott, F., Harty, C. - *BIM and the small construction firm: a critical perspective*, published online: 01 Mar 2017
- Diakité A., Krijninga, T., Ledoux H., Ohori K, Penninga, P. en Stoter J., *Integratie BIM- en GIS-data*, *BIG Nieuws*, 2 mei 2018.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, c., McNiff, S. (2015) 'A survey of current status of and perceived changes required for BIM adoption in the UK', *Built Environment Project and Asset Management*, Vol. 5 Issue: 1, pp.4-21, <https://doi.org/10.1108/BEPAM-07-2013-0023>

- Green Deal (2017) Dijkhuizen, B., Bouwsector zet handtekening onder Green Deal bouwlogistiek. Logistiek.nl, gepubliceerd op 3 okt 20179. [www.logistiek.nl/ketensamenwerking/nieuws/2017/10/bouwsector-zet-handtekening-onder-green-deal-bouwlogistiek-101158723](http://www.logistiek.nl/ketensamenwerking/nieuws/2017/10/bouwsector-zet-handtekening-onder-green-deal-bouwlogistiek-101158723)
- Grilo, A., Jardim-Gonçalves, R., & Cruz-Machado, V. (2007). A framework for measuring value in business interoperability. 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 520-524.
- Houtekamer, C, Het wiel in de bouw is echt al uitgevonden, NRC.nl, 18 augustus 2017
- Jonker, B., Ketensamenwerking in de woningbouw 2011, voorwaarden voor een succesvolle start met ketensamenwerking, scriptie MRE Amsterdam School of Real Estate.
- Kumar, K., van Dissel, H. (1996). Sustainable collaboration: Managing conflict and cooperation in interorganization. *MIS Quarterly*; Sep 1996; 20, 3; ABI/INFORM Global pg. 279;
- Leeuw de, M., Van opslagplaats naar logistiek dienstverlener: de uitdagingen van een bouwhub - Cobouw.nl - 28 mei 2019
- Mastenbroek, W., Verandermangement, Holland Business Publications | 8e druk, 2004
- Merriënboer, S. van, Bes, J. de, Eckart, S., Kempen, E., Ploos van Amstel, W., Rijn, J. van, Vrijhoef, R, Duurzame bouwlogistiek voor binnenst van edelijke woning/ en utiliteitsvouw - Ervaringen en aanbevelingen. TNO 2018,
- Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in construction*, 43, 84–91.
- Navon, R., & Berkovich, O. (2006) An Automated Model for Materials Management and Control, *Construction Management and Economics*, Accepted.
- Noordhuis, M (2015), De waarde van ketensamenwerking, proefschrift ter verkrijging van het doctoraat aan de Nyenrode Business Universiteit.
- Papadonikolaki, E., Wamelink, H. (2017). Inter- and intra-organizational conditions for supply chain integration with BIM. *Building Research & Information*. 45. 1-16.
- Samuelson, O., & Björk, B.-C. (2014). A longitudinal study of the adoption of IT technology in the Swedish building sector. *Automation in Construction*, 37(0), 182–190.
- Poirier, E., Staub-French, S., Forgues, D. (2015) 'Embedded contexts of innovation', *Construction Innovation*, Vol. 15 No. 1, pp. 42-65
- Rijksvastgoedbedrijf (2019) <https://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/expertise-en-diensten/b/building-information-modelling/rvb-bim-norm>.
- Segerstedt, A., Olofsson, T. (2010) 'Supply chains in the construction industry', *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 15 Issue: 5, pp.347-353, <https://doi.org/10.1108/13598541011068260>

- Smokers, R., Verkeer en luchtvervuiling: hoe kan innovatie helpen? Toenemende invloed van milieueisen op de sector presentatie tijdens Themabijeenkomst 16 december 2013: Luchtvervuiling, en hoe houden wij Nederland mobiel? TNO.
- Stewart, R.A., Mohamed, S. and Marosszeky, M. An empirical investigation into the link between information technology implementation barriers and coping strategies in the Australian construction industry. *Construction Innovation* 4 (3), 155-171
- Topsector logistiek - <https://www.greendealzes.nl/>
- Vass, S., & Karrbom Gustavsson, T. (2017) Challenges when implementing BIM for industry change, *Construction Management and Economics* Published online: 24 Apr 2017
- Vrijhoef, R. (2011). Supply chain integration in the building industry: The emergence of integrated and repetitive strategies in a fragmented and project-driven industry. (Doctoral thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands), Retrieved from <http://resolver.tudelft.nl/uuid:bc30b618-9b1b-4389-8a19-8a3ece1fea62>
- Walinga, A e.a., Ketensamenwerking in de bouw, Stichting Research Rationalisatie Bouw, RR139, 2011.