

De gebouwde omgeving in de 21^e eeuw: **INFORMATIEMANAGEMENT ALS NIEUW PRIMAIR PROCES**

Innoveren in de bouw

Gertrud Blauwhof

Inleiding

In dit essay worden nieuwe ontwikkelingen in de sector van de gebouwde omgeving beschreven. Door de crisis zagen bedrijven zich genoodzaakt te innoveren teneinde te overleven. In deze bijdrage worden de strategieën die zij daartoe gevolgd hebben, in vogelvlucht beschreven. Vervolgens wordt gekeken naar de consequenties van de veranderingen in de sector voor het onderwijs en het onderzoek aan de hogeschool.

Deze bijdrage is gebaseerd op onderzoek zoals beschreven in het boek *Samen Sneller Slimmer* en maakt ter illustratie gebruik van aldaar weergegeven interviews.¹

Plaatsbepaling

In de sector van de gebouwde omgeving is de afgelopen jaren veel veranderd. De sector is hard geraakt door de crisis. Het klassieke verdienmodel van de ruimtelijke ordening was gestoeld op twee pijlers: grondexploitatie door gemeenten en ontwikkelaars enerzijds en groei anderzijds. Dat model is failliet: de woningmarkt gaat door een diep dal en in het commercieel vastgoed is leegstand troef. Daarbovenop komen de effecten van de bezuinigen. Rijkswaterstaat, in de civiele sector de grootste opdrachtgever van Nederland, staat voor de opga-

ve om de komende jaren 30 procent te besparen op levenscycluskosten, 30 procent te winnen op functionaliteit, en 30 procent duurzamer en veiliger te werken. Dat kan alleen door innovatie bij opdrachtnemers én opdrachtgevers.

Door die ontwikkelingen voltrekt zich een transformatie van de sector. Talloze bedrijven zijn reeds failliet gegaan. Overleven vereist dat men zich onderscheidt van de rest. Dat vraagt om innoveren: anders werken dan te doen gebruikelijk. Twee ontwikkelingen zijn daarbij richtinggevend en bieden kansen. Ten eerste de opkomst van de informatiesamenleving en de informatie economie.² Ten tweede de toenemende aandacht voor duurzaamheid en levenscycluskosten (de kosten van een gebouw over de totale levenscyclus): minder energieverbruik, minder CO₂ uitstoot en minder afval.

Innoveren in bouwketens

Een productieproces laat zich denken als een keten waarin ruwe materialen getransformeerd worden naar een product of dienst: grondstoffen aan de ene kant, kopers/consumenten aan de ander kant en daartussen in bewerkingstappen, logistiek en transport, e.d. In de bouwsector is de voortbrengingsketen – ook waardeketen genoemd – heel lang heel gefragmenteerd geweest. Er waren veel schakels en veel partijen: architect, constructeur, installateur, aannemers, onderaannemers etc. Ook lag er een knip tussen bouwen en beheren: architecten ontwierpen gebouwen, facility managers stonden aan de lat voor het beheer en onderhoud daarvan: schoonmaak, reparatie etc. Verder vormden 2D tekeningen de informatiedrager in de keten. Bij wijzigingen in een ontwerp, bijvoorbeeld doordat de berekeningen van een constructeur uitwezen dat het ontwerp van de architect om constructie technische redenen aanpassing behoefde, volgde een vloedgolf aan werk. Iedereen moest zijn tekeningen herzien.

Voor het begrijpen van innovatieprocessen in de bouw zijn twee begrippen uit de economische wetenschap van belang, namelijk voortbrengingskosten en transactiekosten.³ De kosten van een product, bijvoorbeeld een gebouw of een weg, vormen een optelsom van het aantal schakels in een voortbrengingsketen en de kosten van iedere schakel. Grosso modo geldt: hoe meer schakels, hoe hoger de kosten. Omgekeerd: hoe minder schakels, hoe lager de kostprijs.

Daarnaast is er sprake van transactiekosten: kosten die nodig zijn voor de afstemming tussen schakels in een keten: kosten voor het opstellen

van contracten, zoek- en informatiekosten, e.d. Daar waar partijen in een keten elkaar niet goed begrijpen, is ook sprake van transactiekosten: in de bouw doorgaans faalkosten genoemd (figuur 1).



Figuur 1: Een voorbeeld van faalkosten: architect en constructeur hadden kennelijk een andere voorstelling van het gebouw en de situering van de doorgang⁴

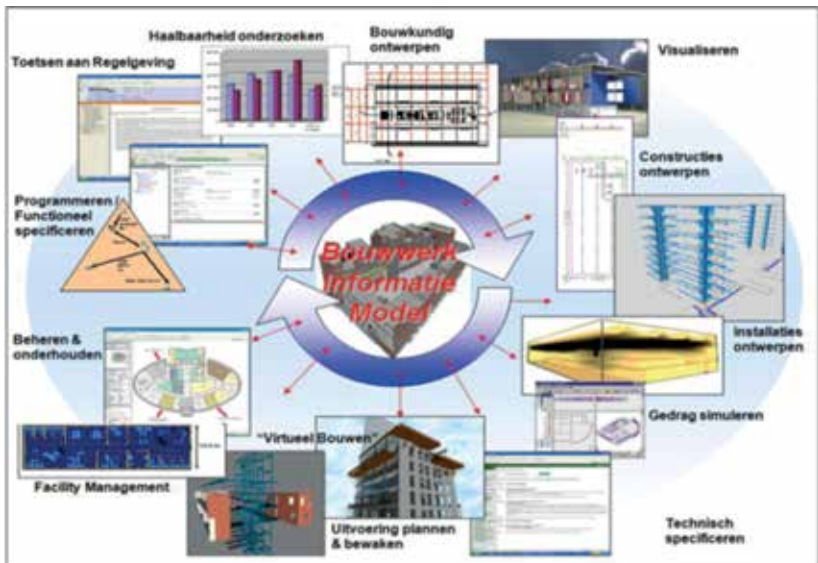
Voortbrengingsketens zijn 'kinderen van hun tijd': veel ketens in de bouwsector zijn ontworpen in een tijd waarin ICT nog niet bestond. Dat gegeven is één van de bronnen van innovatie in de bouwsector in de afgelopen jaren: het herontwerpen van ketens zodanig dat deze korter worden, door schakels te elimineren of samen te voegen. In 'bouwtaal': ketensamenwerking en ketenintegratie. In de managementliteratuur staat dit principe bekend onder de noemer 'business process re-engineering' (BPR). De naam die daar bij uitstek mee verbonden is, is Michael Hammer.⁵

Hammer herontwierp in de jaren tachtig van de vorige eeuw bedrijfsprocessen bij autofabrikant Ford in de VS. Zijn motto: don't automate – obliterate! Vrij vertaald: vernietig werk in plaats van het te automatiseren en herontwerp ketens met behulp van nieuwe technologie. Als voorbeeld: bij Ford werden veel gegevens meerdere malen ingevoerd omdat meerdere afdelingen die gegevens nodig hadden. Door gebruik te maken van ICT als nieuwe technologie kon veel 'dubbel werk' worden weggесneden. Bijvoorbeeld door data te centraliseren en gegevens slechts eenmaal in te voeren, namelijk aan de bron. Het resultaat van herontwerpen was 'faster, cheaper, better': een voortbrengingsproces dat ten opzichte van de eerdere werkwijze sneller, goedkoper en beter was. Herontwerp van werkprocessen op de afdeling crediteuren leidde er bijvoorbeeld toe dat werk dat voorheen door 500 mensen werd gedaan, door één vierde daarvan kon worden uitgevoerd. Een besparing van 75 procent!

In de bouwsector zijn bedrijven in de afgelopen jaren kritisch naar hun eigen voortbrengingsproces gaan kijken - simpelweg om te overleven. Bijvoorbeeld: een projectontwikkelaar die besluit om zelf toeleveranciers aan te sturen en afziet van het klassieke model waarin aannemers werkzaamheden coördineren. Het resultaat: één schakel minder! Een bouwplaatsopzichter vervangen door een systeem van tourniquets en elektronische pasjes? Tien jaar geleden was het ondenkbaar, nu gebeurt het gewoon. Opnieuw: met lagere totale kosten als resultaat.

‘Traditioneel vergt het bouwen van een woning 250 dagen. Door het proces anders te organiseren, kan het in 100 dagen. Dat scheelt een koper 150 dagen in financiering. Bij een koopsom van 500.000 euro scheelt dat al gauw twee procent. Alleen door anders te organiseren.’

Een andere bron van innovatie in de bouwsector betreft de drager van informatie. Hammer indachtig maakt ICT het mogelijk om gegevens slechts eenmaal in te voeren, namelijk aan de bron, en vervolgens aan alle partijen in een keten ter beschikking te stellen. In vaktermen: een BIM, een Bouw(werk)InformatieModel.⁶ Figuur 2 geeft het principe weer: alle data over een bouwobject worden tezamen gebracht, van initiatief tot ontwerp tot bouw tot gebruik tot sloop. Schakels in de keten maken gebruik van elkaars gegevens met als effect dat ‘dubbel werk’ verdwijnt en kosten lager worden.



Figuur 2: Bouwwerk Informatie Model: alle gegevens over een object bijeen gebracht

Naast vermindering van 'dubbel werk' biedt BIM nog een tweede voordeel, namelijk virtueel ontwerpen. Een bouw-informatiemodel biedt de mogelijkheid om, alvorens een gebouw fysiek te bouwen, het virtueel te bouwen. In vaktermen: Virtual Design and Construction (VDC). Met als voordeel dat fouten die voorheen pas op de bouwplaats zichtbaar werden (zie fig. 1), in een virtuele omgeving in het begin zichtbaar worden. Daardoor verloopt het fysieke bouwproces sneller, tegen lagere kosten en met een betere kwaliteit. Bovendien wordt de communicatie met en tussen partijen makkelijker. Een visueel, driedimensionaal model helpt om de afstand tussen expert en leek, tussen architect en opdrachtgever, en tussen andere partijen in de keten te overbruggen. Opnieuw: met kostenbesparing als resultaat. Een interviewfragment uit het onderzoek naar innoveren in de bouw:

"Waar het ons om ging was ons eigen werk beter doen. Sneller werken, niet steeds lijntjes tekenen maar virtueel bouwen, ontwerpwijzigingen doorvoeren zonder dingen te vergeten. [...] Daarna kwamen we erachter dat BIM ook te maken heeft met effectiviteit. Met BIM kunnen we continu controleren of we aan het programma van eisen voldoen."

Een volgende bron van innovatie in de bouwsector is afgekeken van of, zo men wil, overgenomen uit, de 'automotive industry' en de scheepsbouwsector, namelijk 'lean manufacturing', slanke productie.⁷ Het concept van 'slanke productie' is ontwikkeld door Toyota, dateert uit de tweede helft van de vorige eeuw en is sedertdien doorontwikkeld en richtinggevend geworden in de totale automobielenindustrie; Volkswagen, Ford, Toyota beconcurreren elkaar op de kwintessens van 'lean manufacturing'.

De essentie van 'slanke productie' is het terugdringen van verspilling. Opnieuw: kritisch kijken naar voortbrengingsketens. Verspilling zit overal: in defecten, in het produceren van voorraad, in onnodige transportbewegingen, in wachten en wachttijd, in het maken van extra's waar klanten niet om vragen en in overproductie. In figuur 3 is dat gevisualiseerd.



Figuur 3: slanke productie: het tegengaan van verspillingen.

Rond het concept van 'slanke productie' heeft zich een scala aan managementtechnieken ontwikkeld, variërend van 'just-in-time' productie tot zelfsturende teams op de werkvloer. Toepassing van die principes in de bouwsector biedt de mogelijkheid om kosten te besparen. Opnieuw een interviewfragment uit het onderzoek:

'Virtueel bouwen is ketensamenwerking en volgens ons is dat lean en BIM samen.' <...> Onze ambitie was halvering van de bouwtijd, nul opleverpunten en een kostenreductie van 15 procent. Dat hebben we gehaald.'

Een andere bron van innovatie in de wereld van de gebouwde omgeving is industrialisering van de productie. Niet langer handwerk op een bouwplaats maar elders geprefabriceerde en gestandaardiseerde componenten. Hennis de Ridder parafraserend: legolisering in de bouw. Gestandaardiseerde, losse onderdelen die op locatie in elkaar gezet worden en makkelijk kunnen worden hergebruikt.⁸

Een voorbeeld dat iedereen kent is IKEA. Het verdienmodel: 'mass customisation' aan de voorkant van de keten. Iedere klant krijgt wat zij wil, vermits samengesteld uit de componenten in de catalogus; en 'operational excellence' aan de achterkant – zo efficiënt en goedkoop mogelijk produceren.

De vernieuwing die hieruit voortvloeit, is tweeledig. Enerzijds ontstaat ruimte voor het vakmanschap en het innovatief vermogen van toeleveranciers. In de bouwsector tot voor kort ondergeschoven par-tijen. Anderzijds ontstaat ruimte voor vraagsturing en ontwikkelt zich een nieuwe vorm van innovatie, namelijk co-creatie. Opnieuw een interviewfragment.

Deze sector staat aan de vooravond van een complete turn-around. Een tijd waarin opensource-innovaties de boventoon zullen voeren. We komen uit een tijdperk waarin iedereen alles voor zichzelf hield. Daarmee werden innovaties op zowel product- als procesniveau de kop in gedrukt. Niemand, ook wijzelf niet, vroeg bijvoorbeeld aan leveranciers of zij ideeën hadden voor verbetering. [...] Nu zetten wij de eerste stappen naar meer vraaggestuurd onderne-men: samen met de eindgebruiker in co creatie plannen ontwikkelen en innoveren'.

Ook veranderingen aan opdrachtgeverszijde, in het bijzonder de Ne-derlandse overheid, vormen een bron van innovatie. In het verleden voerden organisaties als Rijkswaterstaat of de Rijksgebouwendienst veel (beheer)werk zelf uit. Echter: de politiek heeft al geruime tijd ge-leden bepaald dat de overheid als organisatie kleiner moet worden en dat marktpartijen taken over moeten nemen. Concreet betekent dit dat nieuwe contractvormen opgang maken: DBFMO – Design, Build, Finance, Maintain & Operate. De overheid 'outsourced' in verschillen-de varianten het ontwerp en/of de bouw en/of de financiering en/of het beheer en onderhoud van gebouwen en infrastructurele objecten. Deze zogenaamde 'integrale contracten' zijn langjarig, vaak 20 á 30 jaar, en creëren een nieuwe dynamiek in de sector.

De aantrekkelijke kant van integrale contracten voor bouwbe-drijven is dat zij én een langjarige en relatief stabiele bron van in-komsten vormen én mogelijkheden bieden tot nieuwe vormen van business en dienstverlening, bijvoorbeeld facility management, ca-tering, schoonmaak, kinderopvang, alles is denkbaar. Voorwaarde is wel dat bouwbedrijven nieuwe competenties ontwikkelen, name-lijk integraal denken: ontwerpen en beheren op elkaar betrekken.

De strategie van ons bedrijf is gericht op de groeimarkt van integrale projecten, en om daarbij betrokken te zijn in de gehele levenscyclus van projecten: ontwikkelen, bouwen, beheren en hergebruiken. De traditionele werkwijze is niet geschikt voor dat soort geïntegreerde projecten omdat er knippen zitten in het proces en in de manier van denken. Bij integrale projecten gaat het erom dat er bij het ontwerp

rekening gehouden wordt met beheer en onderhoud, dat de mensen die verantwoordelijk zijn voor werkvoorbereiding en uitvoering in een vroeger stadium betrokken worden.

Naast nieuwe contractvormen is er ook sprake van nieuwe vormen van contractbeheersing.⁹ Een overheid die kleiner moet worden, wil een zo effectief en efficiënt mogelijke relatie met opdrachtnemers. Daartoe is systeemgerichte contractbeheersing ontwikkeld. De klassieke relatie tussen opdrachtgever en opdrachtnemer wordt omgekeerd: het is niet langer de opdrachtgever die controleert, het is de opdrachtnemer die zich moeten verantwoorden.

Onderdeel van de integrale contracten in de civiele sector zijn beschikbaarheidseisen vanuit de opdrachtgever: een weg moet bijvoorbeeld 95% van de tijd beschikbaar zijn en daar waar dat niet het geval is, volgt een mindering op de vergoeding voor geleverde diensten. Teneinde daaraan te kunnen voldoen, is een nieuwe competentie nodig, namelijk informatiemanagement. Wederom een citaat:

'In DBFM-contracten staat dat de beschikbaarheidseisen voor wegen en bruggen e.d. per kwartier moeten kunnen worden aange-toond. Dat vergt een informatiesysteem dat bij aanvang van een project ingericht moet worden. Wat vanouds beleefd wordt als iets secundairs, namelijk informatie over het project, wordt corebusiness. Daar hangen de betalingen vanaf en daar moet het hele bouwproces aan worden opgehangen.'

In één zin: informatiemanagement wordt een primair proces in de bouwsector.

Mede door het fenomeen van 'integrale contracten' wordt een klassieke scheidslijn in de bouwsector doorbroken, namelijk de scheidslijn tussen bouwen en beheren. Die verandering biedt ruimte voor vernieuwing. Door in de ontwerp- en bouwfase rekening te houden met (de kosten van) beheer en onderhoud, kan zonder te bezuinigen enorm veel geld gevonden worden. Een citaat:

'Voor een contract van dertig jaar omvattend ontwerp, realisatie, onderhoud en beheer zitten de kosten niet in de bouw maar in het onderhoud en beheer. Een kwartier minder schoonmaaktijd per dag betekent 90 uur minder schoonmaaktijd per jaar. Over een contractperiode van 30 jaar is dat 2700 uur. Uitgaande van een salaris van 30 euro per uur betekent dat een exploitatieverschil van 81.000 euro. Wat als dat kwartier een uur wordt, puur door te luisteren naar de

mensen die het werk doen en slim te ontwerpen? Dan praten we over een bedrag van ruim 320.000 euro per jaar.'

Energiegebruik is tegenwoordig een belangrijk thema, al was het maar omdat de energieprijzen voortdurend stijgen en burgers een steeds groter deel van hun inkomen zien opgaan aan energie. Ook hier geldt: door gebruik te maken van digitale bouw-informatiemodellen kunnen ontwerp en gebruik op elkaar betrokken worden en ontstaat de mogelijkheid om te optimaliseren op energie(gebruik) en duurzaamheid.

'Met 3D-werken kunnen we van meet af aan aandacht geven aan duurzaamheid en levensduurkosten. Duurzaamheid en energiegebruik worden steeds belangrijker en daarmee installatietechniek. De gevoelswaarde van een gebouw wordt voor een belangrijk deel bepaald door de wijze waarop de installaties uitgevoerd zijn. Als je naar een duurzaam pand wil, moet je anders gaan werken. Dan moet je gaan spelen met gevels, met dakoppervlak, met materialen, met de vorm van een gebouw.'

Het klassieke verdienmodel van de ruimtelijk ordening is failliet. Dat is een uitspraak die eerder in dit essay is gedaan. Die constatering vormt ook een bron van innovatie in de bouwsector. In de afgelopen decennia was de wereld monodisciplinair geordend en gestructureerd. De toekomst is aan multidisciplinair en integraal denken. Net zoals de scheiding tussen bouwen en beheren geslecht wordt, worden ook de scheidslijnen tussen verdienmodellen geslecht. In een tijd waarin alle budgetten onder druk staan, is de toekomst aan functiecombinaties en meervoudige verdienmodellen: combinaties van wonen en energie – denk aan huizen die energie genereren in plaats van consumeren, of combinaties van mobiliteit en water – denk aan pleinen en parkeergarages die tevens zorgen voor waterberging. De nieuwe uitdaging luidt: multifunctioneel denken en ontwerpen.

'Functiecombinaties: waarde creëren door water en wegen op elkaar te betrekken. Bij Gouda kruist een weg een dijk die niet voldoet aan de normen van het hoogwaterbeschermingsprogramma. De weg is nu zo ontworpen dat deze over een lengte van een halve kilometer tevens functioneert als waterkering. De meerkosten zijn 800.000 euro: ongeveer 20 procent van de kosten om de dijk op de gebruikelijke wijze te versterken.'

Innoveren in de gebouwde omgeving: consequenties en handvatten voor De Haagse Hogeschool

Rode draad in alle innovatieprocessen in de gebouwde omgeving die momenteel gaande zijn, is het overstijgen van silo's en disciplinaire grenzen. Die grenzen zullen ook in het onderwijs geslecht moeten worden. Daar waar in de beroepspraktijk bouw en beheer/onderhoud op elkaar betrokken worden, zal dat ook in het onderwijs het geval moeten zijn. Bouwkunde en facility management zullen onderling verbonden moeten worden, en datzelfde geldt voor civiele techniek en assetmanagement. In dat palet zal ook installatietechniek een plaats moeten krijgen.

Verder vragen de vernieuwingen die zich momenteel in de beroepspraktijk voltrekken, om het erkennen en ontwikkelen van een nieuwe competentie, namelijk bouwinformatiemanagement. Professionals op het gebied van de ruimtelijk omgeving worden multidimensionaal: mensen die fysiek én virtueel kunnen bouwen.

'De ervaring is dat vakmanschap absoluut nodig blijft. De gedachte bij BIM is vaak dat het gaat om een IT-specialist of 3D-modelleur achter de knoppen die mooie ingewikkelde dingen gaat doen. Dat werkt niet! Deze specialisten zijn goed in programmeren en modelleren, maar bij een raakvlakkenanalyse (een vergelijking tussen de ontwerpen c.q. bijdragen van verschillende disciplines) kan hij niet bepalen of iets belangrijk is of niet; dat vergt inhoudelijke kennis van het ontwerp en het bouwproces. Dus wij willen alle disciplines achter de knoppen: werkvoorbereiders, calculators, uitvoerders... Alle functies die we hebben.

Er zullen nieuwe rollen en functies ontstaan. Welke bouwkunde student vervult over enkele jaren de rol van 'supply chain manager'? Waar is de civiele ingenieur die de rol van 'systems integrator' op zich kan nemen? Wie vervullen in de wereld van ruimtelijke ontwikkelingen nieuwe rollen zoals 'data manager' en 'alliantie manager'?

Technische kennis veroudert snel. In het in 2011 verschenen rapport van de Verkenningcommissie HBO Techniek in Bedrijf wordt uitgegaan van een halfwaardetijd van vijf á tien jaar.¹⁰ Die vaststelling heeft een aantal consequenties als het gaat om de invulling van onderwijs en onderzoek.

Ten eerste pleit de Verkenningcommissie voor meer aandacht voor generieke kennis. Ik citeer:

“Generieke kennis is zo belangrijk omdat iedereen die wil innoveren basiskennis nodig heeft. De wereld verandert in hoog tempo en in de techniek wisselen ontwikkelingen elkaar razendsnel af. Ingenieurs moeten daardoor grofweg iedere 5 à 10 jaar omscholen. Als hun generieke kennis onvoldoende is, lukt dat niet. Dan zitten mensen vast in de technologie van vandaag en kunnen ze de stap naar de technologie van morgen en overmorgen niet maken. En dan komt het innovatief vermogen van de Nederlandse economie in het gedrang.”

Het profiel van de ingenieur van de toekomst is een profiel dat volledig aansluit bij de vernieuwingen in de ruimtelijke omgeving zoals we die in het voorgaande hebben beschreven. Dat profiel laat zich als volgt typeren: de ingenieur van de toekomst is breed georiënteerd, heeft een integrale benaderingswijze met oog voor de interdisciplinaire context van maatschappelijke vraagstukken, een lange termijn oriëntatie, en de attitude van een onderzoeker: nieuwsgierig en open. In een zin: “een professional die beschikt over de mind set van een interdisciplinaire onderzoeker die door dwarsverbanden meerwaarde creëert.”¹¹

In het hbo van de 21^e eeuw is een onderzoekende mind set een cruciale competentie. Technische ontwikkelingen gaan zo snel dat alleen die competentie studenten in staat stelt om de slag te maken naar de technologie van morgen. Om dat te bewerkstelligen heeft onderzoek een prominente plaats in het curriculum.

Daarnaast is een adequate organisatie vereist: van kokers en smalle opleidingen naar brede opleidingen. De uitdaging voor de 21^e eeuw luidt: aandacht voor integraal denken, leren en ondernemen. Het wenkende perspectief voor opleidingen in de wereld van de gebouwde omgeving is de brede BBE - Bachelor of Built Environment. ■

Eindnoten

- 1 G. Blauwhof, B. Spiering, W. Verbaan, Samen Sneller Slimmer. Innoveren in de bouw. Uitgeverij Blauwdruk, 2013
- 2 Castells, M. 1996. The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. 1. Oxford: Blackwell; Castells, M. 1997. The Power of Identity, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. II. Oxford: Blackwell; Castells, M. 1998. End of Millennium, The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. III. Oxford: Blackwell.
- 3 Williamson, O. 1975. Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. New York: Free Press; Williamson, O. 1981. The economics of organisation. *American Journal of Sociology*. Vol 87. pp. 552; Williamson, O. 1985. The economic institutions of capitalism: firms, markets and policy control. New York: University Press
- 4 Bron: Bureau Bouwkunde 2011 (BIM en 3D modelleren, Rotterdam, sept. 2011, zie www.bureaubouwkunde.nl)
- 5 Hammer, M. 1990. Reengineering work: Don't automate, Obliterate! *Harvard Business Review*. July-August 1990. pp. 104-112; Hammer, M. en Champy, J. 1993. Reengineering the corporation. A Manifesto for Business Revolution. New York; Harper Collins; Hammer, M. 1996. Beyond reengineering. How the process-centered organization is changing our work and our lives. New York: Harper Business; Hammer, M. en Hershman, L. 2010. Faster, Cheaper, Better. The 9 levers for transforming how work gets done. New York: Crown Business Books.
- 6 Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. en Liston, K. 2011. BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New York: John Wiley.
- 7 Ohno, T., Toyota Production System. Beyond Large-Scale Production. CRC Press, Taylor & Francis Group 1988; Womack, J. en Jones, D. 1996. Lean thinking. Banish waste and create wealth in your corporation. London: Simon Schuster; Toyota, 2013. Ons bedrijf. [online] Beschikbaar op: <<http://www.toyota-forklifts.nl/NL/company/Toyota-Production-System/Pages/default.aspx>> [Geopend op: 8 april 2013].
- 8 Ridder, H, 2011. Legolisering van de bouw. Haarlem: Maurits Groen
- 9 Rijkswaterstaat, Systeemgerichte contractbeheersing, 2003; RWS, Prorail, NL ingenieurs, Bouwend Nederland en Vereniging van Waterbouwers, 2009. Leidraad voor Systems Engineering binnen de GWW-sector. Den Haag: Rijkswaterstaat.
- 10 Advies van de Sectorale Verkenningcommissie HBO Techniek, Techniek in Bedrijf, Den Haag, december 2011
- 11 Advies van de Sectorale Verkenningcommissie HBO Techniek, Techniek in Bedrijf, Den Haag, december 2011, pg