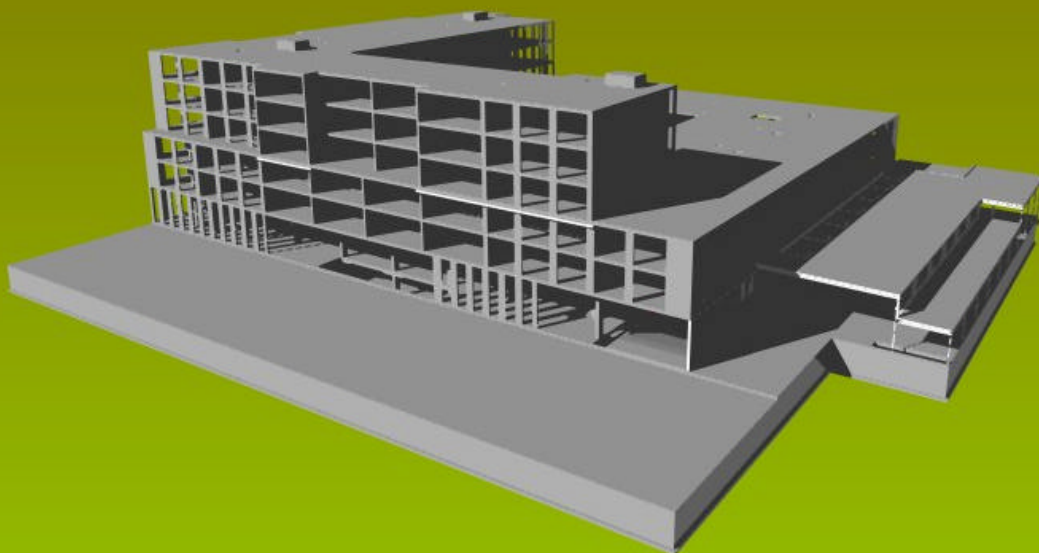


Beter voorbereid door BIM

Een onderzoek naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens de voorbereiding van bouwprojecten.



Colofon

Titel rapport: Beter voorbereid door BIM:
Een onderzoek naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens de voorbereiding van bouwprojecten.

Plaats en datum: Utrecht, 22 oktober 2009

Omvang: 160

Status: Definitief

Auteur: J.W. (Wiebe) Schokkin (s0051799),
Civil Engineering and Management,
Universiteit Twente
j.w.schokkin@student.utwente.nl

Afstudeercommissie: dr. ir. A. M. (Arjen) Adriaanse (Universiteit Twente)
ir. K. Th. (Karel) Veenfliet (Universiteit Twente)
ir. R. A. (Renzo) van Rijswijk, (Strukton Engineering)

Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Postbus 217
7500 AE Enschede
Tel: 053 – 4899111
www.utwente.nl



Strukton Engineering B.V.
Postbus 1025
3900 BA Maarssen
Tel: 030 - 2486233
www.struktonengineering.nl



Voorwoord

Met dit afstudeeronderzoek komt na ruim zeven jaar een einde aan mijn studie Civil Engineering & Management aan de Universiteit Twente. Voor u ligt het eindresultaat van een onderzoek naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen (BIM) tijdens de werkvoorbereidingsfase in bouwprojecten dat is uitgevoerd binnen Strukton Engineering BV. Ruim een jaar geleden kwam ik in contact met Arjen Adriaanse. Zijn onderzoek naar de invoering van ICT in bouwprojecten om uiteindelijk een invoeringsmethodiek voor de bouwsector te ontwikkelen sprak mij erg aan. Niet alleen omdat het een actueel onderwerp is, maar ook omdat het goed aansluit bij de afstudeerrichting bouwprocesmanagement. Zoals ik tijdens de minor Innovation Management heb geleerd, betekent het invoeren van nieuwe technologie namelijk niet alleen het aanschaffen van een nieuwe computer, maar vaak een totale verandering van een technologisch regime en bijbehorende relaties, werkwijzen en denkbeelden. Daarnaast bood dit onderzoek mij de mogelijkheid om de praktijk in te duiken en zodoende kennis te maken met de dynamiek in bouwprojecten. Naast deze dynamiek heb ik de afgelopen periode ook een andere ervaren, namelijk die van het afstuderen. Het was een periode van ups en downs, maar uiteindelijk ligt er een resultaat waar ik trots op ben en wat Strukton hopelijk weer een stapje verder kan helpen in de ontwikkeling van Virtueel Bouwen.

Verscheidene personen hebben een bijdrage geleverd aan dit afstudeeronderzoek en deze wil ik hier dan ook graag persoonlijk voor bedanken. Allereerst wil ik mijn afstudeercommissie Arjen Adriaanse, Karel Veenvliet en Renzo van Rijswijk bedanken. Onze samenwerking heb ik altijd als zeer prettig ervaren. De bijeenkomsten waren inhoudelijk, maar er was ook altijd ruimte voor een persoonlijke noot. Daarnaast hebben jullie mij weten te overtuigen van mijn eigen kunnen. Iets waar ik nog wel eens aan wil twijfelen. Tevens wil ik mijn collega's bij Strukton Engineering en Strukton Bouw & Vastgoed bedanken voor een gezellige afstudeerperiode. De open en informele sfeer maakte het mogelijk dat ik voor uiteenlopende zaken altijd bij iedereen binnen kon lopen. Iets waar je als onervaren onderzoeker in het begin alleen maar op kunt hopen. Ook wil ik Bart Willems en Robert van Beilen bedanken voor de leuke en leerzame groepsessies.

Daarnaast wil ik Milonke, mijn vriendin, enorm bedanken voor haar steun en vertrouwen in mij het afgelopen jaar. Veel vrije tijd werd opgeslokt door het werken aan mijn scriptie, wat ook nog eens gepaard ging met de nodige stress en frustratie. Maar je hebt mij altijd weer weten te overtuigen van mijn eigen kunnen en mij gemotiveerd om nog even door te zetten. Ik kijk al erg uit naar de reis die we nu kunnen gaan maken door Zuidoost Azië. Tevens wil ik al mijn vrienden bedanken voor hun steun het afgelopen jaar en hun bijdrage aan mijn onderzoek. Als laatste wil ik mijn ouders, zus, broertjes en zusje bedanken voor de prettige thuishaven in de Achterhoek. Hannie en Dick, jullie ontzettend harde werken en doorzettingsvermogen is altijd een enorme inspiratie voor mij geweest.

Met het afronden van mijn afstudeeronderzoek komt mijn studententijd ten einde. Een periode waarin ik niet alleen inhoudelijk veel geleerd heb, maar ook enorm veel over mezelf heb geleerd. Ten slotte wil ik daarom al mijn vrienden bedanken die de afgelopen zeven jaar tot een voor mij onvergetelijke en dierbare periode hebben gemaakt.

Wiebe Schokkin

Utrecht, oktober 2009

Samenvatting

Aanleiding

De Nederlandse bouwsector wordt geconfronteerd met hoge faalkosten. Deze worden veroorzaakt omdat het bouwproces onnodig inefficiënt verloopt en het eindproduct niet voldoet aan de afgesproken kwaliteitseisen. Het inefficiënt verlopen van het bouwproces kan verklaard worden door het gefragmenteerde karakter van de bouwsector. Omdat hierdoor de samenhang tussen werkzaamheden is doorsneden, neemt het belang van een goede coördinatie en juiste overdracht van werkzaamheden toe. Dit maakt het proces foutgevoelig en uiteindelijk inefficiënt.

Door recente veranderingen in de markt worden partijen zoals Strukton geconfronteerd met een grotere informatiebehoefte, een integratie van ontwerpdisciplines en het ontwerp- en uitvoeringsproces en kosten als gevolg van ontwerpfouten. Strukton Engineering, Strukton Civiel en Strukton Bouw & Vastgoed (SBV) zien het toepassen van Virtueel Bouwen als een belangrijk hulpmiddel om faalkosten te reduceren en het integrale bouwproces te ondersteunen. Onder andere door dit toe te passen tijdens de werkvoorbereidingsfase van projecten binnen SBV. In de praktijk blijken de voordelen die Virtueel Bouwen kan bieden echter beperkt haalbaar te zijn.

Onderzoeksopzet

Doel van dit onderzoek is het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten door het ontwikkelen van richtlijnen voor een werkwijze en een bijbehorende implementatie. Hiermee wordt beoogd om coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen projectpartners en disciplines tijdens deze fase te verbeteren en daarmee faalkosten te reduceren. Hiervoor is zowel een literatuuronderzoek als een casestudy uitgevoerd. Middels het literatuuronderzoek zijn onder andere richtlijnen opgesteld voor het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen. Vervolgens is middels een casestudy de werkelijke invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens de werkvoorbereidingsfase in het project NieuweVoorstad beschreven en geanalyseerd. Virtueel Bouwen al Confrontatie van theorie en praktijk heeft uiteindelijk geresulteerd in richtlijnen voor een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens werkvoorbereiding in een 'volgend' project. De casestudy is uitgevoerd door onder andere de verschillende betrokkenen bij het project te interviewen en door een verblijf van een aantal weken tussen het projectteam. Dit heeft plaatsgevonden op het moment dat Virtueel Bouwen al was ingevoerd in het project. Belangrijke achtergrond bij de casestudy was de traditionele werkwijze van de projectorganisatie van SBV tijdens werkvoorbereiding.

Resultaten

Uit de literatuurstudie blijkt dat het gebruik van ICT door actoren in bouwprojecten wordt beïnvloed door een viertal mechanismen, namelijk: persoonlijke motivatie, externe motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Ook blijkt de intentie tot ICT gebruik van belang. Een achttal submechanismen ligt hieraan ten grondslag en dit kunnen zowel drijfveren als barrières zijn. Met deze drijfveren en barrières dient rekening gehouden te worden bij de invoering van ICT. Daarnaast blijkt uit de literatuurstudie dat de door Adriaanse (2008 en 2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek het beste gebruikt kan worden voor een weloverwogen invoering van ICT in bouwprojecten. De methodiek is hiervoor namelijk specifiek ontwikkeld en daarnaast zijn veel elementen die volgens de veranderkunde van belang zijn en gedragstheorieën in de methodiek opgesloten. De invoeringsmethodiek onderscheid vier fasen: ideevorming, adoptie, implementatie en verankering. Belangrijk is de adoptiefase, waarin onder andere de verandering voor elke gebruiker wordt uiteengezet, waardoor eventuele knelpunten vroegtijdig gesignaleerd en opgelost kunnen worden. Ook moet een strategie gekozen en

een implementatieplan gerealiseerd worden. Op basis van de methodiek en overige literatuur kan geen optimale strategie aangewezen worden. Geconcludeerd wordt dat een combinatie van strategieën het beste is voor het realiseren van een breed draagvlak voor het veranderidee.

Richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze zijn het minimaliseren van activiteiten die geen waarde toevoegen of resulteren in waardeverlies en het beschouwen van een werkwijze als een samenstelling van aan elkaar gerelateerde processen, methodes, hulpmiddelen en omgeving welke beïnvloed worden door technologie en personen.

In de casestudy is de adoptiefase summier doorlopen. Hierdoor waren doelen en uitgangspunten bij de gebruikers lange tijd onduidelijk en sloot de bedoelde toepassing niet aan bij de gewenste toepassing van een aantal gebruikers. Dit heeft de voortgang van het project in gevaar gebracht en uiteindelijk geresulteerd in verkleining van de scope van het veranderidee. Verklaringen voor het summier doorlopen van de adoptiefase zijn onder andere de aanwezigheid van een vragende actor, een perceptie van tijdsdruk, het nog niet bekend zijn van alle gebruikers tijdens de adoptiefase, een gebrek aan kennis en inzicht bij gebruikers en de impliciet gehanteerde strategie.

Tevens blijkt uit de casestudy dat een ontstaande strategie succesvol kan zijn. Belangrijk is echter dat deze strategie goed gefaciliteerd moet worden door ervaringsdeskundigen te betrekken, te werken met een klein team in één ruimte en risico's te vermijden (door het kiezen van een kleine en haalbare scope). Omdat deze faciliteiten aspecten bevatten van andere strategieën lijkt een gecombineerde strategie het beste.

Ten slotte is gebleken dat schaduwonderzoeken (pilot-projecten) niet volledig losgekoppeld kunnen worden van het praktijkproject. Met als gevolg dat bij het optreden van problemen tijdens de implementatie deze schaduwonderzoeken geen prioriteit meer krijgen.

Confrontatie van de resultaten uit de casestudy en de theorie heeft geresulteerd in richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens werkvoorbereiding. Deze worden in onderstaande alinea behandeld.

Conclusie en aanbevelingen

Geconcludeerd wordt dat SBV de opgestelde richtlijnen moet toepassen voor het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens werkvoorbereiding in een volgend project. De richtlijnen zijn geldig voor de werkvoorbereidingsfase in verschillende bouworganisatievormen.

De volgende richtlijnen zijn opgesteld met betrekking tot de hanteren werkwijze:

- Maak duidelijke afspraken met de architect, constructeur en de opdrachtgever (bouwdirectie) met betrekking tot de beschikbaarheid en eigenschappen van noodzakelijke ontwerp-informatie.
- Voorzie personen en organisaties waarmee digitaal moet worden samengewerkt van de te gebruiken technologie en voorzie in training met betrekking tot de te hanteren werkwijze.
- Organiseer standaard een aantal 'Smartboard bijeenkomsten' met projectpartners waarin gevonden clashes en onduidelijkheden in het 3D-model op een Smartboard worden besproken.
- Zet bij aanvang van het project meer 3D-modelleers in, zodat het 3D-model snel gereed is en gebruik kan worden gemaakt van informatie hieruit ('modelleer-boost'). Duidelijkheid omtrent de toepassing van het 3D-model en assistentie van een werkvoorbereider is hierbij essentieel. Een alternatief op de 'modelleer-boost' is het eerder starten met modelleren, bijvoorbeeld tijdens de periode waarin het 'startpakket uitvoering' gereed wordt gemaakt.
- Verwijder het schaduwonderzoek met IBIS4BIM uit de doelen, zodat het genereren van hoeveelheden voor de werkvoorbereiders juist meer prioriteit kan krijgen. Geef, in meer algemene zin, prioriteit aan middelen met de

grootste toegevoegde waarde voor het project. Een nuancering van de uitgangspunten is hiervoor noodzakelijk, namelijk: invoeren van middelen die bewezen zijn in de praktijk of tijdens een test in de adoptie- of aanpassingsfase.

De volgende richtlijnen zijn opgesteld met betrekking tot de uit te voeren invoering:

- Doorloop de ideevormingsfase niet alleen in algemene zin, maar bepaal de toegevoegde waarde en kansen en uitdagingen van ICT ook voor de specifieke praktijksituatie.
- Blijf werken met een werk- en stuurgroep. De werkgroep moet bestaan uit personen die het projectteam en andere organisaties waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt kunnen vertegenwoordigen. Als een adoptiebeslissing is genomen en het projectteam nog niet geformeerd is, moet niet gestopt worden met het 'werkgroepen', maar moet door de werkgroep project specifiek worden ingezoomd.
- Doorloop de adoptiefase zorgvuldig en actief met alle (ook externe) betrokkenen of een representatie hiervan. Verwerk de resultaten in een protocol, waarmee alle betrokkenen bekend zijn. Dit protocol beschrijft in ieder geval de volgende onderdelen: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen. Voor het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase dienen de stappen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) gebruikt te worden. Het uitwerken van het veranderidee (stap 2) en het analyseren van de verandering per actor op invoerbaarheid (stap 3) moet uitgevoerd worden door de veranderingen weer te geven in een processchema en deze te analyseren op invoerbaarheid met het door Adriaanse (2007) ontwikkelde model. Tevens dienen de ontwikkelde theoretische richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze hierbij gebruikt te worden. Ten slotte is het verstandig om essentiële onderdelen van de ICT te testen. Door betrokkenen te wijzen op de barrières van het veranderidee, kunnen nut en noodzaak van bovenstaande inzichtelijk worden gemaakt. Het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase kan afgedwongen worden door een adoptie- en implementatiebeslissing te onderscheiden.
- Er moet gekozen worden voor een gecombineerde strategie. Indien wordt gekozen voor een ontstaande strategie moet deze zoveel als mogelijk gefaciliteerd worden zoals in het project NieuweVoorstad.
- Weeg de mogelijkheid af om in het begin van de implementatie de werkvoorbereiders zowel handmatig hoeveelheden te laten bepalen als de hoeveelheden te genereren uit het 3D-model. Zodra het genereren van hoeveelheden goed functioneert en betrouwbaar is, kan het handmatig bepalen van hoeveelheden afgeschaft worden. Stap, in meer algemene zin, na testen van de essentiële onderdelen van de nieuwe werkwijze definitief over op de nieuwe werkwijze.
- Neem de ballast van het protocol weg door één persoon (regisseur) verantwoordelijk te maken voor de totale uitvoering hiervan en de andere betrokkenen alleen te belasten met de voor hen relevante onderdelen.
- Betrek alle gebruikers intensief bij de start van de implementatie. Dit kan onder andere geschieden door het uitvoeren van tests en het geven van trainingen. Het instrueren en trainen van gebruikers die later hun intrede doen met betrekking tot de nieuwe werkwijze is eveneens belangrijk.

Summary

Introduction

The Dutch construction industry is confronted with high costs due to inefficient production processes and the low quality of final products. This inefficiency is a result of the intrinsically fragmented characteristics of the industry compared to other engineering industries. As a result of this fragmentation there is no coherence between activities, which makes good coordination and handover of activities between involved parties and disciplines highly important. Ultimately this results in processes characterised by a high failure ratio and inefficiency. Due to recent market developments contractors in the construction industry, like Strukton, try to reduce failure ratio and inefficiency by implementing Virtual Building (Building Information Modelling) in projects during design and construction. A company of Strukton, Strukton Bouw & Vastgoed (SBV), expects to realise high benefits by implementing Virtual Building during the preparation phase of construction projects. However, in practice the realised benefits are generally lower than expected.

Method

Purpose of this research is to realise a considerate implementation and application of Virtual Building in SBV's project organisation during the preparation phase of construction projects by developing guidelines for an operating procedure and an accompanying implementation. This implementation is needed to improve coordination and handover of activities between involved parties and disciplines in order to reduce the high failure ratio and inefficiency. To reach this goal, both a literature research and a case study were executed. First of all, by means of the literature research guidelines are drawn-up to realise a considered implementation and application of Virtual Building in construction projects. Secondly, the implementation and application of Virtual Building during the preparation phase of the construction project NieuweVoorstad was described and analysed by the case study. Finally, guidelines to realise a considerate implementation and application of Virtual Building in SBV's project organisation during the preparation phase of a following project are developed by comparing theory and practice. Data were collected by interviews with project participants and observations during a couple of weeks within the project team. At that moment Virtual Building was already implemented in the project. The traditional operating procedure during the preparation phase of SBV's project organisation was an important background to realise the described research goals.

Results

From the literature it can be concluded that the implementation methodology developed by Adriaanse (2008; 2009) must be used to realise a considered implementation of ICT in construction projects, because this methodology is specifically developed for this purpose and it contains important change management elements and behaviour theories. Four phases are distinguished in every implementation process, namely: conceptualisation, adoption, implementation and assimilation. Of importance is the adoption phase in which the changes for every user are made explicit. In this way early observation and settlement of barriers is possible. In addition, an implementation strategy and implementation plan must be chosen and developed during this phase. In the literature no optimal strategy for the implementation of ICT in construction projects can be found. A combination of strategies seems to be the best way to realise a broad support for change. Guidelines to realise a considered operating procedure are the minimization of activities which do not add value or realise value loss and considering an operating procedure as a composition of the related elements process, methods, tools and environment which are affected by technology and people.

In the case study less attention was paid to the adoption phase, which resulted in vague goals and conditions among the users and a deviation between the considered and desired application. Subsequently, this endangered the progress of the project and finally the scope of the planned change was decreased. The low attention paid to the adoption phase can be explained by the existence of a demanding actor, a perception of time pressure, the absence of most of the users, lack of knowledge and insight among the available users and the implicit chosen strategy. The case study also indicates that an originated (ad-hoc) strategy can be successful. However, it is important that the strategy is facilitated by the involvement of experts, working in a small team in one room and the avoidance of risks (by choosing a small and feasible scope). Because these facilities contain elements of other strategies, a combined strategy seems to be most suitable. Finally, the case study shows us that pilot projects are partly connected to the actual project, which results in low priority for pilot projects when problems occur.

Confrontation of theory and case study results finally resulted in implementing and operating procedure guidelines for the considerate implementation and application of Virtual Building in SBV's project organisation during the preparation phase of a following/future project. The most important guidelines are described below.

Conclusions and recommendations

SBV must use the developed guidelines to realise a considerate implementation and application of Virtual Building in the project organisation during the preparation phase of a following project. The guidelines are valid for the preparation phase of projects with different contracts. The most important guidelines are:

- Give priority to the generation of object quantities from the 3D-model for preparation (purchase) instead of calculation. This means that one of the conditions must be changed, namely: implementation of means that are tested in practice or with a test during the adoption or adaptation phase.
- Active and accurate execution of the adoption phase with all participants or a representation is vital and this must result in a well known and broadly supported protocol. This protocol must contain a description of the added value, goals, operating procedures, interventions, the planning of the interventions and necessary investments. The steps developed by Adriaanse (2009), the model developed by Adriaanse (2007) and the guidelines developed for a considered operating procedure by this research must be used. Tests of the essential elements of the ICT application and the accompanying operation procedure are also of importance.
- A combination of implementation strategies must be chosen. The originated strategy can be successful if it is facilitated with aspects of the other strategies.
- If Virtual Building is implemented at the start of the preparation phase, the 3D-model must be developed as quickly as possible through the application of a large amount of model capacity ('model-boost') and/or an early start of the development of the 3D-model. In this way, information from the 3D-model can be used at the early start and during the preparation phase. Clarity about the application of the information from the 3D-model and assistance from a project team member responsible for preparation is thereby essential.

Begripsbepaling

Om tot een eenduidige interpretatie van het beschrevene in deze rapportage te komen is het van belang de verschillende gebruikte kernbegrippen te definiëren. In deze begripsbepaling worden de verschillende kernbegrippen en hun bijbehorende definities beschreven.

3D-Model

Een 3D-model is een geometrisch model in de 3 dimensies lengte, breedte en hoogte, gemodelleerd (getekend) met de daarvoor bestemde computersoftware en de basis voor een Bouw Informatie Model (BIM).

Bouw Informatie Model (BIM)

Een Bouw Informatie Model (kortweg BIM) is een 3D-model waaraan objectspecifieke informatie is gekoppeld. Hierdoor is het 3D-model een database geworden in de verschijningsvorm van het bouwwerk, waarin alle data wordt opgeslagen die te maken heeft met het bouwwerk en het tot stand komen van het bouwwerk.

Bouwproces

Het geheel aan activiteiten welke doorlopen moeten worden om een bouwobject te realiseren. Hierin kunnen drie primaire hoofdfuncties worden onderscheiden: programmeren, ontwerpen en uitvoeren. [Wentzel et al., 2005]

B&U

In de Nederlandse bouwsector kunnen een tweetal belangrijke sectoren worden onderscheiden, namelijk de GWW en B&U. B&U is een afkorting voor de term Burger- en Utiliteitsbouw. B&U omvat een groot aantal bouw gerelateerde disciplines zoals de bouw van woningen, appartementen, winkels en kantoren. Meestal wordt de term gebruikt ter onderscheid van de GWW-sector. [Wentzel et al., 2005]

Faalkosten

Faalkosten zijn alle kosten die ten behoeve van het eindproduct zijn gemaakt, ontstaan door vermijdbaar tekortschieten. Faalkosten worden veroorzaakt doordat het bouwproces onnodig inefficiënt verloopt, het eindproduct niet aan de afgesproken kwaliteitseisen voldoet dan wel door het feit dat er zaken moeten worden hersteld of vervangen. [SBR, 2008]

GWW

GWW is een afkorting voor de in de civiele techniek gebruikte term Grond- Weg- en Waterbouw. GWW omvat een groot aantal bouwgerelateerde disciplines zoals de bouw van dijken, bruggen, kanalen en wegen. Meestal wordt de term gebruikt ter onderscheid van de B&U sector. [Wentzel et al., 2005]

Informatie- en Communicatietechnologie (ICT)

Een technologisch systeem voor communicatie, coördinatie, en samenwerking over organisatiegrenzen dat symbolen (representaties) welke (waarschijnlijk) relevant zijn en invloed uitoefenen op sociaal georganiseerd menselijk gedrag in constructieprojecten manipuleert, opslaat en verspreidt. [Adriaanse, 2007]

Strukton Engineering B.V. (SE)

Strukton Engineering B.V. is het ontwerp- en engineeringbureau binnen de Strukton Groep N.V. (kortweg Strukton) en is een bedrijfsonderdeel van de werkmaatschappij Strukton Civiel B.V. (kortweg Strukton Civiel). SE verricht hoofdzakelijk ontwerp- en engineeringwerkzaamheden voor Strukton Civiel.

Strukton Bouw & Vastgoed B.V. (SBV)

Strukton Bouw & Vastgoed B.V. is een werkmaatschappij van Strukton en werkt aan uiteenlopende projecten in de B&U sector vanuit een viertal kernactiviteiten; projectontwikkeling, nieuwbouw en renovatie, verbouw en onderhoud en speciale projecten. SBV richt zich daarom niet alleen op de uitvoering van projecten, maar op het totale bouwproces en de beheersing daarvan.

Virtueel Bouwen

Het proces van uitwisselen van een 3D-model, of onderdelen van een 3D-model, tussen projectpartners ter ondersteuning van coördinatie en overdracht van werkzaamheden in een bouwproject. Het 3D-model is een digitale database, heeft een objectgeoriënteerde representatie en bevat informatie van de levenscyclus van een bouwwerk, welke zowel grafisch als niet-grafisch is.

Werkvoorbereidingsfase

In de werkvoorbereidingsfase wordt de wijze waarop een object moet worden gemaakt bepaald. De werkvoorbereiding houdt onder ander in: het verzamelen van alle benodigde informatie, kiezen van uitvoeringsmethoden, bepalen van de volgorde van werkzaamheden, vaststellen van het gebruik van materieel, ontwikkelen van een gedetailleerde uitvoeringsplanning en eventueel in detail uitwerken van de bestektekeningen. De werkvoorbereidingsfase vindt zowel voorafgaand als tijdens de daadwerkelijke realisatie van een object plaats. [TU Delft, 2009]

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
Samenvatting	6
Summary	9
Begripsbepaling	11
1 Inleiding	16
1.1 Aanleiding	16
1.2 Leeswijzer	17
2 Onderzoeksopzet	18
2.1 Probleemstelling	18
2.2 Doelstelling	19
2.3 Afbakening	19
2.3.1 Scope	19
2.3.2 Resultaat	19
2.4 Onderzoeksvragen	20
2.5 Relevantie	21
2.6 Onderzoeksstrategie	21
2.6.1 Literatuuronderzoek	22
2.6.2 Casusonderzoek	22
2.7 Onderzoeksmodel	23
2.7.1 Onderzoeksfase a (hoofdstuk 3)	23
2.7.2 Onderzoeksfase b (hoofdstuk 4 en 5)	24
2.7.3 Onderzoeksfase c (hoofdstuk 6)	25
3 Theoretisch kader	26
3.1 Werkvoorbereiding	26
3.2 Virtueel Bouwen	27
3.2.1 Voordelen van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	27
3.2.2 Toepassingsmogelijkheden van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	28
3.2.3 Definitie van Virtueel Bouwen in de context van het onderzoek	28
3.3 Toepassing van Virtueel Bouwen in bouwprojecten door actoren	29
3.3.1 Mechanismen, drijfveren en barrières tot het gebruik van ICT door actoren	29
3.3.2 Oplossingsrichtingen om barrières tot het succesvol gebruik van ICT door actoren te slechten	31
3.4 Weloverwogen invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	31
3.4.1 Weloverwogen invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	31
3.4.2 Verschil weloverwogen en bedoelde/werkelijke invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	38
3.4.3 Verschil weloverwogen toepassing en bedoelde toepassing van Virtueel Bouwen in bouwprojecten	39
3.5 Weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen	39
3.6 Resumé	42

4	Traditionele werkwijze werkvoorbereiding SBV.....	45
4.1	Werkwijze projectorganisatie werkvoorbereiding SBV	45
4.1.1	Proces.....	45
4.1.2	Actoren.....	47
4.1.3	Inrichting projectomgeving	48
4.1.4	Methoden en hulpmiddelen.....	49
4.2	Extra aandachtspunten naar aanleiding van de interviews.....	50
4.3	Analyse werkvoorbereiding	51
4.4	Resumé	51
5	Resultaten casestudy NieuweVoorstad	54
5.1	Projectinformatie en inrichting projectorganisatie NieuweVoorstad.....	55
5.1.1	Beschrijving project NieuweVoorstad en projectorganisatie	55
5.1.2	Analyse project NieuweVoorstad en projectorganisatie	56
5.2	Episode 1: Bevindingen Werkgroep van toepassing op project.....	57
5.2.1	Beschrijving episode 1.....	57
5.2.2	Analyse episode 1.....	59
5.3	Episode 2: Opstellen leer- en projectdoelen	62
5.3.1	Beschrijving episode 2.....	62
5.3.2	Analyse episode 2.....	64
5.4	Episode 3: Opzet 3D-model en verhuizing naar projectruimte.....	70
5.4.1	Beschrijving episode 3.....	70
5.4.2	Analyse episode 3.....	73
5.5	Episode 4: Wijziging prioriteiten na problemen	77
5.5.1	Beschrijving episode 4.....	77
5.5.2	Analyse episode 4.....	79
5.6	Episode 5: Introductie Design Review en stopzetten project	82
5.6.1	Beschrijving episode 5.....	82
5.6.2	Analyse episode 5.....	86
5.7	Werkelijke toepassing Virtueel Bouwen NieuweVoorstad	91
5.8	Crossepisode analyse.....	91
5.8.1	Succesfactoren	92
5.9	Resumé	93
6	Richtlijnen implementatie en werkwijze 'volgend' project	97
6.1	Weloverwogen toepassing Virtueel Bouwen.....	97
6.2	Weloverwogen invoering Virtueel Bouwen.....	99
6.2.1	Ideevormingsfase	99
6.2.2	Adoptiefase	100
6.2.3	Implementatiefase	105
6.2.4	Verankeringsfase	107
6.3	Resumé	107

7	Conclusie, aanbevelingen en reflectie	109
7.1	Conclusie.....	109
7.2	Aanbevelingen voor de praktijk.....	113
7.3	Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	115
7.4	Reflectie op het onderzoek.....	116
7.4.1	Invloed onderzoeksmethodiek.....	116
7.4.2	Betrouwbaarheid resultaten	116
7.4.3	Geldigheid resultaten	116
Bronnen.....		117
Literatuur		117
Documenten		119
Internet		120
Personen		120
Bijlage 1: Werkvoorbereiding in het bouwproces		121
Bijlage 2: Oplossingsrichtingen.....		128
Bijlage 3: Stappen fasen invoeringsmethodiek		129
Bijlage 4: Interview werkvoorbereiding Strukton Bouw & Vastgoed		130
Bijlage 5: Tijdslijn invoering Virtueel Bouwen NieuweVoorstad		133
Bijlage 6: Betrokken personen inclusief functies.....		134
Bijlage 7: Partijen projectorganisatie NieuweVoorstad.....		134
Bijlage 8: Omschrijving Autodesk Revit en IBIS4BIM		135
Bijlage 9: Roadmap Virtueel Bouwen SBV (5 juni 2008)		136
Bijlage 10: Leerdoelen Virtueel Bouwen NieuweVoorstad.....		137
Bijlage 11: Opzet project Werkgroepen aan het Werk (WahW)		138
Bijlage 12: Werkelijke toepassing Virtueel Bouwen NieuweVoorstad		141
Bijlage 13: Beschrijving delta's episode 1 t/m 5.....		145
Bijlage 14: Barrières, drijfveren en oplossingen weloverwogen invoering.....		151
Bijlage 15: Interview protocol project NieuweVoorstad intern		152
Bijlage 16: Interview protocol project NieuweVoorstad extern		159

1 Inleiding

In het eerste hoofdstuk wordt ingegaan op de aanleiding van het onderzoek. Allereerst wordt de achtergrond van het onderzoek beschreven en wordt de interesse van SE in het invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen in haar projecten verklaard (paragraaf 1.1). Vervolgens wordt een leeswijzer voor het rapport beschreven (paragraaf 1.2).

1.1 Aanleiding

De Nederlandse bouwsector wordt geconfronteerd met hoge faalkosten. Volgens een onderzoek van USP Marketing Consultancy (2009) werden faalkosten in 2008 als percentage van de omzet geschat op 11,4%. Het EIB heeft het bouwvolume (B&U en GWW) voor 2007 geschat op bijna € 55 miljard, wat betekent dat ongeveer € 6,2 miljard door faalkosten wordt verspild. Volgens SBR (2009) worden faalkosten veroorzaakt doordat het bouwproces onnodig inefficiënt verloopt, het eindproduct niet aan de afgesproken kwaliteitseisen voldoet dan wel door het feit dat er zaken moeten worden hersteld of vervangen.

SE verricht hoofdzakelijk ontwerp- en engineeringwerkzaamheden voor Strukton Civiel, voornamelijk werkzaam in de GWW sector. Projecten in deze sector worden steeds vaker gekenmerkt door een geïntegreerde contractvorm, zoals Design & Construct (D&C), en een multidisciplinair karakter. In dergelijke contractvormen is de opdrachtnemer niet alleen verantwoordelijk voor realisatie, maar ook voor het opstellen van een ontwerp. Door deze veranderingen in de markt worden de projecten steeds complexer en de onzekerheden groter, waardoor de informatiebehoefte toeneemt. Hierbij is sprake van het gelijktijdig ontwerpen door meerdere ontwerpdisciplines en van een verdere integratie van het ontwerp- en uitvoeringsproces. Daarnaast zijn kosten als gevolg van ontwerpfouten, zoals faalkosten, daarmee voor eigen rekening.

In lijn met de huidige bouwsector en recente wetenschappelijke onderzoeken [Adriaanse, 2007; Bogus et al., 2005; Eastman et al., 2008; Gao et al., 2008; Hartmann et al., 2008; Jongeling, 2006; Ku et al., 2008; Manning et al., 2008 en Staub-French et al., 2007] blijkt uit het Meerjarenplan Virtueel Bouwen dat SE het toepassen van Virtueel Bouwen ziet als een belangrijk hulpmiddel om faalkosten te reduceren en het integrale bouwproces te ondersteunen. Dit plan is ontwikkeld door SE in samenwerking met Strukton Civiel en SBV. Tevens blijkt uit ditzelfde plan dat SE de spil wil worden rond Virtueel Bouwen binnen de projecten van Strukton. Momenteel is SE daarom betrokken (zowel direct als adviserend) bij de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in projecten bij verschillende werkmaatschappijen van Strukton, onder andere tijdens de voorbereiding van projecten bij SBV.

De invoering van ICT (waaronder Virtueel Bouwen) tussen organisaties in de bouwsector kan vele voordelen opleveren. Bijvoorbeeld reductie van faalkosten en integratie van het bouwproces (zie bovenstaande alinea). Volgens Adriaanse (2007) blijken deze voordelen slechts onder bepaalde voorwaarden in de praktijk haalbaar te zijn en voldoet ICT veelal niet aan de verwachtingen, omdat het niet op de bedoelde wijze wordt gebruikt. Aan de Universiteit Twente, afdeling Bouw/Infra, is in augustus 2007 daarom een PSIBouw project gestart naar de invoering van ICT (waaronder Virtueel Bouwen) tussen organisaties in bouwprojecten met als titel: *Het slechten van barrières tot ICT gebruik: het mens en organisatie perspectief*. Het doel van dit project is het ontwikkelen en valideren van een concrete invoeringsmethodiek voor de invoering van ICT tussen organisaties in de bouwsector waarmee barrières tot de succesvolle invoering van ICT op voorhand geslecht kunnen worden. [Adriaanse, 2008]

Bovenstaande is aanleiding geweest om in opdracht van SE een onderzoek uit te voeren naar de invoering en het gebruik van Virtueel Bouwen tijdens de voorbereiding van bouwprojecten. Tevens maakt dit onderzoek onderdeel uit van het PSIBouw project, waardoor de invoeringsmethodiek met de verkregen inzichten verder ontwikkelt en aangescherpt kan worden.

1.2 Leeswijzer

Om duidelijkheid te verkrijgen over de context waarbinnen het onderzoek zich afspeelt wordt allereerst in hoofdstuk 2 het onderzoekskader uiteengezet. Hierbij wordt onder meer ingegaan op de probleem- en doelstelling van het onderzoek evenals de onderzoeksvragen en de gehanteerde onderzoeksstrategie om tot de resultaten van het onderzoek te komen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 verder gegaan met het uitwerken van het theoretisch kader van het onderzoek. Hierbij is ondermeer gebruik gemaakt van literatuur over het bouwproces en optimalisatie hiervan, het gebruik van ICT door actoren en veranderkunde. Er wordt ingegaan op de begrippen werkvoorbereiding en Virtueel Bouwen, mechanismen die van invloed zijn op het gebruik van ICT door actoren, richtlijnen voor een weloverwogen invoering van ICT en richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen werkwijze. In hoofdstuk 4 komt de traditionele werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding aan bod. Dit vormt een belangrijke achtergrond bij het uitvoeren van het casusonderzoek in hoofdstuk 5. In dit hoofdstuk is de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in één project tijdens werkvoorbereiding beschreven en geanalyseerd op basis van interviews met de verschillende betrokkenen en een verblijf van een aantal weken tussen het projectteam. Confrontatie van de theorie en praktijk resulteert in hoofdstuk 6 in richtlijnen voor het weloverwogen invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen in een volgend project tijdens werkvoorbereiding. In hoofdstuk 7 wordt afgesloten met de conclusie van het onderzoek. Daarnaast zijn aanbevelingen opgenomen voor zowel de praktijk als voor verder onderzoek en vindt er reflectie plaats op het onderzoek.

2 Onderzoeksopzet

In het voorgaande hoofdstuk is kort de aanleiding van dit onderzoek verklaard. Hoofdstuk 2 bestaat uit verschillende paragrafen waarin de onderzoeksopzet wordt behandeld. Allereerst wordt ingegaan op de probleemstelling van het onderzoek (paragraaf 2.1), gevolgd door de doelstelling van het onderzoek (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 wordt ingegaan op de resultaten van het onderzoek. Vervolgens komen in paragraaf 2.4 de onderzoeksvragen aan bod om de doelstelling van het onderzoek te behalen. In paragraaf 2.5 wordt de relevantie van het onderzoek behandeld voor zowel de wetenschap als de praktijk van Virtueel Bouwen in bouwprojecten. In de onderzoeksstrategie (paragraaf 2.6) wordt de aanpak voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen besproken. Ten slotte wordt de onderzoeksopzet samengevat in het onderzoeksmodel (paragraaf 2.7).

2.1 Probleemstelling

De bouwsector heeft volgens Dawood et al. (2002), Weippert et al. (2002) en Arbulu & Tommelein (2003) een sterk gefragmenteerd karakter in vergelijking met andere construerende industrieën. Het gefragmenteerd karakter kan onder andere verklaard worden door de functionele benadering van bouwprojecten. Volgens Kars en Evers (2001) staat bij een functionele benadering het opknippen van processtromen centraal. Elke fase, projectpartner en discipline in het bouwproces is daardoor sterk gericht op het efficiënt uitvoeren van eigen werkzaamheden. Omdat de samenhang tussen werkzaamheden hierdoor doorsneden is, neemt het belang van een goede coördinatie en juiste overdracht van werkzaamheden toe. [Kars et al., 2001]. Dit maakt volgens Schaap & Bouwman (2006) het proces foutgevoelig, wat leidt tot extra controle en uiteindelijk maakt dit het proces inefficiënt met waardeverlies tot gevolg.

Om de voordelen van het gebruik van ICT tussen partijen in een bouwproject te benutten, wil SE in haar projecten in toenemende mate gebruik gaan maken van Virtueel Bouwen. Uit het Meerjarenplan Virtueel Bouwen van SE uit 2008 blijkt dat het uiteindelijke doel is om alle projectpartners in een project gebruik te laten maken van één centraal BIM volgens het zogenaamde 'Model Server Principe'. Hierbij maken volgens het National Institute of Building Sciences (2007) alle projectpartners gedurende de totale levenscyclus van een bouwproject via internet gebruik van één informatiebron. Hier kunnen zij, onafhankelijk van de door hen gebruikte applicatie, tegelijkertijd informatie ophalen en toevoegen. [National Institute of Building Sciences, 2007] Omdat alle informatie centraal is opgeslagen en bilaterale uitwisseling mogelijk is, werken alle projectpartners met dezelfde en meest recente informatie. Hieruit kan geconcludeerd worden dat SE van een functionele benadering over wil stappen op een procesmatige benadering van projecten met behulp van Virtueel Bouwen.

Volgens Kars en Evers (2006) staat bij de procesmatige inrichting van de projectorganisatie het bewaken van de samenhang tussen opeenvolgende werkzaamheden centraal. Kenmerken van een procesmatige benadering zijn: processtromen, processturing, dynamisch, platte organisatie, resultaatgericht, team en rollen. Met procesgericht werken wordt volgens Kars en Evers (2006) bereikt dat slagvaardigheid, kwaliteit, beheersbaarheid, flexibiliteit en klantgerichtheid wordt verbeterd, terwijl kosten en doorlooptijd worden verlaagd.

Hoewel Virtueel Bouwen in verschillende projecten van Strukton reeds wordt toegepast, is op het moment dat dit onderzoek is geïnitieerd van bovenstaande 'ideale situatie' nog geen sprake. Het BIM waarmee in een aantal projecten van Strukton wordt gewerkt, bestaat ten eerste uit meerdere gedistribueerde databases. Ten tweede zijn vaak slechts een beperkt aantal projectpartners verbonden met het BIM. Ten slotte worden aspecten van Virtueel Bouwen vaak parallel toegepast ter ondersteuning van het traditionele proces. De inzet van Virtueel Bouwen richt zich momenteel daarom voornamelijk op het realiseren van een procesverbetering tussen bepaalde projectpartners en disciplines binnen overwegend functioneel ingerichte projectorganisaties. Met andere woorden, op het ondersteunen van coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen projectpartners en disciplines.

Uit eerder onderzoek binnen SE [Mourik, 2008] en oriënterende gesprekken binnen de organisatie, blijkt dat de toepassing van Virtueel Bouwen in projecten waarbij SE is betrokken wordt geconfronteerd met belemmeringen en barrières. Daarom is er vraag naar duidelijke richtlijnen voor het implementeren en toepassen van Virtueel Bouwen in de projectorganisaties van Strukton. Ook is geconstateerd dat SBV, een belangrijke partner van SE binnen Strukton, een grote toegevoegde waarde ziet in het toepassen van Virtueel Bouwen in de faseovergang ontwerp-uitvoering. Met andere woorden in de fase werkvoorbereiding.

Bovenstaande heeft geleid tot het formuleren van de volgende probleemstelling:

De huidige invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten is onvoldoende onderbouwd en in kaart gebracht, waardoor de coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen disciplines en projectpartners onvoldoende wordt ondersteund.

2.2 Doelstelling

Door richtlijnen op te stellen voor een weloverwogen invoeringen en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens werkvoorbereiding, wordt beoogd om coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen projectpartners en disciplines tijdens deze fase te verbeteren en daarmee faalkosten te reduceren. De doelstelling van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten door het ontwikkelen van richtlijnen voor een werkwijze en een bijbehorende implementatie.

2.3 Afbakening

2.3.1 Scope

De scope van het onderzoek is de projectorganisatie van SBV welke verantwoordelijk is voor de werkvoorbereiding van bouwprojecten. De richtlijnen voor een werkwijze en een bijbehorende implementatie worden daarom ontwikkeld vanuit het oogpunt van deze projectorganisatie en de daarbinnen werkzame disciplines. Er is echter wel sprake van een belangrijk raakvlak met andere projectpartners, namelijk de klant, architect, constructeur, onderaannemers, toeleveranciers en de uitvoerende projectorganisatie. Met deze projectpartners vindt namelijk communicatie en informatie-uitwisseling plaats. Bij het ontwikkelen van de richtlijnen moet hiermee rekening gehouden worden.

Er kunnen drie belangrijke lijnen van interorganisatie ICT in bouwprojecten worden onderscheiden. Dit onderzoek richt zich echter enkel op Virtueel Bouwen middels het gebruik van Building Information Modeling. Dit zijn systemen (3D-modeling, 4D-modeling en nD-modeling) welke gebruikt worden voor het maken van een grafisch model van een bouwwerk. 4D en nD systemen voegen extra dimensies toe aan het 3D systeem, respectievelijk tijd en/of geld. Het model kan zowel grafische als niet-grafische informatie bevatten. [Adriaanse, 2007]

Ten slotte richt het onderzoek zich enkel op projecten uit de B&U sector, omdat SBV voornamelijk werkzaam is in deze sector.

2.3.2 Resultaat

Volgens Estefan (2007) kan een werkwijze worden gedefinieerd als een verzameling van gerelateerde processen, methoden en hulpmiddelen, ondersteund en/of mogelijk gemaakt door een omgeving, welke toegepast kunnen worden op een

verzameling min of meer gerelateerde problemen. Daarnaast worden deze vier onderdelen van een werkwijze beïnvloed door de te gebruiken technologie en betrokken personen [Estefan, 2007]. Er moeten daarom richtlijnen opgesteld worden voor een werkwijze gebaseerd op bovenstaande zes punten.

Volgens Adriaanse (2009) is het bij de implementatie van interorganisatiele ICT in bouwprojecten (waaronder Virtueel Bouwen) van belang dat verschillende stappen expliciet worden doorlopen, waarbij een bepaalde strategie moet worden gehanteerd en oplossingsrichtingen kunnen worden gebruikt. Er moeten daarom richtlijnen voor een implementatie worden opgesteld op basis van te nemen stappen, een te hanteren strategie en te gebruiken oplossingsrichtingen.

2.4 Onderzoeksvragen

Om richtlijnen voor een implementatie en een werkwijze op te stellen om een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van Strukton tijdens werkvoorbereiding te realiseren en hiermee de doelstelling van het onderzoek te behalen, zijn een aantal onderzoeksvragen opgesteld. Deze vallen uiteen in één centrale vraag en acht deelvragen. De onderzoeksvragen zijn als volgt geformuleerd:

Centrale vraag:

Op welke wijze moet middels richtlijnen invulling gegeven worden aan een implementatie en een werkwijze opdat een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten wordt gerealiseerd?

Deelvragen:

1. Wat is de definitie van Virtueel Bouwen in de context van het onderzoek?
2. Wat zijn de kenmerken van de fase werkvoorbereiding in het bouwproces?
3. Welke (sub)mechanismen en daaraan gerelateerde drijfveren en barrières zijn van invloed op het gebruik van ICT door actoren in bouwprojecten?
4. Welke stappen moeten worden doorlopen en welke maatregelen en strategieën kunnen daarbij gehanteerd worden voor het realiseren van een weloverwogen invoering van ICT in bouwprojecten?
5. Wat zijn de kenmerken van een weloverwogen werkwijze?
6. Op welke wijze is de huidige werkwijze van de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten vormgegeven (in termen van processen, methoden, hulpmiddelen en projectomgeving) en wat moet hierin geoptimaliseerd worden?
7. Op welke wijze wordt in de praktijk invulling gegeven aan de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten?
 - a. Welke stappen, maatregelen en strategieën kunnen worden onderscheiden in de bedoelde en werkelijke wijze van invoering van Virtueel Bouwen?
 - b. Wat zijn de oorzaken van het verschil tussen de bedoelde en werkelijke wijze van invoering van Virtueel Bouwen?
 - c. Wat was de bedoelde en werkelijke wijze van toepassing van Virtueel Bouwen in termen van doelen, werkwijze en toegevoegde waarde?
 - d. Wat zijn de oorzaken van het verschil tussen de bedoelde en werkelijke wijze van toepassing van Virtueel Bouwen?
8. Wat zijn richtlijnen voor een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens werkvoorbereiding in een volgend project?

2.5 Relevantie

Ondanks aangetoonde voordelen en succesverhalen lukt het veel organisaties slechts beperkt om de verwachtingen die de invoering van interorganisatiele ICT met zich meebrengt, waar te maken [Adriaanse, 2007]. Volgens Wikforss & Löfgren (2007) bestaat er in de bouwsector in zijn algemeenheid zelfs weerstand tegen de introductie van ICT. Volgens Nitithamyong en Skibniewski (2004) wordt in veel wetenschappelijk onderzoek technologie push ten onrechte als enige succesfactor aangewezen voor het effectief invoeren van nieuwe technologieën zoals interorganisatiele ICT. Adriaanse (2007) stelt bijvoorbeeld dat adoptie en gebruik van interorganisatiele ICT (waaronder Virtueel Bouwen) door de potentiële gebruikers één van de belangrijkste voorwaarden is voor een succesvolle introductie. Daarnaast stelt Ashcraft (2006) dat organisatorische veranderingen een belangrijke voorwaarde zijn voor het efficiënt en effectief toepassen van Virtueel Bouwen. Voor het weloverwogen toepassen van Virtueel Bouwen is het daarom noodzakelijk om kennis en inzicht te ontwikkelen met betrekking tot (wetenschappelijke relevantie):

- De dynamiek rond coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen disciplines en projectpartners in bouwprojecten;
- De dynamiek rond het gebruik van interorganisatiele ICT door actoren in bouwprojecten;
- Verander- en implementatieprocessen binnen en tussen organisaties.

Door bovenstaande kennis en inzicht wordt voorkomen dat een verandering onvoldoende wordt onderbouwd en in kaart gebracht en de invoering van Virtueel Bouwen daardoor leidt tot teleurstellingen en onjuiste verwachtingen. Maar juist leidt tot een verbetering van de coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen projectpartners en disciplines, waardoor uiteindelijk de noodzakelijke reductie van faalkosten en integratie van het bouwproces wordt gerealiseerd (maatschappelijke relevantie).

Dit onderzoek resulteert in meer kennis en inzicht op bovenstaande gebieden, waarbij meer specifiek is ingezoomd op de projectorganisatie van een aannemer tijdens de voorbereiding van bouwprojecten. Dit kan door SBV en SE gebruikt worden in volgende projecten bij de implementatie van Virtueel Bouwen in hun eigen projectorganisatie verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. Daarnaast kan SE dit gebruiken bij haar adviserende functie om Virtueel Bouwen te implementeren in projectorganisaties binnen of tussen de werkmaatschappijen van Strukton.

Daarnaast wordt de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek gespiegeld aan de praktijk. Dit resulteert in aanscherping van de methodiek (wetenschappelijke relevantie). Deze methodiek kan door betrokken partijen in het bouwproces gebruikt worden bij het implementeren van ICT in projectorganisaties (maatschappelijke relevantie).

Om tot resultaten te komen, wordt gebruik gemaakt van een onderzoeksstrategie en dit wordt besproken in de volgende paragraaf.

2.6 Onderzoeksstrategie

De keuze van een onderzoeksstrategie bepaalt de wijze waarop het onderzoek wordt uitgevoerd. Bij de keuze voor een onderzoeksstrategie moeten een aantal afwegingen in ogenschouw genomen worden: breedte of diepgang, kwantificering of kwalificering en empirisch of bureauonderzoek [Verschuren & Doorewaard, 2005]. Elke onderzoeksstrategie bestaat uit een combinatie van de hierboven beschreven afwegingen. Om de opgestelde onderzoeksvragen te beantwoorden is gekozen voor het uitvoeren van een casusonderzoek. Hierin ligt de nadruk op diepgang en kwalificering. Het casusonderzoek wordt voorafgegaan door een literatuurstudie. Deze literatuurstudie wordt uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van het onderzoeksveld. Daarnaast wordt een referentiekader ontwikkeld dat gebruikt kan worden bij het casusonderzoek tijdens het empirische gedeelte van dit onderzoek. Het literatuuronderzoek wordt verder toegelicht in paragraaf 2.6.1.

Een casestudy wordt uitgevoerd wanneer er sprake is van “hoe” en “waarom”-vragen [Yin, 2002]. De reden om in dit onderzoek te kiezen voor een casestudy is dat door het uitvoeren van een casusonderzoek er een diepgaand inzicht verkregen kan worden in de wijze waarop processen zich in de praktijk voltrekken en waarom ze zich zo en niet anders afspelen [Verschuren & Doorewaard, 2005]. In dit onderzoek betreft het de wijze waarop invulling is gegeven aan de implementatie en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. De opzet van het casusonderzoek wordt verder toegelicht in paragraaf 2.6.2.

2.6.1 Literatuuronderzoek

Allereerst wordt aan de hand van literatuur over Virtueel Bouwen een definitie gegeven van Virtueel Bouwen in de context van het onderzoek. Daarna wordt aan de hand van literatuur met betrekking tot het bouwproces invulling gegeven aan de term “werkvoorbereiding” en de verschillende kenmerken. Ook is het van belang om inzicht te verkrijgen in de mechanismen die van invloed zijn op het gebruik van ICT door actoren, en meer specifiek Virtueel Bouwen, in bouwprojecten op basis van de theorie. Vervolgens wordt er gekeken naar de stappen, strategieën en maatregelen voor het succesvol doorlopen van een veranderproces. Ten slotte wordt ingegaan op de kenmerken van een weloverwogen werkwijze, waarbij onder andere de ‘nieuwe productiefilosofie’ wordt behandeld. Aan de hand van de literatuur worden uiteindelijk richtlijnen gegenereerd voor een implementatie en een werkwijze om een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten te realiseren. Deze richtlijnen worden vervolgens gebruikt bij de analyse in het casusonderzoek.

2.6.2 Casusonderzoek

Door de beperkte onderzoekstijd en de beschikbaarheid van geschikte cases is uiteindelijk één casusonderzoek uitgevoerd. Namelijk het project NieuweVoorstad in Nijmegen. De selectie van de cases dient zorgvuldig plaats te vinden, voornamelijk om te voorkomen dat na dataverzameling blijkt dat de case geen antwoord kan geven op de onderzoeksvragen. De selectie van de cases wordt onder andere bepaald door de doelstelling en de onderzoeksvragen. Hieronder volgen enkele voorwaarden waaraan de cases dienen te voldoen:

- Er moeten aspecten van Virtueel Bouwen worden toegepast tussen verschillende disciplines of projectpartners in de projectorganisatie;
- Virtueel Bouwen wordt toegepast ten behoeve van werkvoorbereiding;
- Het moet mogelijk zijn om enige tijd te verblijven tussen de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor de werkvoorbereiding. De fase werkvoorbereiding mag daarom nog niet afgerond zijn.

Cases verschillen, in alle waarschijnlijkheid, in context waardoor de generaliseerbaarheid van de resultaten toeneemt [Yin, 2003]. Yin (2003) is daarom een voorstander voor het gebruik van meerdere cases, al zijn het er maar twee. Volgens Dyer & Wilkins (1991) worden door het uitvoeren van een diepteonderzoek binnen één case resultaten zorgvuldiger opgesteld, omdat de bijbehorende context in acht genomen wordt. Binnen de enkelvoudige casestudy kunnen nieuwe theoretische relaties gevonden worden en oude relaties betwist [Dyer et al., 1991]. Eisenhardt & Graebner (2007) geven aan dat meervoudige casestudies normaal gesproken renderen in meer robuuste, generaliseerbare en testbare theorie dan enkelvoudige case studies.

Omdat er gewerkt wordt met slechts één onderzoekseenheid kan er gebruik worden gemaakt van kwalitatieve onderzoeksgegevens. Door gebruik te maken van kwalitatieve data kan er een goede beeldvorming ontstaan van de onderliggende dynamiek van gebeurtenissen voor de beschrijving van oorzaak- en gevolgrelaties [Eisenhardt, 1989]. Voor het verkrijgen van de onderzoeksgegevens is er gebruik gemaakt van face-to-face interviews, observaties op locatie en documentenonderzoek.

Het werken op locatie maakt dat er een gedetailleerde waarneming ontstaat van de werkelijkheid. Na verloop van tijd wordt de onderzoeker gezien als onderdeel van het projectteam, waardoor meer informatie kan worden verkregen, door onder andere informele gesprekken.

Om een goed beeld te krijgen van de case zijn interviews afgenomen met alle leden van het projectteam binnen SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. Ook zijn interviews afgenomen met personen die geen onderdeel uitmaakten van het projectteam, maar wel betrokken waren bij de invoering en het toepassen van Virtueel Bouwen in het project, waaronder één van de projectpartners. Door het uitvoeren van interviews met alle betrokkenen kunnen eventuele interpretatieverschillen van bijvoorbeeld gemaakte afspraken naar voren komen.

Omdat tevens een inhoudsanalyse van tekstueel materiaal heeft plaatsgevonden, is sprake van methoden- en bronnentriangulatie, waardoor de validiteit van het onderzoek gewaarborgd is.

2.7 Onderzoeksmodel

In bovenstaande paragrafen zijn verschillende onderdelen van de opzet van dit onderzoek beschreven. Om te voorzien in een duidelijk overzicht wordt in deze paragraaf het onderzoeksmodel kort beschreven. Tevens worden nog enkele niet beschreven onderwerpen behandeld. Het onderzoeksmodel, Figuur 1, is een schematische weergave van het doel van het onderzoek en de globale stappen die gezet moeten worden om dit doel te bereiken. Het onderzoeksmodel geeft een helder beeld van de aard van het onderzoek en het te verwachten resultaat.

De visualisatie die in het model is gemaakt moet als volgt worden gelezen, de verticale lijnen staan voor de “confrontatie” en de horizontale lijnen voor “gevolgtrekking”. Middels letters (tussen haakjes) worden de verschillende fasen van het onderzoek aangeduid. Hierna wordt het onderzoeksmodel per fase beschreven.

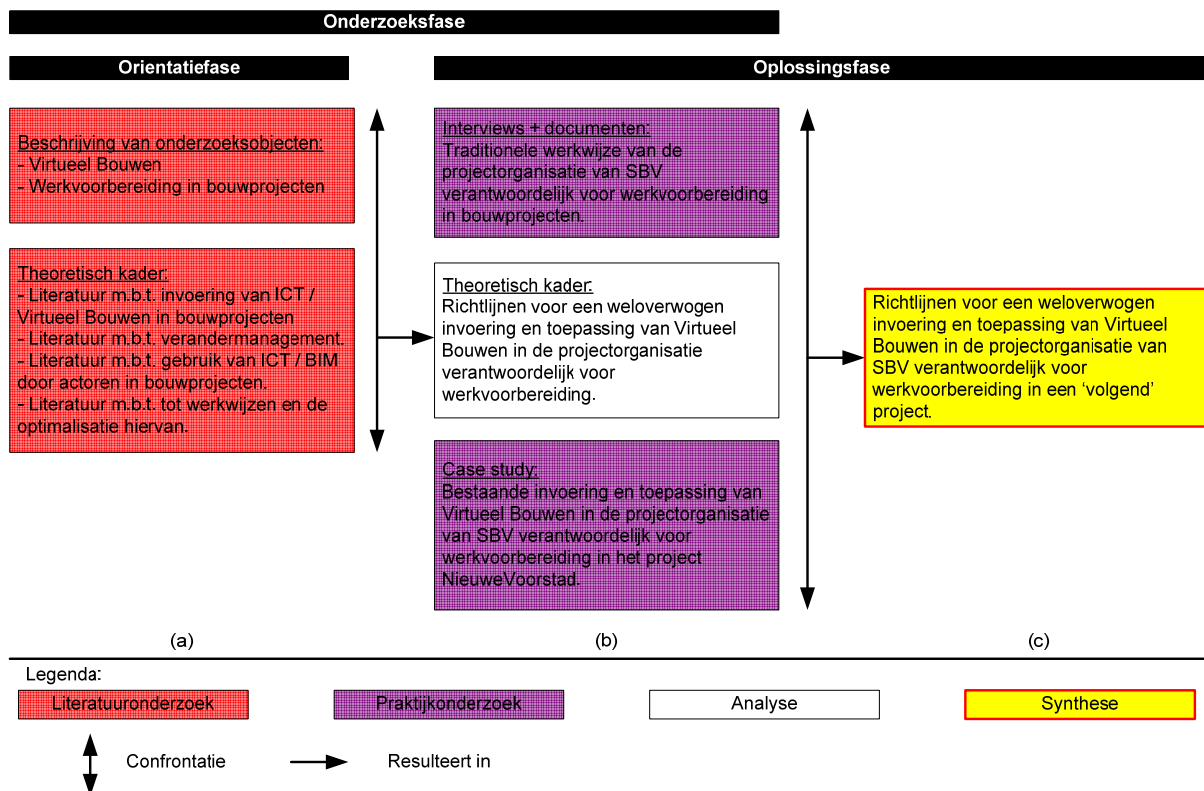
2.7.1 Onderzoeksfase a (hoofdstuk 3)

Het onderzoek start met een literatuuronderzoek waarin zoals beschreven een tweedeling kan worden onderscheiden, namelijk een beschrijving van de onderzoeksobjecten en een theoretisch kader. Met de richtlijnen uit het theoretisch kader kan de huidige werkwijze tijdens werkvoorbereiding en de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de praktijk geanalyseerd worden.

Met betrekking tot invoering en toepassing van Virtueel Bouwen worden in dit onderzoek een viertal niveaus onderscheiden, namelijk: vooraf, bedoeld, werkelijk, en weloverwogen. Deze niveaus zijn weergegeven in onderstaande Figuur 2. Het toepassen van Virtueel Bouwen is in een project op een bepaalde manier bedoeld door de betrokkenen. De werkelijke toepassing hoeft uiteindelijk niet hetzelfde te zijn als de bedoelde situatie. Dit kan hierin zowel in positieve als in negatieve zin van afwijken. Omdat naar een verandering gekeken wordt, is ook sprake van een situatie voorafgaand aan deze verandering.

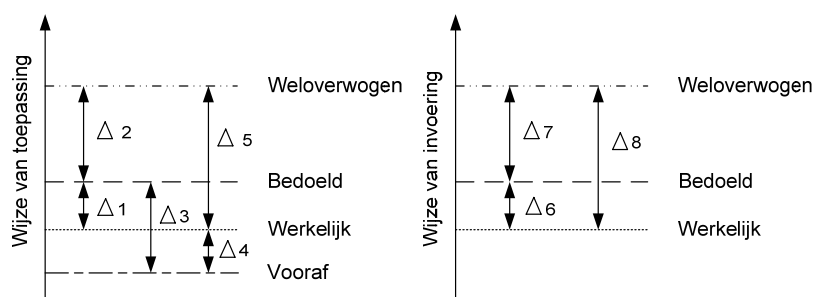
De wijze van invoering van Virtueel Bouwen is weloverwogen als het werkelijke invoeringsproces gelijk is aan, of beter is dan, het bedachte invoeringsproces. Hierbij wordt rekening gehouden met de gegeven context, waarbij zoveel mogelijk barrières worden weggenomen en drijfveren worden gestimuleerd, zodat een weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen wordt gerealiseerd. De wijze van toepassing van Virtueel Bouwen is weloverwogen als de werkelijke toepassing gelijk is aan, of beter is dan, de bedoelde toepassing in termen van vooraf gestelde doelen, bedachte werkwijzen en toegevoegde waarde.

Tussen de toepassing en invoering van Virtueel Bouwen ligt een directe relatie. De invoering bepaald namelijk in grote mate de werkelijke toepassing. Aan de andere kant wordt de optimale wijze van invoering bepaald door de bedoelde toepassing.



Figuur 1: Onderzoeksmodel

Aan de hand van het theoretisch kader moet voor de delta's 1, 2, 7 en 8 in Figuur 2 een verklaring en/of oplossingsrichting gevonden worden. Tevens moet de weloverwogen wijze van invoering, de weloverwogen wijze van toepassing en de situatie vooraf in kaart gebracht worden. Bij deze laatste twee niveaus wordt voornamelijk gefocust op de verandering die het toepassen van Virtueel Bouwen idealiter moet realiseren.



Figuur 2: Wijze van toepassing en invoering Virtueel Bouwen

2.7.2 Onderzoeksfase b (hoofdstuk 4 en 5)

Vervolgens wordt in fase b de daadwerkelijke invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de voorbereiding van bouwprojecten in kaart gebracht door middel van een enkelvoudige casestudy naar het project NieuweVoorstad. Aan de hand van de casestudy worden de bedoelde en werkelijke invoering en toepassing van Virtueel Bouwen beschreven en geanalyseerd. Daarnaast worden de verschillen tussen de werkelijke en bedoelde invoering (Δ6), de werkelijke en optimale invoering (Δ8) en het bedoelde en werkelijke gebruik (Δ1) beschreven en geanalyseerd. Voorafgaand aan de casestudy worden de traditionele werkwijzen (vooraf, zonder Virtueel Bouwen) van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor de werkvoorbereiding van bouwprojecten in kaart gebracht. Dit geschiedt

middels face-to-face interviews met representatieve personen uit een dergelijke projectorganisatie en een documentenonderzoek naar het KAM-systeem. Hierbij worden zowel traditionele als geïntegreerde projecten beschouwd, om te achterhalen in hoeverre er verschillen bestaan in de werkwijzen afhankelijk van het type contract. Dit levert belangrijke inzichten op met betrekking tot de toepasbaarheid van de uiteindelijke resultaten.

Door de werkwijze vooraf in kaart te brengen kunnen tijdens de casestudy de veranderingen als gevolg van de bedoelde en uiteindelijk werkelijke toepassing ($\Delta 3$ en $\Delta 4$) van Virtueel Bouwen inzichtelijk worden gemaakt. Tevens maakt dit inzichtelijk welke veranderingen de toepassing van Virtueel Bouwen idealiter moet realiseren.

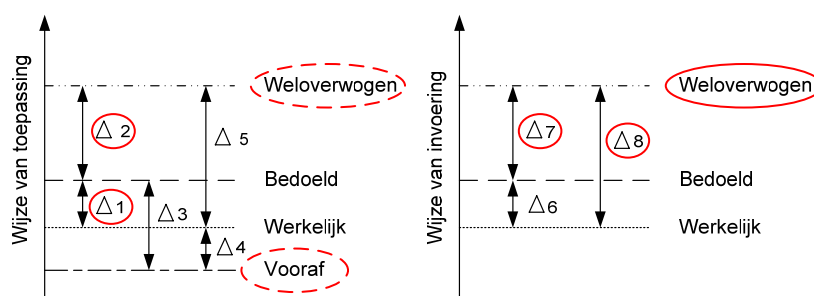
Het uiteindelijke resultaat van deze fase is inzicht in de wijze waarop SBV invulling heeft gegeven aan de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie verantwoordelijk voor de voorbereiding van een bouwproject.

2.7.3 Onderzoeksfase c (hoofdstuk 6)

In onderzoeksfase c worden de (theoretische) richtlijnen uit het theoretisch kader voor het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen geconfronteerd met de werkelijke invoering en toepassing van Virtueel Bouwen. Dit moet uiteindelijk resulteren in richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding in een 'volgend' project. Volgend in die zin dat de tijd terug wordt gedraaid en het project NieuweVoorstad zich nogmaals afspeelt, met daarbij de kanttekening dat voortschrijdend inzicht opgedaan tijdens het project meegenomen wordt. De richtlijnen worden opgesteld voor een 'volgend' project, omdat te voorkomen dat de bevindingen uit hun context worden geplaatst.

3 Theoretisch kader

In dit hoofdstuk vindt de uitwerking plaats van het theoretisch kader en wordt inzicht gegeven in enkele begrippen welke in de onderzoeksopzet in hoofdstuk 2 naar voren zijn gekomen. Voor het belang van het vervolg van dit onderzoek is het noodzakelijk om duidelijkheid te hebben over deze begrippen en hoe door de wetenschap tegen de problematiek wordt aangekeken. In dit onderzoek ligt de focus op invoering en toepassen van Virtueel Bouwen tijdens de werkvoorbereiding van bouwprojecten. Daarom wordt in de paragrafen 3.1 en 3.2 ingegaan op respectievelijk de termen “werkvoorbereiding” en “Virtueel Bouwen”. Ook is het van belang om inzicht te verkrijgen in de mechanismen die van invloed zijn op het gebruik van ICT door actoren, en meer specifiek Virtueel Bouwen, in bouwprojecten. Dit wordt behandeld in paragraaf 3.3. Vervolgens wordt er in paragraaf 3.4 gekeken naar de stappen, strategieën en maatregelen voor het weloverwogen doorlopen van een veranderproces. Daarna wordt in paragraaf 3.5 ingegaan op de kenmerken van een weloverwogen werkwijze, waarin onder andere wordt ingegaan op de ‘nieuwe productiefilosofie’. De bevindingen uit de literatuurstudie worden samengevat in paragraaf 3.6. Dit wordt vervolgens onder andere gebruikt bij de analyse in de casestudy in hoofdstuk 5 en bij het opstellen van richtlijnen in hoofdstuk 6 voor het weloverwogen invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen tijdens werkvoorbereiding in een ‘volgend’ project. Samengevat wordt aan de hand van literatuur een (gedeeltelijke) verklaring of oplossingsrichting gegeven voor de rood gearceerde onderdelen in Figuur 3.



Figuur 3: Onderdelen literatuuronderzoek

3.1 Werkvoorbereiding

In deze paragraaf worden kort de kenmerken van de fase werkvoorbereiding in het bouwproces besproken. Deze paragraaf is de conclusie van bijlage 1, waarin de kenmerken (bouwproces, projectpartners, bouworganisatievormen, verantwoordelijkheidsverdeling, projectorganisatie, input, output en werkzaamheden) van de werkvoorbereidingsfase uitvoerig worden besproken. Indien anders vermeld is onderstaande paragraaf gebaseerd op Pijpers & Wouden (2004).

Doel van de werkvoorbereiding is het tot in detail uitwerken van het gerealiseerde ontwerp van een te bouwen object en het nemen van beslissingen met betrekking tot uitvoeringsmethoden en de bijbehorende productiemiddelen, opdat planning van construerende en ondersteunende uitvoeringswerkzaamheden mogelijk is. De primaire werkzaamheden welke worden verricht tijdens de fase werkvoorbereiding zijn:

- Opstellen van een werkbegroting;
- Opstellen van een uitvoeringsplanning;
- Realiseren van werk- en productietekeningen;
- Controleren van consistentie tussen bestek en bestekstekeningen en tussen onderdelen van deze documenten onderling.

Werktekeningen zijn vaak door de architect, in samenwerking met adviseurs, gemaakte tekeningen en staten. Hierin zijn bepaalde facetten van het ontwerp zodanig uitgewerkt dat zij voldoende duidelijk inzicht in de beoogde uitvoering van het ontwerp bieden. Productietekeningen zijn door de aannemer of derden gemaakte tekeningen en staten. Zij worden gebruikt bij de fabricage of productie van onderdelen van het werk of bij vervaardiging van tijdelijke constructies of hulpconstructies.

Van origine maakt de architect de werktekeningen en controleert de aannemer, in de persoon van de werkvoorbereider, of deze consistent, uitvoerbaar en conform het bestek zijn. Tegenwoordig worden deze tekeningen in toenemende mate gerealiseerd door de aannemer zelf. Zij worden vervolgens gecontroleerd door de architect of andere adviseurs.

Voor het documenteren van alle product- en procesinformatie moet een groot aantal producten gerealiseerd worden en hiervoor zijn volgens Laufer et al. (1993) een groot aantal verschillende informatiedragers noodzakelijk. Tevens blijkt verbale en informele communicatie erg belangrijk voor het respectievelijk overdragen van alle informatie en het oplossen van problemen [Laufer et al., 1993].

Werkvoorbereiding vindt plaats voorafgaand aan de daadwerkelijke uitvoering van een bouwproject en loopt door tijdens uitvoering. In traditionele contracten start werkvoorbereiding na afronding van de ontwerpfase en gunning van het project. In een bouwteamovereenkomst wordt uitvoeringsexpertise van de aannemer meegenomen tijdens de ontwerpfase en/of bij het voorbereiden van het bestek. In geïntegreerde contracten kunnen de werkzaamheden voor werkvoorbereiding al starten tijdens de ontwerpfase.

Alle partijen in het bouwproces (opdrachtgever, gebruiker, architect, adviseur, aannemer, onderaannemer, toeleverancier en overheid) zijn betrokken tijdens werkvoorbereiding. In traditionele projecten is de hoofdaannemer verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. In geïntegreerde projecten ligt dit bij de opdrachtnemer. Meestal is dit eveneens de hoofdaannemer. Tevens spelen onderaannemers en toeleveranciers een belangrijke rol, aangezien zij in deze fase definitief worden verworven.

Binnen de projectorganisatie van een aannemer wordt volgens Laufer et al. (1993) een speciaal opgezet projectteam belast met de werkvoorbereiding van een specifiek project. Een dergelijk projectteam bestaat hoofdzakelijk uit werkvoorbereiders.

3.2 Virtueel Bouwen

In deze paragraaf wordt kort de voordelen en toepassingsmogelijkheden van Virtueel Bouwen in bouwprojecten besproken. Daarnaast wordt een definitie gegeven voor Virtueel Bouwen in de context van het onderzoek.

3.2.1 Voordelen van Virtueel Bouwen in bouwprojecten

Zoals reeds beschreven wordt de bouwsector geconfronteerd met hoge faalkosten, welke het gevolg zijn van een inefficiënt bouwproces en een slechte kwaliteit van het eindproduct. Volgens Dainty et al. (2006) worden de slechte prestaties van de bouwsector veroorzaakt door slechte communicatie, fragmentatie en het gebrek aan integratie tussen ontwerp en productie processen. Zoals beschreven worden opdrachtnemers als gevolg van verschuivingen in de markt genooddaakt om deze faalkosten te reduceren en een integratie van het bouwproces te realiseren.

Volgens Kumar & Van Dissel (1996), Martins et al. (2004) en Montoya-Weiss et al. (2001) wordt door het gebruik van interorganisatiele ICT coördinatie, samenwerking en communicatie tussen twee of meer organisaties ondersteund, omdat integrale werkmethoden mogelijk worden gemaakt. Volgens Adriaanse (2007) ontstaat als gevolg van het gebruik

van interorganisatie ICT een procesintegratie. Deze integratie kan enorme voordelen opleveren, zoals hergebruik van gegevens, beter inzicht in processen en bouwobjecten en reductie van faalkosten [Adriaanse, 2007].

Meer specifiek leidt het toepassen van Virtueel Bouwen volgens Staub-French & Khanzode (2007), Manning & Messner (2008), Hartmann & Fischer (2008), Gao & Fischer (2008) en Jongeling (2006) tot een verhoogde efficiëntie van het bouwproces en een (kwalitatief) beter eindproduct. Daarnaast is het toepassen van Virtueel Bouwen volgens Manning & Messner (2008), Ku et al. (2008), Bogus et al. (2005) en Eastman et al. (2008) een effectieve manier om integratie tussen partijen in het bouwproces te realiseren. Meer specifiek biedt dit volgens Jongeling (2006) de mogelijkheid om een geïntegreerd ontwerpproces te realiseren.

Gao & Fischer (2008) stellen dat toepassing van Virtueel Bouwen in zowel de ontwerpfase, werkvoorbereidingsfase als uitvoeringsfase van bouwprojecten leidt tot voordelen. Toepassing tijdens werkvoorbereiding leidt volgens hen (Ibid.) altijd tot indirecte voordelen maar slechts soms tot directe voordelen. Directe en indirecte voordelen zijn volgens Gao & Fischer (2008) het gevolg van respectievelijk verbeterde processen en een beter eindproduct.

3.2.2 Toepassingsmogelijkheden van Virtueel Bouwen in bouwprojecten

Volgens Manning & Messner (2008) is er sprake van een sterke variatie in toepassing van Virtueel Bouwen en bestaat er hieromtrent geen overeenstemming. Volgens Gao & Fischer (2008) ontstaat deze variatie door de verschillende drijfveren van project stakeholders, karakteristieken van een bouwproject en de projectfase waarin Virtueel Bouwen wordt toegepast. Virtueel Bouwen wordt voornamelijk toegepast voor (1) de interactie met non-professionals zoals klanten, (2) ontwerpcoördinatie, (3) het produceren van 2D-tekeningen en (4) het plannen van de uitvoering. Volgens Aouad et al. (2005) en Gao & Fischer (2008) kunnen echter extra aspecten onderdeel uitmaken van Virtueel Bouwen waardoor het onder andere ook toegepast kan worden voor het genereren van bouwkosten.

Uit de toepassingsmogelijkheden van Virtueel Bouwen kan geconcludeerd worden dat de primaire werkzaamheden tijdens de werkvoorbereidingsfase (controleren van consistentie tussen bestek en tekeningen, genereren van werk- en productietekeningen, opstellen van een uitvoeringsplanning en opstellen van een werkbegroting) middels het toepassen van Virtueel Bouwen kunnen worden ondersteund.

3.2.3 Definitie van Virtueel Bouwen in de context van het onderzoek

Definities voor Virtueel Bouwen lopen uiteen en daarnaast worden termen door elkaar gebruikt. Een veel gebruikte term voor Virtueel Bouwen is BIM. BIM is bijvoorbeeld een afkorting voor Bouw Informatie Model, maar ook voor Building Information Modeling. Dit kan zoals reeds eerder beschreven verklaard worden door de sterke variatie in toepassing van Virtueel Bouwen.

Het NBIMS Executive Committee (2007) definieert BIM bijvoorbeeld als volgt: *“Building Information Modeling (BIM) is een digitale representatie van fysieke en functionele kenmerken van een gebouw en daaraan gerelateerde project en levenscyclus informatie conform open industrie standaarden voor het ondersteunen van besluitvorming en daarmee het realiseren van meerwaarde.”*

Schaap & Bouwman (2006) hanteren echter de volgende definitie voor BIM: *“Een informatiestructuur waarin de facetten van functie, ruimte, materie, eisen, kosten en tijd in onderlinge samenhang zijn verwerkt, vormt het uitgangspunt voor het ontwerp- en bouwproces. De term Bouw Informatie Model is synoniem met Product Model en wordt ook wel afgekort tot BIM. Het BIM is een informatiemodel waarmee een informatiesysteem wordt ingericht. Het BIM is ook de basis voor uitwisseling van informatie en samenwerking.”*

Strukton definieert Virtueel Bouwen als: *“het digitaal simuleren van het integrale bouwproces met als doel om vooraf knelpunten te signaleren, vast te leggen en op te lossen. Het 3D model staat hierbij centraal en is in het ideale geval opgewerkt tot Bouw Informatie Model (BIM). Het 3D object is 1:1 met de werkelijkheid en is daarmee de relatie met de echte wereld.”*

Hoewel er geen eenduidige definitie bestaat voor Virtueel Bouwen, zijn er wel een aantal belangrijke overeenkomsten tussen de verschillende definities. Belangrijkste overeenkomst zijn twee hoofdaspecten die kunnen worden onderscheiden, namelijk: 3D-model en proces. Deze aspecten kunnen op basis van de definities en de context van het onderzoek als volgt omschreven worden:

1. Het 3D-model kan omschreven worden aan de hand van vier kenmerken:
 - Digitale standaard database;
 - Objectgeoriënteerde representatie;
 - Informatie van de levenscyclus van een bouwwerk;
 - Grafische en niet-grafische informatie.
2. Het proces kan omschreven worden als het uitwisselen van het 3D-model, of onderdelen van het 3D-model, tussen disciplines en projectpartners ter ondersteuning van coördinatie en overdracht van werkzaamheden.

3.3 Toepassing van Virtueel Bouwen in bouwprojecten door actoren

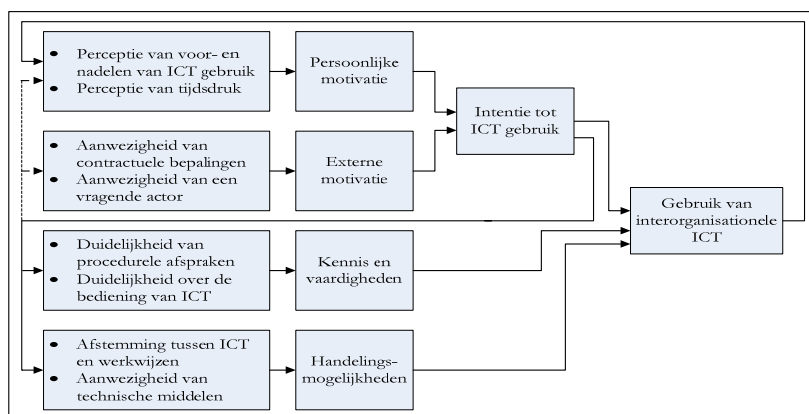
In deze paragraaf wordt achterhaald welke aspecten van belang zijn bij de toepassing van ICT door actoren, en meer specifiek Virtueel Bouwen, in bouwprojecten. Met andere woorden, de mechanismen en daaraan gerelateerde drijfveren en barrières welke van invloed zijn op het gebruik van Virtueel Bouwen door actoren in bouwprojecten worden in kaart gebracht. Aan de hand van deze inzichten kan verklaard worden waarom de werkelijke toepassing afwijkt van de bedoelde toepassing. Tevens kan de bedoelde toepassing door de inzichten beoordeeld worden op invoerbaarheid.

3.3.1 Mechanismen, drijfveren en barrières tot het gebruik van ICT door actoren

Adriaanse (2007) stelt dat één van de belangrijkste voorwaarden voor het succesvol introduceren van interorganisatiele ICT is dat het wordt geadopteerd en gebruikt door de potentiële gebruikers. Daarnaast stelt Adriaanse (2007) dat organisaties altijd handelen middels personen die handelen namens de organisatie. De manier waarop actoren handelen in een bouwproject is dus fundamenteel voor het slagen of falen van interorganisatiele ICT.

Door Adriaanse (2007) is een theoretisch model ontwikkeld (zie Figuur 4) waarmee inzichtelijk kan worden gemaakt welke barrières en drijfveren tot het bedoelde gebruik van interorganisatiele ICT (waaronder Virtueel Bouwen) door actoren aanwezig zijn. Het model kan daarmee gebruikt worden bij de invoering van Virtueel Bouwen, omdat het kan bijdragen aan het bepalen van de invoerbaarheid van de bedoelde toepassing. Tevens kan het gebruik van ICT door actoren tijdens de looptijd van een bouwproject verklaard worden door middel van het model [Adriaanse, 2007]. Aan de hand van het model kunnen daarom de overeenkomsten en/of verschillen tussen de bedoelde en werkelijke toepassing van Virtueel Bouwen door actoren in bouwprojecten verklaard worden.

Volgens Adriaanse (2007) wordt het werkelijke gebruik van interorganisatiele ICT in bouwprojecten beïnvloed door een viertal mechanismen, namelijk: persoonlijke motivatie, externe motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Deze mechanismen worden volgens Adriaanse (2007) beïnvloed door een achttal submechanismen. De mechanismen en submechanismen staan omschreven in Tabel 1, waarbij tevens wordt aangegeven of dit een drijfveer en/of barrière is tot het gebruik van ICT.



Figuur 4: Mechanismen tot gebruik van interorganisatie ICT in bouwprojecten [Adriaanse, 2007]

Mechanisme, submechanisme	Omschrijving
Intentie tot ICT gebruik	De intentie beïnvloedt zowel het gebruik van ICT als de barrières tot het bedoelde gebruik van ICT. Actoren zullen proberen zowel eigen barrières als die voor anderen te overwinnen.
1. Persoonlijke motivatie	De mate waarin actoren bereidt zijn om interorganisatie ICT zelf te gebruiken. De persoonlijke motivatie beïnvloedt zowel de bereidheid van actoren om ICT te gebruiken als de bereidheid tot het doen van investeringen om barrières tot het bedoelde ICT gebruikt te overwinnen.
1a. Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik	De mate waarin actoren het gebruik van ICT ervaren als een voordeel en/of een nadeel. Als actoren ervaren dat er veel voordelen zijn (en geen, of weinig, nadelen) zal dit de persoonlijke motivatie positief beïnvloeden. Echter, het ervaren van veel nadelen zal de persoonlijke motivatie negatief beïnvloeden. Dit submechanisme kan zowel een barrière als een drijfveer zijn tot het gebruik van ICT.
1b. Perceptie van tijdsdruk	De mate waarin actoren een bepaalde tijdsdruk ervaren bij het gebruik, of bij de overweging tot gebruik, van ICT. Een hoge mate van ervaren tijdsdruk zal de persoonlijke motivatie als gevolg van de positieve ervaringen met het gebruik van BIM temperen. Echter, een beperkte mate van ervaren tijdsdruk reduceert de persoonlijke motivatie dat gebruik van ICT strikt noodzakelijk is. Dit submechanisme is enkel een barrière tot het gebruik van ICT.
2. Externe motivatie	De mate waarin actoren door anderen worden gedwongen om ICT te gebruiken. Externe motivatie beïnvloedt zowel het gebruik van ICT als de investeringen met betrekking tot tijd en geld om de barrières tot het bedoelde gebruik van ICT te overwinnen.
2a. Aanwezigheid van contractuele bepalingen	De mate waarin actoren gedwongen worden om ICT te gebruiken of andere communicatiemiddelen omdat dit is voorgeschreven in het contract. Externe motivatie is aanwezig als ICT is voorgeschreven. Als ICT niet is voorgeschreven, is er ook geen sprake van externe motivatie. Het voorschrijven van alleen communicatiemiddelen anders dan ICT is ook een barrière tot het gebruik van ICT.
2b. Aanwezigheid van een vragende actor	De mate waarin een andere actor oproept tot bepaalde acties (bijvoorbeeld het gebruiken van ICT of juist het niet gebruiken van ICT) en de mate waarin dit andere actoren beïnvloedt. Als aan actoren wordt gevraagd ICT te gebruiken en als deze oproep invloed op hen heeft, dan is externe motivatie aanwezig. Geen oproep of geen invloed leidt tot afwezigheid van externe motivatie. Een actor welke oproept tot het niet gebruiken van ICT kan echter ook een barrière zijn tot het gebruik van ICT als de oproep invloed heeft op andere actoren.
3. Kennis en vaardigheden	De mate waarin actoren beschikken over kennis en vaardigheden om ICT te gebruiken. Als dit beperkt is, belemmeren actoren zelf het gebruik van ICT.
3a. Duidelijkheid van procedurele afspraken	De mate waarin actoren begrijpen hoe ze moeten handelen met betrekking tot de ICT applicatie (welke informatie moet met wie worden gecommuniceerd, in welke vorm en wanneer) en de acties om het bedoelde gebruik van ICT te ondersteunen. Dit begrip kan hoog of laag zijn, resulterende in een voldoende of beperkte hoeveelheid kennis en vaardigheden om ICT te gebruiken. Dit submechanisme is enkel een barrière tot het gebruik van ICT.
3b. Duidelijkheid over de bediening van ICT	De mate waarin actoren begrijpen hoe ze met de ICT applicatie moeten werken. Dit begrip kan hoog of laag zijn, resulterende in een voldoende of beperkte hoeveelheid kennis en vaardigheden om ICT te gebruiken. Dit submechanisme is enkel een barrière tot het gebruik van ICT.
4. Handlingsmogelijkheden	De mate waarin actoren de mogelijkheid hebben om ICT op de bedoelde wijze te gebruiken. Wanneer deze handlingsmogelijkheden beperkt zijn, is ICT niet in staat om de werkwijzen van de betrokken actoren te ondersteunen.
4a. Afstemming tussen ICT en werkwijzen	De mate waarin ICT is afgestemd op de werkwijzen van actoren in de projectorganisatie. Deze afstemming kan hoog of laag zijn, resulterende in situaties waarin actoren in staat zijn, of niet in staat zijn, om de ICT op de bedoelde wijze te gebruiken. Dit submechanisme is enkele een barrière tot het gebruik van ICT.
4b. Aanwezigheid van technische middelen	De mate waarin technische aspecten actoren belemmeren in het gebruik van ICT op de bedoelde wijze. De beschikbaarheid van technische middelen kan hoog of laag zijn, resulterende in situaties waarin actoren in staat zijn, of niet in staat zijn, om ICT op de bedoelde wijze te gebruiken. Dit submechanisme is enkel een barrière tot het gebruik van ICT.

Tabel 1: Omschrijving van de mechanismen en submechanismen [Adriaanse, 2007]

Op basis van bestaande theorieën over adoptie en gebruik van ICT, namelijk 'Unified Theory of Acceptance and Usage of Technology' (UTAUT), 'Theory of Planned Behaviour' (TPB) en het 'Technology Acceptance Model' (TAM) is door Adriaanse (2007) ook het element 'intentie tot ICT gebruik' toegevoegd aan het model. Volgens Adriaanse (2007) is de intentie tot ICT gebruik niet alleen van invloed op het gebruik van ICT, maar is het ook een belangrijke motivator om barrières te overwinnen. Wanneer deze motivatie erg groot is, zullen actoren interventies invoeren in zowel hun eigen ICT gebruik als dat van anderen. Verder kan uit het model afgeleid worden dat gebruik van interorganisationale ICT invloed heeft op de persoonlijke motivatie als gevolg van positieve of negatieve ervaringen.

Volgens Adriaanse (2007) moet Virtueel Bouwen anders gepositioneerd worden binnen de dimensies van de mechanismen dan andere vormen van ICT welke hier verder niet behandeld worden. Het leren toepassen en doorgronden van applicaties welke gebruikt worden voor Virtueel Bouwen is bijvoorbeeld lastiger doordat een andere manier van werken en denken nodig is. Dit resulteert volgens Adriaanse (2007) in een tweetal belangrijke consequenties: (1) actoren moeten meer tijd besteden aan het leren gebruiken van deze applicaties en (2) betrokken actoren hebben vaker een vervormd beeld van de voordelen die deze applicaties kunnen bieden.

3.3.2 Oplossingsrichtingen om barrières tot het succesvol gebruik van ICT door actoren te slechten

In het promotieonderzoek van Adriaanse (2007) zijn oplossingsrichtingen ontwikkeld waarmee barrières tot het succesvol gebruik van interorganisationale ICT in bouwprojecten geslecht kunnen worden. Deze oplossingsrichtingen komen voort uit praktijkonderzoeken en interviews en zijn weergegeven in bijlage 2. De oplossingsrichtingen kunnen gebruikt worden bij het bepalen van het bedoelde gebruik om zo barrières tot het succesvol gebruik van ICT op voorhand te slechten.

Door Adriaanse (2009) wordt de toepasbaarheid en toegevoegde waarde van deze oplossingsrichtingen in de praktijk getoetst. Met de (impliciete) toepassing van oplossingsrichtingen kunnen de overeenkomsten en/of verschillen tussen de bedoelde en werkelijke toepassing van Virtueel Bouwen door actoren in bouwprojecten verklaard worden.

3.4 Weloverwogen invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten

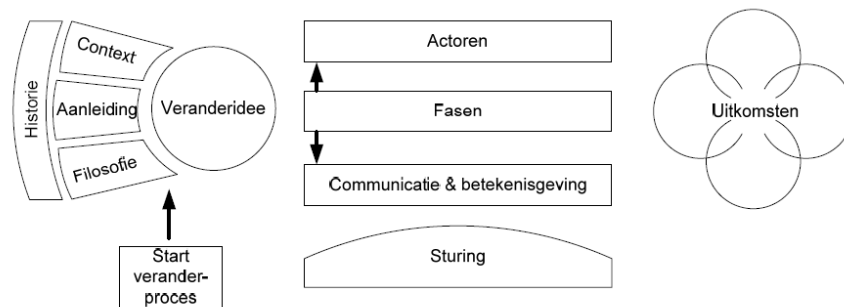
Doel van deze paragraaf is het inzichtelijk maken van de richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen invoeringsproces van Virtueel Bouwen in bouwprojecten. Haug et al. (2007) stellen dat bij de invoering van ICT zich veel complicaties voordoen, wat vervolgens resulteert in bijstelling van het ambitieniveau. Volgens Staub-French & Khanzode (2007) en Gao & Fischer (2008) moeten alle (belangrijke) disciplines in het bouwproces Virtueel Bouwen op de bedoelde wijze toepassen om de voordelen die dit kan opleveren te benutten. Dit impliceert dat goed en zorgvuldig nagedacht moet worden over de wijze waarop men Virtueel Bouwen wil invoeren en toepassen in een bouwproject.

3.4.1 Weloverwogen invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten

Het invoeren van Virtueel Bouwen kan worden gezien als een veranderproces. De veranderekunde houdt zich bezig met het onderzoek naar dergelijke veranderprocessen. Een veranderproces bestaat uit een serie stappen welke moeten worden doorlopen voor het succesvol realiseren van een verandering. Bij het doorlopen van deze stappen kan een bepaalde strategie worden gehanteerd.

Caluwé & Vermaak (1999) gaan enkel uit van geplande veranderingen, ofwel veranderingen waarbij de veranderaar de toekomst niet aan het lot overlaat, maar er (enige) mate van sturing aan wil of kan geven. De invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in een projectorganisatie wordt daarom gezien als een geplande verandering. Volgens Caluwé & Vermaak (1999) bestaat een geplande verandering uit zes hoofdbestanddelen: historie, actoren, fasen, communicatie en betekenisgeving, sturing en uitkomsten. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 5. Tussen de start van een nieuwe verandering en de eventuele uitkomst loopt een verbindende weg, waarop actoren al communicerend stappen nemen. In

deze paragraaf worden de verschillende hoofdbestanddelen van een geplande verandering behandeld en komen tevens strategieën voor het doorlopen van de verandering aan bod.



Figuur 5: Bestanddelen van een veranderproces [Caluwé et al., 1999]

Fasering

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) zijn inhoudelijke activiteiten een belangrijk onderdeel van de weg tussen historie en uitkomst, maar vormen deze geen homogene ononderbroken stroom. Inhoudelijke activiteiten kunnen namelijk onderverdeeld worden in verschillende fasen. Door Adriaanse (2008 en 2009) is een invoeringsmethodiek ontwikkeld voor interorganisationale ICT in bouwprojecten en deze kent vier verschillende fasen welke gebaseerd zijn op Swanson & Ramiller (2004):

1. Ideevormingsfase;
2. Adoptiefase;
3. Implementatiefase;
4. Assimilatie- of verankeringsfase.

Het heterogene en onderbroken karakter van de inhoudelijke activiteiten wordt verder bevestigd door de kanttekeningen welke Adriaanse (2009) plaatst bij de ontwikkelde invoeringsmethodiek, namelijk: de invoering van interorganisationale ICT kan binnen elke fase stranden, organisaties (en actoren) hoeven zich niet in dezelfde fase van het invoeringsproces te bevinden, en verschillende onderdelen van ICT kunnen zich in verschillende fasen bevinden.

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) is het van groot belang om voorafgaand aan veranderingen verschillende fasen te onderscheiden, omdat dit de slaagkans van de veranderingen ten goede komt. Hieraan liggen twee redenen ten grondslag:

- het gericht verhogen van de overzichtelijkheid en structurering van veranderingstrajecten door het stapsgewijs opsplitsen van activiteiten. Elke stap helpt bovendien met het (inhoudelijk) focussen op de volgende stap;
- het gericht verhogen van de effectiviteit van de veranderingen door het tijd besteden aan reflectie: eerst denken en dan doen. Veranderen is geen kunstje, maar een kunde, waarin elke stap helpt om de haalbaarheid, de samenhang van stappen erop te ontwerpen. Het procesmatig focussen, hetgeen missers en frustratie beperkt.

[Caluwé et al., 1999]

In onderstaande alinea's worden de verschillende fasen uit de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek verder toegelicht. In bijlage 3 zijn stappen gedefinieerd om de vier fasen weloverwogen te kunnen doorlopen. In deze stappen wordt getracht de barrières die kunnen optreden in een fase te slechten. Volgens Adriaanse (2008) kan door grondig doorlopen van deze stappen na een kritische analyse weloverwogen overgegaan worden naar een volgende fase.

Naast de barrières binnen de mechanismen uit het model van Adriaanse (2007) worden door Adriaanse (2008) op basis van Adriaanse (2007) een tiental andere barrières onderscheiden die op kunnen treden bij het invoeren van interorganisationale ICT in bouwprojecten, namelijk:

1. Onvoldoende kennis van ICT mogelijkheden en bijbehorende algemene voordelen;
2. Onvoldoende kennis van kansen en uitdagingen in specifieke praktijksituatie;
3. Onvoldoende toegevoegde waarde van ICT in de specifieke praktijksituatie;
4. Onvoldoende draagvlak om middelen (tijd, geld) te investeren in invoering van ICT;
5. Onvoldoende kennis van de invoering van ICT in de specifieke praktijksituatie;
6. Onvoldoende mogelijkheden om ICT succesvol in te voeren;
7. ICT wordt niet op de bedoelde manier gebruikt;
8. Missen van nieuwe kansen ten aanzien van het gebruik van ICT;
9. Vasthouden aan ideeën ten aanzien van het gebruik van ICT die niet blijken te werken;
10. Ontstaan van een nieuwe, niet bedoelde en niet gewenste digitale werkwijze.

Ideevormingsfase

In deze fase worden de kansen en uitdagingen in het specifieke project en de mogelijkheden van interorganisationale ICT en bijbehorende algemene voordelen passief of actief met elkaar vergeleken [Rogers, 1995 en Swanson et al., 2004]. Deze fase kan primair gestuurd zijn vanuit een projectbehoefte (pull), vanuit ICT mogelijkheden (push), of vanuit beiden [Cooper et al., 1990]. Om naar de adoptiefase over te gaan is het uiteindelijk van belang dat er draagvlak bestaat om hier middelen (tijd, geld) in te investeren. [Adriaanse, 2009].

Caluwé & Vermaak (1999) noemen deze fase de diagnosefase, waarin helder gemaakt moet worden wat precies het probleem is. Hiermee worden problemen aan het einde van het proces voorkomen, zoals tijdgebrek of aanpak van het verkeerde probleem.

De houding van een organisatie ten aanzien van interorganisationale ICT wordt niet altijd op basis van eigen afwegingen gevormd. De houding kan volgens Adriaanse (2008) sterk bepaald worden door adviseurs, verkopers en verhalen van andere organisaties. Dit wordt door Swanson & Ramiller (2004) het 'mode fenomeen' genoemd.

In de ideevormingsfase moeten volgens Adriaanse (2008) barrière 1 t/m 4, hierboven weergegeven, geslecht worden.

Adoptiefase

Doel van de adoptiefase is om tot een besluit te komen om interorganisationale ICT wel of niet te gaan implementeren [Rogers, 1995]. Om tot een adoptiebeslissing te kunnen komen worden de toegevoegde waarde van interorganisationale ICT in het project en de uitdagingen bij de implementatie gedetailleerd beoordeeld. Hierbij spelen zowel rationele als politieke overwegingen een rol [Cooper et al., 1990 en Swanson et al., 2004]. Volgens Adriaanse (2008) wordt op basis van deze overwegingen een implementatiestrategie bepaald en een concreet implementatieplan opgesteld. Bij een positieve beoordeling van de toegevoegde waarde en kansen op een succesvolle implementatie, wordt besloten over te gaan tot de implementatiefase [Adriaanse, 2008].

Daarnaast stelt Adriaanse (2008) dat actoren ook gedwongen kunnen worden tot de implementatie van ICT door andere organisaties of het management van de eigen organisatie. Rogers (1995) spreekt in dat verband over 'mandates for adoption'. Ook in dat geval is het echter belangrijk om een implementatiestrategie te bepalen en een implementatieplan op te stellen [Adriaanse, 2008].

Caluwé & Vermaak (1999) onderscheiden twee fases, welke binnen de hierboven beschreven fase passen. Ten eerste de strategiefase, waarin een strategie gekozen moet worden voor de verandering. Vervolgens het opstellen van een

implementatieplan, waarin duidelijk wordt hoe de verandering gesegmenteerd en gefaseerd wordt tot iets consistentes en haalbaars.

In de adoptiefase moeten volgens Adriaanse (2008) barrière 1 t/m 6, weergegeven op pagina 33, geslecht worden.

Implementatiefase

Volgens Adriaanse (2008) is het doel van de implementatiefase om interorganisationale ICT daadwerkelijk in te voeren in een project. Deze fase bestaat volgens Adriaanse (2008) uit twee deelfasen welke, deels parallel, uitgevoerd kunnen worden.

1. Aanpassingsfase: Fase waarin de invoering van interorganisationale ICT fysiek wordt vormgegeven volgens het eerder bepaalde implementatieplan. De volgende activiteiten kunnen daarbij van belang zijn: (1) het selecteren van een ICT applicatie, (2) het ontwikkelen, installeren en onderhouden van ICT, (3) het ontwikkelen of aanpassen van procedures en werkwijzen en (4) het trainen van potentiële gebruikers [Adriaanse, 2008].
2. Acceptatiefase: Fase waarin gebruikers bewogen worden tot het accepteren van de nieuwe ICT applicatie en bijbehorende procedures en werkwijzen. Aan het eind van deze fase wordt interorganisationale ICT binnen het project geaccepteerd, mogelijk na herziening van eerder gemaakte keuzes aan de hand van geïdentificeerde nieuwe kansen of belemmeringen [Adriaanse, 2008].

Adriaanse (2008) stelt dat activiteiten uit de aanpassingsfase deels in de adoptiefase plaats kunnen vinden om een duidelijker beeld te krijgen van de kansen op een succesvolle implementatie.

Tyre en Orlikowski (1994) stellen dat in de eerste weken nadat nieuwe ICT wordt gebruikt een verandering succesvol vormgegeven zou moet worden. Zij (Ibid.) noemen deze eerste weken 'windows of opportunity'.

In de implementatiefase moeten volgens Adriaanse (2008) barrière 7 t/m 10, weergegeven op pagina 33, en de barrières binnen de mechanismen uit het model van Adriaanse (2007) geslecht worden.

Assimilatie- of verankeringsfase

Adriaanse (2007) toont aan dat het invoeringstraject na verloop van tijd altijd naar de assimilatiefase overgaat. Er ontstaat een (nieuwe) routinematige manier van werken in het project waarbinnen de geïmplementeerde ICT een rol speelt. ICT hoeft hierbij echter niet op de bedoelde manier gebruikt te worden.

Doel van de assimilatiefase is om te komen tot routinematig gebruik van interorganisationale ICT in het project waarbij het gebruik van ICT wordt gezien als een 'normale' activiteit [Cooper et al., 1990 en Swanson et al., 2004]. In deze fase vinden eventueel nog kleine aanpassingen plaats om ICT beter binnen het project te laten functioneren. Aan het eind van deze fase wordt ICT volgens Adriaanse (2008) routinematig gebruikt en worden de voordelen van het gebruik van ICT benut.

In de assimilatiefase moeten volgens Adriaanse (2008) barrière 7 t/m 10, weergegeven op pagina 33, en de barrières binnen de mechanismen uit het model van Adriaanse (2007) geslecht worden.

Implementatiestrategieën en Implementatieplan

In de adoptiefase van de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek wordt een implementatiestrategie bepaald en een concreet implementatieplan ontwikkeld. Dit gebeurt op basis van een inschatting van de toegevoegde waarde en de uitdagingen van de invoering van ICT. De eerder beschreven oplossingsrichtingen kunnen gebruikt worden bij het ontwikkelen van een implementatieplan om zo barrières tot het succesvol gebruik van ICT op voorhand te slechten. Volgens Adriaanse (2009) bestaat het implementatieplan in ieder geval uit een beschrijving van: toegevoegde waarde,

doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen.

Strategie	Basiskeuze t.a.v. de te hanteren strategie
Gepland vs. ontstaand	- Gepland: vooral geschikt bij een stabiele omgeving en een eenvoudige verandering. Een geplande verandering is echter nodig om draagvlak op beslissingsniveau te verkrijgen. - Ontstaand: vooral geschikt bij een turbulente omgeving en een complexe verandering. - <u>Ideale aanpak</u>: kies voor een geplande aanpak, maar sta open voor nieuwe inzichten. Knip de verandering eventueel op in delen (zie evolutionaire strategie) om de complexiteit van de deelveranderingen te reduceren (en daarmee geschikter te maken voor de geplande strategie). Eventueel kan ook gekozen worden voor een ontstaande benadering in een 'schaduwomgeving'. Deze oplossing heeft echter niet de voorkeur omdat deze kostbaar is en de nieuwe ontwikkeling niet een volwaardige plaats inneemt in de praktijksituatie. Mocht toch voor een 'schaduwomgeving' gekozen worden, dan is het belangrijk dat de praktijksituatie zoveel mogelijk gevolgd wordt en dus als een representatieve 'showcase' kan worden gezien.
Evolutionair vs. revolutionair	- Evolutionair: stap voor stap wordt een (radicale) verandering doorgevoerd. - Revolutionair: een (radicale) verandering wordt in een korte tijdsperiode doorgevoerd. Een revolutionaire verandering betekent: hoge risico's en direct hoge kosten. Deze strategie is alleen aan te raden wanneer er weinig tijd beschikbaar is en wanneer er geen andere keus is (de radicale verandering is van levensbelang, wordt voorgeschreven, of is niet in delen te implementeren). - <u>Ideale aanpak</u>: kies waar mogelijk voor een evolutionaire strategie omdat hier de risico's van de verandering kleiner zijn en de verandering beter te beheersen is. Tevens is de (eerste) verandering sneller voor te bereiden en worden de eerste voordelen van de verandering eerder zichtbaar. Nadeel is wel dat er tijdelijke deeloplossingen gecreëerd worden met minder voordelen dan de situatie waarin de volledige verandering is doorgevoerd.
Bottom-up vs. top-down	- Bottom-up: er wordt draagvlak op de werkvloer gecreëerd door het betrekken van de werkvloer bij de implementatie. Daarnaast wordt kennis van de werkvloer gebruikt om de implementatie vorm te geven. Het betrekken van de werkvloer kost wel relatief veel tijd. - Top-down: er wordt draagvlak bij het management gecreëerd door het betrekken van het management bij de implementatie. Daarnaast wordt (integrale) kennis c.q. visie van het management gebruikt om de implementatie vorm te geven. - <u>Ideale aanpak</u>: combineer waar mogelijk beide strategieën. Soms zal een top-down strategie noodzakelijk zijn omdat het aan de tijd ontbreekt om de werkvloer bij de verandering te betrekken. Anderzijds kan het voorkomen dat een verandering alleen maar 'top-down' ingevoerd kan worden.
Snel vs. langzaam	- Snel: geschikt bij een simpele verandering en noodzakelijk wanneer weinig tijd beschikbaar is. - Langzaam: geschikt bij een complexe verandering en mogelijk wanneer veel tijd beschikbaar is. - <u>Ideale aanpak</u>: afhankelijk van de situatie. Bij complexe veranderingen die in korte tijd doorgevoerd moeten worden dient (1) tevens gekozen te worden voor een evolutionaire strategie of (2) een terugvaloptie beschikbaar te zijn en middelen gereserveerd te zijn om in te kunnen grijpen wanneer de verandering niet succesvol geïmplementeerd kan worden.

Tabel 2: Implementatiestrategieën [Adriaanse, 2009]

Door Adriaanse (2009) worden een viertal implementatiestrategieën onderscheiden: gepland vs. ontstaand, evolutionair vs. revolutionair, bottom-up vs. top-down en snel vs. langzaam (zie Tabel 2). Deze strategieën zijn opgesteld op basis van theoretische uitgangspunten [Beer et al., 2000; Burnes, 2004; Fichman et al., 1999; Higgs et al., 2005; Orlikowski, 1993] aangevuld en aangescherpt met ervaringen uit praktijkcases. Adriaanse (2009) stelt dat combinaties van strategieën mogelijk, en vaak zelfs wenselijk, zijn. Zowel tussen als binnen de beschreven strategiegroepen.

Het invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen in bouwprojecten kan gezien worden als een technologische innovatie. Er bestaan verschillende innovatietypologieën, maar een veel gehanteerde onderverdeling in onderzoeken naar innovaties in de bouwsector is volgens Taylor (2005) incrementeel vs. fundamenteel (evolutionair vs. revolutionair). Volgens Taylor (2005) moeten alle partijen welke betrokken zijn in een bepaald project bij het realiseren van een fundamentele innovatie extra tijd en geld investeren om wederzijdse afstemming te bewerkstelligen. De omvang van deze investeringen is een functie van de organisatorische variatie, de mate van onderlinge afhankelijkheid tussen organisaties, de mate van

contractuele grenzen tussen organisaties en het aantal betrokken organisaties. De bouwsector wordt volgens Taylor (2005) gekenmerkt door kortetermijnrelaties (grote organisatorische variatie), grote onderlinge afhankelijkheid, sterke contractuele kaders en een groot aantal betrokkenen in de productieketen. Fundamentele innovaties in de bouwsector gaan daarom gepaard met grote investeringen en zijn derhalve moeilijk te realiseren. Taylor (2005) stelt daarom dat nieuwe technologieën welke processen tussen verschillende disciplines of organisaties in de bouwsector veranderen, zoals Virtueel Bouwen, incrementeel geïmplementeerd moeten worden. Dit sluit aan bij bevindingen van Hartmann, Gao & Fischer (2008) welke onderzoek hebben uitgevoerd naar de toepassing van Virtueel Bouwen in 26 bouwprojecten. In projecten waar Virtueel Bouwen succesvol werd toegepast, bleek dit veelal van toepassing op één enkel aspect.

Caluwé & Vermaak (1999) onderscheiden vijf verschillende betekenissen van het woord veranderen. Elke betekenis gaat gepaard met een achterliggende manier van denken over veranderen. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in het kleurenmodel waarin elke kleur een bepaalde veranderingsstrategie vertegenwoordigt. De verschillende veranderstrategieën vertonen veel overlap met de door Adriaanse (2009) ontwikkelde implementatiestrategieën. In tegenstelling tot Adriaanse (2009) stellen Caluwé & Vermaak (1999) dat de keuze voor één kleur de grootste kans op succes oplevert.

Historie voorafgaand aan een veranderidee

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) start een verandering niet vanzelf maar gaat er een voorgeschiedenis aan vooraf. Deze voorgeschiedenis, of historie, is van grote invloed op het veranderidee, het betekent namelijk de mogelijke start van een nieuwe verandering.

Deze voorgeschiedenis kan gezien worden als de 'motor' of 'bron' die eraan bijdraagt dat de noodzaak of wenselijkheid van de verandering zichtbaar kan worden. Volgens Caluwé & Vermaak (1999) kunnen de volgende 'motoren' schuilgaan achter één en dezelfde verandering:

- Er is sprake van schaarste en de organisatie die zich beter aanpast aan zijn omgeving is in staat meer van die schaarste naar zich toe te trekken;
- Organisaties maken een soort 'natuurlijke ontwikkelingsgang' door. Een organisatie wordt geboren, groeit, oogst en sterft. Maar ze kan zich in een laatste stadium ook weer vernieuwen;
- Betrokkenen zijn ontevreden of verlangen naar verandering;
- Nieuwe denkbeelden doen hun intrede welke bestaande denkbeelden ter discussie stellen.

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) kunnen drie groepen invloedsfactoren worden onderscheiden welke gezien kunnen worden als de 'brandstof' voor de bovenstaand beschreven 'motoren':

- Context: de context is te beschouwen als de feitelijke kenmerken die ten grondslag kunnen liggen aan een veranderidee, zowel in de omgeving als in de historie;
- Aanleiding: de aanleiding is te beschouwen als 'emotionele' kenmerken die ten grondslag liggen aan een veranderidee. Alle feiten die deel uitmaken van de context, zijn nog niet per definitie genoeg om veranderingen 'op de agenda te krijgen'. Het lijkt nodig dat er initiatiefnemers zijn die binnen de gegeven context kenmerken van de organisatie als ongewenst ervaren;
- Filosofieën: de filosofieën van de betrokkenen zijn te beschouwen als de betekenisgevende kenmerken die ten grondslag liggen aan een veranderidee. De gedachte is dat context of aanleidingen pas een veranderidee zullen opleveren als de initiatiefnemers daar betekenis aan hechten.

Het in kaart brengen van de historie welke vooraf is gegaan aan het ontstaan van een veranderidee heeft volgens Caluwé & Vermaak (1999) een aantal toepassingen:

- Het helpt inzicht te vergaren in de logica van een verandering (context);
- Het dient als checklist om te onderkennen of er wel mensen binnen de organisatie zijn voor wie de verandering belangrijk is (aanleiding);
- Het helpt om disfunctionele overtuigingen of visies op het spoor te komen (filosofie).

Uitkomsten (doel) van een veranderproces

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) is een verandering te beschouwen als het realiseren of het mogelijk maken van (beoogde) uitkomsten. Initiatiefnemer(s) hebben in het begin enig idee wat deze uitkomsten zouden moeten zijn. Soms is dat idee echter ontdaan van beheersmatige pretenties. Er is een veranderidee vooraf dat richtinggevend is, dat gaandeweg concreter wordt en dat moet lijken op de werkelijke uitkomsten aan het eind van het traject.

Door Caluwé & Vermaak (1999) is een generalistisch model ontwikkeld voor het benoemen van (beoogde) uitkomsten. Het model is opgebouwd uit vier soorten kenmerken: (1) kenmerken van productie, diensten en bedrijfsprocessen, (2) kenmerken van inrichting en besturing, (3) kenmerken van interactie en (4) kenmerken van mensen. Het model heeft volgens Caluwé & Vermaak (1999) een drietal toepassingen:

1. Het model is een hulpmiddel om vooraf te brainstormen over uitkomsten. Het levert 'taal' om uitkomsten te benoemen;
2. Het model kan helpen eenzijdigheid bij veranderingen te voorkomen, het is een middel voor reflectie;
3. Het model kan helpen om onderlinge verbanden te zien tussen kenmerken, om te discussiëren over wat middel en wat doel is en om te prioriteren tussen verschillende beoogde uitkomsten.

Volgens De Caluwé en Vermaak (1999) helpt het model om kenmerken van uitkomsten helder te krijgen. Dit vormt een belangrijke stap in het veranderproces, omdat elk veranderidee zijn eigen aanpak in de rest van het veranderproces vereist. Het voorkomt daarmee ook allerlei problemen. Dit sluit aan bij de ontwikkelde invoeringsmethodiek door Adriaanse (2009). Hierin wordt namelijk tijdens de adoptiefase met het door Adriaanse (2007) ontwikkelde theoretische model (zie Figuur 4) het verwachte ICT gebruik door actoren in bouwprojecten bepaald. Hiermee kunnen vooraf barrières worden geïdentificeerd.

Rollen van actoren in een veranderproces

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) is het gezichtspunt van actoren en hun interactie een onomstreden bestanddeel van veranderingsprocessen. In het verloop van veranderprocessen kunnen een zevental rollen worden onderscheiden, namelijk: (1) initiatiefnemer(s), (2) sponsor(s), (3) regisseur, (4) medestander(s), (5) trekker(s), (6) uitvoerder(s) en (7) slachtoffer(s).

De verandering start met een initiatiefnemer met een veranderidee die dit op de agenda zet. De initiatiefnemer gaat op zoek naar sponsors die met hun formele of informele macht de verandering helpen legitimeren of doen gedogen. Indien dit niet voor de hand ligt, gaan de initiatiefnemer en de sponsor op zoek naar een regisseur binnen of buiten de organisatie. De regisseur is het veranderkundig geweten en zet de verandering op, stimuleert de uitvoering, bewaakt de voortgang en deelt deze verantwoordelijkheid met medestanders en naarmate de aanpak duidelijk omschreven kan worden met trekkers.

De rollen hebben een bepaalde indeling en gaande het veranderproces groeit het aantal betrokkenen. De ordening is volgens Caluwé & Vermaak (1999) een goed hulpmiddel om noodzakelijke bijdragen in het proces te benoemen en te organiseren en om rolvermenging te voorkomen waar deze niet gewenst is. Staub-French & Khanzode (2007) stellen dat één persoon of organisatie verantwoordelijk moet worden gemaakt voor het invoeren van Virtueel Bouwen in een bouwproject en het coördineren hiervan. Dit komt overeen met de door Caluwé & Vermaak (1999) geïdentificeerde rol van de regisseur.

Communicatie en betekenisgeving

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) zijn veranderingsprocessen een dialoog tussen betrokkenen, waarin een smalle en een brede benadering kan worden onderscheiden. De smalle benadering richt zich volgens Caluwé & Vermaak (1999) op communicatie over het veranderproces. Volgens deze benadering moet communicatie als instrument ingezet worden naast het eigenlijke veranderproces. De brede benadering richt zich volgens Caluwé & Vermaak (1999) op communicatie binnen het veranderproces. Volgens deze benadering draagt communicatie de verandering.

Volgens Caluwé & Vermaak (1999) moet zowel communicatie over als communicatie binnen de verandering een integraal onderdeel zijn van elk interventieplan. Communicatie over de verandering is tevens erg belangrijk voorafgaand aan de daadwerkelijke verandering.

Sturing

Caluwé en Vermaak (1999) stellen dat sturing in een veranderingsproces noodzakelijk is om alle onderdelen van een verandering mogelijk te maken en als geheel te laten werken. Sturing kan ontsporing van een veranderingstraject voorkomen en het effect van het veranderingstraject kan bewijsbaar of aantoonbaar gemaakt worden [Caluwé et al. 1999]. Sturing is volgens De Caluwé en Vermaak (1999) mogelijk omdat een geplande verandering veronderstelt dat er bewust interventies kunnen worden gepleegd. Sturing kan op veel verschillende niveaus tegelijk plaatsvinden en in essentie komt het neer op het installeren van feedback en feedforward cycli met zowel een korte als lange tijdshorizon. In de sturingscyclus moeten volgens Caluwé & Vermaak (1999) drie aspecten worden afgewogen, voordat men weer (met een volgende fase) aan de slag gaat:

1. Bepaling van de voortgang van de verandering;
2. Herbezinning op de uitkomst van de veranderingen;
3. Herplannen van het veranderproces;

Bovenstaande twee aspecten, communicatie & betekenisgeving en sturing, komen duidelijk terug in het door Adriaanse (2009) ontwikkelde stappenplan om de implementatie van ICT weloverwogen te doorlopen (zie bijlage 3) en de door Adriaanse (2007) ontwikkelde oplossingsrichtingen (zie bijlage 2). Per oplossingsrichting is aangegeven of deze betrekking heeft op communicatie & betekenisgeving of op sturing. Sturing speelt voornamelijk een belangrijke rol in de implementatie- en assimilatiefase.

3.4.2 *Verskil weloverwogen en bedoelde/werkelijke invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten*

In de praktijk blijkt de bedoelde en werkelijke invoering van ICT vaak niet gelijk te zijn aan de weloverwogen invoering. Volgens Nitithamyong & Skibniewski (2004) is ICT veelal belast met het uitwisselen van informatie tijdens de gehele projectlevenscyclus, waardoor voor een succesvolle toepassing alle in het bouwproces betrokken organisaties klaar moeten zijn voor het gebruik van de ICT. Hierdoor is een implementatie van ICT moeilijk te plannen en managen [Nitithamyong et al., 2004] en is veel coördinatie vereist [Staub-French et al., 2007].

Volgens Kagioglou et al. (1999) wordt de bovengenoemde afwijking veroorzaakt door de nadruk op het product bij het implementeren van veranderingen in de bouwsector. Door te focussen op een specifiek product, en niet op de gemeenschappelijk processen voor het managen van de productie van het product, blijft de bouwsector continu energie steken in het oplossen van productspecifieke problemen. Op deze manier worden veranderingen niet in de gehele bouwsector, zowel in de diepte als in de breedte, doorgevoerd. Volgens Kagioglou et al. (1999) is dit een belangrijke voorwaarde voor succesvolle ICT veranderingen.

Daarnaast stellen Gao & Fischer (2008) dat de meeste implementaties van Virtueel Bouwen zijn gebaseerd op bevindingen van een beperkt aantal projecten, omdat het effectief en efficiënt toepassen van Virtueel Bouwen in de praktijk nog maar incidenteel geschiedt. Echter, dergelijke ad hoc ervaring van incidentele projecten is niet toereikend voor het succesvol implementeren van Virtueel Bouwen [Gao & Fischer, 2008].

ICT implementaties in de bouwsector geschieden meestal ad hoc. Andresen et al. (2003) stellen namelijk dat er in de bouwsector te weinig nadruk wordt gelegd op het plannen en coördineren van ICT gebruik. Een overhaaste planning zorgt voor veel problemen en het niet realiseren van de mogelijke voordelen.

Daarnaast stellen Nitithamyong & Skibniewski (2006) dat gebruikers van interorganisatiele ICT in de bouwsector een beperkt of een verkeerd beeld hebben van zowel de factoren welke van invloed zijn op de prestaties van ICT als de voordelen welke gepaard kunnen gaan met het gebruik van ICT. Ook stellen Nitithamyong & Skibniewski (2006) dat de meeste gebruikers van ICT niet weten hoe ze de prestaties (voordelen) van het systeem moeten meten, waardoor evaluatie en bijsturing van een implementatie moeilijk of zelfs onmogelijk is. Tevens hebben managers hierdoor een lage of vertekende perceptie van de voordelen ten opzichte van de kosten, waardoor weinig wordt geïnvesteerd in het invoeren en toepassen van ICT in de bouwsector [Andresen et al. 2000]. Andresen et al. (1999) stellen daarnaast dat de evaluatie van ICT gebruik in de bouwsector niet verfijnd en inefficiënt verloopt. Met andere woorden, er worden informele procedures gehanteerd, er vinden geen evaluaties na implementatie plaats en gebruikers zijn niet in staat om voordelen aantoonbaar te maken.

3.4.3 Verschil weloverwogen toepassing en bedoelde toepassing van Virtueel Bouwen in bouwprojecten

Ten slotte wordt een verklaring gezocht voor het ontstaan van een verschil tussen de weloverwogen toepassing en bedoelde toepassing. Dit wordt hier behandeld omdat het voor een belangrijk deel het gevolg is van invoeringsgerelateerde aspecten.

Zoals beschreven gaat er aan een veranderidee een historie vooraf welke gezien kan worden als de 'motor' of 'bron' die eraan bijdraagt dat de noodzaak of wenselijkheid van de verandering zichtbaar kan worden. Hierop zijn echter een aantal factoren van invloed, welke er voor kunnen zorgen dat de noodzaak of wenselijkheid niet volledig duidelijk wordt. Dit kan resulteren in een veranderidee dat niet optimaal is. Voornamelijk de rol van initiatiefnemers is hierin belangrijk. Zij moeten namelijk binnen de gegeven context aspecten van de organisatie als ongewenst ervaren en hier betekenis aan geven.

Daarnaast zijn volgens Caluwé & Vermaak (1999) de beoogde uitkomsten van een verandering niet altijd duidelijk. Tijdens het veranderproces worden deze concreter als gevolg van toegenomen kennis en inzichten. Het gebrek aan kennis en inzichten in de beginfase van een veranderproces kan resulteren in een veranderidee dat niet optimaal is. Dit sluit aan bij bovenstaande stelling van Nitithamyong & Skibniewski (2006) dat gebruikers van interorganisatiele ICT in de bouwsector een beperkt of een verkeerd beeld hebben van invloedsfactoren en voordelen, waardoor de effectiviteit en efficiëntie van interorganisatiele ICT in de bouwsector beperkter is dan verwacht.

Ten slotte kan volgens Adriaanse (2009) in de adoptiefase blijken dat de gekozen reikwijdte van ICT niet invoerbaar is. De reikwijdte moet vervolgens aangepast worden. Concessies die daarbij worden gemaakt kunnen resulteren in een reikwijdte, en daarmee een bedoeld gebruik, die niet optimaal is.

3.5 Weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen

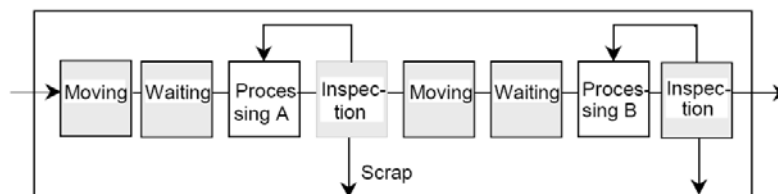
In deze paragraaf wordt kort ingegaan op de kenmerken van een weloverwogen werkwijze. Hierbij ligt niet zozeer de nadruk op het gebruik van de technologie zelf, maar op de punten welke in de bestaande werkwijze moeten worden verbeterd door het gebruik van de technologie. Hierbij wordt onder andere ingegaan op de door Koskela (1992 en 2000) ontwikkelde productiefilosofie.

Door Koskela (1992 en 2000) is de zogenaamde 'TFV-theory of production' ontwikkeld. Deze theorie gaat uit van drie aspecten die aanwezig zijn in alle productiesystemen, namelijk: Transformation (transformatie), Flow (stroom), en Valuegeneration (waardecreatie).

Het eerste aspect ziet productie als een transformatie van input naar output. Productiemanagement vertaalt dit aspect in het decomponeren van de totale transformatie in taken en het zo efficiënt mogelijk uitvoeren van deze taken. Het tweede aspect ziet productie als een stroom, waarin naast transformatie ook andere activiteiten plaatsvinden zoals wachten, inspecteren en verplaatsen. Productiemanagement vertaalt dit aspect in het minimaliseren van deze non-transformatie activiteiten in productie, voornamelijk voor het reduceren van variatie. Het derde aspect ziet productie als een vervulling van de behoeften van een klant. Productiemanagement vertaalt dit aspect in het zorgvuldig vertalen van deze behoeften in een oplossing, om vervolgens producten te produceren conform deze oplossing. Alle drie de beschreven aspecten moeten in de juiste balans worden geïntegreerd bij het managen van productie. [Koskela, 2000]

Traditioneel word echter alleen de transformatie van input (materiaal en arbeid) in output (producten) gezien als onderdeel van productie. In dit traditionele model kan het transformatieproces verdeeld worden in subprocessen, welke ook gezien kunnen worden als transformatieprocessen. Daarnaast kunnen de kosten van het totale proces geminimaliseerd worden door het minimaliseren van elk subprocess. Ten slotte wordt de waarde van de output van een proces geassocieerd met de kosten (waarde) van de input aan het proces. [Koskela, 1992]

Daar het traditionele model focust op transformatie, wordt genegeerd dat productie tevens een proces is waarin naast transformatie ook andere activiteiten plaatsvinden zoals wachten, inspecteren en verplaatsen. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 6, waarin de grijze en witte blokken respectievelijk activiteiten die geen waarde toevoegen en activiteiten die wel waarde toevoegen aan de productie representeren. In principe is dit een juiste veronderstelling, aangezien vanuit het perspectief van de klant deze activiteiten niet noodzakelijk zijn. Ze voegen namelijk geen waarde toe aan het eindproduct. Echter, door het traditionele model wordt ten onrechte verondersteld dat activiteiten die geen waarde toevoegen buiten beschouwing gelaten kunnen worden, of dat alle activiteiten transformatie activiteiten zijn en daarom behandeld kunnen worden als waarde toevoegend. [Koskela, 1992]



Figuur 6: Productie als een flow van activiteiten [Koskela, 2000]

Daarnaast wordt in het traditionele model ook buiten beschouwing gelaten dat de output van een transformatie normaal gesproken variabel is, omdat een deel van de output niet voldoet aan de impliciet of expliciet gestelde klantspecificaties. Tevens wordt buiten beschouwing gelaten dat de specificaties welke gesteld zijn aan een transformatie slechts een beperkte afspiegeling zijn van de eisen van de eindgebruiker. Afwijkingen in kwaliteit veroorzaken primair waardeverlies omdat een product niet voldoet aan de gestelde eisen, maar ook secundair door het verstoren van informatiestromen. Daarnaast vertragen slecht gedefinieerde eisen het transformatieproces en daarmee eveneens informatiestromen. [Koskela, 1992]

Door de beperkingen van het traditionele model wordt geen rekening gehouden met de aspecten flow en valuegeneration bij het ontwerpen, controleren of verbeteren van productiesystemen. Dit resulteert vervolgens in complexe, onzekere en

onduidelijke processen, vergroting van het aantal activiteiten welke geen waarde toevoegen aan het productieproces en een verlaging van de outputwaarde [Koskela, 1992]. In lijn met bovenstaande stelt Koskela (1992 en 2000) dat de lage productiviteit van de bouwsector verklaard kan worden door het opvatten van het bouwproces als transformatie van input in output. Terwijl dit zou moeten worden opgevat als een flow van informatie waarin activiteiten plaatsvinden die waarde creëren maar ook zorgen voor verspilling. Dit sluit aan bij NIST (2002) die stelt dat een bouwproject vaak vervuild is met herhaling van activiteiten die geen waarde toevoegen aan het eindproduct.

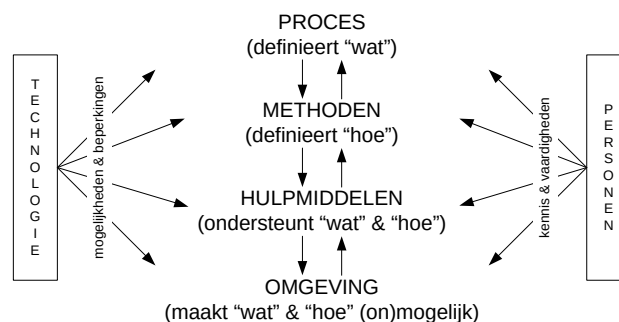
Volgens Koskela & Kazi (2003) kan ICT worden gebruikt voor onder andere het reduceren van de activiteiten die geen waarde toevoegen. Hierbij moet procesverbetering zelf echter centraal staan en dient de technologie enkel te worden gezien als ondersteunend middel en niet als doel op zich [Koskela et al., 2003].

Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat het niet alleen beschouwen van een werkwijze als een transformatie van input in output, maar ook als een flow van informatie waarin activiteiten die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies moeten worden geminimaliseerd, een belangrijke richtlijn is bij het realiseren van een weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen.

Volgens Estefan (2007) kan een werkwijze worden gedefinieerd als een verzameling van gerelateerde processen, methoden en hulpmiddelen, ondersteund en/of mogelijk gemaakt door een omgeving, welke toegepast kunnen worden op een verzameling min of meer gerelateerde problemen. Daarnaast worden deze vier onderdelen van een werkwijze beïnvloed door de te gebruiken technologie en betrokken personen [Estefan, 2007].

Processen definiëren welke taken er verricht moeten worden (wat), en in welke volgorde, om een bepaald doel te bereiken, zonder te specificeren hoe deze taken uitgevoerd moeten worden [Ibid.]. Methoden zijn een verzameling van technieken voor het uitvoeren van een taak (hoe), met andere woorden wordt gespecificeerd hoe taken uitgevoerd moeten worden [Ibid.]. Een hulpmiddel is een instrument dat, toegepast op een bepaalde methode, de efficiëntie van een taak kan vergroten (verbeteren wat en hoe). Omgevingsfactoren beïnvloeden de werkwijze en de projectomgeving moet daarom bijdragen aan het ondersteunen en integreren van gebruikte methoden en hulpmiddelen in een project (wat en hoe mogelijk maken) [Ibid.]. Ten slotte zijn de mogelijkheden en beperkingen van de te gebruiken technologieën en de kennis en vaardigheden van betrokken personen van invloed op de verschillende onderdelen van een werkwijze.

In onderstaande Figuur 7 zijn de relaties weergegeven tussen de verschillende onderdelen van een werkwijze. Tevens is daarin de invloed van technologie en personen op deze onderdelen aangegeven. Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat (1) het onderscheiden van processen, methodes, hulpmiddelen en omgeving als onderdeel van een werkwijze, (2) het in acht nemen van de relatie tussen deze onderdelen en (3) het in acht nemen van de invloed van technologie en personen op deze onderdelen belangrijke richtlijnen zijn bij het realiseren van een weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen.



Figuur 7: Relaties tussen de onderdelen van een werkwijze [Estefan, 2007]

3.6 Resumé

Uit de beschrijving van de begrippen “werkvoorbereiding” en “Virtueel Bouwen” in respectievelijk paragraaf 3.1 en 3.2 blijkt dat de primaire werkzaamheden tijdens de werkvoorbereiding van bouwprojecten (controleren van consistentie tussen bestek en tekeningen, genereren van werk- en productietekeningen, opstellen van een uitvoeringsplanning en opstellen van een werkbegroting) middels het toepassen van Virtueel Bouwen kunnen worden ondersteund. Verder blijkt dat Virtueel Bouwen kan bijdragen aan een efficiënter bouwproces, een kwalitatief beter eindproduct en een integratie tussen projectpartners in het bouwproces. Indien Virtueel Bouwen wordt toegepast vanaf de fase werkvoorbereiding leidt dit altijd tot indirecte voordelen als gevolg van een beter eindproduct en soms tot directe voordelen als gevolg van een beter proces. Hoewel er geen eenduidige definitie bestaat voor Virtueel Bouwen, is er sprake van een aantal belangrijke overeenkomsten tussen de verschillende in de literatuur en praktijk gevonden definities. Er kunnen twee hoofdaspecten worden onderscheiden, namelijk 3D-model en proces, welke als volgt kunnen worden omschreven:

1. Het 3D-model kan omschreven worden aan de hand van vier kenmerken: (1) digitale database, (2) objectgeoriënteerde representatie, (3) informatie van de levenscyclus van een bouwwerk en (4) grafische en niet-grafische informatie.
2. Het proces kan omschreven worden als het uitwisselen van het 3D-model, of onderdelen van het 3D-model, tussen disciplines en projectpartners ter ondersteuning van coördinatie en overdracht van werkzaamheden.

In de paragrafen 3.3 en 3.4 zijn de mechanismen en daaraan gerelateerde drijfveren en barrières welke van invloed zijn op het toepassen van Virtueel Bouwen door actoren in bouwprojecten en richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen invoeringsproces van Virtueel Bouwen in bouwprojecten in kaart gebracht.

Hoewel een onderscheid is gemaakt tussen invoering en toepassing kan geconcludeerd worden dat deze twee aspecten moeilijk los van elkaar kunnen worden beschouwd. Een weloverwogen invoering wordt bijvoorbeeld voor een belangrijk deel bepaald door het verschil tussen de situatie vooraf en de bedoelde toepassing. Dit bepaald immers wat er ingevoerd moet worden. Daarnaast is de wijze van invoering van invloed op de werkelijke invoering.

Er kan geconcludeerd worden dat alle (belangrijke) disciplines in het bouwproces Virtueel Bouwen op de bedoelde wijze moeten toepassen om de voordelen die dit kan opleveren te benutten. Dit impliceert dat goed en zorgvuldig nagedacht moet worden over de wijze waarop men Virtueel Bouwen wil invoeren en toepassen in een project. Het blijkt echter dat er in de bouwsector te weinig aandacht wordt besteed aan het plannen en coördineren van de implementatie van nieuwe ICT. Vaak gebeurt dit op een ad hoc manier, waardoor veelal de gewenste resultaten niet worden behaald.

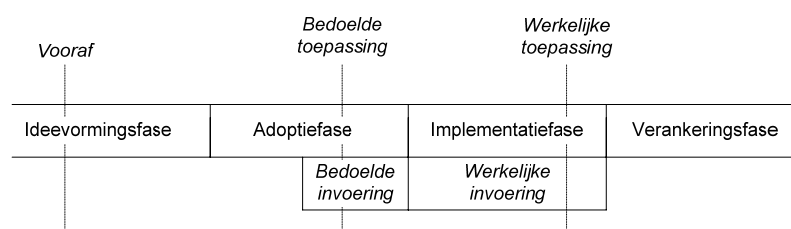
Verder kan geconcludeerd worden dat adoptie en gebruik door de potentiële gebruikers een belangrijke voorwaarde is voor het succesvol introduceren van Virtueel Bouwen. Dit betekent dat bij het bepalen van de bedoelde toepassing van Virtueel Bouwen rekening moet worden gehouden met de mechanismen welke van invloed zijn op het gebruik van Virtueel Bouwen door actoren. Daarnaast moeten actoren betrokken worden bij het bepalen van de bedoelde toepassing.

Mechanismen welke van invloed zijn op het gebruik van interorganisatorische ICT door actoren in bouwprojecten zijn: persoonlijke motivatie, externe motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Deze mechanismen worden beïnvloed door een aantal submechanismen, welke zowel drijfveren als barrières kunnen zijn tot het gebruik van ICT. Daarnaast blijkt op basis van bestaande theorieën over de adoptie en het gebruik van ICT dat het element ‘intentie tot ICT gebruik’ ook belangrijk is. De ‘intentie tot ICT gebruik’ is niet alleen van invloed op het gebruik van ICT, maar is ook een belangrijke motivator om barrières te overwinnen. Wanneer deze motivatie erg groot is, zullen actoren interventies invoeren in zowel hun eigen gebruik van ICT als dat van anderen. Verder blijkt dat het gebruik van ICT invloed heeft op de persoonlijke motivatie als gevolg van positieve of negatieve ervaringen. Virtueel Bouwen moet in vergelijking met andere ICT anders gepositioneerd worden binnen de kaders van de mechanismen. Dit resulteert in een tweetal belangrijke

consequenties: (1) actoren moeten meer tijd besteden aan het leren gebruiken van deze applicaties en (2) betrokken actoren hebben vaker een vervormd beeld van de voordelen die deze applicaties kunnen bieden.

Naast de barrières binnen de bovenstaande mechanismen, kunnen op basis van de mechanismen een tiental extra barrières worden onderscheiden die eveneens kunnen optreden tijdens de invoering van Virtueel Bouwen in bouwprojecten. Deze barrières (zowel binnen de mechanismen als gebaseerd op de mechanismen) treden niet allen tegelijk op, waarmee de noodzaak tot een gefaseerde benadering van een implementatietraject wordt onderstreept. Op deze manier is men namelijk in staat om een verandertraject op een gestructureerde en effectieve wijze te doorlopen. In een implementatietraject kunnen een viertal fasen worden onderkend, namelijk: ideevorming, adoptie, implementatie en verandering. In deze fasen moeten verschillende stappen worden doorlopen om barrières te voorkomen en uiteindelijk alle fasen weloverwogen te doorlopen. In de ideevormingsfase worden een eerste houding ten aanzien van een ICT verandering aangenomen. In de adoptiefase wordt deze verandering en bijbehorende invoering specifiek vormgegeven voor de praktijksituatie. In de implementatiefase wordt de verandering ingevoerd in de praktijk volgens de bedoelde invoering en bijbehorende strategie. In de verankeringsfase ontstaat een uiteindelijk routinematige toepassing van ICT, maar deze kan afwijken van de oorspronkelijk bedoelde verandering. Belangrijke onderdelen van de adoptiefase zijn het uitwerken van de verandering voor elke gebruiker waardoor eventuele knelpunten vroegtijdig gesignaleerd en opgelost kunnen worden, het kiezen van een implementatiestrategie en het opstellen van een implementatieplan. In dit plan worden de volgende onderdelen beschreven: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen. In Figuur 8 is de samenhang tussen de fasen en de verschillende niveaus van toepassing en invoering weergegeven.

Er bestaan verschillende implementatiestrategieën, maar er kan geen eenduidige optimale strategie worden onderscheiden. Er wordt bijvoorbeeld gepleit voor een incrementele aanpak, maar ook voor een sectorbrede invoering van Virtueel Bouwen. Daarnaast is op basis van de literatuur niet duidelijk of voor één strategie of een combinatie van strategieën moet worden gekozen. Geconcludeerd wordt dat in lijn met de methodiek van Adriaanse (2009) een combinatie van strategieën het beste is om daarmee op verschillende niveaus (gebruikers, management en beslissers) draagvlak te creëren voor de verandering.



Figuur 8: Fasen invoeringstraject en niveaus invoering en gebruik

Sturing blijkt ook een erg belangrijk onderdeel van een invoeringstraject te zijn. Met name een goede beschrijving en specificatie van het eindproduct (uitkomsten/doel) moet daarom voorhanden zijn en er moet regelmatig geëvalueerd worden. Dit betekent tevens dat er nagedacht moet worden over de wijze van evaluatie.

Daarnaast blijken actoren verschillende rollen aan te nemen bij invoeringstrajecten. Hoewel alle rollen van belang zijn is de rol van de regisseur erg belangrijk. De regisseur is namelijk het veranderkundig geweten en zet de verandering op, stimuleert de uitvoering en bewaakt de voortgang. Bij de invoering van Virtueel Bouwen moet één persoon of organisatie belast worden met deze rol.

De ad hoc aanpak van de bouwsector met betrekking tot het invoeren van ICT kan onder andere verklaard worden door een beperkt of verkeerd inzicht van betrokkenen in de factoren welke van invloed zijn op het gebruik van ICT. Ook is er weinig inzicht met betrekking tot het bepalen van de toegevoegde waarde van ICT, waardoor evaluatie en sturing van de implementatie niet of slecht mogelijk is. Hierdoor is er tevens sprake van een beperkt inzicht in de voordelen ten opzichte van de kosten, waardoor investeringen laag blijven en implementaties geen gestructureerde aanpak kennen met betrekking tot de motivatie voor de investering.

Ook is gebleken dat het bedachte gebruik afwijkt van het optimale gebruik, omdat verschillende factoren van invloed zijn op het ontstaan van een veranderidee. Daarnaast is een veranderidee aan het begin van een verandertraject nooit helemaal duidelijk als gevolg van een gebrek aan kennis en inzichten.

Ten slotte kan geconcludeerd worden dat de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek, welke specifiek is toegespitst op het implementeren van interorganisationale ICT in de bouw, rekening houdt met hetgeen in relevante literatuur gesteld wordt over invoeren van technologische innovaties en veranderprocessen. Daarnaast zijn de belangrijkste gedragstheorieën opgesloten in de methodiek.

In paragraaf 3.5 zijn richtlijnen opgesteld voor het realiseren van een weloverwogen werkwijze. Er kan geconcludeerd worden dat (1) het niet alleen beschouwen van een werkwijze als een transformatie van input in output maar ook als een flow van informatie waarin activiteiten die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies moeten worden geminimaliseerd, (2) het onderscheiden van processen, methodes, hulpmiddelen en omgeving als onderdeel van een werkwijze, (3) het in acht nemen van de relatie tussen deze onderdelen en (4) het in acht nemen van de invloed van technologie en personen op deze onderdelen belangrijke richtlijnen zijn bij het realiseren van een weloverwogen toepassing van Virtueel Bouwen. In lijn met bovenstaande kan ICT gebruikt worden voor het reduceren van activiteiten die geen waarde toevoegen. Hierbij moet procesverbetering zelf echter centraal staan en dient de technologie enkel te worden gezien als ondersteunend middel en niet als doel op zich.

In het vervolg van dit onderzoek worden bovenstaande punten gebruikt voor een korte analyse van de traditionele werkwijze, de analyse van de huidige implementatie en toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad en vervolgens voor het opstellen van richtlijnen voor een 'volgend' project.

4 Traditionele werkwijze werkvoorbereiding SBV

In het volgende hoofdstuk worden de resultaten van het casusonderzoek behandeld. Belangrijke achtergrond bij het casusonderzoek is de traditionele werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. Hierdoor kan namelijk inzichtelijk worden gemaakt wat er qua werkwijzen verandert ($\Delta 3$ en $\Delta 4$ in Figuur 2) door het gebruik van Virtueel Bouwen en welke veranderingen daarom gemanaged moeten worden. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt op welke wijze organisatievormen deze werkwijze beïnvloeden. De toepasbaarheid van de uiteindelijke resultaten op verschillende organisatievormen kan zodoende onderbouwd worden.

In paragraaf 4.1 wordt de werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding beschreven. Daarna worden in paragraaf 4.2 nog enkele aandachtspunten naar aanleiding van de afgenomen interviews uiteengezet. Ten slotte worden in paragraaf 4.3 richtlijnen gegeven voor optimalisatie na analyse van de praktijk middels de theorie.

De beschrijving van de werkwijze is gebaseerd op oriënterende gesprekken met een werkvoorbereider en een calculator en bestudering van het KAM-systeem van SBV. Verificatie heeft plaatsgevonden middels interviews met een vijftal representatieve personen. Een overzicht van de geïnterviewde personen inclusief de bijbehorende functie en het interviewprotocol zijn opgenomen in respectievelijk de bronvermelding en bijlage 4.

4.1 Werkwijze projectorganisatie werkvoorbereiding SBV

In Figuur 10 op pagina 53 is het processchema weergegeven met betrekking tot de primaire werkzaamheden van de projectorganisatie SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. Onder primaire werkzaamheden wordt verstaan:

- Planning, produceren overall-planning en afgeleide schema's;
- Calculatie, produceren werkbegroting;
- Inkoop, verwerven van onderaannemers en toeleveranciers;
- Tekenerwerk, produceren werk- en productietekeningen;
- Controle, bewaken van consistentie tussen van bestek & tekeningen (B&T) en bovenstaande (door derden) gerealiseerde producten.

In de volgende paragrafen worden de verschillende onderdelen van het processchema nader toegelicht. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in proces, actoren, inrichting projectomgeving en methoden en hulpmiddelen.

4.1.1 Proces.

Basisinput voor de werkvoorbereiding zijn B&T (inclusief nota's) en in een reeds eerder stadium (tijdens de tenderfase) van het project ontwikkelde producten, zoals: een projectplan, de inschrijfplanning, de inschrijfbegroting en calculatiegegevens.

Planning

Op basis van de basisinput wordt een overall-planning gerealiseerd. In de overall-planning zijn de hoofdbewerkingen vastgelegd. Hierbij wordt vaak een onderverdeling gemaakt naar bouwdeel, bijvoorbeeld: ruwbouw, gevel en dakopbouw en afbouw. Tevens wordt de belangrijkste relatie met partijen weergegeven. Verfijning van de overall-planning resulteert in verschillende, veelal sterk met elkaar samenhangende, afgeleide schema's. Belangrijke handeling bij het realiseren van de overall-planning en afgeleide schema's is het (impliciet) bepalen of vaststellen van uitvoeringsmethoden.

Calculatie

Een groot deel van de calculatiewerkzaamheden vinden niet in de fase werkvoorbereiding, maar al in de aanbestedingsfase plaats. In de aanbestedingsfase wordt namelijk een inschrijfbegroting gerealiseerd.

Na gunning wordt de inschrijfbegroting omgevormd tot een werkbegroting. Een werkbegroting is opgesteld aan de hand van de volgorde van de bouwactiviteiten. Daarom is de overall-planning belangrijke input voor deze activiteit. De werkbegroting wordt tijdens werkvoorbereiding en uitvoering gebruikt ter bewaking van de financiën.

Inkoop

Hoeveelheden worden bepaald op basis van de basisinput. Deze hoeveelheden, de basisinput en de werkbegroting worden gebruikt voor het vaststellen van een definitieve inkoopspecificatie en een bijbehorend budget. Vervolgens wordt een definitieve onderaannemer of toeleverancier geselecteerd en een inkoopovereenkomst afgesloten.

Tekenwerk

Werktekeningen worden gerealiseerd op basis van de basisinput. Op basis van voorgaande producten en de inkoopovereenkomst worden productietekeningen gerealiseerd.

Controle

Alle basisinput en tijdens werkvoorbereiding ontwikkelde producten zijn input voor controle. Uit deze controle kan blijken dat er knelpunten en onduidelijkheden bestaan tussen de verschillende inputonderdelen. Als dit niet het geval is, dan zijn alle producten gereed. Als dit wel het geval is, is aanpassing noodzakelijk van één of meerdere inputonderdelen. Dit gebeurt door knelpunten en onduidelijkheden te rapporteren naar de desbetreffende verantwoordelijke partij inclusief eventuele oplossingen.

Controle geschiedt vaak impliciet tijdens het uitvoeren van werkzaamheden en niet expliciet. Meestal worden bestekstekeningen bijvoorbeeld niet apart gecontroleerd, maar fouten worden ontdekt tijdens het realiseren van planningen of het uittrekken van hoeveelheden. De belangrijkste aspecten waarop gecontroleerd moet worden zijn informatie, tijd, geld en kwaliteit.

Voor het systematisch registreren, verwerken en controleren van ingekomen tekeningen en gegevens wordt bij grote projecten (> € 450.000) gewerkt volgens een tekeningen- en documentenbeheerprocedure, om ervoor te zorgen dat uitsluitend gewerkt wordt van goedgekeurde tekeningen van de juiste versie. Deze procedure is gebaseerd op het gebruik van fysieke (papier) documenten. Definitieve tekeningen moeten namelijk altijd in fysieke vorm aangeboden worden door de opsteller.

Op basis van de verzamelde informatie en gerealiseerde producten tijdens werkvoorbereiding worden werkplannen gerealiseerd, welke worden overgedragen aan de uitvoeringsorganisatie. Deze werkplannen beschrijven voor een bepaald bouwdeel of verzameling bouwdelen wat precies gerealiseerd moet worden en wanneer, met wie en hoe dit plaats moet vinden.

De bovenstaand beschreven processen zijn geen eenmalige cyclus, maar deze cyclus wordt vele malen achter elkaar doorlopen als een continu proces. Daarnaast is er geen sprake van een specifieke volgorde waarin de processen geschieden. Over het algemeen wordt gestart met het verzamelen van alle beschikbare informatie, om vervolgens te starten met de verschillende werkzaamheden. De cyclus wordt echter voor bouwdelen welke in een later stadium gerealiseerd moeten worden ook pas in een later stadium volledig doorlopen.

Om hierin meer uniformiteit te realiseren wordt door SBV sinds een jaar gewerkt met het zogenaamde 'startpakket uitvoering'. Na (en soms al voor) prijsovereenkomst wordt alle relevante informatie met betrekking tot het project in zes weken verzameld, beoordeeld, zonodig aangevuld en verwerkt tot het 'startpakket uitvoering'. Dit pakket wordt vervolgens overgedragen aan het projectteam dat verantwoordelijk is voor werkvoorbereiding en uitvoering.

4.1.2 Actoren

De basisinput is door de architect, constructeur en installatieadviseur gerealiseerd en wordt verkregen via de bouwdirectie. De overige projectgegevens (een projectplan, inschrijfplanningen, de inschrijfbegroting en calculatiegegevens) zijn door de aannemer zelf ontwikkeld tijdens de aanbestedingsfase.

Actoren hebben een bepaalde relatie tot de activiteiten die verricht moeten worden. Deze relaties zijn de kern van de RASCI methodiek. RASCI beschrijft in aanvulling op de procesbeschrijving (zoals processchema's) de betrokkenheid van mensen rond het proces. In Tabel 3 is uiteengezet waar RASCI voor staat. De verschillende processtappen zijn weergegeven in Figuur 10 en de bijbehorende relaties zijn uiteengezet in Tabel 4. In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de verschillende actoren inclusief afkorting.

R	Responsible	Wie is verantwoordelijk voor de uitvoering van de activiteit? (aansprakelijk)
A	Accountable	Aan wie moet verantwoording afgelegd worden? (eindverantwoordelijke)
S	Supportive	Wie kan support geven?
C	Consulted	Wie moet geraadpleegd worden?
I	Informed	Wie moet geïnformeerd worden?

Tabel 3: RASCI methode

Processtappen	R	A	S	C	I
1. Realiseren overall-planning en afgeleide schema's	PV/WV*	PM (PW)**		UV/PU/PM	PM/WV/CC/IK/Derden
2. Realiseren werktekeningen	AR/CO/IA	OG			WV
3. Realiseren productietekeningen	OA	AN			WV
4. Realiseren B&T	AR/CO/IA	OG			WV
5. Uittrekken hoeveelheden	PV/WV*	PM (PW)**	CC		
6. Vaststellen definitieve inkoopspecificatie + budget	WV	PM (PW)**		CC	
7. Selecteren definitieve OA	IK	PM		PM/CC	OA
8. Overeenkomen inkoop met OA	IK	PM		PM/WV/CC	
9. Uittrekken hoeveelheden***	CC				
10. Opstellen technische specificatie offerteaanvraag***	CC	PM		PM/IK	
11. Aanvragen offertes***	IK	PM		PM/CC	
12. Normeren en afprijzen***	CC	PM		PM/IK	
13. Realiseren werkbegroting	CC	PM	PV/WV		PM / WV
14. Realiseren werkplannen	WV	PM (PW)**		UV/PU	UV/PU
15. Controle	PV/WV*	PM (PW)**		PM (PW)**	PM/WV/CC/IK/Derden

Tabel 4: RASCI matrix werkvoorbereiding SBV (* tijdens prijsvorming PV en tijdens uitvoering WV, ** bij grote projecten de projectleider werkvoorbereiding, * aanbestedingsfase)**

OG	Opdrachtgever / Bouwdirectie	PW	Projectleider werkvoorbereiding (Strukton)
AN	Aannemer (Strukton)	WV	Werkvoorbereider (Strukton)
OA	Onderaannemer / toeleverancier	PV	Planvoorbereider (Strukton)
AR	Architect	PU	Projectleider uitvoering (Strukton)
CO	Constructeur	UV	Uitvoerder (Strukton)
IA	Installatie adviseur	CC	Calculator (Strukton)
PM	Projectmanager (Strukton)	IK	Inkoper (Strukton)

Tabel 5: Actoren inclusief afkorting

In principe worden geen werktekeningen gerealiseerd door SBV. In het incidentele geval dat werk- of productietekeningen door SBV worden vervaardigd ter verduidelijking van een bepaald onderdeel van het ontwerp, geschiedt dit door een bouwkundig tekenaar.

Binnen de aannemer is de werkvoorbereider hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het verzamelen en registreren van alle informatie, het controleren van deze informatie, het rapporteren van onduidelijkheden, knelpunten en eventuele oplossingen naar de desbetreffende verantwoordelijken en uiteindelijk het versturen van definitief goedgekeurde informatie naar de partijen die dit nodig hebben. Afhankelijk van de organisatievorm, gemaakte afspraken en het specifieke bouwonderdeel worden ook controlewerkzaamheden uitgevoerd door de architect, constructeur of installatieadviseur.

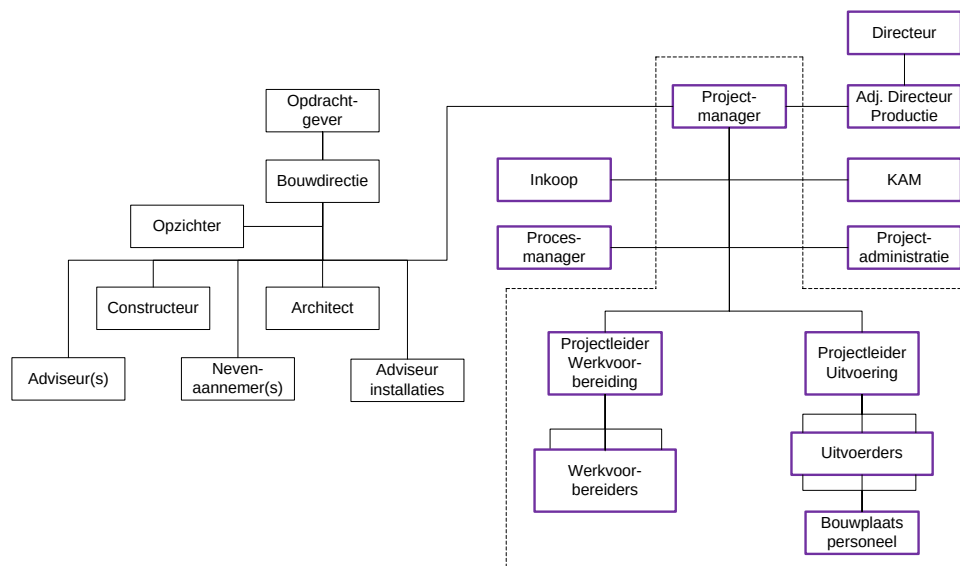
Voor het realiseren van het 'startpakket uitvoering' volgens de recente ontwikkeling is een planvoorbereider verantwoordelijk.

4.1.3 Inrichting projectomgeving

In Figuur 9 is de projectorganisatie van SBV (paars) weergegeven zoals deze doorgaans kan worden vormgegeven voor uitvoering én daarmee ook werkvoorbereiding in traditionele projecten. Werkvoorbereiding is namelijk een onderdeel van uitvoering.

SBV is als hoofdaannemer belast met de daadwerkelijke uitvoering waarvoor een projectmanager direct verantwoordelijk is. De projectmanager is het aanspreekpunt van SBV richting de Bouwdirectie en omgekeerd. De projectmanager heeft een team onder zich bestaande uit werkvoorbereiders en uitvoerders. Bij grote projecten worden werkzaamheden van werkvoorbereiders gecoördineerd door een projectleider werkvoorbereiding.

Meestal zijn meerdere werkvoorbereiders werkzaam in een projectteam. De door werkvoorbereiding uit te voeren werkzaamheden worden verdeeld over de verschillende werkvoorbereiders naar bouwdeel of bouwphase, bijvoorbeeld: ruwbouw, gevel en dakopbouw en afbouw.



Figuur 9: Projectorganisatie bouwdirectie en SBV (paars) voor traditionele projecten tijdens werkvoorbereiding

In de projectorganisatie is een duidelijke verticale hiërarchische structuur waarneembaar. In de praktijk zijn echter ook horizontale relaties aanwezig. De functies welke omlind zijn met de stippellijn zijn doorgaans bijvoorbeeld werkzaam in een projectteam.

De projectorganisatie van de bouwdirectie bij traditionele projecten wordt weergegeven in het linker deel van Figuur 9. De exacte invulling van de organisatie van de bouwdirectie, dus de rol van projectpartners en de verdeling van

verantwoordelijkheden over de projectpartners, is afhankelijk van de organisatievorm. Bij innovatieve organisatievormen, bijvoorbeeld bouwteam of D&C, is SBV niet alleen hoofdaannemer maar krijgt zij ook een meer adviserende of coördinerende rol bij het realiseren van het ontwerp en werktekeningen. Dit heeft geen grote gevolgen voor de inrichting en werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding en uitvoering, omdat dit in principe gescheiden blijft.

4.1.4 Methoden en hulpmiddelen

Over het algemeen is het bestek een tekstdocument dat is opgebouwd volgens de STABU-systematiek¹. Bestekstekeningen zijn over het algemeen 2D-tekeningen op papier of in de vorm van PDF-bestanden.

Planning

Bij het realiseren van de overall-planning en afgeleide schema's wordt gebruik gemaakt van de applicatie ASTA PowerProject.

Calculatie

Voor het ontwikkelen van de inschrijfbegroting en werkbegroting wordt gebruik gemaakt van de applicatie IBIS-TRAD. Uittrekken van hoeveelheden geschiedt handmatig. De inschrijfbegroting is opgebouwd volgens de STABU-systematiek van het bestek. De werkbegroting bestaat uit kostenregels welke slechts gekoppeld mogen worden aan één kostensoort (materiaal, arbeid, materieel, of onderaannemer). Hierdoor kan elke kostenregel worden voorzien van één bewakingscode. De werkbegroting wordt opgeslagen in NAVISION. Dit is een bedrijfsbrede applicatie die onder andere gebruikt wordt voor de administratie van manuren, inkoopcontracten en meer- en minderwerk.

Inkoop

Uittrekken van hoeveelheden voor inkoop geschiedt handmatig.

Tekenwerk

Indien door SBV werk- of productietekeningen moeten worden gerealiseerd, wordt hiervoor de applicatie AutoCAD gebruikt. Werk- en productietekeningen zijn net als bestekstekeningen meestal 2D-tekeningen in de vorm van papieren documenten of PDF-bestanden.

Controle

Voor de tekeningen- en documentenbeheer procedure kan gebruik worden gemaakt van een roulatieschema-applicatie. Hierin staat aangegeven naar wie de betreffende tekening moet worden gestuurd ter controle. Tegenwoordig worden steeds vaker PDF-bestanden voorzien van een handtekening geaccepteerd als definitieve tekeningen. Indien tekeningen digitaal worden toegezonden, wordt soms gebruik gemaakt van bijvoorbeeld AutoCAD om deze tekeningen te controleren en indien noodzakelijk opmerkingen of aanpassingen aan te brengen.

¹ De Nederlandse *STABU besteksystematiek* is ontwikkeld door de stichting STABU voor de woning- en utiliteitsbouw. De systematiek maakt enkel onderscheid tussen werksoorten, bijvoorbeeld metselwerk en betonwerk, zonder onderscheid te maken naar bijvoorbeeld metselwerk in de gevel of in binnenwanden. [Pijpers en Van Der Woude, 2004]

Belangrijk aandachtspunt bij de controle, en overige bovenstaand beschreven werkzaamheden, is dat veel verschillende documenten geïnterpreteerd moeten worden om een representatie van het bouwwerk en het ontstaan daarvan (in het hoofd) te maken. Hierbij aansluitend bestaat een groot deel van de input (informatie) noodzakelijk bij het uitvoeren van de werkzaamheden uit ervaring van de betrokkenen.

Communicatie tussen projectpartners geschiedt via telefoon, e-mail, post en periodieke bouwvergaderingen. Omdat de projectorganisatie van SBV veelal in een projectteam werkt, moet informele communicatie hieraan toegevoegd worden. Recentelijk wordt in enkele grote projecten gebruik gemaakt van een Document Management Systeem (Organice). Normaal gesproken wordt het intranet gebruikt voor de opslag van digitale documenten op een centraal punt, waarbij een standaard mappenstructuur wordt gebruikt. Papieren documenten worden op een centraal punt opgeslagen volgens eveneens een standaard mappenstructuur.

4.2 Extra aandachtspunten naar aanleiding van de interviews

Naar aanleiding van de interviews moeten een aantal aandachtspunten worden benoemd ten opzichte van hetgeen in bovenstaande paragraaf is beschreven.

Ten eerste is er geen sprake van één uniforme werkwijze en inrichting van de projectorganisatie. Veel vragen van de interviewer werden dan ook in eerste instantie beantwoord met: “dat hangt van het project af” of “dat is per project verschillend”.

Ten tweede zijn werk- en productietekeningen de belangrijkste informatiedragers tijdens werkvoorbereiding. De overige producten worden voornamelijk gerealiseerd voor het beheersen van het project op GOTIK-aspecten (geld, organisatie, tijd, informatie en kwaliteit).

Daarnaast worden een aantal punten die leiden tot afname van de efficiëntie en effectiviteit van de werkzaamheden tijdens werkvoorbereiding veelvuldig door de geïnterviewden genoemd. Deze worden in onderstaande vier alinea's beschreven.

Vaak is de kwaliteit van B&T en werktekeningen van derden laag, waardoor veel revisieslagen moeten plaatsvinden alvorens de tekeningen een voldoende kwaliteit hebben bereikt. Naast speculaties dat dit wordt veroorzaakt door steeds verder afnemende kennis en capaciteiten van architecten, constructeurs en installatieadviseurs, wordt dit veroorzaakt door onduidelijkheid met betrekking tot het vereiste detailniveau van werktekeningen. Tekeningen worden vaak ten onrechte aangemerkt als werktekeningen, waardoor nog veel (onverwachte) engineeringwerkzaamheden tijdens werkvoorbereiding verricht moeten worden. Daarnaast ontbreekt als gevolg van het werken met 2D tekeningen enige samenhang tussen de tekeningen, waardoor één wijziging resulteert in omvangrijke en foutgevoelige revisieslagen. Als gevolg van de vele wijzigingen is het vervolgens noodzakelijk dat veel andere werkzaamheden, zoals het bepalen van hoeveelheden, vaak (deels) opnieuw uitgevoerd moeten worden.

Na prijsvorming moet meestal snel gestart worden met uitvoering. Dit betekent dat erg weinig tijd beschikbaar is voor het goed voorbereiden van een project. Dit wordt versterkt indien onder andere de kwaliteit en het niveau van werktekeningen lager is dan noodzakelijk.

Tevens wordt onvoldoende controle van verkregen informatie door werkvoorbereiders gezien als een belangrijk knelpunt. Hier komt bij dat werkvoorbereiders soms onvoldoende inzicht hebben in het project en mede hierdoor geen inzicht hebben in de consequenties van beslissingen op basis van tijd en geld.

Als laatste wordt het ontbreken van standaardprocedures voor het uitvoeren van een groot aantal standaard werkzaamheden gezien als een belangrijk knelpunt. Hierdoor wordt in elk project voor veel zaken het wiel opnieuw uitgevonden.

4.3 Analyse werkvoorbereiding

Zoals reeds besproken in het literatuuronderzoek kan Virtueel Bouwen worden toegepast ter ondersteuning van de primaire werkzaamheden welke worden verricht tijdens werkvoorbereiding. In deze analyse wordt de in bovenstaande paragrafen beschreven werkwijze geanalyseerd aan de hand van de ontwikkelde richtlijnen voor het realiseren van een weloverwogen werkwijze. In het theoretisch kader is geconcludeerd dat een werkwijze niet alleen moet worden beschouwd als een transformatie van input in output, maar ook als een flow van informatie waarin activiteiten plaatsvinden die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies. In onderstaande alinea's worden deze activiteiten voor werkvoorbereiding door de projectorganisatie van SBV beschreven.

Er bestaat ten eerste geen samenhang tussen de input en output onderdelen en tevens is informatie verdeeld over een groot aantal producten. De werkbegroting, overall-planning en afgeleide schema's, tekeningen en uittrekstaten zijn allemaal op zichzelf staande producten. Een verandering in één van de onderdelen leidt daarom tot omvangrijke en foutgevoelige revisieslagen, waarbij tevens veel (foutgevoelig) hoofdwerk moet worden verricht. Door het ontbreken van samenhang moet namelijk uit het hoofd bepaald worden waar een wijziging consequenties heeft.

Ten tweede worden veel werkzaamheden, zoals het bepalen van hoeveelheden, handmatig en door meerdere disciplines (personen) verricht. Naast het feit dat deze handelingen veel tijd kosten, moeten ze bij wijzigingen vaak voor een groot deel opnieuw uitgevoerd worden.

Verder is alle informatie met betrekking tot realisatie van het bouwwerk verdeeld over een groot aantal (2D) producten, waardoor het moeilijk is om een goede representatie van het bouwwerk en het ontstaan daarvan te ontwikkelen. Hiervoor is veel tijd en ervaring nodig en als dit niet beschikbaar is, zijn consequenties van beslissingen qua tijd en geld niet volledig duidelijk.

Ten slotte zijn als gevolg van de 'slechte' kwaliteit van tekeningen veel revisieslagen noodzakelijk. Ook dit is een activiteit die geen waarde toevoegt en daarnaast kan dit resulteren in andere activiteiten welke geen waarde toevoegen, zoals wachten. In traditionele projecten valt het grotendeels buiten de macht van de aannemer om hier iets aan te doen. Wel kan de aannemer in de contractonderhandelingen het gewenste detailniveau van de tekeningen meenemen, waardoor rekening kan worden gehouden met noodzakelijke engineeringwerkzaamheden en bijbehorende revisieslagen.

4.4 Resumé

In dit hoofdstuk is de werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding in kaart gebracht. De primaire werkzaamheden welke uitgevoerd worden tijdens werkvoorbereiding zijn:

- Planning, produceren overall-planning en afgeleide schema's;
- Calculatie, produceren werkbegroting;
- Inkoop, verwerven van onderaannemers en toeleveranciers;
- Tekenwerk, produceren werk- en productietekeningen;
- Controle, bewaken van consistentie tussen bestek & tekeningen (B&T) en bovenstaande (door derden) gerealiseerde producten.

Met uitzondering van het produceren van werk- en productietekeningen, worden de overige werkzaamheden uitgevoerd door de projectorganisatie van SBV. Dit wordt voornamelijk uitgevoerd door verschillende werkvoorbereiders, welke aangestuurd worden door een projectmanager en in grote projecten door een projectleider werkvoorbereiding. Bovenstaande functies zijn samen met uitvoerders en eventueel een projectleider uitvoering werkzaam in één team. Een calculator produceert de werkbegroting.

De bovenstaande activiteiten en daaruit resulterende producten worden respectievelijk uitgevoerd en gebruikt voor het beheersen van het project op GOTIK-aspecten. Daarnaast worden de gerealiseerde producten gebruikt voor het opstellen van werkplannen voor uitvoering. Tekeningen zijn daarbij de belangrijkste informatiedragers. Werktekeningen worden gerealiseerd door de architect en constructeur en productietekeningen door onderaannemers en toeleveranciers. SBV produceert in principe zelf geen tekeningen.

Het is daarnaast gebleken dat verschillende bouworganisatievormen weinig invloed hebben op de werkwijze en inrichting van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding en uitvoering. Hoewel SBV in bijvoorbeeld een D&C project ook verantwoordelijk is voor het coördineren van de realisatie van werktekeningen, wordt deze coördinatie in principe niet uitgevoerd door de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding en uitvoering.

Daarnaast blijkt dat veelal gebruik wordt gemaakt van papieren 2D tekeningen. De procedure voor het documenteren, verwerken en beheren van tekeningen is bijvoorbeeld afgestemd op het gebruik van papieren tekeningen. Tegenwoordig worden digitale PDF-bestanden voorzien van een handtekening echter ook steeds vaker goedgekeurd als definitief.

Ten slotte blijkt uit de analyse van de werkwijze dat er een aantal activiteiten tijdens werkvoorbereiding worden uitgevoerd die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies. Ten eerste zijn revisieslagen omvangrijk en foutgevoelig door het ontbreken van samenhang tussen input en output en tussen onderdelen daarvan onderling, plus het gebruiken van een groot aantal informatiedragers. Ten tweede worden veel werkzaamheden, zoals het bepalen van hoeveelheden, handmatig en door meerdere disciplines (personen) verricht, waardoor deze veel tijd kosten en bij wijzigingen opnieuw uitgevoerd moeten worden. Verder is alle informatie met betrekking tot realisatie van het bouwwerk verdeeld over een groot aantal informatiedragers, waardoor het moeilijk is om een goede representatie van het bouwwerk en het ontstaan daarvan te ontwikkelen. Ten slotte zijn als gevolg van de 'slechte' kwaliteit van tekeningen veel revisieslagen noodzakelijk.

De in dit hoofdstuk ontwikkelde inzichten, waaronder het processchema, worden gebruikt als achtergrond bij de casestudy naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad tijdens werkvoorbereiding. De resultaten van de casestudy worden behandeld in het volgende hoofdstuk.

5 Resultaten casestudy NieuweVoorstad

Na het realiseren van een theoretisch kader en het in kaart brengen van de huidige werkwijze van SBV tijdens werkvoorbereiding wordt in dit hoofdstuk de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad beschreven en wordt dit geanalyseerd aan de hand van zeven paragrafen.

De resultaten uit in hoofdstuk zijn gebaseerd op het Projectplan NieuweVoorstad, rapportages met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad aan de Stuurgroep van het project Werkgroepen aan het Werk (WahW), verslagen van vergaderingen van de Werkgroep Virtueel Bouwen SBV (Werkgroep), de ontwikkelde Roadmap Virtueel Bouwen SBV door de Werkgroep, de urenadministratie van de tekenaars/3D-modelleurs, observaties door de onderzoeker gedurende een verblijf van 23 februari tot 20 maart 2009 in de projectruimte van het projectteam en zeven interviews met leden van het projectteam en een aantal interviews met derden. Een overzicht van de lijst met geïnterviewde personen is weergegeven in bijlage 6. De protocollen voor de interviews met interne en externe personen zijn respectievelijk opgenomen in bijlage 15 en 16. De uitgewerkte interviews zijn niet opgenomen in dit document.

Allereerst komt in paragraaf 5.1 de inrichting van de projectorganisatie aan bod en wordt enige algemene projectinformatie behandeld. Vervolgens wordt het invoeringsproces van Virtueel Bouwen in het project besproken, waarbij een onderverdeling is gemaakt in een vijftal episodes (paragraaf 5.2 t/m 5.6). Vervolgens wordt de uiteindelijk werkelijke toepassing van Virtueel Bouwen in het project besproken in paragraaf 5.7. Daarna volgt een crossepisode analyse waarin enkele belangrijke verbanden tussen de episodes worden aangegeven (paragraaf 5.8). Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een resumé in paragraaf 5.9.

De overgang van elke episode betekent een wezenlijke wijziging in de scope van het veranderidee of het gebruik. Daarnaast kan een episode beëindigd worden bij de overgang naar een nieuwe fase van het invoeringsproces. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de episodes met een korte beschrijving erbij. Tevens is een overzicht van de belangrijkste gebeurtenissen tijdens de verschillende episodes opgenomen in bijlage 5.

Episode	Omschrijving	Periode
1	Bevindingen Werkgroep van toepassing op project	Eind 2007 t/m 10 juni 2008
2	Opstellen leer- en projectdoelen	11 juni t/m 18 september 2008
3	Opzetten 3D-model en verhuizing projectkamer	19 september t/m 11 december 2008
4	Wijziging prioriteiten na problemen	12 december t/m 12 januari 2009
5	Introductie Design Review en stopzetten project	13 januari t/m 20 maart 2009

Tabel 6: Overzicht episodes project NieuweVoorstad

De eerste 6 paragrafen beginnen met een objectieve beschrijving en eindigen met een analyse van hetgeen beschreven. Bij de analyse van de episodes wordt de scope van Virtueel Bouwen uiteengezet door de functionaliteiten van Virtueel Bouwen te beschrijven. Vervolgens worden de verschillen in werkwijze ten opzichte van de vorige episode en de traditionele werkwijze tijdens werkvoorbereiding als gevolg van deze scope beschreven. Hierbij wordt tevens aangegeven welke beslissingen en handelingen ten grondslag liggen aan deze verschillen en wat de redenen en consequenties zijn van de genomen beslissingen en handelingen. Daarnaast wordt per episode aangegeven waar deze kan worden geplaatst in het invoeringsproces van de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek. Hierbij wordt tevens aangegeven wat de grootste verschillen zijn ten opzichte van deze methodiek.

In dit hoofdstuk worden geen persoonsnamen genoemd, maar functies. In bijlage 6 is een overzicht gegeven van alle functies met bijbehorende personen. Met Strukton Engineering (SE) wordt verwezen naar de adviseur informatiesystemen SE en de 3D modelleur SE. Met de kartrekkers wordt daarnaast verwezen naar de Werkgroep coördinator en de adviseur informatiesystemen SE.

5.1 Projectinformatie en inrichting projectorganisatie NieuweVoorstad

5.1.1 Beschrijving project NieuweVoorstad en projectorganisatie

Het project NieuweVoorstad is een herontwikkeling van een binnenstedelijk gebied in Nijmegen. In totaal worden drie zelfstandige gebouwen gerealiseerd waarin plaats is voor bijna 300 appartementen, 18 woningen, ruim 400 parkeerplaatsen, 5000 m² winkelruimte en 400 m² maatschappelijke en commerciële dienstverlening. De totale kosten voor het project zijn geraamd op bijna 30 miljoen Euro. NieuweVoorstad wordt ontwikkeld door Strukton Project Ontwikkeling (SPO; bedrijfsonderdeel van SBV) in samenwerking met een tweetal andere partijen. SBV is verantwoordelijk voor de bouw van twee (C1 en C3) van de drie gebouwen in het project. De bouw van het derde gebouw (C2), bestaande uit 18 woningen, wordt mogelijk uitbesteed. [NieuweVoorstad, 2009]

De bouwdirectie is in handen van SPO. Architecten (tarra architect & stedenbouw (C1) en Weeda & Van Der Heijden (C3)), constructeur (Corsmit Raadgevend Ingenieurs; onderdeel van Royal Haskoning) en installatieadviseur (Wichers & Dreef) zijn verantwoordelijk voor het ontwerp tot Definitief Ontwerp (DO). Dit ontwerp is tot stand gekomen in een bouwteamovereenkomst tussen de ontwerpende partijen en SPO. Vanaf Voorlopig Ontwerp (VO) is SBV betrokken in het bouwteam om extra bouwkundige input te leveren aan het ontwerp. Het DO is in de vorm van een Bestek & Tekeningen (B&T) overgedragen aan de hoofdaannemer SBV. Bestektekeningen zijn 2D en het bestek is opgebouwd volgens de STABU besteksystematiek. SBV is naast de daadwerkelijke uitvoering van het project tevens verantwoordelijk voor het verder uitwerken van het ontwerp tot bouwkundige werktekeningen. Realisatie door leveranciers en onderaannemers van de constructieve werktekeningen voor het prefab beton en de staalconstructie en de installatietechnische werktekeningen wordt gecoördineerd door SBV. SBV is namelijk verantwoordelijk voor het verwerven van deze leveranciers en onderaannemers. Op aspecten (bouwkundige werktekeningen) kan het project NieuweVoorstad dus worden aangemerkt als een Engineering & Construct project.

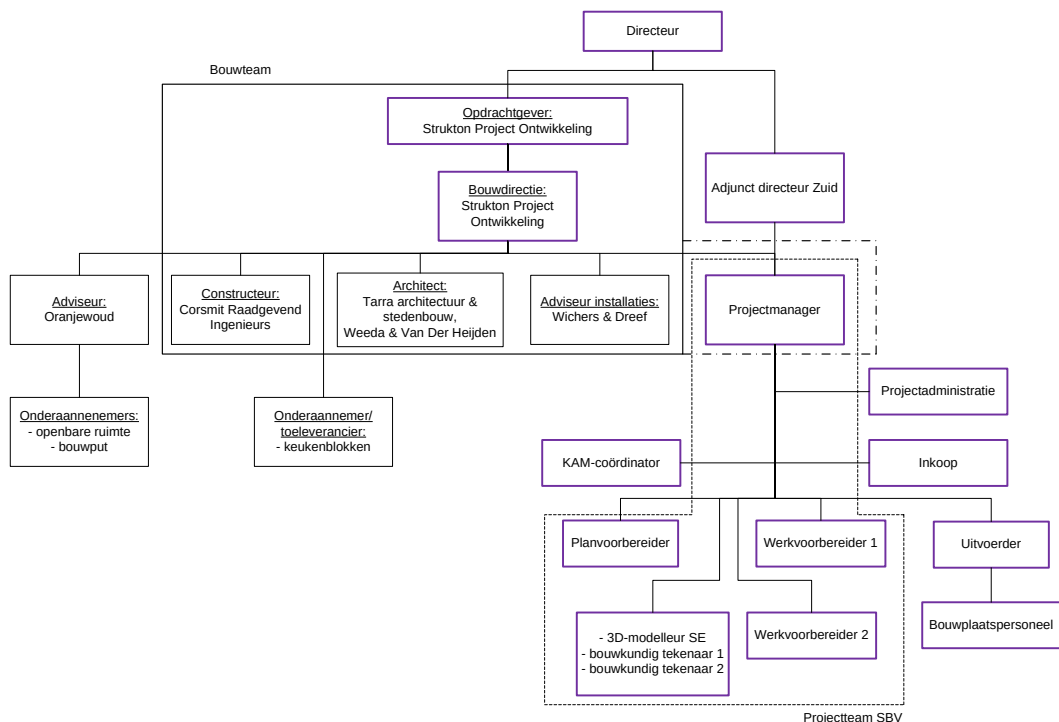
Advies- en Ingenieursbureau Oranjewoud is verantwoordelijk voor het bouwrijp maken van de bouwlocatie, het realiseren van de bouwput en de openbare ruimte. Dit is geen onderdeel van de bouwteamovereenkomst. Dit geldt ook voor de onderaannemer/toeleverancier van de keukenblokken. Uitvoeringcoördinatie van deze twee laatste partijen en eventuele onderaannemers valt buiten de opdracht van SBV.

Coördinatie bij het realiseren van de bouwkundige werktekeningen geschiedt binnen het projectteam in samenwerking tussen de planvoorbereider en bouwkundig tekenaar 1. De coördinatie met de externe ontwerpende partijen geschiedt door de planvoorbereider.

In Figuur 11 is de projectorganisatie voor het project NieuweVoorstad weergegeven. In paars zijn de projectpartners en partijen aangegeven welke onderdeel uitmaken van SBV. De personen die omlijnd zijn met een stippellijn zijn werkzaam in een projectteam. Tevens is het bouwteam aangegeven. In bijlage 7 zijn alle voor dit onderzoek relevante partijen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden in de projectorganisatie van NieuweVoorstad uiteengezet.

Een aantal personen in het projectteam hebben tevens zitting in de Werkgroep (zie paragraaf 5.2), namelijk: de 3D-modelleur SE en de calculator. Ook is het projectteam vormgegeven op het moment dat al duidelijk was dat men zou gaan Virtueel Bouwen in het project. Dit is specifiek aanleiding geweest voor werkvoorbereider 1 om deel te nemen aan dit project. Werkvoorbereider 2 is specifiek aan het projectteam toegevoegd door zijn eerdere ervaring met Virtueel Bouwen.

Start uitvoering van het project NieuweVoorstad stond oorspronkelijk gepland rond **eind april 2009**. Het projectteam van SBV is op **21 oktober 2008** officieel gestart met de werkvoorbereiding. Na verloop van tijd is de start uitvoering verplaatst naar **1 juni 2008** door onder andere vertraging bij het verkrijgen van enkele vergunningen en de slechte verkoop van de appartementen. Uiteindelijk leidt dit tot definitief stopzetten van het project.



Figuur 11: Organogram projectorganisatie NieuweVoorstad

5.1.2 Analyse project NieuweVoorstad en projectorganisatie

Normaliter maakt SBV zelf geen werktekeningen, maar wordt dit uitgevoerd door derden. Belangrijk verschil tussen de projectorganisatie NieuweVoorstad en de projectorganisatie zoals deze normaliter is vormgegeven, is daarom het feit dat tekenaars/3D-modelleers onderdeel uitmaken van het projectteam.

Belangrijk ander verschil met de normale organisatie, is het naar voren schuiven van de werkvoorbereiding. Normaliter start werkvoorbereiding 13 weken voor de start uitvoering, maar in het project NieuweVoorstad bedroeg dit ruim 28 weken.

Ten slotte is geen calculator vertegenwoordigd in, of ondersteunend aan, het projectteam. Dit is in principe logisch, omdat calculatie reeds in een eerder stadium heeft plaatsgevonden. De door de calculator gerealiseerde werkbegroting en overige calculatiegegevens vormen enkel input voor de fase werkvoorbereiding. Een van de projectdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad is echter (zie: paragraaf 5.3): het toepassen van de software IBIS4BIM ten behoeve van vergelijking met calculatie. Dit projectdoel sluit daarom niet aan bij de reguliere werkwijze. Dit probleem wordt echter ondervangen door het projectdoel in te kleden als schaduwonderzoek. Voor een omschrijving van IBIS4BIM wordt verwezen naar bijlage 8.

Een tweetal personen in het projectteam, de 3D-modelleur SE en werkvoorbereider 2, hebben reeds ervaring met Virtueel Bouwen. Dit kan een aantal belangrijke consequenties hebben gedurende de looptijd van het project. Ten eerste zorgen de personen met ervaring voor een kleinere verandering. Beide personen hebben namelijk ervaring met het gebruik van de software Revit waardoor Virtueel Bouwen voor hen niet compleet nieuw is. Ook kunnen zij optreden als ervaringsdeskundige of expert bij het uitvoeren van verschillende stappen in het invoeringsproces. De ervaring van werkvoorbereider 2 beperkt zich echter tot het toepassen van Virtueel Bouwen in een beschermde omgeving tijdens zijn afstudeerproject. De ervaring van de 3D-modelleur SE bestaat hoofdzakelijk uit het parallel toepassen van aspecten van Virtueel Bouwen aan lopende projecten. Ze hebben dus allebei geen ervaring met het integraal toepassen van Virtueel Bouwen in een werkelijk project. Voor een omschrijving van Revit wordt verwezen naar bijlage 8.

Ook maken de 3D-modelleur SE en de calculator onderdeel uit van zowel het projectteam als van de Werkgroep. Omdat hierdoor de projectdoelen niet volledig top-down zijn bepaald, kan dit resulteren in meer draagvlak voor de projectdoelen bij een deel van de projectteamleden.

In bovenstaande beschrijving en analyse kunnen een drietal (mogelijke) oplossingsrichtingen worden onderscheiden, namelijk:

- Toevoegen van personen aan het projectteam die reeds ervaring hebben op het gebied van Virtueel Bouwen;
- Toevoegen van personen aan het projectteam met een sterke persoonlijke motivatie;
- Projectdoelen (veranderidee) bepalen met (een deel van) het projectteam waarop deze verandering van toepassing is.

5.2 Episode 1: Bevindingen Werkgroep van toepassing op project

5.2.1 Beschrijving episode 1

Binnen de afdeling Werkvoorbereiding en het Kenniscentrum van SBV zijn een aantal werkgroepen actief met het uitwerken van verbeter- en optimaliseringsprocessen voor hun afdeling, waaronder de Werkgroep Virtueel Bouwen. De Werkgroep bestaat uit een aantal personen van SBV met verschillende functies en een tweetal specialisten van SE op het gebied van Virtueel Bouwen. Ter bewaking en sturing van de Werkgroep is een Stuurgroep in het leven geroepen bestaande uit de directeurs van SBV en SE en enkele afdelingshoofden van SBV.

Eind 2007 is aan de Werkgroep door de directie van SBV opdracht gegeven om: de directie van SBV te ondersteunen bij het ontwikkelen van een (middel)lange termijnvisie op Virtueel Bouwen vanuit SBV passend binnen de strategische plannen. Door de Werkgroep is in eerste instantie het idee van Virtueel Bouwen voor SBV specifiek verder uitgewerkt. Dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een Roadmap, welke is weergegeven in bijlage 9 en aanbevelingen (inclusief een strategie) voor het implementeren van Virtueel Bouwen binnen de projectorganisatie van SBV. Bij het ontwikkelen van de Roadmap en aanbevelingen zijn door de Werkgroep onder andere voordelen, doelen en noodzakelijke investeringen voor Virtueel Bouwen geïnventariseerd. Voordelen van Virtueel Bouwen zijn volgens de Werkgroep onder andere:

- Reductie van ontwerpfouten die leiden tot bouwfouten;
- Meer inzicht tijdens het ontwerp en in het eindresultaat door visualisatie en simulatie;
- Eenduidige en eenmalige invoer van gegevens waardoor geen dubbele werkzaamheden worden uitgevoerd;
- Voorkomen van late wijzigingen door integrale alternatievenstudies;
- Consistentie in tekeningen;
- Verkorting van de voorbereidingstijd door het genereren van hoeveelheden uit een 3D-model;
- Mogelijkheid tot verregaande prefabricage door het gebruik van het 3D-model door leveranciers;
- Gebruik van het 3D-model gedurende de gehele levensduur van het bouwwerk.

Te realiseren overkoepelende doelen, welke zijn verwerkt in de Roadmap, zijn volgens de Werkgroep:

- clash-controle;
- hoeveelheden genereren uit het 3D-model;
- 2D tekeningen genereren uit het 3D-model;
- 3D-model als visueel hulpmiddel;
- snelheid in alternatievenstudies;
- ontwikkelen van diverse tools voor optimalisatie werkprocessen.

De noodzakelijke investeringen zijn volgens de Werkgroep: (1) het ontwikkelen van nieuwe procedures en werkwijzen, (2) communicatie van organisatorische veranderingen, (3) scholing van gebruikers en (4) het aanschaffen van nieuwe soft- en hardware. Ook is door de Werkgroep een inventarisatie gemaakt van wat er op het gebied van Virtueel Bouwen in de wereld te koop is en gaande is aan ontwikkelingen.

Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat naar aanleiding van door de Stuurgroep aangegeven prioritering om faalkosten te reduceren in de faseovergang werkvoorbereiding-uitvoering en ontwerp-werkvoorbereiding een tweetal aspecten in de tijd zijn voorgetrokken. Namelijk: het digitaal signaleren van knelpunten in het ontwerp door middel van 2D clash-controle en het digitaal genereren en controleren van hoeveelheden uit een 3D-model. Tevens zijn het digitaal uitvoeren van 3D clash-controle in een 3D-model (ook met een extern ontwikkeld 3D-model) en het koppelen van kosten aan hoeveelheden uit het 3D-model voorgetrokken in de tijd. Deze aspecten staan met andere woorden vooraan in de Roadmap.

Daarnaast blijkt uit de Roadmap dat door de Werkgroep tevens al een keuze is gemaakt voor te gebruiken software. Voor het 3D-modelleren is op advies van SE Autodesk Revit gekozen. Voor het calculeren op basis van gegevens uit het 3D-model is IBIS4BIM gekozen. De 3D-modelleur SE heeft een afstudeeronderzoek uitgevoerd naar calculeren op basis van hoeveelheden uit een 3D-model. Uit dit onderzoek bleek dat IBIS4BIM het beste aansluit bij de wijze waarop door SE wordt gemodelleerd.

Verder zijn door de Werkgroep een aantal aanbevelingen gedaan aan de directie van SBV, waarvan de belangrijkste hieronder zijn weergegeven:

1. Volg een 2-sporenbeleid: de (langere termijn) ontwikkeling van een compleet nieuwe werkwijze binnen SBV én (korte termijn) quick wins realiseren op lopende projecten. Quick wins zijn volgens de Werkgroep digitale 2D clash-controle, 3D clash-controle (ook met een extern gerealiseerd 3D-model) en calculeren op basis van hoeveelheden uit een 3D-model.
2. Om vorderingen te maken geldt: Doen! Het uitvoeren van pilot-projecten is hierbij onontbeerlijk. Daarbij geldt:
 - Op werkelijke projecten slechts middelen toepassen die bewezen zijn, in verband met de (financiële) risico's;
 - Nog te onderzoeken middelen, afhankelijk van de aard, toetsen in fictieve projecten of parallel aan een bestaand traject.
3. Bij implementatie moet niet geschroomd worden externen in te schakelen. Er moet worden voorkomen dat we met eigen mensen opnieuw het wiel proberen uit te vinden.
4. Investeer in tijd (mensen) en geld (techniek).

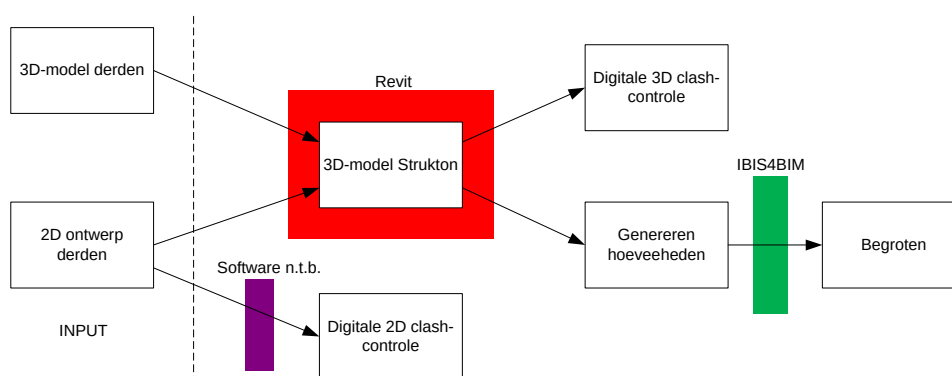
Aansluitend op punt 1. en 2. is door de Stuurgroep aangegeven dat implementatie van Virtueel Bouwen in kleine stapjes moet plaatsvinden, zodat de organisatie en de mensen de veranderingen kunnen bijbenen.

Uiteindelijk hebben de bevindingen van de Werkgroep, welke op **5 juni 2008** aan de directie van SBV gepresenteerd zijn, geresulteerd in een overleg tussen de kartrekkers en de directievoorzitter op **10 juni 2008**. In dit gesprek heeft de directievoorzitter op eigen initiatief medegedeeld dat het tijd werd om te stoppen met het 'werkgroepen'. Er moesten snel resultaten geboekt worden door de bevindingen van de Werkgroep op een praktijkproject, bijvoorbeeld NieuweVoorstad, toe te passen. Bij Strukton Civiel boekt men namelijk al positieve resultaten met Virtueel Bouwen en SBV moet daarin snel meegaan. Volgens de Werkgroep coördinator is deze noodzaak ook een mogelijke verklaring voor het gewoon starten met het project zonder allerlei plannen en protocollen uit te werken. Dit was volgens hem echter geen bewuste keuze. Episode 1 wordt afgesloten met de mondelinge overeenkomst tussen de Werkgroep en de directievoorzitter om Virtueel Bouwen toe te gaan passen op het project NieuweVoorstad conform de bevindingen van de Werkgroep.

5.2.2 Analyse episode 1

De scope van het veranderidee met betrekking tot Virtueel Bouwen in episode 1 is gereconstrueerd op basis van de aspecten die vooraan staan in de Roadmap. De Roadmap is namelijk door de directie van toepassing verklaard op het project. Omdat de Roadmap is ontwikkeld door de Werkgroep, en de Stuurgroep een grote invloed heeft gehad op de Roadmap, kan geconcludeerd worden dat het veranderidee is bepaald door zowel de Werkgroep als de Stuurgroep.

De scope van het veranderidee met betrekking tot Virtueel Bouwen is weergegeven in Figuur 12. In deze figuur zijn de functionaliteiten van Virtueel Bouwen uiteengezet die onderdeel zijn van het veranderidee. De scope moet als volgt worden gelezen: Op basis van het 2D ontwerp van derden en/of het 3D-model van derden wordt door SBV middels Revit een 3D-model gemaakt. Aan de hand van dit 3D-model wordt 3D clash-controle uitgevoerd en worden hoeveelheden afgeleid. Met IBIS4BIM wordt aan de hand van deze hoeveelheden een begroting gemaakt. Tevens wordt digitale 2D clash-controle van het 2D-ontwerp van derden uitgevoerd.



Figuur 12: Scope Virtueel Bouwen episode 1

In Tabel 7 zijn de veranderingen (delta's) ten opzichte van de normale werkwijze tijdens werkvoorbereiding als gevolg van de scope van het veranderidee met betrekking tot Virtueel Bouwen uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de reden, verklaring en consequentie is.

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Consequentie
1.1	Normaal	Op basis van het 2D ontwerp of een 3D-model van derden wordt met de applicatie Revit een 3D-model opgewerkt.	3D-modelleur	Aanwezigheid van een vragende actor.	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de resultaten en aanbevelingen van de Werkgroep.	-Nieuwe processtap. -De 3D-modelleurs moeten leren werken en vertrouwen krijgen met de software.
1.2	Normaal	3D-model van derden is input i.p.v. 2D-tekeningen.	3D-modelleur	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De verschillende 3D-modellen moeten op elkaar afgestemd worden.
1.3	Normaal	Digitale 2D clash-controle i.p.v. handmatige controle van 2D ontwerp van derden.	Werkvoor-bereider	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	-Nieuwe processtap, normaal geschiedt controle tijdens voortschrijden van de werkzaamheden. -De werkvoorbereiders moeten leren werken en vertrouwen krijgen met de software.

1.4	Normaal	Digitale 3D clash-controlle met Revit i.p.v. handmatige controle van 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	-Nieuwe processtap, normaal geschiedt controle tijdens voortschrijden van de werkzaamheden. -3D-modelleurs moeten 3D clash-controlle kunnen uitvoeren.
1.5	Normaal	Genereren van hoeveelheden voor calculatie uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	-Het 3D-model moet opgebouwd zijn zodat hoeveelheden op tijd, correct en bruikbaar zijn. -3D-modelleurs moeten hoeveelheden kunnen bepalen.
1.6	Normaal	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden voor calculatie i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	-Hoeveelheden moeten op tijd, bruikbaar en correct zijn. -Calculator moet hoeveelheden vertrouwen.
1.7	Normaal	Gebruik van IBIS4BIM voor het realiseren van een elementen begroting i.p.v. IBISTRAD voor het realiseren van een STABU begroting. ²	Calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De calculator moet leren werken en vertrouwen krijgen met IBIS4BIM.

Tabel 7: Verschillen (delta's) werkwijze Virtueel Bouwen na episode 1

Er kan geconcludeerd worden dat het veranderidee top-down is bepaald en opgelegd, waarbij de directie van SBV gezien kan worden als een vragende actor ('mandate for adoption'). Maar ook bottom-up, omdat een aantal leden van de Werkgroep uiteindelijk plaats hebben genomen in het projectteam en de leden van de Werkgroep afkomstig zijn van de 'werkvloer'. Het top-down bepalen en opleggen van het veranderidee kan mogelijk resulteren in weinig draagvlak bij de uiteindelijke gebruikers voor het veranderidee, omdat het niet aansluit bij de praktijk.

De aanbeveling van de Werkgroep om alleen middelen toe te passen op praktijkprojecten die bewezen zijn, kan in het vervolgtraject leiden tot het niet benutten van nieuwe kansen die ontstaan tijdens het project. De daaraan gerelateerde aanbeveling dat nog niet bewezen middelen eerst moeten worden getest in een pilot-project kan mogelijk leiden tot inadequaat testen van de middelen. Door een verandering vorm te geven als een pilot-project worden gebruikers mogelijk niet gedwongen om alle problemen op te lossen en een toepasbare werkwijze te ontwikkelen. Met andere woorden wordt dan alleen een product getest en wordt niet getest of de bedachte verandering toepasbaar is in de praktijk. Voor een succesvolle pilot is het daarom van belang dat er wordt gezorgd voor een goede testcase, waarin niet alleen de tool wordt getest maar ook de bijbehorende werkwijze. Ten slotte resulteert een schaduwwonderzoek in extra werkzaamheden en nauwelijks toegevoegde waarde, omdat oude werkzaamheden niet worden vervangen.

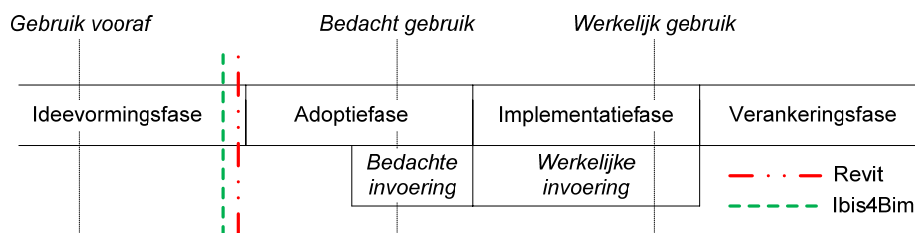
Bij het ontwikkelen van de Roadmap en aanbevelingen zijn door de Werkgroep onder andere voordelen, doelen en noodzakelijke investeringen voor Virtueel Bouwen binnen SBV geïnventariseerd. Het is aannemelijk om te veronderstellen dat deze investeringen en daarmee de ontwikkelde Roadmap en aanbevelingen zijn gebaseerd op impliciet geanalyseerde barrières. De noodzakelijke investeringen kunnen namelijk duidelijk gerelateerd worden aan de barrières uit het model van Adriaanse (2007):

- ontwikkelen van nieuwe procedures en werkwijzen: **duidelijkheid van procedurele afspraken (B)** en **afstemming tussen ICT en werkwijzen (B)**;
- communiceren van organisatorische veranderingen: **perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik (B)** en **duidelijkheid van procedurele afspraken (B)**;

² In IBIS4BIM wordt gecalculeerd per element volgens de NL-Sfb elementenmethode en in IBISTRAD per werksoort volgens de STABU besteksystematiek.

- scholen van gebruikers: **persoonlijke motivatie (B)**, **duidelijkheid over de bediening van ICT (B)** en **duidelijkheid van procedurele afspraken (B)**;
- Aanschaffen van soft- en hardware: **handelingsmogelijkheden (B)**.

De Roadmap en aanbevelingen hebben uiteindelijk geleid tot draagvlak op beslissingsniveau waardoor de directie van SBV een adoptiebeslissing heeft genomen. Met deze beslissing wordt episode 1 afgesloten. Belangrijk daarbij is het feit dat de directie een bepaalde noodzaak voelde om snel resultaten te boeken met Virtueel Bouwen, omdat dit bij Strukton Civiel al wel het geval was. Ook blijkt uit de interviews met de verschillende projectteamleden dat bij hen de indruk bestond dat Strukton Civiel al veel verder was met Virtueel Bouwen dan SBV. Hier is duidelijk sprake van het zogenaamde 'modefenomeen', omdat door Strukton Civiel ten tijde van het project NieuweVoorstad Virtueel Bouwen alleen nog maar op aspecten en parallel aan projecten werd toegepast.



Figuur 13: Positie in invoeringsproces na episode 1

Op basis van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat in episode 1 de ideevormingsfase van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) is doorlopen, zie Figuur 13. Door de Werk- en Stuurgroep Virtueel Bouwen SBV zijn namelijk de stappen doorlopen welke volgens de methodiek moeten worden doorlopen voor het overgaan naar de adoptiefase. Belangrijk aandachtspunt daarbij is dat de ideevormingsfase niet is doorlopen op projectniveau, maar op organisatieniveau. Pas aan het eind van de ideevormingsfase is het project NieuweVoorstad naar voren gekomen. Een tweede belangrijk aandachtspunt is het feit dat de directie van SBV zelf opdracht heeft gegeven tot het starten van de ideevormingsfase en dat dit niet is geïnitieerd door de projectorganisatie of het projectteam. Dit kan in het vervolg van het project mogelijk leiden tot weinig draagvlak binnen het projectteam of het projectmanagement voor het veranderidee. In Tabel 8 zijn de verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) voor episode 1 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven wat de verklaring, consequentie en een mogelijke oplossingsrichting is.

Δ	Omschrijving	Verklaring	Consequentie	Oplossingsrichting
a.1	Ideevormingsfase alleen doorlopen op organisatieniveau en niet op projectniveau.	Directie sprak de noodzaak uit om resultaten snel op een project toe te passen en te stoppen met het 'werkgroepen'. ('mandate for adoption') ('mode fenomeen')	-Veranderidee sluit mogelijk niet aan bij noodzakelijke veranderingen in het project. -Mogelijk geen draagvlak voor het veranderidee binnen het projectteam.	Directie benadrukken van de noodzaak om deze fase ook op projectniveau te doorlopen door het aangeven van uitdagingen.

Tabel 8: Verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) in episode 1

Op organisatieniveau kunnen onderdelen worden herkend van de incrementele en geplande implementatiestrategie. De Roadmap en bijbehorende aanbevelingen beschrijven namelijk een stapsgewijze verandering; van het op korte termijn toepassen van quick wins tot het op lange termijn ontwikkelen van een compleet nieuwe werkwijze. Op projectniveau kan in deze episode zoals reeds beschreven zowel een top-down als een (indirecte) bottom-up implementatiestrategie worden herkend.

5.3 Episode 2: Opstellen leer- en projectdoelen

5.3.1 Beschrijving episode 2

Om de resultaten van de verschillende werkgroepen welke actief zijn binnen de afdeling Werkvoorbereiding en het Kenniscentrum van SBV te optimaliseren, is door de directie van SBV besloten om via het project “Wergroepen aan het Werk” (WahW) de diverse bedachte en ontwikkelde plannen en procedures toe te passen op een werkelijk project. Hiervoor is door de directie van SBV het project NieuweVoorstad in Nijmegen aangewezen. Voornaamste reden voor de keuze van het project NieuweVoorstad is het feit dat het project een eigen projectontwikkeling is. Hierdoor loopt men niet het risico dat een opdrachtgever negatief staat tegenover het toepassen en testen van nieuwe plannen en procedures op het project.

Door het project WahW zijn de bevindingen van de Werkgroep officieel van toepassing op het project NieuweVoorstad. Op basis van de bevindingen van de Werkgroep en eigen inzicht zijn door de kartrekkers een viertal projectdoelen en 14 stuks leerdoelen opgesteld. De leerdoelen zijn opgenomen in bijlage 10. Op **18 september 2008** zijn de volgende projectdoelen opgesteld:

- Integrale 3D clash-controle om DO architect en constructeur te controleren;
- Genereren van 2D werktekeningen (exclusief wapeningstekeningen);
- Toepassing IBIS4BIM ten behoeve van vergelijking met calculatie (schaduwonderzoek);
- Bepaling hoeveelheden ten behoeve van inkoop (schaduwonderzoek).

Volgens de Werkgroepcoördinator lagen twee van de vier projectdoelen, clash-controle en genereren hoeveelheden, vast door de prioritering van de Stuurgroep. Hijzelf en de adviseur informatiesystemen SE hebben vervolgens met zijn tweeën nog verder gekeken naar mogelijke extra doelen door projectspecifiek in te zoomen. Uitgangspunt daarbij was dat het ten eerste doelen moesten zijn waarvan men wist dat deze bij SE al mogelijk waren en ten tweede moest het aantal doelen bescheiden blijven. Men had namelijk te maken met een werkelijk project. Ten derde wilde SBV het 3D-model volledig in eigen huis ontwikkelen, dus zonder derden, om zelf zoveel mogelijk kennis op te bouwen. Bovenstaande uitgangspunten vloeien voort uit de aanbevelingen van de Werkgroep. Opmerkelijk is echter dat deze uitgangspunten nergens gedocumenteerd zijn. Daarnaast is gedurende het project afgeweken van deze uitgangspunten, omdat gezocht is naar onder andere een installateur om een deel van het ontwerp in 3D uit te tekenen. In onderstaande alinea worden enkele keuzes bij het vaststellen van de projectdoelen nader toegelicht.

Het genereren van 2D werktekeningen is een gevolg van het feit dat SBV ten eerste opdracht had voor het zelf realiseren van bouwkundige werktekeningen. SBV verwachtte hiermee namelijk bruikbaarere werktekeningen te kunnen realiseren. Ten tweede was binnen SE bewezen dat het mogelijk is om 2D werktekeningen te genereren uit een 3D-model. Wapeningstekeningen worden niet gerealiseerd omdat dit geen onderdeel is van de opdracht.

Het aanwijzen van een tweetal schaduwonderzoeken is een gevolg van de aanbeveling van de werkgroep om niet te experimenteren op werkelijke projecten. Daarnaast wordt het uitvoeren van 2D clash-controle op tekenwerk overbodig door de 3D clash-controle.

Input voor het 3D-model is het DO ontwerp van architect en constructeur, omdat bij de start van het toepassen van Virtueel Bouwen op het project dit de status was van het ontwerp.

Het afleiden van hoeveelheden ten behoeve van inkoop is, net als clash-controle, een gevolg van de door de Stuurgroep aangegeven prioriteit. Tijdens werkvoorbereiding worden door werkvoorbereiders namelijk hoeveelheden bepaald voor onder andere het controleren van aangevraagde offertes. Dit doel hangt echter ook samen met de Werkgroep InkoopInfo welke in het kader van het project WahW ook van toepassing is op project. Doel van deze werkgroep is het verbeteren van het inkoopproces door inkoopspecificaties al te voorzien van door de aannemer bepaalde hoeveelheden.

Kanttekening bij de leer- en projectdoelen is dat deze volgens de Werkgroepcoördinator pas opgesteld zijn op verzoek van het project WahW. Men is in eerste instantie na het mandaat van de directie gestart zoals men wilde starten, namelijk gewoon beginnen op basis van de Roadmap en aanbevelingen van de Werkgroep en met behulp van de kennis van SE met betrekking tot het opstarten van een dergelijk project. Daarbij had de directie de noodzaak uitgesproken om te stoppen met het 'werkgroepen' en snel resultaten te boeken. Hierbij hield men volgens de Werkgroepcoördinator wel een bepaald stappenplan, rolverdeling en taakverdeling in het achterhoofd, met als doel het realiseren van 2D werktekeningen op basis van een 3D-model. Opmerkelijk daarbij is dat van bovenstaande zaken niets is teruggevonden in enige documentatie. Ook is het opmerkelijk dat bij aanvang van het project voor de 3D-modelleur SE niet duidelijk was dat 2D werktekeningen uit het 3D-model gegenereerd moesten worden. Hij was van mening dat ze een 3D-model zouden ontwikkelen voor het enkel uitvoeren van 3D clash-controle. Het achteraf bepalen van de leer- en projectdoelen is volgens de Werkgroepcoördinator een verklaring voor het feit dat deze niet een hele duidelijke leidraad in het projectteam zijn geweest.

Zoals beschreven zijn de leer- en projectdoelen bepaald door de kartrekkers, waarbij ook communicatie heeft plaatsgevonden met de projectmanager. De projectmanager kon zich vinden in de projectdoelen en in zijn ogen was daar goed over nagedacht. Aan de andere kant had hij in zijn ogen op dat moment ook niet genoeg kennis van en feeling met de materie om inhoudelijk iets toe te kunnen voegen of wijzigen, zeker in vergelijking tot de kartrekkers. Dit sluit aan bij een groot deel van de andere projectteamleden. Ook zij geven namelijk aan dat ze waarschijnlijk weinig hadden kunnen bijdragen aan het bepalen van de leer- en projectdoelen door een gebrek aan kennis van en feeling met de materie.

Hoewel door de projectmanager wordt aangegeven dat de leer- en projectdoelen ook zijn gecommuniceerd met het projectteam, blijkt uit de interviews met de overige leden van het projectteam dat de leer- en projectdoelen voor de meerderheid van hen bij aanvang van het project niet goed duidelijk of zelfs onbekend waren. Dit is duidelijk geworden tijdens de looptijd van het project. Op basis van de interviews kan echter geconcludeerd worden dat er bij de betrokkenen, hoewel zij niet allemaal even goed op de hoogte waren van de projectdoelen, weinig weerstand bestond tegen de leer- en projectdoelen. Daarnaast geven alle betrokkenen aan dat ze voorafgaand aan het project voornamelijk voordelen zagen in het gebruik van Virtueel Bouwen. De projectmanager geeft echter aan dat hij sceptisch was of de werktekeningen wel op tijd en binnen het budget gerealiseerd konden worden. Bouwkundig tekenaar 1 was daarnaast onbekend met Autodesk Revit en vroeg zich af of het programma wel zou voldoen aan zijn eisen. Op basis van de interviews kan geconcludeerd worden dat een deel van deze scepsis kon worden weggenomen door de personen met ervaring. Uiteindelijk is ook gebleken dat de werktekeningen zijn gerealiseerd binnen het budget voor het realiseren van werktekeningen op de traditionele manier.

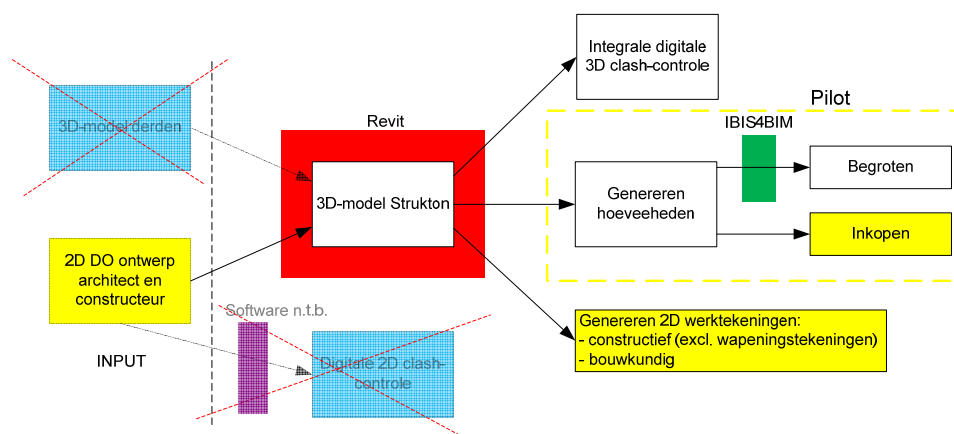
Episode 2 wordt afgesloten op **18 september 2008**, het moment waarop de projectdoelen zijn bepaald welke uiteindelijk de definitieve projectdoelen worden in het kader van het project WahW. Daarnaast wordt korte tijd later gestart met de eerste modelleerwerkzaamheden, waardoor Virtueel Bouwen is geïmplementeerd.

Opmerkelijk bij bovenstaande is dat het projectteam bij de start van de modelleerwerkzaamheden nog geen definitieve opdracht had van SPO om werktekeningen te realiseren. Volgens de betrokkenen was het mogelijk om eerder te starten met modelleren, omdat er vanuit de directie al een mondeling akkoord was om Virtueel Bouwen op het project toe te passen voor onder andere het realiseren van werktekeningen. Volgens de planvoorbereider is een mondelinge overeenkomst voor dergelijke interne ontwikkelingen voldoende. Daarnaast ervoer het projectteam voor het realiseren van 2D werktekeningen enige tijdsdruk, waardoor men het liefst zo snel als mogelijk startte met het realiseren van het 3D-model.

5.3.2 Analyse episode 2

In Figuur 14 is de scope van het veranderidee weergegeven na het vaststellen van de project- en leerdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen op **18 september 2008**. In geel zijn de toevoegingen aangegeven en in blauw de verwijderingen ten opzichte van episode 1.

Er kan geconcludeerd worden dat de scope voor een groot deel overeen komt met de scope in episode 1 welke is bepaald op basis van de Roadmap ontwikkeld door de Werkgroep. Twee van de vier projectdoelen komen namelijk overeen met de door de Werkgroep aangedragen quick-wins. Er zijn echter een aantal veranderingen opgetreden naar aanleiding van het specifieke project en de aanbevelingen van de Werkgroep en daaruit voortvloeiende uitgangspunten.



Figuur 14: Scope Virtueel Bouwen episode 2

In Tabel 9 zijn de veranderingen (delta's) ten opzichte van de normale werkwijze tijdens werkvoorbereiding en de 'werkwijze' in episode 1 als gevolg van de gemaakte keuzes en ontwikkelingen in episode 2 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de reden, verklaring en consequentie is.

In Tabel 9 en Tabel 7 wordt de aanwezigheid van een vragende actor veelvuldig aangewezen als reden. Dit moet echter enigszins genuanceerd worden. De veranderingen zijn door de directie opgelegd, maar zoals beschreven (deels) door mensen van de werkvloer en uiteindelijk enkele personen uit het projectteam bedacht.

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Consequentie
2.1	Ep 1	Input voor het 3D-model is het 2D ontwerp van derden en niet een 3D-model van derden.	3D-modelleur.	Aanwezigheid van een vragende actor.	-Geen 3D-model van derden beschikbaar. -Uitgangspunten bij opleggen Virtueel Bouwen door directie: 3D-model ontwikkelen in eigen huis en haalbare doelen stellen.	Er ontstaan twee informatiestromen. Intern een 3D stroom en extern een 2D stroom.
2.2	Ep 1	Alleen het DO ontwerp van architect en constructeur wordt verwerkt in het 3D-model en niet van andere derden.	3D-modelleur, werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Uitgangspunten bij opleggen Virtueel Bouwen door directie: -Haalbare doelen stellen.	Er is sprake van verschillende informatiebronnen.
2.3	Normaal + Ep 1	2D constructieve en bouwkundige werktekeningen worden niet gerealiseerd met AutoCAD maar worden uit het 3D-model gegenereerd met Revit. (excl. wapeningstekeningen)	3D-modelleur.	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Bij SE is het mogelijk (technische mogelijkheden, push). -Contractueel moet SBV werktekeningen realiseren (project behoefte, pull). -Men verwacht betere tekeningen te kunnen realiseren (project behoefte, pull)	-Nieuwe processtap -Het 3D-model moet opgebouwd zijn zodat correcte werktekeningen kunnen worden gegenereerd. -Er ontstaan twee processtromen, omdat constructeur wapeningstekeningen realiseert.

2.4	Normaal + Ep 1	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden voor het vaststellen van de definitieve inkoopspecificatie.	Werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de resultaten en aanbevelingen van de werkgroep.	-Hoeveelheden moeten op tijd, bruikbaar en correct zijn. -Werkvoorbereider moet hoeveelheden vertrouwen.
2.5	Normaal + Ep 1	Controle van aangevraagde offertes met uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Zie Δ2.4	Zie Δ2.4
2.6	Normaal + Ep 1	Genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiding uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Zie Δ2.4	-Het 3D-model moet opgebouwd zijn zodat hoeveelheden op tijd, correct en bruikbaar zijn. -3D-modelleurs moeten zowel hoeveelheden genereren voor calculator en werkvoorbereider.
2.7	Ep 1	Werkvoorbereiders moeten zowel handmatig bepaalde hoeveelheden als uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden gebruiken voor inkoop.	Werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de aanbevelingen om alleen bewezen middelen toe te passen.	Virtueel Bouwen heeft geen toegevoegde waarde voor werkvoorbereiders.
2.8	Ep 1	Geen digitale 2D clash-controle van het 2D ontwerp van architect en constructeur.	Werkvoorbereider, 3D-modelleur	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	Overbodig door 3D clash-controle.	Verantwoordelijkheid voor controle 2D ontwerp architect en constructeur volledig in handen van 3D-modelleurs.

Tabel 9: Verschillen (delta's) werkwijze Virtueel Bouwen na episode 2

In Figuur 15 op pagina 66 is het processchema van de fase werkvoorbereiding opgenomen waarin de veranderingen (delta's) ten opzichte van de normale situatie zijn weergegeven als gevolg van de definitieve projectdoelen (bedoelde toepassing). Grootste verandering is het realiseren van een 3D-model op basis van het 2D ontwerp van architect en constructeur (Δ1.1). Dit is namelijk een compleet nieuwe processtap in het processchema. Een andere grote verandering is het realiseren van werktekeningen (Δ2.3). Normaliter worden deze namelijk niet door SBV zelf ontwikkeld. Tevens zijn het genereren van hoeveelheden uit het 3D-model door de 3D-modelleur in plaats van door de calculator en werkvoorbereider (Δ1.5 en Δ2.6) en 3D clash-controle door de 3D-modelleur (Δ1.4) grote veranderingen. Ten slotte is een belangrijke consequentie van het schaduwonderzoek dat Virtueel Bouwen voor de werkvoorbereiders een beperkte toegevoegde waarde heeft (Δ2.6). Zoals reeds beschreven zitten uiteindelijk een werkvoorbereider en 3D-modelleur in het projectteam die al ervaring hebben met Virtueel Bouwen. Voor hen zijn de delta's 1.1, 1.4, 1.5, 2.3, 2.4, 2.5 en 2.6 daarom een stuk minder groot of zelfs helemaal niet aanwezig.

Episode 2 wordt afgesloten op **18 september 2008**, omdat korte tijd later is gestart met het implementeren van de leer- en projectdoelen in het project. Later zijn deze doelen ook officieel gemaakt door het project WahW. Episode 2 komt daarom overeen met de adoptiefase uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008). Hierbij moeten echter wel een aantal kanttekeningen worden geplaatst welke hieronder uiteengezet worden.

Ten eerste zijn de leer- en projectdoelen opgesteld door 'externen' en niet door de direct betrokkenen. Dit kan verklaard worden door het feit dat de adoptiebeslissing en implementatiebeslissing al genomen zijn op het moment dat het projectteam nog niet volledig was geformeerd en officieel van start was gegaan (paragraaf 5.4).



Ten tweede valt op dat een groot deel van de stappen welke volgens de methodiek moeten worden doorlopen niet zijn uitgevoerd. Alleen de reikwijdte is uitgewerkt op basis van functionaliteiten van het veranderidee middels het vaststellen van leer- en projectdoelen, met daarbij de kanttekening dat deze pas zijn opgesteld op verzoek van het project WahW. Dit kan als volgt verklaard worden:

- Uit de interviews blijkt dat een groot deel van de projectteamleden nauwelijks bekend was met de materie, waardoor het volgens hen onmogelijk was om vooraf allerlei zaken uit te denken zoals een werkwijze en implementatieplan. “Als je niet begint weet je namelijk ook niet waar je allemaal tegenaan gaat lopen.” In hun ogen moest men dus maar gewoon beginnen, om vervolgens de werkwijze verder uit te kristalliseren en belemmeringen die tussentijds zouden optreden op te lossen.
- De planvoorbereider en de projectmanager geven aan dat het projectteam geen tijd had om een werkwijze en implementatieplan te bepalen en uit te werken. Prioriteit was het zo snel als mogelijk realiseren van werktekeningen, omdat anders de voortgang van het project in gevaar zou komen. Tevens is het risico groot dat een werkwijze en implementatieplan voor niets worden opgesteld als zaken anders lopen dan verwacht.
- SE had ten tijde van episode 2 een Handboek Virtueel Bouwen beschikbaar voor het opzetten en implementeren van Virtueel Bouwen in projecten. Het niet expliciet gebruiken van dit handboek kan als volgt verklaard worden:
 - De 3D-modelleur SE heeft in een aantal projecten ervaren dat een dergelijk handboek vaak als een belemmering wordt ervaren. Het wordt snel te omslachtig, waardoor betrokkenen het niet gebruiken. Daarbij kost het veel tijd om een dergelijk handboek te ontwikkelen en deze was in het project schaars.
 - Volgens de 3D-modelleur SE was het handboek niet van toepassing, omdat men in dit project te maken had met andere uitgangspunten dan waarvoor het handboek is opgesteld. Het handboek is namelijk opgesteld voor projecten waar Virtueel Bouwen wordt toegepast vanaf de ontwerpfase. Volgens de 3D-modelleur SE is het handboek echter impliciet gebruikt, door het betrekken van SE bij het project.
 - Volgens werkvoorbereider 2 was het niet noodzakelijk omdat het werken in één ruimte communicatie en afstemming tussen projectteamleden vergemakkelijkt. Daarnaast hadden een aantal projectteamleden ervaring met Virtueel Bouwen.
 - Volgens de adviseur informatiesystemen SE waren de risico's klein, aangezien de gekozen doelstellingen al eens getest waren (met uitzondering van de doelstellingen als schaduwonderzoek).
- Volgens de Werkgroepcoördinator wilde men snel (op korte termijn) praktijkresultaten boeken en niet wederom allerlei zaken onderzoeken. Dit is veroorzaakt door de uitgesproken noodzaak van de directievoorzitter om te stoppen met het 'werkgroepen'.

Op basis van bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat de adoptiefase van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) grotendeels is overgeslagen. Met uitzondering van de 'achteraf' bepaalde leer- en projectdoelen. Er ontbreekt een duidelijke implementatiebeslissing na episode 2. Er wordt daarom geconcludeerd dat na episode 1 al een implementatiebeslissing is genomen.

Het al starten van modelleerwerkzaamheden kan echter nog een onderdeel zijn van de adoptiefase. Volgens de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) kunnen activiteiten uit de aanpassingsfase (onderdeel van de implementatiefase waarin de invoering van interorganisatiele ICT fysiek wordt vormgegeven) namelijk deels in de adoptiefase plaatsvinden. Dit om een duidelijker beeld te krijgen van de kansen op een succesvolle implementatie en dus een implementatiebeslissing te kunnen nemen. Het hanteren van bovenstaande strategie is zeer waarschijnlijk echter geen bewuste keuze geweest. Zoals eerder beschreven was het volgens een groot deel van de projectteamleden namelijk geen optie om 'vooraf' een

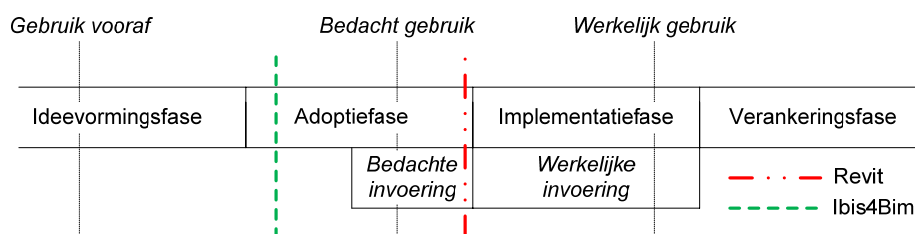
werkwijze te ontwikkelen door de onervarenheid van een groot aantal betrokkenen, tijdsdruk en de noodzaak om op korte termijn praktijkresultaten te boeken.

Bovenstaande strategie sluit ook aan bij het interview met de calculator die stelt dat door het uitvoeren van een schaduwonderzoek naar het gebruik van IBIS4BIM voornamelijk een werkwijze is bedacht en getest om in een volgend project in te voeren. IBIS4BIM is in de scope opgenomen, omdat de Werkgroep dit als een erg belangrijke ontwikkeling zag waar SBV aan mee moest doen (mode fenomeen). Omdat SBV geen 3D-modellen beschikbaar had, was NieuweVoorstad de enige mogelijkheid. Voor het projectdoel met betrekking tot IBIS4BIM is daarom alleen de ideevormingsfase en adoptiefase deels doorlopen.

In episode 2 is een deel van de adoptiefase uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) doorlopen door de Werkgroep in de personen van de kartrekkers. Hierbij heeft overigens wel overleg plaatsgevonden met de projectmanager en uiteindelijk zijn de doelen gecommuniceerd naar het projectteam. Uit de interviews blijkt echter dat de leer- en projectdoelen bij aanvang van het project niet goed duidelijk waren bij alle projectteamleden. Er bestond onder de projectteamleden echter weinig weerstand tegen de leer- en projectdoelen. Dit kan als volgt verklaard worden:

- Alle betrokkenen zagen vooraf voornamelijk voordelen en weinig nadelen in het gebruik van Virtueel Bouwen en bij een deel van de projectteamleden was de perceptie aanwezig dat SBV qua Virtueel Bouwen achter loopt bij Strukton Civiel (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en modefenomeen);
- Een aantal projectteamleden hadden bij aanvang van het project weinig ervaring en daarom kennis en inzicht met betrekking tot Virtueel Bouwen. Hierdoor konden zij moeilijk een beeld vormen en daarmee kritisch zijn (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruikt);
- Bij een aantal projectteamleden bestond de perceptie dat goed was nagedacht over de leer- en projectdoelen, omdat deze nagenoeg volledig zijn voortgevloeid uit de Roadmap (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik);
- Bij de projectteamleden bestond de perceptie dat de leer- en projectdoelen realiseerbaar waren, omdat SE hiervan zeker was op basis van ervaring (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik);
- De calculator en de 3D-modelleur SE indirect betrokken zijn geweest bij het tot stand komen van de leer- en projectdoelen door hun betrokkenheid in de Werkgroep;
- Virtueel Bouwen was door de directie opgelegd (externe motivatie).

Op basis van bovenstaande analyse is de positie van de invoering van Revit (rood) en IBIS4BIM (groen) na episode 2 bij benadering in het invoeringsproces weergegeven in Figuur 16.



Figuur 16: Positie in invoeringsproces na episode 2

In Tabel 10 zijn de verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) voor episode 2 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven wat de verklaring en consequentie is en wat mogelijke oplossingsrichtingen zijn.

Δ	Omschrijving	Verklaring	Consequentie	Oplossingsrichting
b.1	Adoptiefase doorlopen door 'externen' i.p.v. door direct betrokkenen.	-Bevindingen van de Werkgroep door de directie opgelegd aan het project voordat het projectteam officieel was gestart en samengesteld. -Adoptie en implementatiebeslissing waren één beslissing.	-Veranderidee sluit mogelijk niet aan bij werkwijzen van het projectteam. -Mogelijk geen draagvlak voor het veranderidee binnen het projectteam.	-Directie overtuigen van nut en noodzaak van het doorlopen van een adoptiefase met het projectteam door barrières aan te geven.
b.2	Alleen 'achteraf' project- en leerdoelen bepaald en geen werkwijze en implementatieplan bepaald voor de implementatiefase. Tevens blijken project- en leerdoelen niet goed gecommuniceerd te zijn met het gehele projectteam.	-Snel beginnen i.v.m. tekeningenplanning en de onzekerheid of het wel gaat lukken -Snel beginnen i.v.m. noodzaak van de directie om snel resultaten te boeken. -Niet noodzakelijk i.v.m. kleine risico's, omdat alleen bewezen doelen waren gekozen. -Niet noodzakelijk i.v.m. ervaring aantal betrokkenen. -Niet mogelijk i.v.m. onbekendheid met de materie van groot aantal betrokkenen. - Niet wenselijk omdat het wordt gezien als ballast.	-Beperkte mogelijkheid tot het goed en op tijd uit kunnen voeren van interventies tijdens volgende fasen. -Onduidelijkheid omtrent leer- en projectdoelen en bijbehorende prioriteiten gedurende het project.	-Directie en gebruikers overtuigen van nut en noodzaak van het doorlopen van een adoptiefase met het projectteam, door barrières aan te geven. -Voorzien in extra middelen (tijd). -Betrokkenen voorzien van meer informatie door het doorlopen van de stappen in de adoptiefase. -Eén persoon eindverantwoordelijk maken voor het implementatieplan en andere betrokkenen alleen belasten met de daarin voor hen van belang zijnde deeltaken.

Tabel 10: Verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) in episode 2

Er kan geconcludeerd worden dat in episode 2 zowel aspecten van de ontstane, top-down, bottom-up als incrementele implementatiestrategie impliciet zijn gehanteerd of gekozen. Ontstaand, omdat de projectdoelen waar SE al ervaring mee had gewoon in het project zijn ingevoerd. Top-down, omdat de projectdoelen grotendeels zijn opgelegd door de directie, versterkt door het feit dat de projectdoelen deels voortvloeien uit de oorspronkelijke prioritering van de Stuurgroep. Omdat echter een aantal personen uit de Werkgroep betrokken zijn geweest bij het realiseren van de projectdoelen en de Werkgroep bestaat uit personen van de 'werkvloer' kunnen tevens aspecten van een bottom-up benadering herkend worden. Incrementeel, omdat een beperkt aantal projectdoelen is gekozen en de projectdoelen waar SE nog geen ervaring mee had, zijn ingevoerd als schaduwonderzoek.

Aansluitend bij de ontstane implementatiestrategie kan uit bovenstaande beschrijving geconcludeerd worden dat voor een groot deel is vertrouwd op de kennis en kunde van de betrokkenen die reeds ervaring hadden met het gebruik van Virtueel Bouwen. Dit blijkt onder andere uit de opmerkingen van de 3D-modelleur SE dat het Handboek Virtueel Bouwen impliciet is toegepast door de betrokkenheid van SE. Ook blijkt dit uit de opmerking van de Werkgroep coördinator welke aangeeft dat men de voorkeur gaf aan het snel starten met Virtueel Bouwen in het project op basis van de kennis van SE met daarbij een bepaald stappenplan en dergelijke in het achterhoofd.

In bovenstaande beschrijving en analyse kunnen de volgende (mogelijke) oplossingsrichtingen worden onderscheiden:

- Alleen doelen realiseren welke al eens getest zijn in de praktijk, waardoor risico's klein zijn en scepsis bij betrokkenen weggenomen wordt;
- Doelen opstellen met een (deel) van de leden van het projectteam dat deze doelen in de praktijk moet brengen, zodat draagvlak voor deze doelen aanwezig is in het projectteam;
- Een klein aantal doelen kiezen waardoor realisatie van deze doelen behapbaar blijft;
- Draagvlak creëren op projectmanagement- en beslissingsniveau door het instellen van een Werkgroep waarin personen uit verschillende disciplines zijn betrokken. Hierdoor ontstaat draagvlak door de perceptie dat goed nagedacht is over de ideeën.

- Het toepassen van Virtueel Bouwen op een eigen projectontwikkeling om te voorkomen dat de aanwezigheid van een vragende actor resulteert in een barrière tot het gebruik van ICT, bijvoorbeeld een opdrachtgever die Virtueel Bouwen verbiedt.

5.4 Episode 3: Opzet 3D-model en verhuizing naar projectruimte

5.4.1 Beschrijving episode 3

Vanaf week **40 (29 september 2008)**, net nadat de project- en leerdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen waren geformuleerd (maar nog niet formeel waren goedgekeurd), is gestart met de eerste modelleerwerkzaamheden door de 3D-modelleur SE. Hij heeft toen de basis gelegd voor het 3D-model en is gestart met het opwerken van het constructieve ontwerp in het 3D-model. Na deze zes weken, week **45 (7 november 2008)**, was het constructieve ontwerp, met uitzondering van noodzakelijke ontwerpwijzigingen, in het 3D-model gereed.

Met bovenstaande 'basis' wordt bedoeld het werken in één 3D-model (bestand), het werken in een constructieve en bouwkundige workset door twee aparte 3D-modelleurs, het verdelen van verantwoordelijkheden over objecten, classificatie van de objecten volgens de NL-Sfb elementenmethode³ en het gebruik van een digitale DWG⁴ onderlegger van de architect. Dit heeft de 3D-modelleur SE voornamelijk bepaald op basis van eigen inzicht door eerdere ervaring, forums op het Internet en expertise van de adviseur informatiesystemen SE.

Vanaf week **43 (21 oktober 2008)** heeft bouwkundig tekenaar 1 zich als tweede 3D-modelleur bij de 3D-modelleur SE gevoegd voor het opwerken van het bouwkundige ontwerp in het 3D-model. Vooraf was door bouwkundig tekenaar 1 een Revit cursus gevolgd. De 3D-modelleur SE heeft hem ingelicht over de manier van werken. Er is eerst gestart met het opwerken van het constructieve ontwerp in het 3D-model, omdat dit de 'kapstok' vormt voor het bouwkundig ontwerp. Daarnaast was ten tijde van het starten van de modelleerwerkzaamheden bouwkundig tekenaar 1 nog werkzaam aan een ander project en daarom niet beschikbaar. Verder was besloten in het projectteam dat de 3D-modelleurs zo veel als mogelijk in één ruimte zouden gaan werken, ook voor de verhuizing naar een aparte projectruimte op **11 december 2008**.

Gedurende de looptijd van het project is door de 3D-modelleurs niet fulltime gewerkt aan het project. De 3D-modelleur SE heeft bijvoorbeeld na **week 45** over een periode van acht weken nauwelijks werkzaamheden voor het project verricht. Daarnaast kost het opwerken van het bouwkundig ontwerp in vergelijking met het constructieve ontwerp ongeveer twee keer zoveel tijd. Dit kan verklaard worden door de grote complexiteit (meer objecten) van het bouwkundige ontwerp.

Opmerkelijk met betrekking tot bovenstaande alinea is dat veel onduidelijkheid bestaat over de exacte wijze waarop de opzet van het 3D-model tot stand is gekomen. Volgens de meeste projectteamleden is dit namelijk tot stand gekomen in gezamenlijk overleg met de verschillende betrokkenen. Volgens de 3D-modelleur SE heeft hij de basis van het 3D-model echter voor een groot deel zelf bepaald. Er is vooraf geen expliciet plan opgesteld waarin de opzet van het 3D-model en de wijze waarop dit gerealiseerd moest worden is uiteengezet.

Tijdens deze episode is volgens de 3D-modelleur SE door SE aangegeven dat als zij het constructieve ontwerp in 3D moesten gaan opwerken, hiervoor de applicatie Revit Structure gebruikt moest worden. Binnen Strukton Engineering is dit namelijk de standaard. Tevens is SBV door SE in de Werkgroep aanbevolen om op organisatieniveau met Revit Architecture

³ De NL-Sfb elementenmethode is een classificatiemethode, bedoeld voor het gebruik tijdens het ontwerpen, realiseren en beheren van bouwprojecten. De Elementenmethode wordt onder andere gebruikt om objecten en lagen te ordenen in CAD-systemen, om informatie van leveranciers van bouwproducten inzichtelijk te maken, om kostengegevens op een overzichtelijke wijze te kunnen groeperen, en in vele andere toepassingen. De elementenmethode is gebaseerd op functies die onderdelen van gebouwen moeten vervullen, bijvoorbeeld scheidingen op basis van klimaat, lucht- en lichttoetreding et cetera. [TU Delft, 2009 en STABU, 2009]

⁴ DWG "drawing" is een bestandsformaat dat gebruikt wordt voor het opslaan van twee- en driedimensionale ontwerp- en metadata. Het is het standaard bestandsformaat van verschillende CAD software zoals AutoCAD. [Autodesk, 2009]

te gaan werken. Dit advies is overgenomen in de Roadmap en SBV heeft de software aangeschaft en onder andere bouwkundig tekenaar 1 een cursus laten volgen.

Volgens de 3D-modelleur SE en de andere projectteamleden is al vroeg in het project besloten om, op advies van de BIMspecialist, alleen constructieve hoeveelheden uit het 3D-model te genereren en calculeren. De BIMspecialist begeleidt de ontwikkeling van IBIS4BIM voor de Brink Groep BV. Volgens hem was het genereren en calculeren van constructieve hoeveelheden uit een 3D-model in vergelijking met bouwkundige hoeveelheden makkelijker, omdat het constructieve ontwerp uit veel minder objecten en details bestaat. In lijn met bovenstaande was het constructieve tekenwerk in het 3D-model eerder gereed en daarmee ook de constructieve hoeveelheden. Het idee was om mogelijk in een later stadium bouwkundige hoeveelheden te genereren en calculeren.

Belangrijk aandachtspunt bij deze episode is dat bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden door het projectteam een aantal 'oude werkwijzen' niet zijn vervangen door het gebruik van Virtueel Bouwen.

Ten eerste heeft handmatige controle van de 2D tekeningen van architect en constructeur door de planvoorbereider plaatsgevonden. Volgens de planvoorbereider heeft hij dit echter minder nauwkeurig en op een beperkter detailniveau gedaan dan normaal, omdat het ontwerp ook in 3D zou worden gecontroleerd. Volgens de planvoorbereider en andere projectteamleden zijn dergelijke werkzaamheden ook noodzakelijk om je bij aanvang van de voorbereiding te verdiepen in het project. In hun ogen zullen dergelijke werkzaamheden daarom niet zomaar vervallen. Zeker niet als het 3D-model zoals in dit project nog niet beschikbaar is bij aanvang.

Ten tweede zijn door de werkvoorbereiders handmatig hoeveelheden bepaald, omdat het bepalen van hoeveelheden ten behoeve van inkoop een schaduwonderzoek was. Volgens werkvoorbereider 1 is dit echter tevens een gevolg van het feit dat het 3D-model bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden nog niet gereed was en er daarom geen hoeveelheden uit gegenereerd konden worden.

Op **21 oktober 2008 (week 43)** heeft de Kick-off Projectvergadering plaatsgevonden tussen de leden van het projectteam. Dit kan gezien worden als de officiële start van de voorbereidingswerkzaamheden door SBV. In de praktijk is door een aantal leden van het projectteam echter al eerder gestart met werkzaamheden voor het bouwteam en voorbereidingswerkzaamheden.

Op **28 november 2008** heeft een Kick-off vergadering plaatsgevonden tussen de coördinatoren van alle werkgroepen (waaronder Virtueel Bouwen), de Stuurgroep WahW en het projectteam in het kader van het project WahW. In deze bijeenkomst is een uitleg gegeven over de organisatie en bewaking van het project WahW en zijn definitieve afspraken gemaakt over doelstellingen en werkwijzen. Input hierbij waren vooraf door de werkgroepen bepaalde leer- en projectdoelen en een door de coördinator project WahW ontwikkelde opzet van het project WahW. Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste punten uit deze opzet (de opzet is opgenomen in bijlage 11):

- Om het proces te kunnen bewaken en sturen zijn door de Werkgroep project- en leerdoelen opgesteld. In de projectdoelen is omschreven welke taken binnen het project uitgevoerd moeten worden met de door de werkgroepen voorgestelde procedures en werkwijzen en wat dit voor het project op moet leveren. De leerdoelen geven aan wat de werkgroep wil testen en wat het resultaat van deze "praktijktest" zou moeten zijn. De leerdoelen zijn opgenomen in bijlage 10.
- Ter bewaking en sturing van het project WahW wordt er een Stuurgroep gevormd, bestaande uit de directeur van SBV en enkele afdelingshoofden en de eindverantwoordelijke voor het project NieuweVoorstad. De stuurgroep komt tweemaandelijks bij elkaar, waarbij de rapportage van de werkgroepen wordt besproken en indien noodzakelijk te nemen maatregelen worden besproken.
- Binnen het projectteam wordt een functionaris (werkvoorbereider 2 en de 3D-modelleur SE) aangewezen die contact houdt met de Werkgroep coördinator. De Werkgroep coördinator voert regelmatig (minimaal 2/3

wekelijks) overleg met de functionaris waarin het verloop van proces wordt besproken. Indien noodzakelijk overlegt de coördinator met de leden van de Werkgroep en tweemaandelijks rapporteert hij aan de Stuurgroep over de stand van zaken en de voortgang van het project. Indien de Werkgroep op basis van de ontwikkeling en ervaring aanpassingen wil doen in de voorgestelde procedures en werkwijze moet dit voorgelegd worden aan de Stuurgroep.

- De bestede uren van de werkgroep- en projectteamleden ten aanzien van het project WahW worden gedragen door de budgetafdeling/projecten waar men werkzaam is. Indien voor een bepaald onderdeel investeringen gedaan moeten worden die normaal niet door het project gedragen worden, wordt daar door de Stuurgroep, op voorstel van de Werkgroep of het projectteam, over beslist.

Op **11 december 2008** zijn per projectdoel de volgende zaken gerapporteerd door de Werkgroepcoördinator:

Projectdoel 1: 3D-modelleren en Clash-controle:

Van gebouw C1 is het constructieve ontwerp door de 3D-modelleur SE opgewerkt in het 3D-model en het opwerken van het bouwkundige ontwerp in hetzelfde 3D-model door bouwkundig tekenaar 1 loopt op schema. De 3D clash-controle en daaruit resulterende aanpassingen worden uitgevoerd tijdens het voortschrijden van het modelleren.

Over het gewenste detailniveau van het modelleerwerk bestaan nog onduidelijkheden en daarom worden er acties gepland om hier afspraken over te maken. Tevens zijn nog vervolgafspraken nodig voor de mogelijke integratie van installaties in het 3D-model.

Projectdoel 2: Genereren van hoeveelheden uit het model + calculatie:

De 3D-modelleur SE sluit in samenspraak met het projectteam en de calculator de benodigde hoeveelheden kort. De calculator zal **begin 2009** als pilot met IBIS4BIM de constructieve hoeveelheden uit het 3D-model begroten.

Projectdoel 3: 2D-tekenwerk ten behoeve van uitvoering:

2D constructieve werktekeningen kunnen momenteel uit het 3D-model gegenereerd worden. De resultaten zijn, na overleg en aanpassingen, goedgekeurd door de planvoorbereider. Binnen het projectteam moeten nog afspraken worden gemaakt over het vereiste detailniveau op deze werktekeningen.

Volgens werkvoorbereider 1 is tijdens de Kick-off Projectvergadering op **21 oktober 2008** de intentie uitgesproken door het projectteam om onderaannemers te zoeken die hun werk in 3D kunnen uitwerken. Meer specifiek ging het daarbij om de installateur en prefab-leverancier.

De intentie om installaties in het 3D-model te integreren is uitgesproken, omdat de 3D-modelleur SE in een ander project had ervaren dat dit een grote toegevoegde waarde kan hebben. Daarnaast is volgens de projectmanager en werkvoorbereider 1 door optimalisatie van het installatieontwerp veel winst te behalen omdat installaties volgens hen een groot onderdeel zijn van de opdracht. Uitgangspunt was het selecteren van een installateur die het installatieontwerp in 3D zou uittekenen en dit niet zelf te doen. Volgens de Werkgroepcoördinator is dit met eigen mensen namelijk niet mogelijk, omdat het een volledig andere discipline is dan bouwkundig- of constructieftekenen. Volgens werkvoorbereider 1 is hiervoor geen extra mandaat op beslissingsniveau nodig, omdat het geen extra kosten met zich meebrengt.

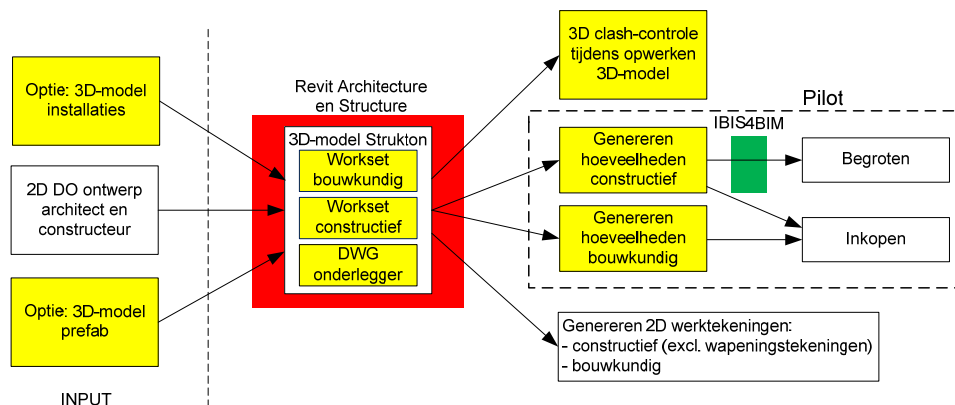
Op **11 december 2008** is het projectteam definitief verhuisd naar een eigen projectruimte. Met uitzondering van de calculator zaten alle teamleden daardoor in één ruimte. Volgens werkvoorbereider 2 is hier door hem en het projectteam op aangedrongen bij de projectmanager. Toen iedereen apart op zijn eigen plek zat, bleek het namelijk erg lastig om goed te kunnen communiceren met de 3D-modelleers. Dit bleek voor het opbouwen van een 3D-model erg belangrijk, omdat 3D-modelleers vaak input nodig hebben van werkvoorbereiders met betrekking tot het oplossen van ontwerpfouten en het opbouwen van een 3D-model volgens de wijze zoals ook gebouwd gaat worden. Dit laatste blijkt noodzakelijk te zijn voor

de bruikbaarheid van de output van het 3D-model, waaronder hoeveelheden. “Toen we apart zaten hoorde je nooit iets van de 3D-modelleers, maar toen we in één ruimte zaten bleken er opeens allemaal problemen en fouten te zitten in het ontwerp.” Tevens zijn de werkvoorbereiders op deze manier in staat om over de schouder van de 3D-modelleers mee te kijken, waardoor het vertrouwen in het 3D-model groter wordt. Uiteindelijk wordt door alle betrokken projectteamleden aangegeven dat het werken in één ruimte één van de belangrijkste oorzaken is van het realiseren van bijna alle projectdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen.

Episode 3 wordt afgesloten op **11 december 2008**, omdat het projectteam toen is verhuisd naar één ruimte en dit zoals beschreven erg belangrijk is gebleken voor het succesvol realiseren van de meeste projectdoelen.

5.4.2 Analyse episode 3

In Figuur 17 is de scope van het veranderidee weergegeven na het vaststellen van de opzet van de technologie (het 3D-model). Het gebruik van Revit was hierbij een uitgangspunt, omdat dit standaard is bij Strukton Engineering en SBV hiervoor zelf de keuze had gemaakt. Er is gekozen voor het werken met worksets, omdat op deze manier door meerdere 3D-modelleers in één 3D-model (bestand) tegelijkertijd kan worden gewerkt, terwijl het bouwkundige en constructieve ontwerp strikt gescheiden kan blijven. Op die manier kan 3D clash-controle worden uitgevoerd tijdens het voortschrijden van het modelleren en hoeft dit niet plaats te vinden door het periodiek ‘bevriezen’, uitwisselen en samenvoegen van verschillende 3D-modellen. De eerste optie verdient de voorkeur, omdat met de tweede optie volgens de 3D-modelleur SE veel tijd verloren gaat. Classificatie van de objecten in het 3D-model volgens de NL-Sfb elementenmethode bleek noodzakelijk voor het gebruik van IBIS4BIM, omdat anders slecht bruikbare hoeveelheden gegenereerd werden. Daarnaast biedt dit volgens de 3D-modelleur SE een gestructureerde manier voor het opbouwen van een 3D-model. Van de architect is een digitaal 2D DWG-bestand gebruikt als onderlegger en verder is het 3D-model opgewerkt op basis van papieren 2D DO tekeningen van architect en constructeur. De constructeur (Corsmit) was in eerste instantie erg enthousiast over het idee van SBV om het ontwerp van het project Nieuwe Voorstad in 3D uit te werken. Omdat Corsmit zelf ook met de ontwikkeling bezig was, wilden ze graag in 3D meetekenen aan het constructieve ontwerp. Dit is echter afgehouden, omdat het uitgangspunt was om in eerste instantie zelf de kennis van het 3D-modelleren in huis te halen alvorens derden te betrekken.



Figuur 17: Scope Virtueel Bouwen episode 3

Uit ogenschouw van de leer- en projectdoelen zijn in episode 3 de volgende keuzes gemaakt:

- Het gebruiken van een digitaal 2D DWG-bestand van het DO van de architect als onderlegger;
- Het werken in één 3D-model (bestand);

- Het onderscheiden van een bouwkundige workset en een constructieve workset en het daarvoor aanwijzen van twee aparte 3D-modelleurs;
- Geen integrale 3D clash-controle door het gebruik van een aparte applicatie (bijvoorbeeld NavisWorks) of de automatische functie in Revit, maar door de 3D-modelleurs tijdens voorschrijven van het modelleren. Dit is mogelijk door het gebruik van twee verschillende worksets ($\Delta 3.1$);
- Classificatie van de objecten in het 3D-model volgens de NL-Sfb elementenmethode;
- Alleen constructief gegenereerde hoeveelheden uit het 3D-model calculeren ($\Delta 3.2$);
- Mogelijke integratie van installaties en prefab in het 3D-model ($\Delta 3.3$ en $\Delta 3.4$).

De eerste vijf keuzes zijn hoofdzakelijk gemaakt door de 3D-modelleur SE in samenspraak met de adviseur informatiesystemen SE op basis van beschikbare technische hulpmiddelen, eigen kennis, inzicht en persoonlijke voorkeuren (persoonlijke motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden). De keuze voor het alleen calculeren van constructieve hoeveelheden uit het 3D-model ($\Delta 3.2$) is gemaakt op onder andere advies van de BIMspecialist. Volgens hem was het genereren en calculeren van constructieve in plaats van bouwkundige hoeveelheden makkelijker, omdat het constructieve ontwerp eenvoudiger is. Hierdoor zijn voordelen groter, nadelen kleiner en is de kans op tijdsdruk bij voornamelijk de bouwkundig 3D-modelleur kleiner (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en perceptie van tijdsdruk). Dit advies sloot aan bij de ervaringen van SE.

Hoewel het integreren van installaties in het 3D-model in episode 2 is verwijderd uit de scope, is in episode 3 door het projectteam de intentie uitgesproken om te kijken naar de mogelijkheden om het installatie- en prefabontwerp in het 3D-model te integreren ($\Delta 3.3$ en $\Delta 3.4$). De integratie van installaties in het 3D-model is wederom op de agenda gekomen, omdat dit volgens de 3D-modelleur SE, werkvoorbereider 1 en de projectmanager een grote toegevoegde waarde kan hebben (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik).

De veronderstelling dat geen extra mandaat op beslissingsniveau nodig is voor het integreren van het installatie- en prefabontwerp, omdat het geen extra kosten met zich meebrengt, is onterecht. Als de installateur het ontwerp op eigen kosten in 3D ontwikkelt zijn er inderdaad geen directe kosten voor SBV. Als er echter fouten ontstaan in het ontwerp als gevolg van het werken in 3D, kan dit leiden tot indirecte kosten voor SBV indien verantwoordelijkheden niet duidelijk zijn afgebakend. Tevens is deze extra verruiming van de scope opmerkelijk in vergelijking met de aanbeveling van de Werkgroep dat niet geëxperimenteerd mag worden op lopende projecten en het uitgangspunt dat het 3D-model in eerste instantie in eigen huis moet worden ontwikkeld. Er kan geconcludeerd worden dat de uitgangspunten en bijbehorende consequenties niet goed duidelijk waren bij de verschillende betrokkenen. Uit bovenstaande blijkt de noodzaak van het vooraf ontwikkelen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol waarin doelen en uitgangspunten duidelijk staan beschreven en dat vervolgens wordt gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen.

Het uitvoeren van handmatige controle van het ontwerp door de planvoorbereider was ondanks het gebruik van Virtueel Bouwen noodzakelijk, omdat het 3D-model niet beschikbaar was bij aanvang van de voorbereidingwerkzaamheden (slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen) ($\Delta 3.6$). Ook is dit volgens enkele projectteamleden onvermijdelijk om een goed inzicht te verkrijgen in het project, waarmee geïmpliceerd wordt dat dit middels een 3D-model niet goed mogelijk is (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik).

Het handmatig afleiden van hoeveelheden door werkvoorbereiders ($\Delta 3.5$) is een logisch gevolg van het feit dat dit was vormgegeven als een schaduwonderzoek. Volgens werkvoorbereider 1 is dit echter uitgevoerd omdat het 3D-model, en daarmee hoeveelheden uit het 3D-model, bij aanvang van de voorbereidingwerkzaamheden nog niet beschikbaar was (slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen). Dit impliceert dat werkvoorbereider 1 niet goed op de hoogte was van de projectdoelen en bijbehorende uitgangspunten.

In Tabel 11 zijn de verschillen (delta's) in werkwijze ten opzichte van episode 2 als gevolg van gemaakte keuzes en ontwikkelingen in episode 3 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de reden, verklaring en consequentie is.

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Consequentie
3.1	Ep 2	Digitale 3D clash-controlle tijdens voorschrijden van het modelleren door de 3D-modelleurs.	3D-modelleur en werkvoor- bereider	Persoonlijke motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden.	Kennis en inzicht 3D-modelleur SE. Werken met verschillende worksets in één 3D-model verdient de voorkeur, omdat hierdoor continu clash-controlle uitgevoerd kan worden i.p.v. periodiek door het 'bevriezen' van de verschillende discipline 3D-modellen en deze samen te voegen.	3D-modelleurs zijn direct verantwoordelijk voor het uitvoeren van 3D clash-controlle.
3.2	Ep 2	Geen bouwkundige maar alleen constructief gegenereerde hoeveelheden uit het 3D-model calculeren.	3D-modelleur en calculator	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en perceptie van tijdsdruk.	Kennis en inzicht BIMspecialist. Genereren en calculeren van constructieve hoeveelheden is makkelijker. Hierdoor zijn voordelen groter, nadelen kleiner en is de kans op tijdsdruk bij voornamelijk de bouwkundig modelleur kleiner.	Het genereren en van calculeren van bouwkundige hoeveelheden kan niet getest worden.
3.3	Ep 2	Mogelijke integratie van installaties in het 3D-model.	Projectteam	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Grote verwachte toegevoegde waarde op basis van ervaring vorig project en omdat installaties een groot onderdeel zijn van de opdracht. -Er worden geen nadelen (risico's) verwacht. -Uitgangspunten niet duidelijk.	De werkwijze gaat mogelijk afwijken van de oorspronkelijke uitgangspunten.
3.4	Ep 2	Mogelijke integratie van prefab in het 3D-model.	Projectteam	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Grote verwachte toegevoegde waarde op basis van ervaring vorig project en omdat installaties een groot deel van de opdracht uitmaken. -Er worden geen nadelen (risico's) verwacht. -Uitgangspunten niet duidelijk.	De werkwijze gaat mogelijk afwijken van de oorspronkelijke uitgangspunten.
3.5	Ep 2	Handmatig hoeveelheden bepaald op basis van 2D ontwerp architect en constructeur.	Werkvoor- bereider	Afstemming tussen ICT en werkwijzen en duidelijkheid van procedurele afspraken	-Schaduwonderzoek. -Uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden waren niet beschikbaar bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden.	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af, omdat werkzaamheden dubbel worden uitgevoerd.
3.6	Ep 2	Handmatige controle van 2D ontwerp architect en constructeur op hoofdlijnen	Werkvoor- bereider	Afstemming tussen ICT en werkwijzen, duidelijkheid van procedurele afspraken en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Volgens de werkvoorbereider is het noodzakelijk om je goed te kunnen verdiepen in het project en kan dit niet met een 3D-model. -3D-model was niet beschikbaar bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af, omdat werkzaamheden dubbel worden uitgevoerd.

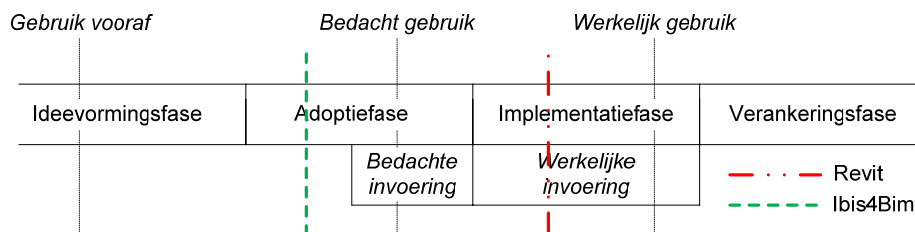
Tabel 11: Verschillen (delta's) werkwijze Virtueel Bouwen na episode 3

De opzet van het project WahW herbergt een aantal onderdelen welke volgens Caluwe & Vermaak (1999) bij het realiseren van een verandering bepaald moeten worden. De functionaris en de coördinator vertonen respectievelijk kenmerken van de door Caluwe & Vermaak (1999) beschreven regisseur en initiatiefnemer, noodzakelijk voor het realiseren van een succesvolle verandering. Op basis van de interviews blijkt echter dat voor de meeste projectteamleden niet precies duidelijk was wie verantwoordelijk was voor het realiseren van de projectdoelen. Over het algemeen wordt aangegeven dat het team als geheel verantwoordelijk was. Dit bevestigt de noodzaak van het vooraf ontwikkelen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol waarin verantwoordelijkheden zijn verdeeld en dat vervolgens wordt gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen.

Daarnaast kunnen in de vastgestelde werkwijzen in de opzet van het project WahW (overleg en rapportage over de voortgang en voorleggen van noodzakelijke aanpassingen van leer- en projectdoelen aan de Stuurgroep) stappen worden

herkend uit de implementatie- en verankeringsfase van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009). Op basis van de interviews kan echter geconcludeerd worden dat voornamelijk is gerapporteerd aan de Stuurgroep en dat geen interventies zijn uitgevoerd door de Stuurgroep.

Het in bovenstaande twee alinea's beschrevene, kan onderdeel zijn van een implementatieplan. Belangrijke kanttekening daarbij is echter dat deze zaken pas zijn opgesteld en definitief zijn gemaakt toen in het project NieuweVoorstad al was gestart met het implementeren van Virtueel Bouwen.



Figuur 18: Positie in invoeringsproces na episode 3

Episode 3 komt overeen met de aanpassingsfase in de implementatiefase uit de door Adriaanse (2008) ontwikkelde invoeringsmethodiek. De activiteiten in episode 3 komen namelijk nagenoeg overeen met de activiteiten in de aanpassingsfase.

Episode 3 is voornamelijk doorlopen door de 3D-modelleur SE, soms in samenwerking met bouwkundig tekenaar 1 en de calculator, maar niet door het gehele projectteam. Volgens de verschillende betrokkenen (bouwkundig tekenaar 1 en de planvoorbereider) was dit prima, omdat de 3D-modelleur SE samen met de adviseur informatiesystemen SE al veel ervaring had. Daarnaast konden zij zelf niet veel bijdragen door een gebrek aan ervaring met de materie. Daarnaast was er volgens de betrokkenen ook geen tijd om de opzet van het 3D-model en de bijbehorende werkwijze te bepalen door de ervaren projectdruk. Bovenstaande is opmerkelijk, omdat volgens Tyre & Orlikowski (1994) in de eerste weken nadat een nieuw ICT-systeem wordt gebruikt een verandering succesvol vormgegeven moet worden. In deze eerste weken zijn gebruikers nog bereid om te veranderen en hierin extra te investeren. Daarna ontstaat een nieuwe werkwijze die de bedoelde werkwijze kan zijn, maar ook een andere. Gebruikers zijn vervolgens niet meer bereid om hier nog van af te wijken. Tyre & Orlikowski (1994) noemen deze eerste weken 'windows of opportunity'. Omdat deze 'windows of opportunity' eenzijdig zijn doorlopen, is het mogelijk dat projectteamleden later in het project nieuwe kansen zien ontstaan die echter niet meer invoerbaar zijn. In het vervolg van dit hoofdstuk zal blijken dat dit daadwerkelijk is opgetreden in dit project.

Uit de opmerkingen dat er onduidelijkheden zijn over het gewenste detailniveau van het modelleerwerk en de werktekeningen blijkt de noodzaak van het vooraf ontwikkelen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol, dat vervolgens wordt gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen. Deze noodzaak blijkt ook uit het feit dat afgestemd moet worden door de 3D-modelleur met de calculator en werkvoorbereider om voor hen bruikbare gegevens uit het 3D-model te genereren.

In Tabel 12 zijn de verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) voor episode 3 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven wat de verklaring, consequentie en oplossingsrichting is.

De volgende (mogelijke) oplossingsrichtingen kunnen worden onderscheiden in episode 3:

- Werkwijze bepalen met (een deel van) het projectteam welke volgens deze werkwijze moeten gaan werken;
- Gebruikers trainen door ze een cursus te laten volgen;

- Het inschakelen van experts bij het opzetten van de technologie. Hier is overigens niet expliciet voor gekozen maar dit was onderdeel van de overeenkomst met Brink Groep bij aanschaf van IBIS4BIM.
- Werken met het projectteam in één ruimte.

Δ	Omschrijving	Verklaring	Consequenties	Oplossingsrichting
c.1	Aanpassingsfase doorlopen door een selecte groep en niet door het totale projectteam.	-Gebrek aan kennis en inzicht bij overige projectteamleden. -Tijdsdruk realiseren van 2D werktekeningen.	-Werkwijze sluit mogelijk niet aan bij noodzakelijke veranderingen binnen het projectteam. -Mogelijk geen draagvlak voor de werkwijze binnen het projectteam.	-Afdwingen door beslissers. -Kennis en inzicht vergroten bij overige projectleden door deze intensief te betrekken bij de adoptiefase. -Tijdsdruk wegnemen door meer middelen te bieden.

Tabel 12: Verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) in episode 3

5.5 Episode 4: Wijziging prioriteiten na problemen

5.5.1 Beschrijving episode 4

In een bijeenkomst van de Werkgroep op **12 januari 2009** is medegedeeld dat de calculator, de 3D-modelleur SE, de kartrekkers en de BIMspecialist het programma IBIS4BIM werkende proberen te krijgen. De 3D-modelleur SE en de calculator werken gezamenlijk aan het inrichten van het programma zodat het voldoet. Het programma functioneert echter nog niet optimaal, omdat het nog volop in ontwikkeling is. Op korte termijn wordt gestart met het genereren van hoeveelheden uit het 3D-model; het inladen van constructieve hoeveelheden in IBIS4BIM, het koppelen van deze hoeveelheden aan kostenrecepten, met een begroting als resultaat.

Op **12 januari 2009** zijn nogmaals de doelstellingen besproken met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad met het projectteam (met uitzondering van werkvoorbereider 1) en de Werkgroepcoördinator. In deze bijeenkomst is een duidelijkere prioritering aan de doelstellingen toegevoegd naar aanleiding van een aantal problemen die in onderstaande alinea's worden besproken.

Tijdens het modelleren in Revit hebben de 3D-modelleers ontdekt dat objecten verschuiven als gevolg van het werken met twee worksets in één 3D-model. Door de sterke relatie tussen bouwkundige en constructieve objecten verschuiven objecten in de ene workset als er aanpassingen worden gedaan in de andere. Omdat door de architect geen werktekeningen van het werk gemaakt worden, moet dit probleem koste wat kost opgelost worden en krijgt het realiseren van 2D werktekeningen te allen tijde voorrang op de overige leer- en projectdoelen die aan het project NieuweVoorstad gesteld zijn.

Daarnaast bestaat onduidelijkheid over het gewenste detailniveau van het modelleerwerk van met name het bouwkundige ontwerp, waardoor de planning van het realiseren van 2D werktekeningen in gevaar komt. Het gaat hierbij om de vraag of objectenfamilies volledig moeten worden uitgewerkt. Bijvoorbeeld: moet een raam worden getekend als één object of als samenstelling van een kozijn, ruit, glaslatjes et cetera inclusief allerlei eigenschappen? Dit is voornamelijk van belang voor het kunnen genereren van bruikbare hoeveelheden. Omdat het generen van 2D werktekeningen prioriteit heeft, vervalt de prioriteit voor het genereren van bouwkundige hoeveelheden. Het volledige tot in detail modelleren van het bouwkundig ontwerp en het uitwerken van objectenfamilies wordt daarmee op de lange baan geschoven. Dit krijgt pas weer prioriteit op het moment dat de 2D werktekeningen klaar zijn. Het niet volledig tot in detail uitwerken van het bouwkundig ontwerp in het 3D-model heeft verder tot gevolg dat aan de 2D bouwkundige werktekeningen (voornamelijk de detailtekeningen) nog ontwerpdetails moesten worden toegevoegd, nadat deze tekeningen zijn gegenereerd uit het 3D-model. Het gaat hier bijvoorbeeld om een loodslab onder een kozijn of plinten.

Zoals in bovenstaande alinea is beschreven brengt het genereren van hoeveelheden het op tijd realiseren van 2D bouwkundige werktekeningen in gevaar. Voor het kunnen genereren van hoeveelheden uit het 3D-model hebben 3D-

modelleurs namelijk meer tijd nodig om: (1) af te stemmen over het gewenste detailniveau met de personen die de hoeveelheden moeten gebruiken en (2) objectenfamilies op te bouwen. Dit wordt versterkt door het feit dat er onduidelijkheid bestaat over het gewenste detailniveau. Aansluitend bij bovenstaande alinea spelen een aantal andere zaken die het besluit tot prioritering hebben bewerkstelligd:

- Het genereren van hoeveelheden voor inkoop en calculatie is een schaduwonderzoek;
- Het 3D-model wordt volgens werkvoorbereider 2 en bouwkundig tekenaar 2 onwerkbaar traag door het toevoegen van alle bouwkundige ontwerpdetails;
- Het risico om hoeveelheden te gebruiken voor werkvoorbereiding is groot, omdat men nog niet zeker weet of deze hoeveelheden op tijd, bruikbaar en correct zouden zijn;
- Het genereren van hoeveelheden heeft een beperkte toegevoegde waarde, omdat de hoeveelheden al door de werkvoorbereiders zijn bepaald;
- Het genereren van alle hoeveelheden heeft geen toegevoegde waarde, omdat sommige hoeveelheden sneller door een werkvoorbereider bepaald kunnen worden;
- Het is niet strikt noodzakelijk om bouwkundige hoeveelheden te genereren voor calculatie, omdat er al een calculatie beschikbaar is en de technologie al getest wordt met de constructieve hoeveelheden.

Wat uiteindelijk is vastgesteld als het precieze detailniveau is echter niet duidelijk. De 3D-modelleurs moesten dit naar eigen inzicht bepalen in overleg met de verschillende projectteamleden. Opmerkelijk bij bovenstaande is dat bouwkundig tekenaar 1 stelt dat hij niet heeft afgestemd met werkvoorbereiders over het gewenste detailniveau, omdat hij naar eigen zeggen wel wist wat werktekeningen zijn. Met betrekking tot hoeveelheden is volgens bouwkundig tekenaar 1 ook niet afgestemd, omdat hij geen hoeveelheden voor werkvoorbereiders hoefde te genereren. Bouwkundig tekenaar 1: “Om het sommige mensen makkelijker te maken zijn wel een aantal hoeveelheden gegenereerd, maar dit was puur een extraatje.”

Het verschuiven van objecten kon volgens de 3D-modelleur SE worden voorkomen door een juiste afstemming van raakvlakken (het juist wel of juist niet koppelen van objecten) tussen de 3D-modelleurs. Volgens de overige projectteamleden was dit echter voornamelijk een technisch probleem van het programma en kon dit opgelost worden door niet te werken met worksets, maar met verschillende losse discipline 3D-modellen. Dit was echter niet wenselijk, aangezien het uitvoeren van clash-controle dan lastig wordt.

Volgens werkvoorbereider 2 werd het probleem met betrekking tot het gewenste detailniveau veroorzaakt door onduidelijkheid met betrekking tot de doelstellingen. Voor hem was in het begin van het project namelijk niet duidelijk dat de doelen met betrekking tot calculatie en inkoop ingericht waren als een schaduwonderzoek. Hierdoor was hij van mening dat zoveel mogelijk gegevens in het 3D-model moesten worden opgenomen ten einde zoveel mogelijk bruikbare hoeveelheden te kunnen genereren uit het 3D-model. Dit bleek uiteindelijk echter minder prioriteit te hebben.

Bovenstaande problemen hebben volgens de planvoorbereider niet tot problemen geleidt met betrekking tot de tekeningenplanning, omdat de start uitvoering zoals beschreven een aantal maal is uitgesteld. Planvoorbereider: “Het uitstellen van de start uitvoering heeft ons gered”.

Volgens de planvoorbereider en de projectmanager was het moeilijk om de prioriteit van het project en de bijbehorende leer- en projectdoelen te bewaken. Het realiseren van de 2D werktekeningen en het goed voorbereiden van het werk was volgens hen prioriteit nummer één. Echter, tijdens de looptijd van het project zien bijvoorbeeld werkvoorbereiders nieuwe mogelijkheden ontstaan die dit in gevaar brengen. Werkvoorbereider 1: “Waarom zou ik handmatig hoeveelheden gaan bepalen als ik dit straks ook zo uit het 3D-model kan halen?” De planvoorbereider en de projectmanager hebben iedereen meerdere malen moeten wijzen op de prioriteiten. Het genereren van hoeveelheden uit het 3D-model legt zoals beschreven extra tijdsdruk bij de 3D-modelleurs, waardoor het realiseren van de 2D werktekeningen in gevaar komt. Daarnaast was het ook gevaarlijk om op hoeveelheden uit het 3D-model te wachten, omdat men nog niet zeker wist of

deze hoeveelheden op tijd, bruikbaar en correct zouden zijn. Ook was het volgens hen niet mogelijk om uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden te controleren zonder handmatig bepaalde hoeveelheden.

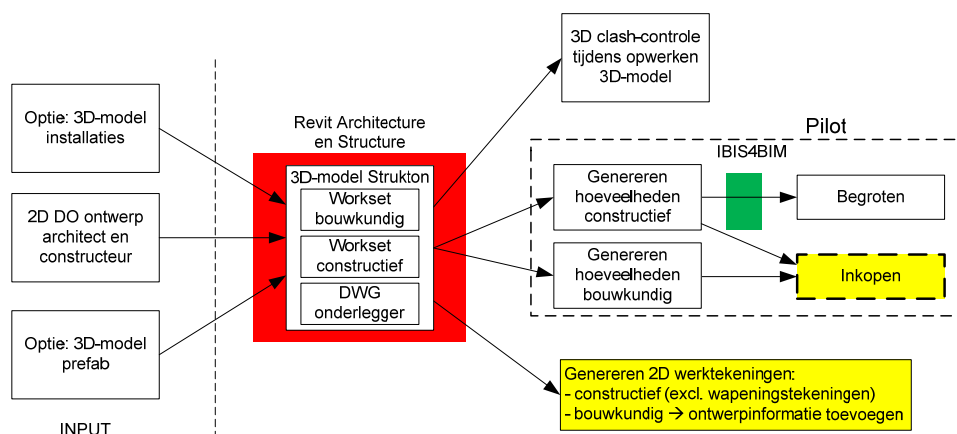
Aansluitend bij bovenstaande kwam werkvoorbereider 1 er gaandeweg samen met de 3D-modelleur SE achter dat het vrij eenvoudig is om met Revit een lijst met hoeveelheden te genereren inclusief een duidelijk overzicht van de locatie van deze hoeveelheden. Dit is volgens werkvoorbereider 1 precies datgene wat een werkvoorbereider moet weten. Daarnaast heb je op deze manier geen handmatig bepaalde hoeveelheden meer nodig voor controle. Deze informatie is namelijk voldoende om te controleren of er goed is getekend en of de lijst met hoeveelheden klopt. Uiteindelijk is werkvoorbereider 1 teruggefloten door het projectmanagement om dergelijke lijsten en overzichten te vragen van de 3D-modelleers.

Episode 4 wordt afgesloten op **12 januari 2009**, omdat op deze datum een definitieve prioritering in de projectdoelen wordt gemaakt. Na deze datum zijn de doelen nagenoeg niet meer aan veranderingen onderhevig en wordt hoofdzakelijk de werkwijze verfijnd.

5.5.2 Analyse episode 4

In Figuur 19 is de scope van het veranderidee weergegeven na episode 4. In geel zijn de veranderingen weergegeven ten opzichte van episode 3. Er valt duidelijk op te maken dat de scope verkleint.

In deze episode is een duidelijke prioriteit gegeven aan het realiseren van de 2D werktekeningen, omdat SBV hier contractueel verantwoordelijk voor is (aanwezigheid van contractuele bepalingen) en bij vertraging (perceptie van tijdsdruk) het project ook vertraging oploopt. Het stellen van deze prioriteit heeft het gebruik van hoeveelheden uit het 3D-model ter ondersteuning van inkoop en calculatie (Δ4.3) definitief naar de achtergrond verschoven (dit gold niet voor calculatie van constructieve hoeveelheden). Hierdoor kon namelijk de voortgang van de 2D werktekeningen in gevaar komen, omdat het veel modelleer- en afstemmingstijd kost (perceptie van tijdsdruk) om er voor te zorgen dat uit het 3D-model correcte hoeveelheden gegenereerd worden. De 3D-modelleur moet namelijk met de calculator en werkvoorbereider afstemmen over het gewenste detailniveau en er moeten correcte objectenfamilies worden opgebouwd. Ook resulteerde het toevoegen van alle bouwkundige ontwerpinfo (alle objecten en volledig uitgewerkte objectenfamilies) aan het 3D-model in een traag en onwerkbaar 3D-model (afwezigheid van technische middelen). Het niet toevoegen van alle bouwkundige ontwerpinfo aan het 3D-model heeft vervolgens tot gevolg dat aan 2D bouwkundige werktekeningen nog ontwerpinfo toegevoegd moet worden (Δ4.4).



Figuur 19: Scope Virtueel Bouwen episode 4

Daarnaast was het een te groot risico om voor voorbereidingswerkzaamheden te wachten (slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen) op hoeveelheden uit het 3D-model, waarvan men nog niet zeker wist of deze op tijd, bruikbaar en correct

zouden zijn (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en onduidelijkheid van procedurele afspraken). Daarnaast heeft het lang niet altijd een toegevoegde waarde (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik) om alle ontwerpdetails toe te voegen, omdat in veel gevallen een werkvoorbereider dit sneller uit een tekening kan bepalen dan een 3D-modelleur dit kan modelleren. Ten slotte had het genereren van hoeveelheden een minder grote toegevoegde waarde (perceptie van voor- en nadelen), omdat veel hoeveelheden al handmatig bepaald waren door de werkvoorbereiders ($\Delta 3.5$). Het genereren van hoeveelheden uit het 3D-model was daarnaast een schaduwonderzoek, waardoor eenvoudig van dit projectdoel kon worden afgezien (afwezigheid van een vragende actor).

De perceptie van tijdsdruk waarmee $\Delta 4.3$ en $\Delta 4.4$ verklaard kunnen worden, wordt daarnaast versterkt door het optreden van een aantal problemen, namelijk onduidelijkheid over het detailniveau van het 3D-model ($\Delta 4.2$) en verschuiven van objecten ($\Delta 4.1$). Deze problemen zijn volgens de betrokkenen voornamelijk het gevolg van enkele technische beperkingen van de gekozen programmatuur. Hierbij valt op dat volgens de 3D-modelleur SE, die meer ervaring heeft met de materie, de problemen opgelost hadden kunnen worden door betere afspraken te maken tussen de 3D-modelleurs onderling en met werkvoorbereiders (duidelijkheid van procedure afspraken en duidelijkheid over de bediening van ICT). Dit geeft wederom het belang aan van het opstellen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol waarin deze afspraken worden uiteengezet en wat vervolgens met alle projectteamleden wordt gecommuniceerd.

Belangrijk aandachtspunt bij bovenstaande alinea is het feit dat door SE meerdere malen is aangegeven dat niet tot een hoog detailniveau gemodelleerd moest worden. Toch blijkt, ook uit episode 3 en 5, dat dit lang een discussiepunt is geweest in het projectteam. Zeer waarschijnlijk is in eerste instantie niet goed nagedacht over het gewenste detailniveau (onduidelijkheid van procedurele afspraken). Indien dit vervolgens wel is gedaan, is dit waarschijnlijk onvoldoende gecommuniceerd richting de betrokkenen of heeft men de betrokkenen onvoldoende kunnen overtuigen van het gewenste detailniveau. Dit geeft wederom het belang aan van het opstellen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol, waarin goed nagedacht wordt over het gewenste detailniveau en wat vervolgens met alle projectteamleden wordt gecommuniceerd.

Daarnaast is vooral $\Delta 4.2$ het gevolg van een ander inzicht in prioriteit van leer- en projectdoelen van enkele betrokkenen (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en duidelijkheid van procedurele afspraken). Dit sluit aan bij eerdere bevindingen dat voor sommige betrokkenen de leer- en projectdoelen bij aanvang van het project niet goed duidelijk waren. Dit geeft wederom het belang aan van het opstellen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol waarin leer- en projectdoelen worden uiteengezet en wat vervolgens met alle projectteamleden wordt gecommuniceerd.

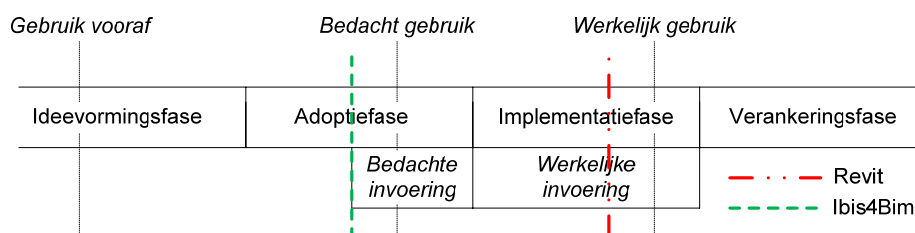
Hierbij moet tevens opgemerkt worden dat betrokkenen door voortschrijdend inzicht ook meer mogelijkheden zagen ontstaan, maar dat dit door de planvoorbereider en de projectmanager is tegengehouden om de voortgang van het project niet in gevaar te brengen (perceptie van tijdsdruk) en omdat men het een te groot risico vond om voor voorbereidingswerkzaamheden te wachten (afstemming tussen ICT en werkwijzen) op hoeveelheden uit het 3D-model, omdat men niet zeker wist of de hoeveelheden op tijd, bruikbaar en correct zouden zijn (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en duidelijkheid van procedurele afspraken). Met andere woorden zijn nieuwe kansen 'afgekapt' door het projectmanagement. Hier komt tot uiting dat in de eerste weken dat een nieuw ICT-systeem wordt gebruikt een verandering succesvol vormgegeven moet worden (windows of opportunity). Als de 3D-modelleur en werkvoorbereider eerder bij elkaar waren gezet hadden ze wellicht eerder ontdekt dat ze elkaar konden helpen en had dit mogelijk nog ingepast kunnen worden. Nu is het projectmanagement echter niet meer bereidt om te investeren.

In Tabel 11 zijn de verschillen (delta's) in de werkwijze ten opzichte van episode 3 als gevolg van gemaakte keuzes en ontwikkelingen in episode 4 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de reden, verklaring en consequentie is.

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Consequentie
4.1	Ep 3	Objecten in de ene worksets verschuiven door het werken in de andere workset.	3D-modelleur	Duidelijkheid van procedurele afspraken, duidelijkheid over de bediening van ICT en aanwezigheid van technische middelen.	-Slechte tekenafspraken tussen de 3D-modelleers. -Technische tekortkomingen van de applicatie in combinatie met de gekozen werkwijze. -Bepaalde ervaring met Virtueel Bouwen van verschillende betrokkenen.	- Bepaalde betrouwbaarheid van het 3D-model. -3D-modelleers zijn tijd kwijt aan het uitvoeren van controle.
4.2	Ep 3	Onduidelijkheid over het gewenste detailniveau van het bouwkundige 3D-model (workset) voor het genereren van werktekeningen en hoeveelheden.	3D-modelleur en werkvoorbereider	Duidelijkheid van procedurele afspraken, duidelijkheid over de bediening van ICT.	-Vooraf geen duidelijke afspraken gemaakt tussen 3D-modelleers en werkvoorbereiders over het gewenste detailniveau van het 3D-model. -Bepaalde ervaring met Virtueel Bouwen van verschillende betrokkenen. -Projectdoelen en uitgangspunten niet duidelijk.	-3D-modelleers zijn tijd kwijt aan het bepalen van het gewenste detailniveau. -Detailniveau komt niet overeen met het gewenste detailniveau.
4.3	Ep 3	Er worden geen bouwkundige en constructieve hoeveelheden uit het 3D-model gebruikt voor inkoop.	3D-modelleur en werkvoorbereider	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik, perceptie van tijdsdruk, afstemming tussen ICT en werkwijzen en aanwezigheid van technische middelen.	-Het moeten genereren van hoeveelheden (en daarmee het volledig uitwerken van objectenfamilies) resulteert in gevaar voor het op tijd realiseren van 2D bouwkundige werktekeningen en een onwerkbaar 3D-model. -Te groot risico om te wachten op hoeveelheden voor inkoop, terwijl men niet zeker weet of deze op tijd, bruikbaar en correct zijn. - Tijdsdruk door $\Delta 4.1$ en $\Delta 4.2$	Werkvoorbereiders moeten handmatig hoeveelheden bepalen voor inkoop.
4.4	Ep 3	Een deel van de ontwerp-informatie moet toegevoegd worden aan bouwkundige werktekeningen uit het 3D-model.	3D-modelleur	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik, perceptie van tijdsdruk, afstemming tussen ICT en werkwijzen en aanwezigheid van technische middelen.	Het toevoegen van alle ontwerp-informatie aan het 3D-model resulteert in: -Weinig toegevoegde waarde. -Gevaar voor het op tijd realiseren van 2D bouwkundige werktekeningen. -Onwerkbaar 3D-model. - Tijdsdruk door $\Delta 4.1$ en $\Delta 4.2$	-Vereist duidelijke afspraken over opbouw 3D-model en genereren werktekeningen -Er ontstaan verschillende informatiebronnen.

Tabel 13: Verschillen (delta's) werkwijze Virtueel Bouwen na episode 4

Op basis van bovenstaande wordt geconcludeerd dat in episode 4 voor de invoering van Revit door het projectteam een deel van de implementatiefase van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) is doorlopen. Tevens kan er geconcludeerd worden dat in episode 4 interventies zijn uitgevoerd om er voor te zorgen dat men niet afwijkt van de oorspronkelijke projectdoelen en dat de voortgang van het project niet in gevaar komt. Dit gebeurde echter niet middels de voorgeschreven stappen van de methodiek, maar door het ad hoc oplossen van gesignaleerde problemen. Dit kan verklaard worden door het ontbreken van een implementatieplan, omdat dit niet is ontwikkeld in de adoptiefase. De verankeringfase is nog niet bereikt omdat uit de volgende episode zal blijken dat er nog geen routinematige manier van werken is ontstaan. Zoals eerder beschreven bereikt de invoering van IBIS4BIM nooit de implementatiefase.



Figuur 20: Positie in invoeringsproces na episode 4

Op basis van bovenstaande analyse is de positie van de invoering van Revit (rood) en IBIS4BIM (groen) na episode 4 bij benadering in het invoeringsproces weergegeven in Figuur 20.

In Tabel 14 zijn de verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) voor episode 4 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de verklaring, consequentie en oplossingsrichting is.

Ten slotte kan op basis van bovenstaande analyse geconcludeerd worden dat de schaduwonderzoeken niet volledig zijn los te koppelen van het werkelijke project. Het bepalen van hoeveelheden voor inkoop (schaduwonderzoek) kost onder andere te veel modelleer- en bepaaltijd van de 3D-modelleers. Hierdoor komt het op tijd realiseren van 2D werktekeningen (geen schaduwonderzoek) in gevaar. Onder andere door dit probleem krijgt het schaduwonderzoek vervolgens nauwelijks prioriteit meer.

Δ	Omschrijving	Verklaring	Consequentie	Oplossingsrichting
d.1	Interventies ad hoc, laat en niet volgens een vooraf bepaald implementatieplan uitgevoerd.	Ontbreken van een implementatieplan.	-Voortgang van het project komt in gevaar. -Oplossingen beperken zich tot het verkleinen van de scope, omdat voor het oplossen van alle problemen geen tijd is.	Ontwikkelen van een implementatieplan tijdens de adoptiefase.

Tabel 14: Verschillen (delta's) ten opzichte van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) in episode 4

5.6 Episode 5: Introductie Design Review en stopzetten project

5.6.1 Beschrijving episode 5

Halverwege januari 2009 is het idee ontstaan om Autodesk Design Review te gaan gebruiken in het project. Met deze gratis applicatie kunnen uit het 3D-model gegenereerde 2D en 3D DWF-bestanden⁵ worden bekeken, van opmerkingen worden voorzien en worden vergeleken met oude DWF-bestanden. In het project NieuweVoorstad moest de applicatie worden gebruikt om digitaal te communiceren met teamleden (intern) en projectpartners (extern) op basis van 2D of 3D weergaven uit het 3D-model voorzien van opmerkingen. De DWF-bestanden worden via email verzonden naar projectpartners. Voor interne communicatie worden de DWF-bestanden op de projectplek (netwerkschijf) geplaatst.

Deze applicatie bleek noodzakelijk omdat niet alle personen die controlewerkzaamheden moesten uitvoeren en clashes en onduidelijkheden moesten oplossen de beschikking hadden over Revit. Daarnaast kunnen kleinere bestandsformaten worden gebruikt, waardoor het over en weer verzenden van bestanden vergemakkelijkt wordt. Tevens is Design Review voor 'leken' gebruiksvriendelijker dan Revit (het is specifiek toegespitst op het reviewen van een ontwerp) en daarnaast wordt het risico voorkomen dat 'leken' of personen die daartoe niet bevoegd zijn (per ongeluk) wijzigingen aanbrengen in het ontwerp.

De eerste DWF-bestanden zijn door de 3D-modelleur SE intern verstuurd op **2 februari 2009**. Daadwerkelijke uitwisseling vond echter pas plaats vanaf **12 februari 2009**. Dit heeft lang geduurd omdat de andere teamleden geen bevoegdheid hadden om de applicatie zelf te installeren op hun computers. De 3D-modelleur SE heeft een handleiding geschreven voor het gebruik van deze applicatie en deze op **7 februari 2009** verstuurd aan de teamleden. Daarnaast bleek dat de computer van de planvoorbereider onvoldoende capaciteit had om met Design Review te werken.

In de praktijk werd de toepassing Design Review gebruikt en bleek hij nuttig. Belangrijk punt is echter dat de toepassing vaak werd omzeild. Binnen het team bleek dit voornamelijk veroorzaakt te worden door bovenstaande technische problemen en daarnaast door het feit dat men in een ruimte bij elkaar zat, waardoor mondelinge communicatie veel sneller en makkelijker is. Voor communicatie met de architect werd deze toepassing niet gebruikt, omdat volgens de

⁵ **DWF** staat voor 'Design Web Format' en is een door Autodesk ontwikkeld beveiligd bestandsformaat voor het efficiënt versturen en communiceren van ontwerpdata naar iedereen die een ontwerp moet bekijken, beoordelen of printen, zonder dat zij daarvoor moeten kunnen werken met AutoCAD (of andere ontwerpsoftware) en/of daar de beschikking over hebben. [Autodesk, 2009]

projectteamleden de architect nog absoluut niet met Virtueel Bouwen bezig was en hij daarom niet is benaderd voor het gebruik van Design Review. Met de architect is traditioneel gecommuniceerd middels 2D PDF- of DWG-bestanden voorzien van opmerkingen en vragen in een begeleidende e-mail. Met de constructeur is wel gecommuniceerd middels Design Review, omdat deze volgens de projectteamleden mee gaat met de ontwikkeling. Tevens had de constructeur volgens de betrokkenen meer belang bij een goede communicatie, omdat zij nog opdracht hadden voor het realiseren van constructieve wapeningstekeningen.

Bovenstaande sluit aan bij een tweetal telefoongesprekken gevoerd tussen de onderzoeker en de twee architecten (Weeda & Van Der Heijden, C3 en tarra Architectuur en Stedenbouw, C1). Zij bevestigen dat ze wel bekend waren met het feit dat SBV het project NieuweVoorstad in 3D tekende, maar dat ze hier verder niet over benaderd zijn. Beiden vonden dit ook logisch, omdat zij op dat moment eigenlijk geen opdracht meer hadden. Weeda & Van Der Heijden is in vergelijking tot tarra Architectuur en Stedenbouw nog absoluut niet bezig met Virtueel Bouwen. Volgens constructeur 2 is Corsmit door SBV benaderend met de mededeling dat ze het project in 3D zouden gaan uitwerken. Bij deze mededeling is het echter gebleven.

Op **19 januari 2009** zijn per projectdoel de volgende zaken gerapporteerd door de Werkgroep coördinator:

Projectdoel 1: 3D-modelleren en Clash-controle:

Voorlopig worden in het 3D-model geen installaties getekend. Tevens is er een derde 3D-modelleur (bouwkundig tekenaar 2) per **19 januari 2009** aan het projectteam toegevoegd voor het modelleren van gebouw C3.

Projectdoel 3: 2D-tekenwerk ten behoeve van uitvoering:

Binnen het team bestaat nog geen duidelijkheid over de wijze waarop omgegaan moet worden met details op bouwkundige werktekeningen. Afstemming is hieromtrent dus nog noodzakelijk.

Uit het interview met bouwkundig tekenaar 2 blijkt dat hij als enige 3D-modelleur heeft gewerkt aan het 3D-model van gebouw C3. Bouwkundig tekenaar 2 had geen ervaring met 3D-modelleren en heeft dit tijdens het project aangeleerd, naar eigen zeggen bijgestaan door bouwkundig tekenaar 1 en werkvoorbereider 2. Opvallend hierin is het ontbreken van de 3D-modelleur SE. Via de planvoorbereider verliep communicatie (vooral mondeling) over zaken die ontwerptechnisch gezien niet klopten. Tijdens het project werd bij de communicatie via architect en constructeur door bouwkundig tekenaar 2 geen gebruik gemaakt van Design Review, maar verliep dit op de traditionele manier. Volgens bouwkundig tekenaar 2 is dit niet gebeurd, omdat de architect en constructeur deze applicatie niet konden gebruiken.

Uiteindelijk zijn uit het door bouwkundig tekenaar 2 gerealiseerde 3D-model geen hoeveelheden gebruikt voor calculatie en inkoop. Samen met werkvoorbereider 2 zijn hoeveelhedenstaten uit zijn 3D-model gegenereerd, maar deze bleken echter niet te kloppen met vooraf bepaalde hoeveelheden door calculatie. Omdat men dit probleem niet kreeg opgelost, ook na controle van het 3D-model door de calculator, heeft men besloten om hoeveelheden uit het 3D-model van C3 niet te gebruiken voor calculatie en inkoop.

Daarnaast is het niet gelukt om een installateur te vinden die het ontwerp in 3D wilde tekenen, omdat men geen installateur kon vinden welke hiertoe in staat was voor een acceptabele prijs. Strukton Worksphere gaf volgens werkvoorbereider 2 bijvoorbeeld aan er geen belang in te zien om over te schakelen op het gebruik van Revit. Volgens de projectmanager zijn de meeste woningbouwinstallateurs nog niet klaar voor deze ontwikkeling qua kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Een aantal utiliteitsbouwinstallateurs wel, maar deze zijn voor een redelijk 'simpel' werk zoals een appartementencomplex te duur.

Volgens werkvoorbereider 1 had men wel een prefab-leverancier gevonden die bereid en in staat was om het ontwerp in 3D uit te werken. Door het vroegtijdig stopzetten van het project is prefab echter nooit ingekocht en is het ontwerp nooit in 3D uitgewerkt door een leverancier. Volgens werkvoorbereider 1 was dit anders zeer waarschijnlijk wel gebeurd.

Uiteindelijk is het Revit 3D-model op **30 januari 2009** verzonden aan de constructeur zodat de wanduitslagen in het 3D-model konden worden gebruiken voor het realiseren van 2D wapeningstekeningen. Volgens constructeur 1 hebben ze het 3D-model echter nooit gebruikt, omdat er te veel afwijkingen in het 3D-model zaten in vergelijking met eigen tekeningen. De constructeur is dus blijven werken op basis van eigen AutoCAD tekeningen.

Omdat de activiteiten met betrekking tot Virtueel Bouwen de voortgang van het project kunnen beïnvloeden is de planning van het tekenwerk door de planvoorbereider in samenwerking met de 3D-modellereurs vastgesteld als onderdeel van de overall-planning van het werk. Deze planning is op **2 februari 2009** definitief vrijgegeven binnen het projectteam. Kennis van SE met betrekking tot 3D tekenen is gebruikt bij het opstellen van deze planning.

Op **18 februari 2009** vindt een (uiteindelijk eenmalige) bijeenkomst plaats met constructeur 1 en enkele leden van het projectteam waarin nog openstaande problemen en onduidelijkheden in het constructieve ontwerp worden besproken. Hierbij wordt gebruik gemaakt van 2D en 3D constructieve DWF-bestanden voorzien van markups en de applicatie Design Review. Deze DWF-bestanden zijn ook gemaild naar de constructeur, maar deze heeft ze niet kunnen openen. Het 3D-model geeft vaak extra inzicht bij het oplossen van problemen. In een 2D afbeelding zijn problemen niet gelijk duidelijk, maar een korte blik op het 3D-model voorziet in veel inzicht.

Bij de bespreking van de problemen en onduidelijkheden en bij het oplossen hiervan is vaak niet duidelijk wat bouwkundige consequenties van constructieve wijzigingen zijn (en omgekeerd). De architect zou daarom bij deze bijeenkomst aanwezig moeten zijn. Daar komt bij dat de constructeur niet vanaf het begin bij het project betrokken is geweest, waardoor de historie van veel keuzes niet duidelijk is.

De besproken DWF-bestanden (inclusief markups) worden na afloop nogmaals opgestuurd en de constructeur gaat de besproken problemen en daaraan gerelateerde oplossingen verwerken en de aangepaste DWF-bestanden terugsturen. Uiteindelijk is dit nooit gebeurd en is door de constructeur alleen tekstueel via email teruggekoppeld. In het interview geeft constructeur 1 echter aan dat hem nooit duidelijk is gemaakt dat hij digitaal in de DWF-bestanden moest reageren.

Alle betrokkenen waren uiteindelijk erg enthousiast over deze bijeenkomst. Werkvoorbereider 1 had bijvoorbeeld nog nooit meegemaakt dat er in een dergelijke bespreking zoveel zaken werden besproken en opgelost. Volgens constructeur 1 is een dergelijke meeting dé manier waarop er gewerkt moet worden indien men een 3D-model gaat gebruiken in bouwprojecten.

Op **2 maart 2009** zijn per projectdoel de volgende zaken gerapporteerd door de Werkgroepcoördinator:

Projectdoel 1: 3D-modelleren en Clash-controle:

Het opwerken van het 3D-model van gebouw C1 is momenteel gereed. Wel worden nog wijzigingen verwerkt als gevolg van gevonden clashes en daaraan gerelateerde oplossingen. Belangrijke knelpunten/vraagstukken welke zich blijven voordoen zijn de vereiste diepgang van vooral het bouwkundige modellerwerk en het verschuiven van objecten.

Projectdoel 2: Genereren van hoeveelheden uit het model + calculatie:

De calculator heeft in **week 9 (23 – 27 februari 2009)**, volgens planning, de calculatie met de constructieve hoeveelheden uit het model van blok C1 afgerond. Echter, van de kolommen bleken de strekkende meters niet door te komen in de uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden. Uitgangspunt bij de calculatie was het hanteren van de oorspronkelijke opbouw (STABU) van de inschrijfbegroting.

Projectdoel 3: 2D-tekenwerk ten behoeve van uitvoering:

2D constructieve plattegronden zijn uit het 3D-model gegenereerd, opgewerkt tot werktekeningen en akkoord bevonden door de werkvoorbereiders. 2D constructieve doorsneden volgen spoedig. Momenteel worden ook 2D bouwkundige plattegronden uit het bouwkundige model gegenereerd en deze worden momenteel opgewerkt tot werktekeningen. In het projectteam vindt momenteel een beschouwing van het tekenwerk plaats naar aanleiding van de vraag of de werktekeningen op deze wijze voldoende informatie bevatten.

Op basis van bovenstaande en het interview met de calculator kan geconcludeerd worden dat de koppeling tussen IBIS4BIM en Revit niet goed werkte. Dit probleem kon men echter niet zelf oplossen en het moet opgelost worden door de ontwikkelaars. Communicatie tussen de calculator en de 3D-modelleur SE bleek erg belangrijk, omdat de 3D-modelleur moet weten hoe hij bepaalde zaken moet modelleren zodat dit bruikbare output oplevert voor de calculator. In principe wordt gecalculeerd zoals in werkelijkheid wordt gebouwd, dus zo moet ook getekend worden.

Door de projectmanager wordt hieraan toegevoegd dat de uittrekstaten uit het 3D-model gebruikt kunnen worden voor de calculatie. Belangrijk daarbij is dat er 3D-modelleurs aan werken die voldoende technisch inzicht hebben, die meedenken over de uitvoering en dat er iemand vanuit het projectteam meekijkt. Wanneer het 3D-model aangeleverd wordt door een externe partij, kan echter geen enkele verantwoording worden genomen ten aanzien van de daaruit gegenereerde uittrekstaten.

Belangrijk aandachtspunt bij bovenstaande is het feit dat het realiseren van een inschrijfbegroting met IBIS4BIM uitgangspunt was. Het realiseren van een werkbegroting middels IBIS4BIM is daarom niet getest. Daarbij is het opmerkelijk dat het uitgangspunt niet blijkt uit de project- en leerdoelen.

Uit het 3D-model gegenereerde bouwkundige hoeveelheden zijn uiteindelijk niet gecalculeerd door middels van IBIS4BIM. Het genereren van deze hoeveelheden was namelijk in episode 4 naar de achtergrond geschoven. Toen het bouwkundige ontwerp volledig was opgewerkt in het 3D-model en daarmee bouwkundige hoeveelheden gegenereerd konden worden, was het project echter stopgezet.

Het opwerken van uit het 3D-model gegenereerde 2D werktekeningen noemt men annoteren. Het gaat hierbij voornamelijk om het handmatig toevoegen van maatvoeringen. Volgens de 3D-modelleur SE is er geen verschil met de huidige praktijk, aangezien in AutoCAD werktekeningen ook geannoteerd moeten worden.

Uiteindelijk zijn ook bouwkundige en constructieve hoeveelheden uit het 3D-model van gebouw C1 gebruikt voor het controleren van een aantal offertes. Hierbij werden de hoeveelheden van de werkvoorbereider en calculator en op de offerte vergeleken met de hoeveelheden uit het 3D-model. Hierin bleken vaak verschillen te zitten, maar deze waren niet altijd het gevolg van fouten in het 3D-model. Er zijn uiteindelijk geen hoeveelheden uit het 3D-model gebruikt als input voor inkoopspecificaties. Volgens de betrokkenen komt dit door het feit dat de gegevens niet op tijd beschikbaar waren en daarnaast het risico te groot was om te wachten op hoeveelheden uit het 3D-model terwijl men nog niet zeker wist of ze op tijd, bruikbaar en correct waren.

Op **11 maart 2009** is besloten om de werkzaamheden voor het project NieuweVoorstad voor onbepaalde tijd stop te zetten naar aanleiding van vertraging bij het verkrijgen van enkele vergunningen en de slechte verkoop van appartementen. Op **20 maart 2009** zijn de werkzaamheden van het projectteam daarom definitief stopgezet en is het projectteam opgeheven. Wel is besloten om het tekenwerk (opwerken van het 3D-model, clash controle, het verwerken van aanpassingen als gevolg van deze controle en het genereren en opwerken van 2D werktekeningen) voort te zetten. Hierdoor is bij een herstart van het project het tekenwerk klaar en hoeft men dit niet opnieuw op te starten. Daarnaast is door bouwkundig tekenaar 1 en 2

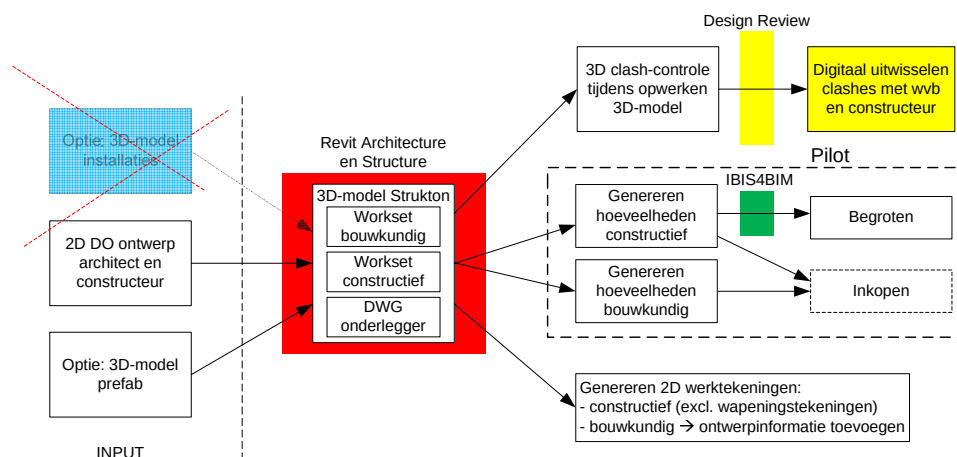
aangegeven dat het in het belang is van de kennisontwikkeling binnen SBV met betrekking tot 3D-modelleren om het tekenwerk af te maken.

Op **20 maart 2009** heeft een laatste projectteam bijeenkomst plaatsgevonden. Hierin werd door bouwkundig tekenaar 1 aangegeven dat hij wacht op ontwerpbeslissingen van de architect en constructeur alvorens hij echt verder kan werken. Ook is bij hem niet goed duidelijk of bepaalde ontwerpbeslissingen bij de architect of constructeur liggen. De 3D-modelleur SE heeft dit probleem ook ervaren. Omdat de architect en constructeur onder contract staan bij SPO moeten zij besluiten over ontwerpbeslissingen van deze partijen. Dit gebeurt echter niet of nauwelijks. Uiteindelijk wordt besloten om de 3D-modelleurs (in de persoon van bouwkundig tekenaar 1) rechtstreeks te laten communiceren met de architect en constructeur en niet meer via de werkvoorbereider.

Daarnaast moeten de 3D-modelleurs clashes en onduidelijkheden die zij ontdekken tijdens het modelleren rapporteren. Tijdens de bijeenkomst blijkt dat bouwkundig tekenaar 1 dit nog niet heeft gedaan. Volgens hem zijn veel clashes namelijk het gevolg van fouten in het constructieve ontwerp die nog aangepast moeten worden. Zoals aangegeven is hij echter aan het wachten op deze aanpassingen. Aanpassing van deze fouten lost dan automatisch de clash op. Zonder het documenteren van de clashes is dit volgens de 3D-modelleur SE echter niet goed te controleren en daarom wordt bouwkundig tekenaar 1 nadrukkelijk opgedragen alle clashes te documenteren.

5.6.2 Analyse episode 5

In Figuur 21 is de scope van het veranderidee na episode 5 weergegeven. Grootste verandering ten opzichte van episode 4 is ten eerste het definitief niet opnemen van de installaties in het 3D-model ($\Delta 5.1$). De beschikbare installateurs blijken nog niet klaar te zijn voor de ontwikkeling (kennis en vaardigheden, handelingsmogelijkheden) en vragen daarnaast een voor Strukton onacceptabel hoge meerprijs (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik) voor het in 3D uitwerken van het ontwerp. Wel is één prefab-leverancier gevonden die in staat en bereid was om het ontwerp in 3D uit te werken. Door het stopzetten van het project heeft dit echter nooit vorm gekregen. Bovenstaande barrières hadden mogelijk voorkomen kunnen worden door het vooraf in kaart brengen van de werkwijze en bijbehorende barrières. Vervolgens kan vroegtijdig ingespeeld worden op deze barrières, door interventies op te stellen zoals het beschikbaar stellen van een extra budget of de partijen te helpen bij het opbouwen van kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Moeilijkheid hierbij is dat de partijen pas in de loop van het project worden geselecteerd en verworven.



Figuur 21: Scope Virtueel Bouwen episode 5

Tweede belangrijke verandering is het gebruik van Design Review (Δ5.2). Deze applicatie bleek zoals beschreven noodzakelijk omdat niet alle personen die controlewerkzaamheden moesten uitvoeren en clashes en onduidelijkheden moesten oplossen de beschikking hadden over Revit (afwezigheid van technische middelen). Daarnaast kunnen kleinere bestandsformaten worden gebruikt waardoor het over en weer verzenden van bestanden vergemakkelijkt wordt. Tevens is Design Review voor 'leken' gebruiksvriendelijker dan Revit (het is specifiek toegespitst op het reviewen van een ontwerp) en daarnaast wordt het risico voorkomen dat 'leken' of personen die daartoe niet bevoegd zijn (per ongeluk) wijzigingen aanbrengen in het ontwerp (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik).

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Consequentie
5.1	Ep 4	Het installatie ontwerp wordt niet door een installateur in 3D uitgetekend.	3D-modelleur en werkvoor-bereider	Kennis en vaardigheden, handelingsmogelijkheden en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruikt.	-Installateurs vragen een meerprijs. -Installateurs maken nog niet gebruik van 3D ontwerp software.	Er ontstaan twee informatiestromen (intern een 3D stroom en extern een 2D stroom) en er is sprake van verschillende informatiebronnen.
5.2	Ep 4	Digitale uitwisseling van het 3D-model incl. clashes en onduidelijkheden met wvb en constructeur middels Design Review (DR)	3D-modelleur, werkvoorbereider en constructeur.	Afwezigheid van technische middelen en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruikt.	-Noodzakelijk omdat niet iedereen beschikt over Revit -Specifiek ontwikkeld voor review werkzaamheden. -Mogelijkheid tot het verzenden van kleinere bestanden. -Niet bevoegde personen kunnen geen ongewenste wijzigingen doorvoeren.	-Gebruikers moeten beschikking hebben over DR. -Gebruikers moeten (kunnen) werken volgens de bijbehorende werkwijze.
5.3	Ep 5	De applicatie DR en de bijbehorende werkwijze wordt niet consequent en eenduidig toegepast door de gebruikers.	3D-modelleur, werkvoorbereider, constructeur.	Perceptie van tijdsdruk, afwezigheid van technische middelen en onduidelijkheid van procedurele afspraken.	-Documentatie van alle clashes en onduidelijkheden is niet nodig, omdat ze het gevolg zijn van andere clashes en onduidelijkheden. -Makkelijker om direct te communiceren of te e-mailen. -DR werkt niet goed op alle computers. - DR kan niet door gebruikers geïnstalleerd worden, waardoor het niet gelijk gebruikt kan worden. -Foutmelding in het programma. -Niet duidelijk gemaakt aan constructeur dat middels DR gecommuniceerd moest worden.	- Er ontstaan verschillende informatiestromen. -Betrouwbaarheid van het 3D-model neemt af.
5.4	Ep 4	Van niet alle objecten kunnen de hoeveelheden gebruikt worden voor de calculatie in IBIS4BIM.	3D-modelleur en calculator	Afwezigheid van technische middelen.	Technische koppeling tussen databases werkt niet goed.	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af.
5.5	Ep 4	Ontwerpbeslissing en van architect en constructeur verlopen traag.	3D-modelleur	Aanwezigheid van een vragende actor, slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen en onduidelijkheid van procedurele afspraken.	-Constructeur mocht van SPO geen werkzaamheden verrichten. -Werkwijze vraagt om input van constructeur, maar dit is niet afgestemd.	Modelleerwerkzaamheden lopen vertraging op.

Tabel 15: Verschillen (delta's) werkwijze Virtueel Bouwen na episode 5

In Tabel 15 zijn de verschillen (delta's) ten opzichte van episode 4 als gevolg van gemaakte keuzes en ontwikkelingen in episode 5 uiteengezet. Tevens wordt aangegeven voor welke actor deze verandering geldt en wat de reden, verklaring en consequentie is.

In de praktijk bleek Design Review en de bijbehorende werkwijze echter niet eenduidig en consequent gebruikt te worden (Δ5.3), omdat het volgens de projectteamleden soms makkelijker en sneller was om mondeling of via e-mail te

communiceren (perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en perceptie van tijdsdruk). Daarnaast kon niet iedereen meteen werken met het programma door technische problemen (afwezigheid van technische middelen). Daarnaast was volgens bouwkundig tekenaar 1 documentatie van alle clashes en onduidelijkheden niet nodig, omdat ze het gevolg zijn van andere nog op te lossen fouten (onduidelijkheid van procedurele afspraken). De constructeur maakte helemaal geen gebruik van de applicatie, maar constructeur 2 geeft aan dat hem nooit is duidelijk gemaakt dat hij middels Design Review digitaal moest reageren op opmerkingen (mark-ups) in de bestanden (onduidelijkheid van procedurele afspraken). Daarnaast zat er een foutmelding in Design Review waardoor pagina's maar voor de helft geprint konden worden en het programma niet goed gebruikt konden worden (afwezigheid van technische middelen). De architect maakte geen gebruik van de applicatie, omdat er voor gekozen is om traditioneel met de architect te communiceren.

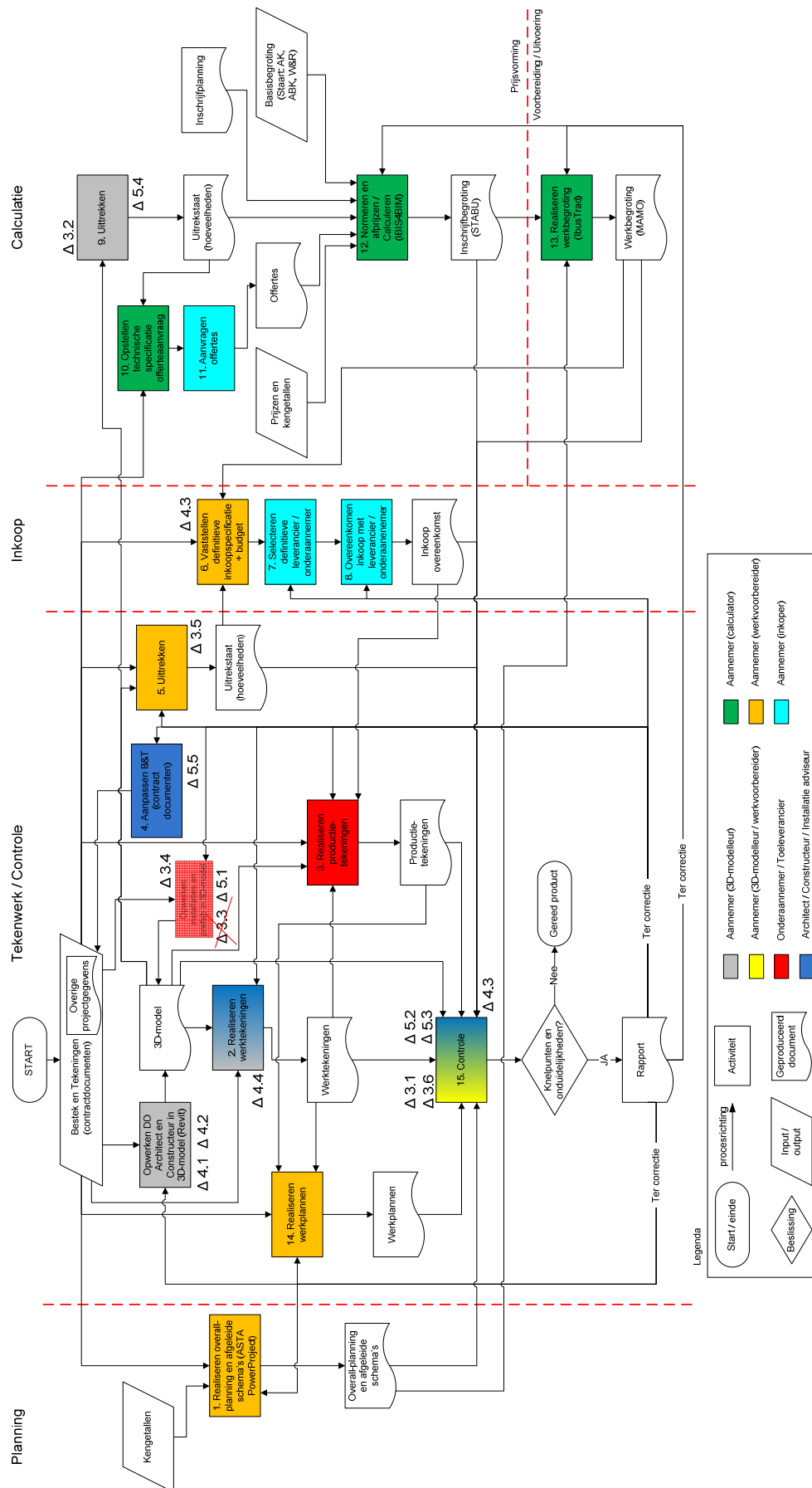
Los van het Virtueel Bouwen verliep de communicatie tijdens het project, en zeker in de laatste fasen, met de architect en constructeur volgens de projectteamleden erg moeizaam (Δ5.5). Dit is volgens hen echter inherent aan projecten in de voorbereiding. Architect en constructeur hebben dan namelijk meestal geen opdracht meer, waardoor de prioriteit bij hen op dat moment alweer bij andere projecten ligt. Volgens constructeur 1 moet dit echter sterk genuanceerd worden. Zij kwamen namelijk in een spagaat terecht, omdat het projectteam vroeg om ontwerpwijzigingen, terwijl SPO (de opdrachtgever) vroeg werkzaamheden voor het project uit te stellen (aanwezigheid van een vragende actor, onduidelijkheid van procedurele afspraken en slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen). Constructeur 1: "SPO begreep niet waarom SBV al zo hard aan het werk was met voorbereidingswerkzaamheden."

In bovenstaande alinea wordt nogmaals de noodzaak benadrukt van het vooraf ontwikkelen van een algemeen gedragen implementatieplan of protocol, dat vervolgens wordt gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen. Als namelijk van een betrokken partij een bepaalde werkwijze en wijze van communicatie wordt verwacht, dan moet dit minimaal worden gecommuniceerd. Verder moet een werkwijze niet alleen worden opgesteld met de direct betrokkenen (gebruikers van de ICT) maar ook met indirect betrokkenen (informatie leverende). Door de vastgestelde werkwijze had SBV namelijk informatie nodig van onder andere de constructeur, terwijl deze laatste de informatie niet mocht verstrekken van de opdrachtgever.

Uiteindelijk zijn zoals beschreven een aantal offertes gecontroleerd met gegenereerde constructieve en bouwkundige hoeveelheden uit het 3D-model van C1. De doelstelling om hoeveelheden te gebruiken bij het aanvragen van offertes (inkoop) is dus niet gehaald, door de in episode 4 beschreven redenen.

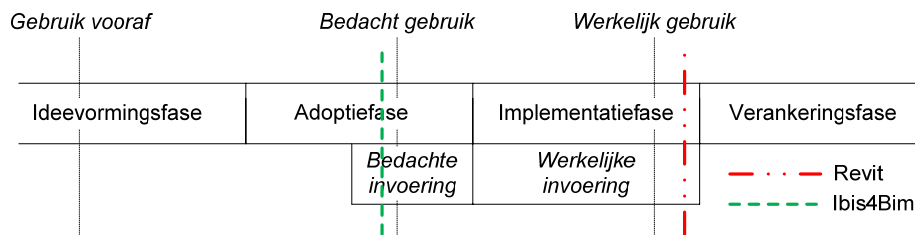
In bovenstaande alinea komen andermaal de beperkingen van een schaduwonderzoek naar voren. Er is geen motivatie aanwezig om de problemen waar men tegenaan loopt op te lossen, omdat men een back-up achter de hand heeft. Daarnaast krijgen zaken die gevolgen hebben voor de voortgang van het project prioriteit. Dit blijkt bijvoorbeeld ook uit het interview met bouwkundig tekenaar 2. De hoeveelheden uit het 3D-model van C3 bleken niet bruikbaar te zijn voor calculatie en inkoop, omdat er grote afwijkingen zaten in deze gegevens en de handmatig bepaalde gegevens voor calculatie. Vervolgens is het niet gelukt om dit probleem op te lossen, omdat prioriteit was gegeven aan het afronden van het tekenwerk ten behoeve van de werktekeningen. Dit geeft tevens het belang aan van een goede afstemming en communicatie tussen de 3D-modelleur en de calculator, omdat dit bij het modelleren van C3 niet heeft plaatsgevonden.

In onderstaande Figuur 22 is het processchema van de fase werkvoorbereiding opgenomen waarin de veranderingen (delta's) ten opzichte van de bedoelde toepassing na episode 2 zijn weergegeven als gevolg van het doorlopen van episode 3, 4 en 5 (werkelijke toepassing).



Figuur 22: Processchema werkvoorbereiding na episode 5 (werkelijke toepassing)

Grootste veranderingen zijn: het niet genereren van hoeveelheden uit het 3D-model voor werkvoorbereiding ($\Delta 3.5$ en $\Delta 4.3$), alleen gebruiken van constructieve hoeveelheden uit het 3D-model voor calculatie ($\Delta 3.2$), het toevoegen van 2D ontwerp informatie aan werktekeningen ($\Delta 4.4$) en het gebruik van Design Review en bijbehorende werkwijze ($\Delta 5.2$).



Figuur 23: Positie invoeringsproces na episode 5

In Figuur 23 is de invoering van Revit en IBIS4BIM weergegeven in het invoeringsproces van Adriaanse (2008) na episode 5. Zoals reeds eerder aangegeven is IBIS4BIM en de bijbehorende werkwijze alleen getest in het project NieuweVoorstad. De adoptiefase is echter nog niet helemaal doorlopen. Op basis van deze en vorige episodes blijkt namelijk dat men nog niet goed in staat is om alle hoeveelheden correct en bruikbaar uit een 3D-model te genereren (o.a. $\Delta 4.3$) en deze ook foutloos te koppelen vanuit Revit naar IBIS4BIM ($\Delta 5.4$) (afwezigheid van technische middelen). Dergelijke problemen moeten eerst opgelost worden, alvorens daadwerkelijk tot implementatie in een volgend project kan worden overgegaan. Daarnaast is met IBIS4BIM alleen een inschrijfbegroting gerealiseerd en geen werkbegroting. Volgens de calculator was dit een uitgangspunt, maar dit blijkt niet uit de in episode 2 opgestelde projectdoelen. Dit laatste moet nog getest worden alvorens tot implementatie in een volgend project kan worden overgegaan. Ten slotte zijn ook geen hoeveelheden uit het 3D-model door de calculator gebruikt voor het opstellen van de technische specificatie offerteaanvraag. De calculatie was namelijk al afgerond in een vorige fase (slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen). Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat alleen de tool is getest en geen werkwijze.

Daarnaast is bij de invoering van Revit niet de verankeringfase bereikt. Zoals in bovenstaande alinea beschreven, is men nog niet in staat om alle hoeveelheden correct en bruikbaar uit het 3D-model te genereren. Er is daarom nog niet sprake van een routinematige manier van werken. Dit komt tevens tot uiting in de problemen die zich tijdens deze en voorgaande episodes blijven voordoen, namelijk: onduidelijkheid met betrekking tot het gewenste detailniveau van het modellerwerk ($\Delta 4.2$), het verschuiven van objecten tijdens het modelleren ($\Delta 4.1$) en het niet consequent en eenduidig toepassen van Design Review en de bijbehorende werkwijze ($\Delta 5.3$).

Bovenstaande alinea benadrukt nogmaals de noodzaak om vooraf een algemeen gedragen implementatieplan of protocol te ontwikkelen dat vervolgens wordt gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen. Dit kan hen namelijk meer handvatten bieden om de problemen vroegtijdig te onderkennen en op te lossen. Later in het project is het echter erg lastig om een ingeslagen richting (werkwijze) nog te veranderen. Dit sluit aan bij het interview met de 3D-modelleur SE, waarin hij pleit om vroeg in het traject en protocol op te stellen waarin werkwijzen kunnen worden uitgedacht en voorbereid. 3D-modelleur SE: "Als het project is opgestart is het erg lastig om zaken te veranderen door de projectdruk." (perceptie van tijdsdruk).

In de beschrijving kunnen de volgende (mogelijke) oplossingsrichtingen worden onderscheiden:

- Het schrijven van een handleiding voor het gebruik van een nieuwe applicatie;

- De werkzaamheden die moeten worden uitgevoerd door het gebruik van de nieuwe ICT opnemen in de overall-planning;
- Eerst starten met modelleren van gebouw C1 zodat de ervaring hiervan meegenomen kan worden bij het modelleren van gebouw C3.

Volgens de projectteamleden is de laatste oplossingsrichting geen bewuste keuze geweest. Er is eerder gestart met C1, omdat C1 als eerste gerealiseerd moest worden. Daarnaast is een andere 3D-modelleur verantwoordelijk gemaakt voor C3, waardoor een groot deel van de opgedane ervaring bij het modelleren van C1 niet is meegenomen. Dit blijkt tevens uit het interview met bouwkundig tekenaar 2, waarin hij aangeeft tegen dezelfde problemen te zijn aangelopen als bij het modelleren van C1. Er is dus sprake van een gebrekkige kennisoverdracht.

Het ontstaan van het idee om Design Review te gebruiken, omdat dit noodzakelijk is voor het digitaal kunnen communiceren van (delen van) het 3D-model met projectteamleden en derden, is een duidelijk voorbeeld van de ontstane implementatiestrategie.

5.7 Werkelijke toepassing Virtueel Bouwen NieuweVoorstad

De werkelijke toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad is beschreven in bijlage 12. Deze beschrijving is het resultaat van het doorlopen invoeringsproces en komt overeen met de wijze waarop Virtueel Bouwen werd toegepast op het moment dat het project werd stilgelegd. Het werkelijke gebruik is door de onderzoeker in kaart gebracht door een verblijf in de projectruimte van het projectteam van 23 februari tot 20 maart 2009 en de uitgevoerde interviews.

Uiteindelijk waren de betrokkenen positief over het toepassen van Virtueel Bouwen in het project. Als grootste voordelen worden door de verschillende betrokkenen genoemd:

- Groter inzicht in het ontwerp door het 3D-model;
- Het eerder en beter kunnen detecteren en vervolgens oplossen van fouten in het ontwerp;
- Door de samenhang tussen ontwerp en werktekeningen kunnen wijzigingen snel worden doorgevoerd in alle tekeningen.

Omdat het project vroegtijdig werd stilgelegd is niet duidelijk of het toepassen van Virtueel Bouwen ook daadwerkelijk heeft geresulteerd in betere werktekeningen en voordelen tijdens uitvoering.

Door de calculator is daarnaast aangegeven dat door het toepassen van IBIS4BIM uiteindelijk een enorme tijdswinst kan worden geboekt, omdat het handmatig bepalen van hoeveelheden uit 2D tekeningen niet meer noodzakelijk is.

5.8 Crossepisode analyse

In voorgaande paragrafen zijn de verschillende episodes beschreven en geanalyseerd. In deze paragraaf worden tevens enkele belangrijke verbanden tussen de verschillende episodes onderling beschreven. Ten slotte worden een aantal oorzaken uiteengezet voor het succesvol realiseren van een deel van de projectdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

Uit de analyse van de verschillende episodes kan geconcludeerd worden dat de verschillende fasen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) zich voordoen in het project NieuweVoorstad. Echter, een groot aantal stappen welke volgens de methodiek moeten worden doorlopen, kunnen (voornamelijk in de adoptiefase) niet worden onderscheiden in het project.

Uiteindelijk heeft de ideevormingsfase (episode 1) een grote invloed gehad op het verloop van het project. De bedoelde en uiteindelijk werkelijke toepassing komen namelijk voor een groot deel overeen met de bevindingen van de Werkgroep uit episode 1, namelijk de prioritering van de Stuurgroep en de aanbeveling van de Werkgroep om op de korte termijn alleen middelen in de praktijk toe te passen welke reeds getest zijn.

In de adoptiefase (episode 2) zijn de uiteengezette stappen van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) en Adriaanse (2009) nauwelijks doorlopen. Alleen het veranderidee is uitgewerkt door het formuleren van een viertal projectdoelen en 14 leerdoelen. Belangrijke kanttekening daarbij is dat deze geformuleerd zijn op verzoek van het project WahW en niet op initiatief van de direct betrokkenen.

Er wordt geconcludeerd dat na episode 1 door de directie al een implementatiebeslissing is genomen, waardoor geen motivatie aanwezig was voor het doorlopen van de adoptiefase. Dit sluit aan bij het feit dat de adviseur informatiesystemen SE stelt dat bijvoorbeeld het definiëren van de toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen niet nodig was, omdat de directie al had besloten Virtueel Bouwen in te voeren in het project. Daarnaast kan ook geconcludeerd worden dat bij de betrokkenen een grote persoonlijke voorkeur aanwezig was om de projectdoelen op een pragmatisch en ad hoc wijze te realiseren. Dit wordt door hen verklaard met het feit dat de meeste projectteamleden weinig kennis hadden van de materie en daarom alleen een dergelijke aanpak mogelijk was. Ook werd er een tijdsdruk ervaren door de projectplanning, waardoor er geen tijd was om uitvoerige plannen te ontwikkelen. Daarnaast was door de directie de noodzaak uitgesproken om snel praktijkresultaten te boeken en daarom te stoppen met het 'werkgroepen'.

Uit de analyse van volgende episodes is echter gebleken dat het vooraf doorlopen van de stappen uit de adoptiefase met de verschillende betrokkenen een groot deel van de opgetreden problemen tijdens implementatie had kunnen voorkomen. Daarnaast is de ad hoc en pragmatische aanpak op zijn minst opmerkelijk uit ogenschouw van het uitgangspunt dat niet geëxperimenteerd mag worden op praktijkprojecten.

Ook de beschreven stappen tijdens de implementatiefase (episode 3, 4 en 5) van de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008) kunnen nauwelijks worden herkend in het beschreven invoeringsproces. Dit kan verklaard worden door het feit dat de adoptiefase onzorgvuldig is doorlopen. Dit heeft vervolgens sterke gevolgen voor het kunnen doorlopen van de stappen in de implementatiefase. Wel kunnen activiteiten uit de aanpassingsfase en acceptatiefase van de invoeringsmethodiek worden herkend in het invoeringsproces.

Uiteindelijk is op bepaalde aspecten de verankeringsfase in episode 5 bereikt en deels doorlopen. Met betrekking tot het opwerken van het 3D-model en het daaruit genereren van 2D werktekeningen is namelijk een bepaalde mate van routinematig werken bereikt. Echter, met betrekking tot het uitvoeren van controlewerkzaamheden (roundtrip engineering) en het generen van hoeveelheden uit het 3D-model doen zich nog enkele problemen en inefficiënties voor die uiteindelijk niet of slechts deels zijn opgelost.

5.8.1 Succesfactoren

Een groot deel van de stappen welke volgens de methodiek van Adriaanse (2008) en Adriaanse (2009) moeten worden doorlopen, zijn zoals beschreven niet gesignaleerd in het invoeringsproces. Toch zijn een aantal projectdoelstellingen gehaald en wordt door alle betrokkenen met tevredenheid teruggekeken op het project. Op basis van de interviews kan worden geconcludeerd dat hieraan de volgende oorzaken ten grondslag liggen:

- In het projectteam zaten enkele ervaringsdeskundigen en tevens kon men direct beschikken over een kennisdeskundige binnen de organisatie van Strukton Engineering, waardoor bij de implementatie vertrouwd kon worden op de kennis van deze mensen en indien zich problemen voordeden deze snel opgelost konden worden;
- Het werken met een klein team in één ruimte, waardoor problemen snel en eenvoudig konden worden besproken en opgelost;
- Het kiezen van een kleine scope, het niet betrekken van derden, en alleen middelen in de praktijk toepassen welke al eens getest zijn, waardoor risico's zijn vermeden;

- De grote positieve houding van bijna alle betrokkenen tegenover Virtueel Bouwen, waardoor iedereen gemotiveerd was om dit project tot een succes te brengen;
- In het projectteam zaten naast mensen met kennis op het gebied van Virtueel Bouwen en bijbehorende mogelijkheden, enkele mensen met veel kennis van het bouwproces. Hierdoor is het mogelijk om de toegevoegde waarde contextspecifiek te maken.

5.9 Resumé

In onderstaande Tabel 16 is een korte samenvatting gegeven van de episodes zoals die in voorgaande paragrafen zijn beschreven en geanalyseerd. Voor elk van de episodes is een korte samenvatting gegeven van de belangrijkste gebeurtenis, met het bijbehorende gevolg en welk mechanisme uit het model van Adriaanse (2007) hieraan ten grondslag ligt.

	Episode	Omschrijving	Gevolg	Mechanismen
Ideevormings-fase	1	De bevindingen van de Werkgroep worden door de directie van toepassing verklaard op het project NieuweVoorstad.	Toepassen van Virtueel Bouwen top-down opgelegd door de directie.	Aanwezigheid van een vragende actor; 'mandate for adoption' ('mode fenomeen').
Adoptiefase	2	Leer- en projectdoelen Virtueel Bouwen opgesteld door de kartrekkers op basis van de bevindingen van de Werkgroep en eigen inzicht.	Adoptiefase summier doorlopen.	Perceptie van tijdsdruk en aanwezigheid van een vragende actor (mode fenomeen).
	5	Inschrijfbegroting gerealiseerd met IBIS4BIM van constructieve hoeveelheden. Problemen doen zich voor bij het koppelen van de databases.	Er moet eerste een oplossing worden gevonden voor deze problemen alvorens IBIS4IM in een praktijkproject gebruikt kan worden.	Afwezigheid van technische middelen.
Implementatiefase	3	De opzet van het 3D-model en bijbehorende werkwijze wordt bepaald door de 3D-modelleur SE en er wordt gestart met modelleerwerkzaamheden.	Implementatiefase gestart. 'Windows of opportunity' eenzijdig doorlopen.	Perceptie van tijdsdruk en aanwezigheid van een vragende actor.
	4	De planning van 2D werktekeningen komt in gevaar door werkdruk bij de 3D-modelleers door het moeten genereren van hoeveelheden. Alleen genereren 2D werktekeningen en constructieve hoeveelheden voor calculatie krijgt prioriteit.	De scope wordt beperkter, omdat het genereren van bouwkundige hoeveelheden voor zowel inkoop als calculatie en het genereren van constructieve hoeveelheden voor inkoop vervalt. Daarnaast moeten ontwerpdetails worden toegevoegd aan 2D bouwkundige werktekeningen.	Perceptie van tijdsdruk en onduidelijkheid van procedurele afspraken.
Implementatie-/verankeringsfase	5	Introductie Design Review, omdat niet alle betrokkenen de beschikking hebben over Revit.	Communicatie van het 3D-model inclusief op- en aanmerkingen naar projectteamleden en derden (constructeur) via een nieuwe functionaliteit.	Perceptie van voor- en nadelen van ICT.
		3D-modelleers moeten wachten op ontwerpbeslissingen van architect en constructeur.	3D-modelleers worden bemoeilijkt in hun werkzaamheden.	Onduidelijkheid van procedurele afspraken en slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen.
		Gebruik van Design Review en bijbehorende procedure wordt omzeild.	Er wordt mondeling of via e-mail en PDF-bestanden gecommuniceerd.	Perceptie van tijdsdruk, onduidelijkheid van procedurele afspraken, afwezigheid van technische middelen.

Tabel 16: Samenvatting casestudie NieuweVoorstad

Uit de analyse van de verschillende episodes kan geconcludeerd worden dat de verschillende fasen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) zich voordoen in het project NieuweVoorstad. Een groot aantal stappen welke volgens de methodiek moeten worden doorlopen, kunnen echter voornamelijk in de adoptiefase niet worden onderscheiden.

De stappen uit de ideevormingsfase zijn impliciet doorlopen vanuit zowel een behoefte (pull) als ICT mogelijkheden (push). Kanttekening daarbij is dat de stappen zijn doorlopen op organisatie- en niet op projectniveau. De ideevormingsfase is

geïnitieerd door de directievoorzitter die enthousiast was over het toepassen van Virtueel Bouwen in projecten, zowel op basis van eigen afwegingen, als door het zogenaamde 'mode fenomeen'. Het doorlopen van de ideevormingsfase heeft uiteindelijk geleid tot een adoptiebeslissing om Virtueel Bouwen toe te passen op een praktijkproject. De directievoorzitter heeft zich daarbij laten adviseren door een Werkgroep bestaande uit personen van de werkvloer en enkele experts. De Werkgroep heeft op haar beurt haar ideeën afgestemd met een groep managers en bestuurders uit de onderneming (stuurgroep). Het werken met een werk- en stuurgroep heeft geleid tot draagvlak op gebruikers-, management- en beslissingsniveau voor het veranderidee. Het valt daarom aan te bevelen om te blijven werken middels een werk- en stuurgroep.

Er wordt geconcludeerd dat de adoptiefase summier is doorlopen. Waar de invoeringsmethodiek uitgaat van een aantal stappen waarin het veranderidee wordt uitgewerkt en verwerkt in een implementatieplan is dit niet toegepast bij de beschreven implementatie. In dit geval zijn door een tweetal 'externen' alleen leer- en projectdoelen opgesteld en deze zijn niet goed gecommuniceerd met de gebruikers. Hierdoor waren doelen en uitgangspunten lange tijd onduidelijk bij de gebruikers. Daarnaast sloot de bedachte toepassing niet volledig aan bij de gewenste toepassing van een aantal gebruikers. Deze zaken hebben de voortgang van het project tijdens implementatie in gevaar gebracht. Aanbevolen wordt daarom om de bedoelde toepassing samen met de uiteindelijke gebruikers op te stellen en deze te verwerken in een algemeen gedragen en bekend protocol (implementatieplan).

De ontwikkelde opzet van het project WahW bevat een aantal onderdelen van een implementatieplan. Hierin zijn leer- en projectdoelen uiteengezet, verantwoordelijkheden verdeeld en zijn afspraken gemaakt omtrent besluitvorming. Deze opzet is echter ontwikkeld door een aantal 'externen' en tevens is deze pas definitief gemaakt toen Virtueel Bouwen al geïmplementeerd was. In tegenstelling tot de opzet bestond binnen het projectteam bijvoorbeeld onduidelijkheid omtrent de doelen (zie bovenstaande alinea) en verantwoordelijkheid voor het realiseren van de verandering.

Het onzorgvuldig doorlopen van de adoptiefase wordt ten eerste verklaard door een perceptie van tijdsdruk en de aanwezigheid van een vragende actor. De perceptie van tijdsdruk werd veroorzaakt door de projectdruk en daarnaast wilde de directievoorzitter snel praktijkresultaten behalen. Dit laatste kan verklaard worden door het zogenaamde 'mode fenomeen'. Er wordt daarom geconcludeerd dat dit fenomeen tevens kan optreden in de adoptiefase. Ten tweede was bij de betrokken experts bekend dat de gestelde doelen haalbaar waren en zij hadden ervaring met het invoeren van Virtueel Bouwen in projecten, waardoor risico's klein waren en impliciet een invoeringsmethodiek aanwezig was. Het opstellen en gebruiken van een implementatieplan werd daarnaast niet wenselijk geacht, omdat het al snel wordt gezien als ballast. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat door het grote aanwezige draagvlak bij de directievoorzitter de adoptie- en implementatiebeslissing één en dezelfde beslissing ('mandate for adoption') was. Dit verklaart eveneens het onzorgvuldig doorlopen van de adoptiefase. Het valt daarom aan te bevelen om de directie te overtuigen van het nut en de noodzaak van het doorlopen van de adoptiefase en deze vervolgens af te laten dwingen door het onderscheiden van een adoptie- én implementatiebeslissing. Een gebrek aan kennis en inzicht bij de betrokkenen (met betrekking tot bestaande werkwijzen, nieuwe ICT of nieuwe digitale werkwijzen) is eveneens een verklaring voor het niet zorgvuldig kunnen doorlopen van deze fase. Echter, veel gebruikers zijn pas laat in het invoeringsproces (tijdens implementatie) betrokken en daarbij onvoldoende geïnformeerd over de gestelde doelen en de te hanteren werkwijze. Het valt daarom aan te bevelen om gebruikers eerder in het proces te betrekken en deze samen met een team van ervaringsdeskundigen de adoptiefase te laten doorlopen. Ook wordt aanbevolen om nieuwe teamleden goed te introduceren met betrekking tot de gestelde doelen en nieuwe werkwijze. Zorgvuldig doorlopen van de adoptiefase wordt ten slotte bemoeilijkt, omdat sommige projectpartners waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt pas in de loop van het project worden geselecteerd.

De stappen voor het weloverwogen doorlopen van de implementatie- en verankeringsfase kunnen eveneens nauwelijks worden herkend. Dit kan verklaard worden door het onzorgvuldig doorlopen van de adoptiefase. De grootste scopewijziging treedt op in de implementatiefase. Door onduidelijkheid omtrent het bedoelde gebruik, het ontstaan van nieuwe kansen ten aanzien van het gebruik van ICT en enkele problemen met betrekking tot het opbouwen van het 3D-model, komt de planning van het project in gevaar. Hierdoor wordt een duidelijke prioriteit gegeven aan één onderdeel van het veranderidee en krijgen de overige onderdelen geen prioriteit. Onduidelijkheden omtrent het bedoelde gebruik en problemen als gevolg van nieuwe kansen kunnen voorkomen worden door het zorgvuldig doorlopen van de adoptiefase waardoor uitgangspunten duidelijk zijn. De laatste problemen kunnen tevens voorkomen worden door de adoptiefase en het begin van de implementatiefase ('windows of opportunity') te doorlopen met alle (mogelijke) gebruikers, zodat 'nieuwe kansen' zich eerder aandoen en eventueel nog opgenomen kunnen worden in het bedoelde gebruik. Problemen met betrekking tot het opbouwen van het 3D-model kunnen voorkomen worden door het testen van de gekozen werkwijze in de adoptiefase.

Afwijkend van de oorspronkelijke doelen is tijdens de implementatiefase gezocht naar een installateur en prefab-leverancier die het ontwerp in 3D konden uittekenen. Dit is uiteindelijk niet gelukt door een gebrek aan kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden bij installateurs en het feit dat er een meerprijs werd gevraagd. Uiteindelijk zijn door het stopzetten van het project nooit een installateur en prefab-leverancier geselecteerd. Bovenstaande barrières hadden mogelijk voorkomen kunnen worden door het vooraf in kaart brengen van de werkwijze en bijbehorende barrières en hier vervolgens op in te spelen door het beschikbaar stellen van een extra budget of de partijen te helpen bij het opbouwen van kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden. Moeilijkheid hierbij is dat deze partijen pas in de loop van het project worden geselecteerd en verworven.

Op basis van bovenstaande wordt daarom aanbevolen om de adoptiefase zorgvuldig te doorlopen met alle (mogelijke) gebruikers óf een representatie hiervan.

Op basis van de beschreven en geanalyseerde implementatie kan geconcludeerd worden dat schaduwonderzoeken niet volledig los gekoppeld kunnen worden van het project, met als gevolg dat bij het optreden van problemen bij de implementatie deze schaduwonderzoeken geen prioriteit meer krijgen. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de schaduwonderzoeken niet goed aansloten bij bestaande werkwijzen. Daardoor is alleen de tool en een bijbehorende werkwijze getest, maar niet in de dynamiek van het project. Er was dus sprake van een slechte testcase.

In lijn met de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) is gebleken dat onderdelen van ICT en personen zich in verschillende fasen kunnen bevinden. Voor IBIS4BIM is bijvoorbeeld alleen de adoptiefase deels doorlopen en bij de toepassing van Revit is op enkele aspecten de assimilatiefase bereikt. Daarnaast zitten de betrokken experts al in de implementatie- of assimilatiefase, terwijl nieuwe gebruikers nog in de ideevormings- of adoptiefase zitten.

In het invoeringsproces kunnen van verschillende implementatiestrategieën aspecten herkend worden. De casestudy toont aan dat een ontstaande strategie succesvol kan zijn. Kanttekening daarbij is echter dat deze strategie goed gefaciliteerd moet worden, door:

- Ervaringsdeskundigen op het gebied van Virtueel Bouwen aan het projectteam toe te voegen of ter beschikking te stellen;
- Te werken met een klein team in één ruimte;
- Risico's te vermijden (het kiezen van een kleine scope, het niet betrekken van derden en alleen middelen in de praktijk toepassen welke al eens getest zijn);
- Gemotiveerde personen en personen met veel kennis van het bouwproces aan het projectteam toe te voegen;
- De aanwezigheid van veel draagvlak voor het veranderidee op beslissingsniveau.

Bovenstaande 'faciliteiten' herbergen aspecten van de geplande en incrementele strategie. Omdat verder een aanpak is gehanteerd, waarbij enerzijds een stuurgroep is aangesteld met beslissers en anderzijds een Werkgroep met mensen van de werkvloer, is een goede mix toegepast van de bottom-up en de top-down strategie. In lijn met Adriaanse (2009) lijkt een gecombineerde strategie daarom het beste.

Uiteindelijk waren de betrokkenen positief over het toepassen van Virtueel Bouwen in het project. Als grootste voordelen worden door de verschillende betrokkenen genoemd:

- Groter inzicht in het ontwerp door het 3D-model;
- Het eerder en beter kunnen detecteren en vervolgens oplossen van fouten in het ontwerp;
- Door de samenhang tussen ontwerp en werktekeningen kunnen wijzigingen snel worden doorgevoerd in alle tekeningen.

Omdat het project vroegtijdig werd stilgelegd is niet duidelijk of het toepassen van Virtueel Bouwen ook daadwerkelijk heeft geresulteerd in betere werktekeningen en voordelen tijdens uitvoering. Door de calculator is daarnaast aangegeven dat door het toepassen van IBIS4BIM uiteindelijk een enorme tijdwinst kan worden geboekt, omdat het handmatig bepalen van hoeveelheden uit 2D tekeningen niet meer noodzakelijk is.

Uiteindelijk blijkt dat de toepassing zoals deze oorspronkelijk is vastgesteld, voor een groot deel ook toegepast wordt in werkelijkheid. Wel worden na verloop van tijd inefficiënties verholpen door bijvoorbeeld het geven van prioriteit aan het realiseren van werktekeningen en de introductie van Design Review. Er zijn in de werkwijze echter nog meer inefficiënties te onderscheiden, in termen van Koskela (1992 en 2000) activiteiten die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies, welke weggenomen kunnen worden. De volgende inefficiënties kunnen worden onderscheiden:

- Trage communicatie met architect en constructeur ($\Delta 5.5$);
- Verschuiven van objecten tijdens het modelleren ($\Delta 4.1$);
- Toevoegen van ontwerpdetails aan bouwkundige werktekeningen ($\Delta 4.4$);
- De procedure voor het documenteren en afhandelen van clashes en onduidelijkheden wordt niet door alle 3D-modelleurs structureel en op een eenduidige wijze gebruikt ($\Delta 5.3$);
- Verschillende informatiestromen door het gebruik van Design Review voor communicatie met de constructeur en traditionele communicatie met de architect ($\Delta 5.3$);
- Omzeilen van het gebruik van Design Review door 3D-modelleurs, werkvoorbereiders en de constructeur ($\Delta 5.3$);
- Controle van het ontwerp en bepalen van hoeveelheden is ook op de traditionele manier uitgevoerd door werkvoorbereiders ($\Delta 3.5$ en $\Delta 3.6$);
- Mislopen van een grote toegevoegde waarde door het gebruik van hoeveelheden uit het 3D-model voor inkoop vorm te geven als schaduwonderzoek ($\Delta 2.7$) en het uiteindelijk 'afkappen' van dit schaduwonderzoek en nieuwe kansen ($\Delta 4.3$);
- Schaduwonderzoek IBIS4BIM heeft geen toegevoegde waarde voor het project, omdat het niet aansluit bij de werkwijze (calculatie vindt namelijk plaats in een andere bouwphase).

De in dit hoofdstuk beschreven en geanalyseerde invoering en toepassing van Virtueel Bouwen, vormt input voor het ontwikkelen van richtlijnen voor een werkwijze en implementatie om in een volgend project een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen te realiseren. Dit wordt behandeld in het volgende hoofdstuk.

6 Richtlijnen implementatie en werkwijze ‘volgend’ project

In de voorgaande hoofdstukken zijn alle in Figuur 2 uiteengezette niveaus van toepassing en invoering geschetst. In de onderzoeksopzet (hoofdstuk 2) wordt echter nog gesproken over richtlijnen voor een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen tijdens werkvoorbereiding in een ‘volgend’ project. Volgend in die zin dat de tijd terug wordt gedraaid en het project NieuweVoorstad zich nogmaals afspeelt. Met daarbij de kanttekening dat opgedane kennis tijdens het invoeringsproces van het project NieuweVoorstad meegenomen wordt. Dit wordt in onderstaande paragrafen behandeld.

De weloverwogen toepassing (paragraaf 6.1) wordt bepaald door de in het vorige hoofdstuk beschreven inefficiënties in de werkwijze weg te nemen. Uitgangspunt hierbij is de context van de oorspronkelijk bedoelde toepassing en niet het beschrijven van een optimale toepassing. De weloverwogen invoering (paragraaf 6.2) wordt bepaald door de in het vorige hoofdstuk beschreven en geanalyseerde invoering tegen het licht te houden van de in hoofdstuk 3 beschreven theorie. In onderstaande paragrafen zijn de ontwikkelde richtlijnen dikgedrukt, welke in paragraaf 6.3 worden samengevat.

6.1 Weloverwogen toepassing Virtueel Bouwen

Aan de hand van de theorie (richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze in paragraaf 3.5), de beschreven en geanalyseerde traditionele werkwijze (hoofdstuk 4), de interviews en de gesignaleerde inefficiënties in de casestudy (uiteengezet in paragraaf 5.9), kan een ‘verbeterde’ situatie beschreven worden voor het toepassen van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

Er zijn door het toepassen van Virtueel Bouwen een aantal activiteiten welke geen waarde toevoegen of resulteren in waardeverlies geëlimineerd. Grootste verandering is het zelf aanbrengen van samenhang tussen inputonderdelen door het DO ontwerp van architect en constructeur in een 3D-model op te werken en hieruit zelf werktekeningen te genereren. Op deze manier wordt voorkomen dat een groot aantal omvangrijke en foutgevoelige revisieslagen noodzakelijk zijn. Daarnaast kan hierdoor eenvoudiger een representatie van het bouwwerk ontwikkeld worden door de werkvoorbereiders, waardoor fouten in het ontwerp sneller en makkelijker gevonden en opgelost kunnen worden. Daarnaast kunnen ook automatisch hoeveelheden gegenereerd worden, waardoor het handmatig bepalen van hoeveelheden door verschillende disciplines (werkvoorbereiders en calculator) niet meer nodig is. Zoals beschreven kost deze activiteit veel tijd en moet dit vaak opnieuw uitgevoerd worden indien wijzigingen optreden.

SBV heeft door het toepassen van Virtueel Bouwen niet zozeer de coördinatie en overdracht van werkzaamheden met projectpartners ondersteund, maar voornamelijk een aantal werkzaamheden naar zichzelf toegetrokken. De coördinatie en overdracht van deze werkzaamheden tussen SBV en projectpartners (constructeur) wordt ondersteund door het toepassen van Design Review. Dit biedt namelijk een gestructureerde manier om gevonden clashes en onduidelijkheden te documenteren, beheren en af te handelen. Daarnaast krijgen ook projectpartners hierdoor inzicht in het 3D-model, waardoor clashes en onduidelijkheden sneller opgelost kunnen worden. Een goed voorbeeld daarvan is de bijeenkomst tussen SBV en de constructeur met het Smartboard. In de nieuwe werkwijze doen zich bij de overdracht en coördinatie van de werkzaamheden tussen SBV en projectpartners echter nieuwe inefficiënties voor, namelijk $\Delta 5.3$ en $\Delta 5.5$. Delta 5.5 kan voornamelijk worden toegeschreven aan het niet meenemen van de relatie tussen projectomgeving en proces bij het ontwikkelen van de werkwijze. **Het maken van duidelijke afspraken met de architect, constructeur en de opdrachtgever (bouwdirectie) met betrekking tot de beschikbaarheid en eigenschappen van noodzakelijke ontwerpinformatie is daarom noodzakelijk.** Daarnaast kan $\Delta 5.3$ voornamelijk worden toegeschreven aan het beperkt in ogenschouw nemen van

de invloed van mogelijkheden en beperkingen van technologie en kennis en vaardigheden van personen op de onderdelen van een werkwijze. **Het is daarom noodzakelijk dat projectpartners worden voorzien van de te gebruiken technologie en geïnstrueerd/getraind worden in de te hanteren werkwijze.**

Uiteindelijk kan geconcludeerd worden dat door het toepassen van Virtueel Bouwen de coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen projectpartners slechts beperkt is ondersteund. De voorgestelde wijzigingen kunnen dit echter verbeteren. **Daarnaast wordt aanbevolen om de coördinatie en overdracht van werkzaamheden met projectpartners te verbeteren door standaard een aantal bijeenkomsten met het Smartboard te organiseren.**

Door het toepassen van Virtueel Bouwen wordt zoals beschreven een groot aantal, omvangrijke en foutgevoelige revisieslagen voorkomen, kunnen fouten in het ontwerp sneller en eenvoudig worden gevonden en opgelost en is handmatig bepalen van hoeveelheden niet meer noodzakelijk. Hierdoor kunnen voornamelijk een aantal activiteiten van werkvoorbereiders die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies geëlimineerd worden.

Het toepassen van Virtueel Bouwen in dit project heeft echter nauwelijks de coördinatie en overdracht van werkzaamheden tussen disciplines binnen de projectorganisatie van Strukton ondersteund. Door het toepassen van Virtueel Bouwen is namelijk geen samenhang gerealiseerd tussen het ontwerp, uittrekstaten voor inkoop, de werkbegroting en planningen. Een verandering in één van deze producten leidt daarom nog steeds tot omvangrijke en foutgevoelige revisieslagen, waarbij tevens veel (foutgevoelig) hoofdwerk moet worden verricht. Door het ontbreken van samenhang moet namelijk uit het hoofd bepaald worden waar een wijziging consequenties heeft. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het realiseren van een werkbegroting en planningen met behulp van Virtueel Bouwen geen onderdeel was van de bedoelde toepassing.

Zoals beschreven heeft het toepassen van Virtueel Bouwen voornamelijk bijgedragen aan het elimineren van een aantal specifieke activiteiten van de werkvoorbereiders die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies. Hierin hebben zich echter nog wel een aantal inefficiënties voorgedaan. Uiteindelijk zijn namelijk geen hoeveelheden uit het 3D-model gebruikt voor inkoop (Δ2.7 en Δ4.3). Werkvoorbereiders hebben daarom nog steeds handmatig hoeveelheden bepaald (Δ3.5). Kanttekening daarbij is dat het gebruiken van hoeveelheden uit het 3D-model voor inkoop was vormgegeven als schaduwonderzoek. Hoeveelheden uit het 3D-model waren echter niet op tijd beschikbaar om ze überhaupt te kunnen gebruiken. Dit kan toegeschreven worden aan het beperkt in ogenschouw nemen van de relatie tussen proces, methode en hulpmiddel. **Dit kan opgelost worden door bij aanvang van het project meer 3D-modelleers in te zetten ('modelleer-boost') zodat het 3D-model eerder gereed is en gebruik kan worden gemaakt van informatie hieruit. Kanttekening hierbij is dat bij aanvang van het modelleren duidelijk moet zijn waarvoor het 3D-model gebruikt gaat worden, omdat afstemming tussen 3D-modelleers en de personen die informatie gaan gebruiken uit het 3D-model erg belangrijk is gebleken. Het is daarom ook belangrijk dat 3D-modelleers tijdens het modelleren ondersteund worden door een werkvoorbereider.** Door het bouwkundig inzicht van werkvoorbereiders kunnen zij er namelijk voor zorgen dat er gemodelleerd wordt zoals gebouwd. Dit is essentieel voor de bruikbaarheid van informatie uit het 3D-model. **Een alternatief op bovenstaande is het eerder starten met modelleren, bijvoorbeeld tijdens de periode waarin het 'startpakket uitvoering' gereed wordt gemaakt.**

In lijn met bovenstaande alinea verdient het aanbeveling om het schaduwonderzoek met IBIS4BIM te verwijderen uit de doelen. Dit had namelijk geen toegevoegde waarde voor het project, omdat het realiseren van een inschrijfbegroting plaatsvindt in een andere fase van het bouwproces (Δ1.7). Het schaduwonderzoek had overigens wel een toegevoegde waarde in het kader van de ontwikkeling van Virtueel Bouwen binnen Strukton. Het legt echter een extra belasting bij de 3D-modelleers. **Door het schaduwonderzoek met IBIS4BIM te verwijderen kan meer prioriteit gegeven worden aan het**

genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiders ter ondersteuning van inkoop. Hoewel dit een grote toegevoegde waarde kan hebben, is dit ingestoken als schaduwonderzoek omdat deze toepassing nog niet bewezen was ($\Delta 2.7$). **In meer algemene zin kan de bovenstaande richtlijn opgevat worden als het geven van prioriteit aan middelen met de grootste toegevoegde waarde voor het project.**

Tijdens het project is echter al snel gebleken dat het mogelijk was om uit een 3D-model correcte en bruikbare hoeveelheden te genereren voor de werkvoorbereiders. **Door de 3D-modelleur SE en werkvoorbereider 1 zijn namelijk tijdens het project gezamenlijk de ICT mogelijkheden en eisen en wensen van een werkvoorbereider onderzocht. Dit had echter al tijdens de adoptiefase of bij aanvang van de implementatiefase (tijdens de aanpassingsfase) plaats kunnen vinden. Hiervoor is echter een nuancering van de uitgangspunten noodzakelijk, namelijk: invoeren van middelen die bewezen zijn in de praktijk óf tijdens een test in de adoptie- of aanpassingsfase.**

Verder doen zich nog enkele andere inefficiënties in de uiteindelijke toepassing voor ($\Delta 4.1$, $\Delta 4.4$, $\Delta 5.3$ en $\Delta 3.6$). Deze inefficiënties kunnen worden opgelost door het weloverwogen doorlopen van de adoptie- en aanpassingsfase. In paragraaf 6.2 worden richtlijnen aangedragen voor het verhelpen van deze inefficiënties.

6.2 Weloverwogen invoering Virtueel Bouwen

Op basis van de in de literatuurstudie beschreven invoeringsmethodiek en de in het voorgaande hoofdstuk geanalyseerde invoering wordt in deze paragraaf een weloverwogen invoering beschreven voor het invoeren van de bedoelde toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

De invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) beschrijft vier verschillende fasen. Namelijk de ideevormingsfase, adoptiefase, implementatiefase en verankeringsfase (zie Figuur 24). In deze paragraaf zijn voornamelijk de eerste twee fasen van belang. Per fase worden de door Adriaanse (2009) ontwikkelde stappen expliciet beschreven.



Figuur 24: Fasering invoeringsmethodiek [Adriaanse, 2008]

6.2.1 Ideevormingsfase

Volgens de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) dienen in deze fase de volgende stappen doorlopen te worden:

1. Bepaal de toegevoegde waarde van het veranderidee (ICT mogelijkheden en bijbehorende algemene voordelen, kansen en uitdagingen in de praktijksituatie en bijdrage aan de bedrijfsstrategie);
2. Bepaald de verandering op hoofdlijnen op invoerbaarheid (barrières en drijfveren en mogelijke oplossingsrichtingen);
3. Bepaal de aanpak van de adoptiefase;
4. Bepaal en creëer draagvlak voor het doorlopen van de adoptiefase.

De belangrijkste gebeurtenis tijdens deze fase in het project is weergegeven in onderstaande Tabel 17. Het belangrijkste verschil met de invoeringsmethodiek in deze fase ($\Delta a.1$) is beschreven in Tabel 8.

Episode	Omschrijving	Gevolg	Belangrijkste mechanismen
1	De bevindingen van de Werkgroep worden door de directie van toepassing verklaard op het project NieuweVoorstad.	Toepassen van Virtueel Bouwen top-down opgelegd door de directie.	Aanwezigheid van een vragende actor; 'mandate for adoption' ('mode fenomeen').

Tabel 17: Samenvatting casestudie NieuweVoorstad ideevormingsfase

Stap 1 en 2: Bepaal de toegevoegde waarde en invoerbaarheid van het veranderidee

Op initiatief van de directie zijn door de Werkgroep, in samenwerking met de stuurgroep, de stappen 1 en 2 in algemene zin doorlopen. Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in draagvlak bij de directie voor het nemen van een adoptiebeslissing ('mandate for adoption'). In deze fase zijn geen kansen en uitdagingen en toegevoegde waarde van ICT in de praktijksituatie en de invoerbaarheid van de verandering op hoofdlijnen bepaald. Dit is niet gebeurd, omdat bij voorbaat al veel draagvlak op beslissingsniveau aanwezig was en hier de noodzaak bestond om snel praktijkresultaten te boeken zoals andere partijen binnen Strukton en de bouwsector ('mode fenomeen'). Daarnaast was bij een aantal betrokkenen door ervaring bij voorbaat al duidelijk wat in het kader van Virtueel Bouwen haalbaar was en niet.

Bovenstaande heeft niet direct geleid tot problemen bij de implementatie van Virtueel Bouwen in het project. **Door het bepalen van kansen en uitdagingen en de toegevoegde waarde van ICT in de praktijksituatie, was de noodzaak voor het genereren van hoeveelheden uit het 3D-model voor werkvoorbereiding (Δ2.7 en Δ4.3) zeer waarschijnlijk eerder aan het licht gekomen.** Dit had kunnen leiden tot een nuancering van de aanbeveling van de Werkgroep om alleen bewezen middelen in de praktijk toe te passen, waardoor de toegevoegde waarde van het veranderidee groter had kunnen zijn.

Stap 3: Bepaal de aanpak van de adoptiefase (én ideevormingsfase)

Het uitvoeren van stap 1 en 2 wordt bemoeilijkt omdat niet alle betrokkenen kennis hebben van zowel bestaande werkwijzen, nieuwe ICT en nieuwe digitale werkwijzen om zodoende kansen, uitdagingen, toegevoegde waarde en invoerbaarheid context specifiek te maken. Daarnaast was het projectteam nog niet geformeerd ten tijde van de ideevormingsfase. Dit kan ondervangen worden door een team met personen samen te stellen die dit kunnen 'vertegenwoordigen'. Bijvoorbeeld in de vorm van een werkgroep welke representatief is voor het projectteam en eventuele andere organisaties waarmee digitaal moet worden samengewerkt. **Aanbevolen wordt daarom om te blijven werken met een werk- en stuurgroep. De werkgroep bestaat uit personen die het projectteam en andere organisaties waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt kunnen vertegenwoordigen. Dit kan worden afgedwongen door de beslissers. Na een adoptiebeslissing moet niet gestopt worden met het 'werkgroepen' maar moet juist getracht worden project specifiek in te zoomen.**

Stap 4: Bepaal en creëer draagvlak voor het doorlopen van de adoptiefase

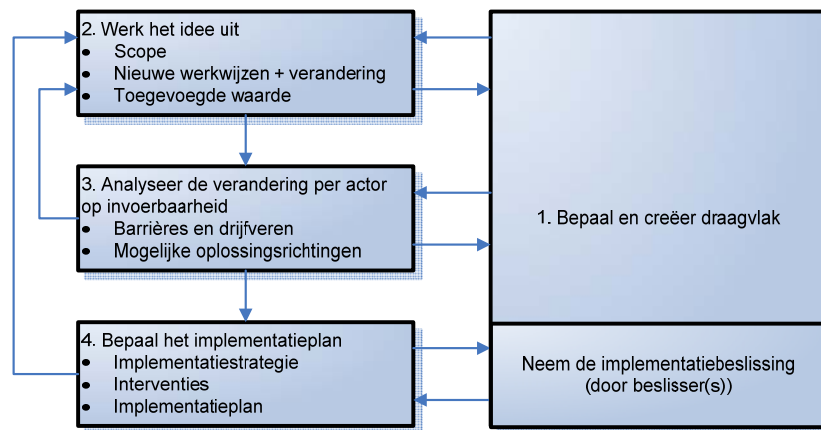
Belangrijk bij bovenstaande is dat bij de betrokkenen geen motivatie aanwezig was om de stappen te doorlopen, omdat al veel draagvlak aanwezig was op beslissingsniveau. Hierbij bestaat het gevaar dat beslissers te positief gestemd zijn. **Het zichtbaar maken van de barrières aan beslissers kan hen echter bewegen om het weloverwogen doorlopen van de stappen in de ideevormingsfase af te dwingen.**

6.2.2 Adoptiefase

De belangrijkste gebeurtenissen tijdens deze fase in het project zijn weergegeven in onderstaande Tabel 18. De stappen die volgens de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) in deze fase doorlopen dienen te worden zijn weergegeven in onderstaande Figuur 25. De belangrijkste verschillen met de invoeringsmethodiek in deze fase (Δb.1 en Δb.2) zijn beschreven in Tabel 10.

Episode	Omschrijving	Gevolg	Belangrijkste mechanismen
2	Leer- en projectdoelen Virtueel Bouwen opgesteld door de kartrekkers op basis van de bevindingen van de Werkgroep en eigen inzicht.	Adoptiefase summier doorlopen.	Perceptie van tijdsdruk en aanwezigheid van een vragende actor (mode fenomeen).
5	Inschrijfbegroting gerealiseerd met IBIS4BIM van constructieve hoeveelheden. Problemen doen zich voor bij het koppelen van de databases.	Er moet eerste een oplossing worden gevonden voor deze problemen alvorens IBIS4BIM in een praktijkproject gebruikt kan worden.	Afwezigheid van technische middelen.

Tabel 18: Samenvatting casestudie NieuweVoorstad adoptiefase



Figuur 25: Stappen binnen de adoptiefase [Adriaanse, 2009]

Stap 1: Bepaal en creëer draagvlak

In de adoptiefase moet draagvlak bepaald en/of gecreëerd worden om een implementatiebeslissing (door beslissers) te realiseren. Aan het eind van deze subparagraaf wordt verder ingegaan op deze stap.

Stap 2: Werk het idee uit

Allereerst moet de scope van het veranderidee, en daarmee de betrokken actoren en processen, bepaald worden. Als dit doormiddel van een processchema wordt gedaan, kan eenvoudig aangegeven worden waar in het proces de grootste veranderingen optreden en de grootste toegevoegde waarde zit. In principe zou dit gelijk zijn aan het processchema van de bedoelde toepassing (zie Figuur 15). De veranderingen die dan gesignaleerd zouden worden, zijn weergegeven in bijlage 13, delta's 1.1 t/m 2.8.

Stap 3: Analyseer de verandering per actor op invoerbaarheid

Er is in episode 2 wel rekening gehouden met de verandering per actor, maar hierin is een risicomijdende houding aangenomen door de gehanteerde uitgangspunten. Dit heeft voornamelijk gevolgen gehad voor de toegevoegde waarde van de verandering.

In bijlage 14 zijn de veranderingen als gevolg van de bedoelde toepassing in het project NieuweVoorstad op invoerbaarheid geanalyseerd aan de hand van het model van Adriaanse (2007) en wordt per verandering de barrière of drijfveer beschreven, waarna een eventuele oplossingsrichting gegeven wordt. **Geconcludeerd kan worden dat het op deze wijze inzichtelijk maken van het proces, veranderingen en bijbehorende barrière en drijfveren op voorhand kan worden voorzien in veel inzicht. Aanbevolen wordt daarom om dit in een volgend project op dezelfde wijze uit te voeren.** Daarnaast kunnen ook de richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze hier bijdragen aan het expliciet en beheersbaar

maken van de werkwijze (zie paragraaf 4.3 en 6.1). **Aanbevolen wordt daarom om de in paragraaf 3.5 ontwikkelde richtlijnen ook te gebruiken bij het uitwerken van het veranderidee en de analyse van de verandering op invoerbaarheid.**

Zoals reeds beschreven had het schaduwonderzoek IBIS4BIM (Δ1.7) geen toegevoegde waarde voor het project, omdat het niet aansloot bij de bestaande werkwijze. Gezien de grote meerwaarde had het genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiders echter prioriteit moeten krijgen en niet vormgegeven moeten worden als schaduwonderzoek (Δ2.7). **Zorgvuldig doorlopen van de stappen in de adoptiefase (met name uitwerking van de toegevoegde waarde en analyse van de barrières en drijfveren van de verandering per actor) had bovenstaande zeer waarschijnlijk aan het licht gebracht. In meer algemene zin kan gesteld worden dat prioriteit gegeven moet worden aan middelen die de grootste toegevoegde waarde hebben voor het project.**

Ook is zoals reeds beschreven aanbevolen om de aanbeveling van de Werkgroep, alleen toepassen van middelen die in de praktijk bewezen zijn, te nuanceren. Van de middelen die in de praktijk nog niet bewezen zijn, moeten de stappen in de ideevormingsfase en adoptiefase zorgvuldig worden doorlopen, waarbij tevens een test uitgevoerd wordt. Daarna kan een beslissing worden genomen om de middelen daadwerkelijk te implementeren. **Met andere woorden alleen middelen implementeren die in de praktijk óf in de adoptie- of aanpassingsfase zijn bewezen. Hierbij kan afgewogen worden om pas definitief over te stappen op de nieuwe werkwijze als essentiële onderdelen hiervan positief getest zijn.**

Stap 4: Bepaal het implementatieplan

De laatste stap in de adoptiefase is het opstellen van een implementatieplan op basis van de stappen 2 en 3 en de gekozen implementatiestrategie. Het implementatieplan beschrijft een concreet plan van aanpak. De implementatiestrategie beschrijft een aanpak op hoofdlijnen. De in Tabel 2 (paragraaf 3.4) beschreven strategische mogelijkheden kunnen gebruikt worden na doorlopen van de stappen 2 en 3 voor het formuleren van een eigen strategie.

In het invoeringsproces in het project NieuweVoorstad is impliciet een ontstaande strategie toegepast. Deze strategie is gefaciliteerd middels een aantal interventies, waarin aspecten van andere strategieën kunnen worden herkend, waarbij het vermijden van risico's door het kiezen van een kleine en haalbare scope centraal stond. Het was in dit project een goede keuze om de verandering klein te houden. De verandering was daardoor beheersbaar en dit is verstandig indien sprake is van een praktijkproject. Tevens was de verandering voor veel betrokkenen nieuw, waardoor onzekerheid bestond over de juistheid van de digitale werkwijze en de juiste werking van het veranderidee. Daarnaast ontstond hierdoor draagvlak voor de verandering op projectmanagementniveau. Dit wil echter niet zeggen dat een kleine verandering per definitie goed is. **Indien wordt gekozen voor een ontstaande strategie moet het mogelijk zijn om de verandering zoveel als mogelijk te faciliteren zoals in het project NieuweVoorstad.**

In episode 2 is de definitieve scope van het veranderidee vastgesteld. Dit is enkel gedaan door het opstellen van leer- en projectdoelen. Daarnaast zijn hier alleen de kartrekkers en de projectmanager bij betrokken geweest. Dit is niet wenselijk. Ten eerste omdat deze groep onvoldoende de bestaande werkwijzen, nieuwe ICT mogelijkheden en mogelijke nieuwe digitale werkwijzen kan representeren. Ten tweede kunnen door het overslaan van een groot aantal stappen in de adoptiefase de volgende fasen niet weloverwogen worden doorlopen. Ten derde omdat hierdoor de verschillende gebruikers niet actief worden betrokken, wat resulteert in onduidelijkheid omtrent het veranderidee en mogelijk een beperkt draagvlak bij de gebruikers. **Aanbevolen wordt daarom om de adoptiefase zorgvuldig en actief te doorlopen met alle (ook externe) betrokkenen of een representatie hiervan. En de resultaten te verwerken in een protocol (implementatieplan) waarmee alle betrokkenen bekend zijn. Dit protocol moet volgens Adriaanse (2009) in elk geval de volgende onderdelen bevatten: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen.** De invulling van deze onderdelen is

expliciet beschreven in onderstaande alinea's. De beschrijving van interventies en de planning daarvan is samengenomen, om herhalingen te voorkomen.

Toegevoegde waarde

In dit onderdeel wordt inzichtelijk gemaakt wat de beoogde toegevoegde waarde van het veranderidee is. In het processchema kan aangegeven worden waar de grootste veranderingen en toegevoegde waarde van het veranderidee zitten (zie stap 2). Belangrijk hierbij is dat er een processchema van de traditionele werkwijze wordt gerealiseerd.

Doelstellingen

Hierin wordt beschreven wat de beoogde doelen zijn van het veranderidee. Indien verschillende doelen worden opgesteld en hierin een onderverdeling kan worden onderscheiden (bijvoorbeeld leer- en projectdoelen zoals in het project NieuweVoorstad) moet hierin een prioritering worden aangegeven. Hierdoor is duidelijk van welke doelstellingen als eerste afgeweken kan worden en van welke niet indien zich problemen voordoen.

Werkwijze (activiteiten)

In de werkwijze dient omschreven te worden hoe er door de verschillende betrokkenen (ook externen) gewerkt moet worden. Globaal kan dit inzichtelijk worden gemaakt met het processchema (zie stap 2) en met de in paragraaf 5.7 en bijlage 12 beschreven werkwijze. Meer specifiek kunnen hiervoor handleidingen worden gebruikt, zoals de ontwikkelde handleiding voor het gebruik van Design Review.

Interventies (concrete oplossingsrichtingen) en planning daarvan

Interventies liggen in lijn met de in stap 4 gekozen en beschreven implementatiestrategie en zijn een verdere concretisering van de ontwikkelde oplossingsrichtingen in stap 3 na analyse van de verandering op invoerbaarheid per actor. De volgende interventies (welke overeenkomen met een aantal richtlijnen) zijn naar aanleiding van het onderzoek opgesteld:

- Omdat de verandering top-down is opgelegd, moet vanaf de werkvloer (ook externe partijen waarmee mogelijk digitaal moet worden samengewerkt) input worden verkregen over de eisen en wensen van alle betrokkenen (of een representatie daarvan) met betrekking tot toegevoegde waarde, doelstellingen en werkwijze. Hierdoor kunnen deze drie punten concreet en context specifiek gemaakt worden.
- Essentiële onderdelen van het systeem moeten zo snel mogelijk getest worden, om verrassingen naderhand te voorkomen. Onder essentiële elementen wordt verstaan, functionaliteiten die de grootste toegevoegde waarde geven of van invloed zijn voor de voortgang van het project. Ten eerste moet het genereren van werktekeningen getest worden, zodat achterhaald kan worden wat het vereiste detailniveau van het modellerwerk is voor het genereren van correcte werktekeningen (voorkomen of beheersen $\Delta 4.2$, $\Delta 4.4$ en $\Delta 4.1$). Ten tweede moet het genereren van hoeveelheden voor de werkvoorbereider getest worden, zodat achterhaald kan worden wat de technische mogelijkheden zijn en of deze aansluiten bij eisen en wensen van de werkvoorbereider met betrekking tot de hoeveelheden die hij nodig heeft op welk moment (voorkomen $\Delta 4.3$ en $\Delta 4.1$). Belangrijk aspect van de tests, is het bij elkaar brengen van de verschillende gebruikers en daarmee het opstarten van een dialoog en samenwerking. Op deze manier komen de verschillende gebruikers achter de ICT mogelijkheden, bestaande werkwijzen en eisen en wensen met betrekking tot de nieuwe digitale werkwijzen. Eén of enkele personen kunnen dit niet volledig vertegenwoordigen. Ook kunnen gebruikers op deze manier overtuigd worden van de voordelen en haalbaarheid van het veranderidee.

- Omdat de verandering niet complex is, er is namelijk gekozen voor een kleine verandering, kan deze in één keer ingevoerd worden. Wel kan afgewogen worden om in het begin de werkvoorbereiders zowel handmatig hoeveelheden te laten bepalen als de hoeveelheden te genereren uit het 3D-model. Zodra het genereren van hoeveelheden goed functioneert, kan het handmatig bepalen van hoeveelheden afgeschaft worden. Hierbij is het belangrijk dat goed wordt afgestemd met werkvoorbereiders welke hoeveelheden zij als eerste nodig hebben en welke onderdelen van het 3D-model dus als eerste gereed moeten zijn.
- Faciliteer de verandering zoveel als mogelijk zoals in het project NieuweVoorstad.
- Gebruikers (ook externen) moeten zo snel als mogelijk voorzien worden van de te gebruiken technologie, hierin getraind worden en getraind worden om te werken volgens de afgesproken werkwijze (voorkomen Δ5.3).
- Er moet één persoon aangesteld worden als de regisseur van de verandering. Deze persoon toetst frequent (1 keer per week) of het systeem gebruikt wordt zoals beschreven en of er wellicht aanpassingen nodig zijn. Het is aan te bevelen om deze persoon in de eerste paar weken na aanvang van het project hier specifiek verantwoordelijk en vrij voor te maken. Dit moet een persoon zijn die zowel kennis heeft van bestaande werkwijzen, ICT mogelijkheden en de nieuwe digitale werkwijzen en zeer goed op de hoogte is van de bedoelde werkwijze, de gestelde doelen en bijbehorende uitgangspunten.
- Begin zo vroeg mogelijk met het genereren van het 3D-model en pas later met de werkzaamheden door de werkvoorbereiders, bijvoorbeeld tijdens de realisatie van het 'startpakket uitvoering'. Anders zijn de eerste hoeveelheden uit het 3D-model niet beschikbaar op het moment dat de werkvoorbereiders deze nodig hebben (voorkomen Δ3.5 en Δ3.6). Het is hierbij aan te raden om meerdere 3D-modelleers tegelijk in te zetten ('modelleer-boost'). Wel moet een werkvoorbereider aanwezig zijn om de 3D-modelleers te ondersteunen.

Benodigde investeringen

In dit onderdeel worden de benodigde investeringen van het veranderidee uiteengezet. Hierbij is het belangrijk om deze zoveel als mogelijk uiteen te zetten in tijd en geld. Hierdoor kunnen de investeringen uitgezet worden tegen de andere investeringen in het project.

Vervolg stap 1

Moeilijkheid bij het uitvoeren van bovenstaande richtlijnen is de perceptie van tijdsdruk bij beslissers en het projectteam, de gekozen strategie (risico's mijden en de aanwezigheid van ervaringsdeskundigen) en onbekendheid met de materie. Hierdoor werd het opstellen en hanteren van een implementatieplan of protocol niet wenselijk, noodzakelijk en mogelijk geacht door de betrokkenen. **Door betrokkenen te wijzen op barrières kunnen nut en noodzaak van het weloverwogen doorlopen van de adoptiefase inzichtelijk worden gemaakt. Daarnaast kan juist het doorlopen van de stappen uit de adoptiefase kennis en inzicht bij de betrokkenen vergroten, waardoor het uiteindelijk mogelijk is om een werkwijze en implementatieplan te ontwikkelen. De ballast van een implementatieplan of protocol kan weggenomen worden door één persoon verantwoordelijk te maken voor de totale uitvoering hiervan.** De overige gebruikers worden alleen belast met de daarin voor hen van belang zijnde deeltaken.

Ander probleem is het feit dat na episode 1 door de beslissers al een 'mandate for adoption' is genomen. Omdat het projectteam toen nog niet geformeerd was, was het niet mogelijk om de adoptiefase te doorlopen met het projectteam. Ook is het moeilijk om dit te doen met projectpartners waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt, zoals een installateur of prefab-leverancier, omdat deze organisaties pas in de loop van het project worden geselecteerd en verworven. Zoals reeds beschreven kan dit ondervangen worden door de adoptiefase te doorlopen met een werkgroep welke representatief is voor het projectteam en eventuele andere organisaties waarmee eventueel digitaal moet worden

samengewerkt. Tevens was door het 'mandate for adoption' geen motivatie meer aanwezig om de adoptiefase te doorlopen. **De beslissers kunnen overtuigd worden van nut en noodzaak van het doorlopen van de adoptiefase met alle betrokkenen, door barrières inzichtelijk te maken. Beslissers kunnen het weloverwogen doorlopen van de adoptiefase vervolgens afdwingen, door een duidelijk onderscheid te maken in een adoptie- en implementatiebeslissing.**

6.2.3 Implementatiefase

In de implementatiefase wordt begonnen met de invoering en inrichting van de bedoelde toepassing. In onderstaande Tabel 19 zijn de belangrijkste gebeurtenissen uit deze fase beschreven. In Tabel 12 en Tabel 14 zijn de belangrijkste verschillen ($\Delta c.1$ en $\Delta d.1$) tussen de invoeringsmethodiek en deze fase beschreven.

Episode	Omschrijving	Gevolg	Belangrijkste mechanismen
3	De opzet van het 3D-model en bijbehorende werkwijze wordt bepaald door de 3D-modelleur SE en er wordt gestart met modelleren werkzaamheden.	Implementatiefase gestart. 'Windows of opportunity' eenzijdig doorlopen.	Perceptie van tijdsdruk en aanwezigheid van een vragende actor.
4	De planning van 2D werktekeningen komt in gevaar door werkdruk bij de 3D-modelleers door het moeten genereren van hoeveelheden. Alleen genereren 2D werktekeningen en constructieve hoeveelheden voor calculatie krijgt prioriteit.	De scope wordt beperkter, omdat het genereren van bouwkundige hoeveelheden voor zowel inkoop als calculatie en het genereren van constructieve hoeveelheden voor inkoop vervalt. Daarnaast moeten ontwerpdetails toegevoegd worden aan 2D bouwkundige werktekeningen.	Perceptie van tijdsdruk en onduidelijkheid van procedurele afspraken.
5	Introductie Design Review, omdat niet alle betrokkenen de beschikking hebben over Revit.	Communicatie van het 3D-model inclusief op- en aanmerkingen naar projectteamleden en derden (constructeur) via een nieuwe functionaliteit.	Perceptie van voor- en nadelen van ICT.
	3D-modelleers moeten wachten op ontwerpbeslissingen van architect en constructeur.	3D-modelleers worden bemoeilijkt in hun werkzaamheden.	Onduidelijkheid van procedurele afspraken en slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen.
	Gebruik van Design Review en bijbehorende procedure wordt omzeild.	Er wordt mondeling of via e-mail en PDF-bestanden gecommuniceerd.	Perceptie van tijdsdruk, onduidelijkheid van procedurele afspraken, afwezigheid van technische middelen.

Tabel 19: Samenvatting casestudie NieuweVoorstad implementatiefase

Volgens Adriaanse (2009) dienen in deze fase de volgende stappen doorlopen te worden:

1. Voer interventies uit volgens het (aangepaste) implementatieplan;
2. Evalueer de efficiëntie van de interventies en het ICT gebruik;
3. Pas het implementatieplan en/of de scope aan;
4. Bepaal en creëer draagvlak voor wijzigingen (scope, implementatieplan).

Deelfase van de implementatiefase is de aanpassingsfase. Hierin wordt volgens Adriaanse (2008) de invoeringen van interorganisatiele ICT fysiek vormgegeven volgens het eerder bepaalde implementatieplan. Dit kan onder andere het testen van (onderdelen van) de ICT applicatie en bijbehorende werkwijzen inhouden. Activiteiten uit deze fase kunnen volgens Adriaanse (2008) deels in de adoptiefase plaatsvinden.

Expliciete uitvoering van de bovenstaande stappen kon nauwelijks worden herkend in het project NieuweVoorstad. Dit kan toegeschreven worden aan het summier doorlopen van de adoptiefase. **In lijn met bovenstaande aanbevelingen, wordt daarom nogmaals aanbevolen om de adoptiefase weloverwogen te doorlopen.** Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat er zorgvuldig wordt nagedacht over de wijze van invoering en de beheersing hiervan. In lijn met dit aandachtspunt worden hieronder per stap een aantal (reeds benoemde) richtlijnen beschreven.

Stap 1: Voer interventies uit volgens het aangepaste implementatieplan

Voor het kunnen uitvoeren van interventies is het noodzakelijk dat er een implementatieplan (protocol) beschikbaar is waarin interventies staan beschreven. Dit kan zoals beschreven gerealiseerd worden door het weloverwogen doorlopen van de adoptiefase.

Stap 2: Evalueer de efficiëntie van de interventies en het ICT gebruik

Een referentiekader is noodzakelijk voor het kunnen evalueren van de efficiëntie van de interventies en het ICT gebruik. Dit referentiekader bestaat onder andere uit de mogelijke barrières die moeten worden overwonnen en de beoogde voordelen. Dit kan zoals beschreven bepaald worden door het weloverwogen doorlopen van de adoptiefase.

Stap 3 en 4: Wijzig het implementatieplan en/of de scope en creëer draagvlak voor deze wijzigingen

Belangrijk voor het kunnen uitvoeren van stap 3 en 4 (en daarmee ook stap 1 en 2) is dat zorgvuldig nagedacht wordt over de beheersing van de implementatie. Er moet bijvoorbeeld iemand verantwoordelijk gemaakt worden voor het realiseren van de verandering (regisseur). Daarnaast dienen afspraken gemaakt te worden omtrent besluitvorming (sturing) indien de scope of het implementatieplan aangepast moeten worden. De opzet van het project WahW (zie bijlage 11) is hiervoor een goede aanzet. Dit dient echter niet op zichzelf te staan zoals in het project NieuweVoorstad, maar moet onderdeel zijn van het protocol. In het project was bijvoorbeeld niet duidelijk wie verantwoordelijk was voor het realiseren van de verandering.

In onderstaande alinea's wordt ingegaan op een aantal gebeurtenissen tijdens de implementatiefase, waaruit nog enkele richtlijnen voortvloeien. Opmerkelijk is het doorlopen van de aanpassingsfase door een selecte groep gebruikers. Tijdens de aanpassingsfase kan de verandering succesvol vormgegeven worden ('windows of opportunity') en daarom is het belangrijk dat alle gebruikers hierbij betrokken worden. In dit project doen zich na verloop van tijd door het betrekken van andere gebruikers bijvoorbeeld nieuwe kansen voor. Er is op dat moment echter geen draagvlak meer aanwezig bij het projectmanagement om de nieuwe kansen te benutten. Indien alle gebruikers tijdens de aanpassingsfase betrokken waren, hadden deze nieuwe kansen zich mogelijk eerder geopenbaard en was nog wel draagvlak aanwezig om deze in te passen in het veranderidee. **Er wordt daarom aanbevolen om bij de start van de implementatie alle gebruikers intensief te betrekken. Dit kan geschieden met de trainingen en tests beschreven onder de interventies. Tevens wordt aanbevolen om nieuwe gebruikers gedurende het project eveneens goed te instrueren en trainen met betrekking tot de nieuwe werkwijze.**

Moeilijkheid bij bovenstaande was het gebrek aan kennis en inzicht bij een groot aantal gebruikers. Dit kan vergroot worden door deze zoals beschreven intensief te betrekken bij de adoptiefase. Daarnaast was een perceptie van tijdsdruk aanwezig. Dit kan weggenomen worden door eveneens het intensief doorlopen van de adoptiefase, waardoor betrokkenen overtuigd raken van de haalbaarheid van het veranderidee. Ook kan tijdsdruk weggenomen worden door van hogerhand meer middelen (tijd of geld) ter beschikking te stellen. Vervolgens kunnen beslissers het doorlopen van de aanpassingsfase met alle gebruikers afdwingen.

Verder is het opmerkelijk dat tijdens de implementatiefase lange tijd onduidelijkheid bestaat over het gewenste detailniveau van het modellerwerk (Δ4.1) en dat objecten tijdens het modelleren ongewenst blijken te verschuiven (Δ4.2). Samen met onduidelijkheid onder de projectteamleden omtrent de doelen en uitgangspunten, kwam hierdoor de voortgang van het project in gevaar. **Het doorlopen van de adoptie- en aanpassingsfase met de verschillende gebruikers en het testen van de applicatie en de bijbehorende bedoelde werkwijze had bovenstaande problemen kunnen voorkomen.**

Omdat de problemen vervolgens ad hoc en onder tijdsdruk opgelost moesten worden, was de enige oplossing het verkleinen van de scope (Δ4.3 en Δ4.4).

Ten slotte is het opmerkelijk dat tijdens de implementatiefase blijkt dat:

- Het vrij eenvoudig is om de werkvoorbereider te voorzien van bruikbare en correcte hoeveelheden uit het 3D-model;
- Een extra applicatie noodzakelijk is om digitaal te kunnen communiceren met verschillende betrokkenen (Δ5.2);
- 3D-modelleers beperkt worden in hun werkzaamheden door een trage communicatie met architect en constructeur (Δ5.5).

Bovenstaande punten waren eerder aan het licht gekomen als vooraf (tijdens de adoptie- of aanpassingsfase) het proces inzichtelijk was gemaakt en de werkwijze was bepaald, afgestemd en getest met de verschillende (ook externe) gebruikers. Tijdens de implementatiefase blijkt het echter lastig om op basis van bovenstaande punten nog aanpassingen te doen.

6.2.4 Verankeringsfase

In de verankeringsfase wordt het routine matig gebruik van interorganisatorische ICT gerealiseerd. Uiteindelijk is op bepaalde aspecten de verankeringsfase in episode 5 bereikt en deels doorlopen. Voor het weloverwogen kunnen doorlopen van de verankeringsfase, geldt net als voor de implementatiefase, dat de adoptiefase weloverwogen doorlopen moet worden.

6.3 Resumé

In de twee bovenstaande paragrafen zijn richtlijnen opgesteld voor het weloverwogen invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen in een 'volgend' project. Volgend in die zin dat de tijd terug wordt gedraaid en het project NieuweVoorstad zich nogmaals afspeelt, met daarbij de kanttekening dat opgedane kennis tijdens het invoeringsproces van het project NieuweVoorstad meegenomen wordt. Tevens was bij het beschrijven van een weloverwogen toepassing de context van de oorspronkelijk bedoelde toepassing uitgangspunt en niet het beschrijven van een optimale toepassing. De volgende richtlijnen zijn opgesteld voor een weloverwogen werkwijze en invoering.

Werkwijze

- Maak duidelijke afspraken met de architect, constructeur en de opdrachtgever (bouwdirectie) met betrekking tot de beschikbaarheid en eigenschappen van noodzakelijke ontwerp-informatie.
- Voorzie personen en organisaties waarmee digitaal moet worden samengewerkt van de te gebruiken technologie en voorzie in training met betrekking tot de te hanteren werkwijze.
- Organiseer standaard een aantal 'Smartboard bijeenkomsten' met projectpartners waarin gevonden clashes en onduidelijkheden in het 3D-model op een Smartboard worden besproken.
- Zet bij aanvang van het project meer 3D-modelleers in, zodat het 3D-model snel gereed is en gebruik kan worden gemaakt van informatie hieruit ('modelleer-boost'). Duidelijkheid omtrent de toepassing van het 3D-model en assistentie van een werkvoorbereider is hierbij essentieel. Een alternatief op de 'modelleer-boost' is het eerder starten met modelleren, bijvoorbeeld tijdens de periode waarin het 'startpakket uitvoering' gereed wordt gemaakt.
- Verwijder het schaduwonderzoek met IBIS4BIM uit de doelen, zodat het genereren van hoeveelheden voor de werkvoorbereiders juist meer prioriteit kan krijgen. Geef, in meer algemene zin, prioriteit aan middelen met de grootste toegevoegde waarde voor het project. Een nuancering van de uitgangspunten is hiervoor noodzakelijk,

namelijk: invoeren van middelen die bewezen zijn in de praktijk of tijdens een test in de adoptie- of aanpassingsfase.

Invoering

- Doorloop de ideevormingsfase niet alleen in algemene zin, maar bepaal de toegevoegde waarde en kansen en uitdagingen van ICT ook voor de specifieke praktijksituatie.
- Blijf werken met een werk- en stuurgroep. De werkgroep moet bestaan uit personen die het projectteam en andere organisaties waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt kunnen vertegenwoordigen. Als een adoptiebeslissing is genomen en het projectteam nog niet geformeerd is, moet niet gestopt worden met het 'werkgroepen', maar moet door de werkgroep project specifiek worden ingezoomd.
- Doorloop de adoptiefase zorgvuldig en actief met alle (ook externe) betrokkenen of een representatie hiervan. Verwerk de resultaten in een protocol, waarmee alle betrokkenen bekend zijn. Dit protocol beschrijft in ieder geval de volgende onderdelen: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen. Voor het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase dienen de stappen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) gebruikt te worden. Het uitwerken van het veranderidee (stap 2) en het analyseren van de verandering per actor op invoerbaarheid (stap 3) moet uitgevoerd worden door de veranderingen weer te geven in een processchema en deze te analyseren op invoerbaarheid met het door Adriaanse (2007) ontwikkelde model. Tevens dienen de in paragraaf 3.5 ontwikkelde theoretische richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze hierbij gebruikt te worden. Ten slotte is het verstandig om essentiële onderdelen van de ICT te testen. Door betrokkenen te wijzen op de barrières van het veranderidee, kunnen nut en noodzaak van bovenstaande inzichtelijk worden gemaakt. Het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase kan afgedwongen worden door een adoptie- en implementatiebeslissing te onderscheiden.
- Indien wordt gekozen voor een ontstaande strategie moet deze zoveel als mogelijk gefaciliteerd worden zoals in het project NieuweVoorstad.
- Weeg de mogelijkheid af om in het begin van de implementatie de werkvoorbereiders zowel handmatig hoeveelheden te laten bepalen als de hoeveelheden te genereren uit het 3D-model. Zodra het genereren van hoeveelheden goed functioneert en betrouwbaar is, kan het handmatig bepalen van hoeveelheden afgeschaft worden. Stap, in meer algemene zin, na testen van de essentiële onderdelen van de nieuwe werkwijze definitief over op de nieuwe werkwijze.
- Neem de ballast van het protocol weg door één persoon (regisseur) verantwoordelijk te maken voor de totale uitvoering hiervan en de andere betrokkenen alleen te belasten met de voor hen relevante onderdelen.
- Betrek alle gebruikers intensief bij de start van de implementatie. Dit kan onder andere geschieden door het uitvoeren van tests en het geven van trainingen. Het instrueren en trainen van gebruikers die later hun intrede doen met betrekking tot de nieuwe werkwijze is eveneens belangrijk.

In het volgende hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen van het uitgevoerde onderzoek uiteengezet. Tevens wordt er een korte reflectie op het onderzoek en de verkregen resultaten uitgevoerd.

7 Conclusie, aanbevelingen en reflectie

In dit hoofdstuk wordt op basis van de onderzoeksresultaten de conclusie ten aanzien van dit afstudeeronderzoek getrokken. Daarnaast zijn ook aanbevelingen en een reflectie op het onderzoek opgenomen. Allereerst wordt in paragraaf 7.1 de centrale onderzoeksvraag beantwoord. Vervolgens zijn aanbevelingen opgenomen voor de praktijk (7.2) en mogelijkheden voor verder onderzoek (7.3). Afgesloten wordt in paragraaf 7.4 met een reflectie op het onderzoek waar ingegaan wordt op de validiteit van de resultaten.

7.1 Conclusie

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op de centrale onderzoeksvraag *“Op welke wijze moet middels richtlijnen invulling gegeven worden aan een implementatie en een werkwijze opdat een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten wordt gerealiseerd?”* om daarmee te voldoen aan onderstaande doelstelling van het onderzoek.

Het realiseren van een weloverwogen invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens de werkvoorbereidingsfase van bouwprojecten door het ontwikkelen van richtlijnen voor een werkwijze en een bijbehorende implementatie.

Dit onderzoek is begonnen met een literatuurverkenning van de begrippen “werkvoorbereiding” en “Virtueel Bouwen”. Hieruit is naar voren gekomen dat de primaire werkzaamheden tijdens de werkvoorbereidingsfase (controleren van consistentie tussen bestek en tekeningen, genereren van werk- en productietekeningen, opstellen van een uitvoeringsplanning en opstellen van een werkbegroting) middels het toepassen van Virtueel Bouwen kunnen worden ondersteund. Verder blijkt dat Virtueel Bouwen kan bijdragen aan een efficiënter bouwproces, een kwalitatief beter eindproduct en een integratie tussen projectpartners. Indien Virtueel Bouwen wordt toepast vanaf de fase werkvoorbereiding leidt dit altijd tot indirecte voordelen als gevolg van een beter eindproduct en soms tot directe voordelen als gevolg van een beter proces.

Hoewel er geen eenduidige definitie bestaat voor Virtueel Bouwen, is er sprake van een aantal belangrijke overeenkomsten tussen de verschillende in de literatuur en praktijk gevonden definities. Er kunnen twee hoofdaspecten worden onderscheiden, namelijk 3D-model en proces, welke in de context van het onderzoek als kunnen worden omschreven:

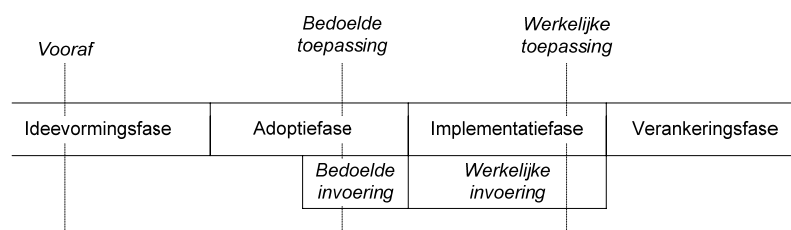
1. Het 3D-model kan omschreven worden aan de hand van vier kenmerken:
 - Digitale database;
 - Objectgeoriënteerde representatie;
 - Informatie van de levenscyclus van een bouwwerk;
 - Grafische en niet-grafische informatie.
2. Het proces kan omschreven worden als het uitwisselen van het 3D-model, of onderdelen van het 3D-model, tussen disciplines en projectpartners ter ondersteuning van coördinatie en overdracht van werkzaamheden.

Vervolgens is in de literatuur gezocht naar een verklaring voor het verschil tussen de bedoelde en werkelijke toepassing (gebruik) van ICT door actoren in bouwprojecten. Het is gebleken dat hier verschillende mechanismen aan ten grondslag liggen. Namelijk: persoonlijke motivatie, externe motivatie, kennis en vaardigheden, en handelingsmogelijkheden. Deze mechanismen worden beïnvloed door een achttal submechanismen, welke zowel drijfveren als barrières kunnen zijn tot het gebruik van ICT. Daarnaast blijkt op basis van bestaande theorieën over de adoptie en het gebruik van ICT dat het element

‘intentie tot ICT gebruik’ ook belangrijk is. De ‘intentie tot ICT gebruik’ is niet alleen van invloed op het gebruik van ICT, maar is ook een belangrijke motivator om barrières te overwinnen. Verder blijkt dat het gebruik van ICT invloed heeft op de persoonlijke motivatie als gevolg van positieve of negatieve ervaringen.

Daarna is in de literatuur gezocht naar stappen, maatregelen en strategieën om een weloverwogen invoering van ICT (Virtueel Bouwen) in bouwprojecten te kunnen realiseren. Er is geconstateerd dat de PSIBouw invoeringsmethodiek van Adriaanse (2008 en 2009) daarvoor het beste gebruikt kan worden. Deze invoeringsmethodiek is namelijk specifiek ontwikkeld voor het invoeren van ICT in bouwprojecten. Daarnaast zijn veel elementen die volgens de veranderkunde van belang zijn bij het realiseren van veranderingen opgesloten in de methodiek. Dit geldt eveneens voor de nodige gedragstheorieën.

De invoeringsmethodiek onderscheidt een viertal fasen, waarin verschillende stappen moeten worden doorlopen om uiteindelijk alle fasen weloverwogen te doorlopen. In Figuur 26 zijn de verschillende fasen en de samenhang tussen de fasen en de verschillende onderscheiden niveaus van invoering en toepassing weergegeven.



Figuur 26: Fasen invoeringstraject en niveaus invoering en gebruik

Belangrijk onderdeel van de invoeringsmethodiek is de adoptiefase, waarin onder andere de verandering voor elke gebruiker uiteengezet wordt, waardoor eventuele knelpunten vroegtijdig gesignaleerd en opgelost kunnen worden. Ook moet een implementatiestrategie worden gekozen en moet een implementatieplan worden opgesteld. Dit plan bestaat in ieder geval uit de volgende onderdelen: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen.

De invoeringsmethodiek geeft ook richtlijnen voor te hanteren implementatiestrategieën. Op basis van de methodiek en andere literatuur kan geen eenduidige optimale strategie worden onderscheiden. Volgens de methodiek van Adriaanse (2009) is een combinatie van strategieën het beste om daarmee op verschillende niveaus (gebruikers, management en beslissers) draagvlak te creëren voor de verandering.

Daarnaast is de rol van regisseur erg belangrijk bij invoeringstrajecten, omdat hij/zij het veranderkundig geweten is en de verandering opzet, de uitvoering stimuleert en de voortgang bewaakt. Bij de invoering van Virtueel Bouwen moet één persoon of organisatie belast worden met deze rol.

Daarna zijn op basis van de literatuur richtlijnen opgesteld voor het ontwikkelen van een weloverwogen werkwijze, namelijk: (1) het niet alleen beschouwen van een werkwijze als een transformatie van input in output maar ook als een flow van informatie waarin activiteiten die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies moeten worden geminimaliseerd, (2) het onderscheiden van processen, methodes, hulpmiddelen en omgeving als onderdelen van een werkwijze, (3) het in acht nemen van de relatie tussen deze onderdelen en (4) het in acht nemen van de invloed van technologie en personen op deze onderdelen. ICT kan gebruikt worden voor het reduceren van activiteiten die geen waarde toevoegen. Hierbij moet procesverbetering zelf echter centraal staan en dient de technologie enkel te worden gezien als ondersteunend middel en niet als doel op zich.

Vervolgens is de traditionele werkwijze van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding in kaart gebracht en geanalyseerd op basis van de in de theorie ontwikkelde richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze. De primaire werkzaamheden welke uitgevoerd worden tijdens werkvoorbereiding zijn:

- produceren overall-planning en afgeleide schema's (werkvoorbereider);
- produceren werkbegroting (calculator);
- verwerven van onderaannemers en toeleveranciers (werkvoorbereider);
- produceren werk- en productietekeningen (derden);
- controle van bestek & tekeningen (B&T) en bovenstaande (door derden) gerealiseerde producten (werkvoorbereider).

Met uitzondering van het produceren van werk- en productietekeningen en de werkbegroting, worden de overige werkzaamheden uitgevoerd door verschillende werkvoorbereiders, welke aangestuurd worden door een projectmanager en in grote projecten door een projectleider werkvoorbereiding. Bovenstaande functies zijn samen met uitvoerders werkzaam in één projectteam. De bovenstaande activiteiten en daaruit resulterende producten worden respectievelijk uitgevoerd en gebruikt voor het beheersen van het project op GOTIK-aspecten. Daarnaast worden de gerealiseerde producten gebruikt voor het opstellen van werkplannen voor uitvoering. Fysieke (papieren) tekeningen zijn daarbij de belangrijkste informatiedragers.

Uit de analyse van de werkwijze blijkt dat er een aantal activiteiten tijdens werkvoorbereiding worden uitgevoerd die geen waarde toevoegen of die resulteren in waardeverlies. Ten eerste zijn revisieslagen omvangrijk en foutgevoelig door het ontbreken van samenhang tussen input en output en tussen onderdelen daarvan onderling en het gebruiken van een groot aantal informatiedragers. Ten tweede worden veel werkzaamheden, zoals het bepalen van hoeveelheden, handmatig en door meerdere disciplines (personen) uitgevoerd, waardoor deze veel tijd kosten en bij wijzigingen opnieuw uitgevoerd moeten worden. Verder is alle informatie met betrekking tot realisatie van het bouwwerk verdeeld over een groot aantal informatiedragers, waardoor het moeilijk is om een goede representatie van het bouwwerk en het ontstaan daarvan te ontwikkelen. Ten slotte zijn als gevolg van de 'slechte' kwaliteit van tekeningen veel revisieslagen noodzakelijk.

Het is daarnaast gebleken dat verschillende bouworganisatievormen weinig invloed hebben op de werkwijze en inrichting van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding.

Vervolgens is de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van SBV tijdens werkvoorbereiding in het project NieuweVoorstad beschreven en geanalyseerd op basis van het theoretisch kader. Deze analyse is opgeknipt in een aantal episodes, welke zijn weergegeven in Tabel 16 in paragraaf 5.9.

Uit de analyse kan geconcludeerd worden dat de verschillende fasen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) zich voordoen in het project NieuweVoorstad. De adoptiefase is echter summier doorlopen. Waar de invoeringsmethodiek uitgaat van een aantal stappen waarin het veranderidee wordt uitgewerkt en verwerkt in een implementatieplan, heeft dit niet plaatsgevonden bij de beschreven implementatie. In dit geval zijn door een tweetal 'externen' alleen leer- en projectdoelen opgesteld en deze zijn niet goed gecommuniceerd met de gebruikers. Hierdoor waren doelen en uitgangspunten lange tijd onduidelijk bij de gebruikers. Daarnaast sloot de bedachte toepassing niet volledig aan bij de gewenste toepassing van een aantal gebruikers. Deze zaken hebben de voortgang van het project tijdens implementatie in gevaar gebracht en dit heeft uiteindelijk geresulteerd in een verkleining van de scope van het veranderidee. Het onzorgvuldig doorlopen van de adoptiefase wordt ten eerste verklaard door een perceptie van tijdsdruk en de aanwezigheid van een vragende actor. De perceptie van tijdsdruk werd veroorzaakt door de projectdruk en daarnaast wilde de directievoorzitter snel praktijkresultaten behalen. Dit laatste kan verklaard worden door het zogenaamde 'mode fenomeen'. Er wordt daarom geconcludeerd dat dit fenomeen tevens kan optreden in de adoptiefase. Ten tweede was bij

de betrokken experts bekend dat de gestelde doelen haalbaar waren en zij hadden ervaring met het invoeren van Virtueel Bouwen in projecten, waardoor risico's klein waren en impliciet een invoeringsmethodiek aanwezig was. Hierop aansluitend werd het opstellen en gebruiken van een implementatieplan niet wenselijk geacht, omdat het wordt ervaren als ballast. Daarnaast was door het grote aanwezige draagvlak bij de directievoorzitter de adoptie- en implementatiebeslissing één en dezelfde beslissing ('mandate for adoption'). Een gebrek aan kennis en inzicht bij de betrokkenen (met betrekking tot bestaande werkwijzen, nieuwe ICT of nieuwe digitale werkwijzen) is eveneens een verklaring voor het niet zorgvuldig kunnen doorlopen van deze fase. Echter, veel gebruikers zijn pas laat in het invoeringsproces (tijdens implementatie) betrokken en daarbij onvoldoende geïnformeerd over de gestelde doelen en de te hanteren werkwijze. Zorgvuldig doorlopen van de adoptiefase wordt ten slotte bemoeilijkt, omdat sommige projectpartners waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt pas in de loop van het project worden geselecteerd.

Verder is geconcludeerd dat de vormgegeven schaduwonderzoeken (pilot-projecten) niet volledig losgekoppeld kunnen worden van het project, met als gevolg dat bij het optreden van problemen bij de implementatie deze schaduwonderzoeken geen prioriteit meer krijgen. Tevens bleken de schaduwonderzoeken niet goed aan te sluiten bij bestaande werkwijzen, waardoor de tool en een bijbehorende werkwijze niet zijn getest in de dynamiek van het bouwproces.

In het invoeringsproces kunnen van verschillende implementatiestrategieën aspecten herkend worden. De casestudy toont aan dat een ontstaande strategie succesvol kan zijn. Kanttekening daarbij is echter dat deze strategie goed gefaciliteerd moet worden, door onder andere ervaringsdeskundigen te betrekken, te werken met een klein team in één ruimte en risico's te vermijden (door het kiezen van een kleine en haalbare scope). Bovenstaande 'faciliteiten' herbergen aspecten van de geplande en incrementele strategie. Daarnaast is door het hanteren van een aanpak waarbij enerzijds een stuurgroep is aangesteld met beslissers en anderzijds een Werkgroep met mensen van de werkvloer (gebruikers) een goede mix toegepast van de bottom-up en de top-down strategie. Op deze manier wordt bij alle doelgroepen (gebruikers, managers en beslissers) draagvlak gecreëerd. In lijn met Adriaanse (2009) kan daarom geconcludeerd worden dat het hanteren van een gecombineerde strategie daarom het beste is.

Ten slotte zijn door confrontatie van theorie en praktijk richtlijnen opgesteld welke SBV moet gebruiken voor het weloverwogen invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen tijdens werkvoorbereiding in een 'volgend' project. De volgende richtlijnen zijn opgesteld met betrekking tot de te hanteren werkwijze:

- Maak duidelijke afspraken met de architect, constructeur en de opdrachtgever (bouwdirectie) met betrekking tot de beschikbaarheid en eigenschappen van noodzakelijke ontwerp-informatie.
- Voorzie personen en organisaties waarmee digitaal moet worden samengewerkt van de te gebruiken technologie en voorzie in training met betrekking tot de te hanteren werkwijze.
- Organiseer standaard een aantal 'Smartboard bijeenkomsten' met projectpartners waarin gevonden clashes en onduidelijkheden in het 3D-model op een Smartboard worden besproken.
- Zet bij aanvang van het project meer 3D-modelleers in, zodat het 3D-model snel gereed is en gebruik kan worden gemaakt van informatie hieruit ('modelleer-boost'). Duidelijkheid omtrent de toepassing van het 3D-model en assistentie van een werkvoorbereider is hierbij essentieel. Een alternatief op de 'modelleer-boost' is het eerder starten met modelleren, bijvoorbeeld tijdens de periode waarin het 'startpakket uitvoering' gereed wordt gemaakt.
- Verwijder het schaduwonderzoek met IBIS4BIM uit de doelen, zodat het genereren van hoeveelheden voor de werkvoorbereiders juist meer prioriteit kan krijgen. Geef, in meer algemene zin, prioriteit aan middelen met de

grootste toegevoegde waarde voor het project. Een nuancering van de uitgangspunten is hiervoor noodzakelijk, namelijk: invoeren van middelen die bewezen zijn in de praktijk of tijdens een test in de adoptie- of aanpassingsfase.

De volgende richtlijnen zijn opgesteld met betrekking tot de uit te voeren invoering:

- Doorloop de ideevormingsfase niet alleen in algemene zin, maar bepaal de toegevoegde waarde en kansen en uitdagingen van ICT ook voor de specifieke praktijksituatie.
- Blijf werken met een werk- en stuurgroep. De werkgroep moet bestaan uit personen die het projectteam en andere organisaties waarmee eventueel digitaal moet worden samengewerkt kunnen vertegenwoordigen. Als een adoptiebeslissing is genomen en het projectteam nog niet geformeerd is, moet niet gestopt worden met het 'werkgroepen', maar moet door de werkgroep project specifiek worden ingezoomd.
- Doorloop de adoptiefase zorgvuldig en actief met alle (ook externe) betrokkenen of een representatie hiervan. Verwerk de resultaten in een protocol, waarmee alle betrokkenen bekend zijn. Dit protocol beschrijft in ieder geval de volgende onderdelen: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen. Voor het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase dienen de stappen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) gebruikt te worden. Het uitwerken van het veranderidee (stap 2) en het analyseren van de verandering per actor op invoerbaarheid (stap 3) moet uitgevoerd worden door de veranderingen weer te geven in een processchema en deze te analyseren op invoerbaarheid met het door Adriaanse (2007) ontwikkelde model. Tevens dienen de ontwikkelde theoretische richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze hierbij gebruikt te worden. Ten slotte is het verstandig om essentiële onderdelen van de ICT te testen. Door betrokkenen te wijzen op de barrières van het veranderidee, kunnen nut en noodzaak van bovenstaande inzichtelijk worden gemaakt. Het zorgvuldig en actief doorlopen van de adoptiefase kan afgedwongen worden door een adoptie- en implementatiebeslissing te onderscheiden.
- Indien wordt gekozen voor een ontstaande strategie moet deze zoveel als mogelijk gefaciliteerd worden zoals in het project NieuweVoorstad.
- Weeg de mogelijkheid af om in het begin van de implementatie de werkvoorbereiders zowel handmatig hoeveelheden te laten bepalen als de hoeveelheden te genereren uit het 3D-model. Zodra het genereren van hoeveelheden goed functioneert en betrouwbaar is, kan het handmatig bepalen van hoeveelheden afgeschaft worden. Stap, in meer algemene zin, na testen van de essentiële onderdelen van de nieuwe werkwijze definitief over op de nieuwe werkwijze.
- Neem de ballast van het protocol weg door één persoon (regisseur) verantwoordelijk te maken voor de totale uitvoering hiervan en de andere betrokkenen alleen te belasten met de voor hen relevante onderdelen.
- Betrek alle gebruikers intensief bij de start van de implementatie. Dit kan onder andere geschieden door het uitvoeren van tests en het geven van trainingen. Het instrueren en trainen van gebruikers die later hun intrede doen met betrekking tot de nieuwe werkwijze is eveneens belangrijk.

7.2 Aanbevelingen voor de praktijk

In deze paragraaf worden op basis van de conclusies van het onderzoek een aantal aanbevelingen gedaan aan de praktijk van invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in bouwprojecten. Deze aanbevelingen gelden voor SBV voor het weloverwogen invoeren en toepassen van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie verantwoordelijk voor

werkvoorbereiding van bouwprojecten. Er wordt aanbevolen om de ontwikkelde richtlijnen op te volgen. Hieronder wordt specifiek ingegaan op een viertal punten uit de richtlijnen.

Prioriteit genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiders en nuancering van de uitgangspunten

Het genereren van hoeveelheden voor calculatie (schaduwonderzoek IBIS4BIM) dient verwijderd te worden uit de doelen, zodat het genereren van hoeveelheden voor de werkvoorbereiders juist meer prioriteit kan krijgen. Het eerste punt heeft namelijk geen toegevoegde waarde voor het project en het tweede punt juist wel. Geef, in meer algemene zin, prioriteit aan middelen met de grootste toegevoegde waarde voor het project. Een nuancering van de uitgangspunten is hiervoor noodzakelijk, namelijk: invoeren van middelen die bewezen zijn in de praktijk of tijdens een test in de adoptie- of aanpassingsfase.

Stel een expliciet protocol (implementatieplan) op met alle (mogelijke) betrokkenen

Werk met een expliciet protocol dat wordt opgesteld met de verschillende (mogelijk) betrokken personen en organisaties of een representatie hiervan. Het protocol moet algemeen gedragen worden en bekend zijn onder de betrokkenen. In dit protocol zijn in ieder geval de volgende onderdelen beschreven: toegevoegde waarde, doelstellingen, werkwijze (activiteiten), interventies (concrete oplossingsrichtingen), planning van de interventies en benodigde investeringen. Het protocol wordt opgesteld door het actief en zorgvuldig doorlopen van de adoptiefase uit de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek. Ten eerste moeten de veranderingen en toegevoegde waarde als gevolg van de werkwijze daarom inzichtelijk worden gemaakt door middel van een processchema. Ten tweede moet het model van Adriaanse (2007) gebruikt worden voor het identificeren van barrières. De in dit onderzoek opgestelde richtlijnen voor een weloverwogen werkwijze moeten gebruikt worden bij het bepalen van de werkwijze. Ten slotte moeten de essentiële onderdelen van de ICT worden getest. Beslissers kunnen worden overtuigd van het nut en de noodzaak van bovenstaande door barrières van het veranderidee aan te geven. Vervolgens kunnen beslissers bovenstaande afdwingen door een duidelijk onderscheid te maken tussen een adoptie- en implementatiebeslissing.

Kies voor een combinatie van implementatiestrategieën

Er is aangetoond dat een ontstaande implementatiestrategie succesvol kan zijn, mits deze goed gefaciliteerd wordt door onder andere te werken met ervaringsdeskundigen en een klein team in één ruimte en risico's te vermijden door het kiezen van een kleine scope en haalbare doelen. Deze 'faciliteiten' herbergen aspecten van de geplande en incrementele strategie. Daarnaast wordt door het ontwikkelen van het veranderidee met een werk- en stuurgroep een goede mix toegepast van een bottom-up en top-down strategie. Hierdoor ontstaat namelijk draagvlak op gebruiks-, management- en beslissingsniveau. In lijn met Adriaanse (2009) kan daarom het beste een gecombineerde strategie gehanteerd worden.

Start met een 'modelleer-boost'

Indien Virtueel Bouwen wordt toegepast vanaf de fase werkvoorbereiding is het belangrijk dat zo snel mogelijk een 3D-model opgebouwd wordt door bijvoorbeeld het inzetten van veel modelleercapaciteit ('modelleer-boost') en/of eerder te starten met het opbouwen van het 3D-model. Recente ontwikkeling binnen SBV is het opstellen van een 'startpakket uitvoering' in een periode van zes weken na gunning van de opdracht ter voorbereiding op de werkvoorbereiding. In deze periode kan het 3D-model ontwikkeld worden, zodat bij de start van de werkvoorbereiding informatie uit het 3D-model gebruikt kan worden. Wel is belangrijk dat tijdens het opwerken van het 3D-model al duidelijk is voor welke doeleinden dit gebruikt gaat worden en moeten werkvoorbereiders beschikbaar zijn om de 3D-modellors te kunnen assisteren.

7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kunnen een aantal aanbevelingen gedaan worden voor vervolgonderzoek.

Voer meerdere casestudies uit

In dit onderzoek is een casestudy uitgevoerd naar één project. In de onderzoeksopzet is aangegeven dat door het uitvoeren van één casestudy resultaten zorgvuldiger opgesteld kunnen worden, omdat de bijbehorende context in acht genomen wordt. Meervoudige casestudies resulteren normaal gesproken echter in meer generaliseerbare resultaten. Om de generaliseerbaarheid van de resultaten te vergroten moet SE meer casestudies uitvoeren naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen.

Test de effectiviteit van de opgestelde richtlijnen

In het kader van dit onderzoek was het niet mogelijk om de opgestelde richtlijnen voor een weloverwogen invoering en toepassing in de praktijk te testen. Door SE worden momenteel een aantal richtlijnen in de praktijk toegepast, zoals het opstellen van een protocol met de verschillende betrokkenen en het starten met een 'modeller-boost'. Het verdient aanbeveling om de effectiviteit van de ontwikkelde richtlijnen in de praktijk te onderzoeken.

Toegevoegde waarde versus kosten

Tijdens het uitvoeren van het casusonderzoek is gebleken dat de werktekeningen gerealiseerd zijn voor hetzelfde budget als de traditionele werkwijze. De voordelen als gevolg van het toepassen van Virtueel Bouwen waren met andere woorden daarom 'gratis'. Kosten en opbrengsten van de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen worden in hedendaags onderzoek echter niet gekwantificeerd. Het kwantificeren van de kosten en opbrengsten kan waarschijnlijk bijdragen aan het creëren van draagvlak op voornamelijk projectmanagementniveau. Het projectmanagement wordt uiteindelijk namelijk afgerekend op het realiseren van het project binnen het gestelde budget. Aanbevolen wordt daarom om onderzoek uit te voeren om kosten en opbrengsten van Virtueel Bouwen te kwantificeren. Toen een aantal decennia terug in de bouwsector de overstap is gemaakt van het handmatig 2D-tekenen naar het gebruik van CAD-software zijn dergelijke onderzoeken uitgevoerd. Deze kunnen dienen als voorbeeld bij het uitvoeren van bovenstaande aanbeveling. Het is echter niet duidelijk in hoeverre de resultaten van deze onderzoeken ook daadwerkelijk invloed hebben gehad op het draagvlak op projectmanagementniveau voor ICT veranderingen. Voor het kwantificeren van de voordelen kan mogelijk een voorbeeld worden genomen aan verschillende Amerikaanse onderzoeken, waarin het aantal en het tijdstip van wijzigingen (Request For Change (RFC)) als gevolg van ICT veranderingen is onderzocht.

Verantwoordelijkheid

Hoewel niet expliciet behandeld in dit onderzoek, is bij verschillende betrokkenen in het project NieuweVoorstad de vraag gerezen wie verantwoordelijk moet worden voor de informatie in het 3D-model. Als meer disciplines namelijk informatie rechtstreeks uit het 3D-model gaan gebruiken en dit een 'black box' wordt, komt veel verantwoordelijkheid op de schouders terecht van de 3D-modelleers. Hoewel de projectmanager eindverantwoordelijk is, is door hem aangegeven dat hij niet in staat is om de juistheid van het 3D-model te controleren en daarmee verantwoordelijkheid te kunnen nemen jegens de informatie in het 3D-model. Hierbij aansluitend bleek uit het interview met de constructeur dat hij informatie uit het 3D-model wilde gebruiken, maar dat dit niet mogelijk was omdat hij er geen verantwoordelijkheid voor kon nemen. Bovenstaande sluit aan met recente discussies in de Nederlandse bouwsector over de juridische implicaties van Virtueel Bouwen. Chao-Duvis (2009) stelt in een recent artikel dat Virtueel Bouwen voornamelijk resulteert in een verschuiving van werkzaamheden, maar dat dit niet leidt tot principiële andere vragen op het gebied van intellectuele eigendom en

aansprakelijkheid. Er bestaat hieromtrent echter nog geen algemene consensus en tevens is nog niet duidelijk hoe hierop ingespeeld moet worden. Het verdient daarom aanbeveling om een onderzoek uit te voeren naar de juridische implicaties van Virtueel Bouwen en hoe daarmee om te gaan, bijvoorbeeld door oplossingsrichtingen te ontwikkelen op basis van andere sectoren en de bouwsector in het buitenland en deze in de praktijk te testen. Hierop aansluitend (en om terug te komen op het punt waar deze alinea mee begon) moeten SE en SBV onderzoeken hoe met de verantwoordelijkheidsverdeling in eigen projectteams moet worden omgegaan en wat dit betekent voor de inrichting van het eigen kwaliteitssysteem.

7.4 Reflectie op het onderzoek

In deze paragraaf wordt bekeken op welke wijze de onderzoeksmethodiek invloed heeft op de resultaten van het onderzoek. Daarnaast wordt gekeken naar de context waarbinnen de resultaten geldig zijn.

7.4.1 Invloed onderzoeksmethodiek

In de uitgevoerde casestudy is een reconstructie gemaakt van het invoeringsproces. Probleem bij het maken van een reconstructie is dat het moeilijk is om het tijdsaspect van gemaakt keuzes en ontwikkelingen te achterhalen. Daarnaast is het ook moeilijk om de daaraan ten grondslag liggende verklaringen boven tafel te krijgen, omdat de perceptie van de betrokkenen gekleurd is door de meest recente situatie. Dit kan opgelost worden door als onderzoeker een actieve rol aan te nemen en mee te lopen met het implementatietraject 'op locatie'. Dit was echter niet mogelijk, omdat de implementatie al grotendeels was afgerond op het moment dat dit onderzoek werd uitgevoerd en er daarnaast geen andere invoeringstrajecten voorhanden waren die aan de gestelde voorwaarden voldeden.

7.4.2 Betrouwbaarheid resultaten

Om de betrouwbaarheid van de resultaten van de casestudy te verhogen is er voor gekozen om alle bij de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad betrokken personen en organisaties te interviewen. Door het interviewen van alle betrokkenen ontstond een helder beeld van de dynamiek achter het invoeringsproces en gemaakte keuzes. Daarnaast komen hierdoor verschillen in perceptie aan het licht. Daarnaast is de betrouwbaarheid vergroot door naast het interviewen van betrokkenen ook documenten te bestuderen en een aantal weken te observeren binnen het projectteam.

7.4.3 Geldigheid resultaten

Bij de geldigheid van de resultaten dient er rekening mee te worden gehouden worden dat de resultaten zijn gebaseerd op een enkele casestudy. Het onderzoeken van meerdere cases had mogelijk geresulteerd in andere bevindingen. Zoals opgemerkt waren er binnen de gestelde criteria geen andere cases beschikbaar en was de onderzoekstijd beperkt.

Er is gekeken naar de invoering en toepassing van Virtueel Bouwen in de projectorganisatie van een aannemer verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. De resultaten zijn mogelijk ook van toepassing op het gebruik van Virtueel Bouwen in andere fasen van het bouwproject. Omdat werkvoorbereiding een onderdeel is van de totale uitvoering, wordt geconcludeerd dat de resultaten ook van toepassing zijn indien een aannemer Virtueel Bouwen wil toepassen in zijn projectorganisatie tijdens uitvoering. Omdat tijdens de ontwerpfase sprake is van een andere dynamiek dan in de onderzochte praktijksituatie, moet voorzichtig worden omgegaan met de resultaten bij het invoeren van Virtueel Bouwen in deze fase.

Daarnaast was in de onderzochte praktijksituatie sprake van een bouwteamovereenkomst. Er is echter geconcludeerd dat de organisatievorm weinig invloed heeft op de werkwijze en inrichting van de projectorganisatie van SBV verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. De resultaten zijn daarom ook van toepassing op projecten met andere organisatievormen.

Bronnen

Literatuur

- Adriaanse, A.M. (2007). *The Use of Interorganisational ICT in Construction Projects, A Critical Perspective*. ISBN 978-90-365-2575-6, Proefschrift Universiteit Twente, Universiteit Twente, Enschede.
- Andresen, J.L. (1999). *Evaluation of IT in the Danish Construction Industry*. Technical University of Denmark, Lyngby.
- Andresen, J.L., Baldwin, A., Betts, M., Carter, C., Hamilton, A., Stokes, E., Thorpe, T. (2000). *A Framework for Measuring IT Innovation Benefits*. Journal of Information Technology in Construction, 5, p. 57-72.
- Andresen, J.L., Christensen, K., Howard, R.W. (2003). *Project management with a project web*. Journal of Information Technology in Construction, 8, p. 29-41.
- Aouad, G., Lee, A., Wu, S. (2005). *From 3D to nD Modelling*. Journal of Information Technology in Construction, Volume 10, pp. 15-16.
- Arbulu, R. & Tommelein, I. (2003). *Value Stream Analysis of a Re-Engineered Construction Supply Chain*. Building Research and Innovation, 31, p. 161-171.
- Ashcraft, H.W.J. (2006). *Building Information Modelling: Electronic Collaboration in Conflict with Traditional Project Delivery*. Construction Litigation Reporter, July-August, 335-348.
- Beer, M. & Nohria, N. (2000). *Breaking the Code of Change*. Harvard Business School Press, Boston.
- Boes, J., Dorée, A.G., Suurenbroek, Y.E., Van Der Veen, B. (2001). *Dictaat Bouwprocessen*, Enschede, Universiteit Twente.
- Bogus, S.M., Molenaar, K.R., Diekmann, J.E. (2005). *Concurrent Engineering Approach to Reducing Design Delivery Time*. Journal of Construction Engineering and Management, 131.
- Bruggeman, E.M., Chao-Duivis, M.A.B., Koning, A.Z.R. (2007). *Praktijkboek contracteren in de bouw*. ISBN 978-90-78066-08-8, Stichting Instituut voor Bouwrecht, 's-Gravenhage.
- Burnes, B. (2004). *Managing Change: A Strategic Approach to Organisational Dynamics*. Prentice Hall.
- Caluwé, L. de & Vermaak, H. (1999). *Leren veranderen; een handboek voor de veranderkundige*. Alphen aan de Rijn: Samson.
- Chao-Duivis, M.A.B. (2009). *Juridische implicaties van het werken met BIM*. Tijdschrift voor Bouwrecht, 3, p. 204-212.
- Cooper, R. & Zmud, R. (1990). *"Information technology implementation research: a technological diffusion approach"*. Management Science, (36:2), pp. 123-139.
- Dainty, A., Moore, D., Murray, M. (2006). *Communication in construction: Theory and practice*, Taylor & Francis, Oxon.
- Dawood, N., Akinsola, A. en Hobbs, B. (2002). *Development of automated communication of system for managing site information using internet technology*. Automation in Construction, 11 (5), p. 557-572.
- Dyer, W.G. Jr & Wilkins, A.L. (1991). *Better Stories, Not Better Constructs, to Generate Better Theory; A rejoinder to Eisenhardt*. The Academy of Management Review, 16(3), p. 613-619.
- Duijn, M. van (2004). *Jellema Hogere Bouwkunde, 11 Contracteren*. ISBN 90-0609505408, Tweede druk, ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zuthpen.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Wiley.
- Eisenhardt, K.M. (1989). *Building Theories from Case Study Research*. The Academy of Management Review, 14(4), p. 532-550.
- Eisenhardt, K.M. & Graebner, M.E. (2007). *Theory Building from Cases: Opportunities and Challenges*. Academy of Management Journal, 50(1), p. 25-32.
- Estefan, J.A. (2007). *Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies*. INCOSE MBSE Focus Group.

- Fichman, R. & Moses, S. (1999). *"An Incremental Process for Software Implementation"*. Sloan Management Review, (40), pp 39-52.
- Gao, J. & Fischer, M. (2008). Framework & Case Studies Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects. CIFE Technical Report #TR172, Stanford University
- Gidado, K. (2004). *Enhancing The Prime Contractor's Pre-Construction Planning*. Journal of Construction Research, 5 (1), p. 87-106.
- Grit, J.S. (2008). *Op zoek naar perspectief, Een onderzoek naar de veranderende positie van het ingenieursbureau bij geïntegreerde contractvormen*. Afstudeeronderzoek master Civil Engineering & Management, Universiteit Twente.
- Hartmann, T. & Fischer, M. (2008). *Applications of BIM and Hurdles for Widespread Adoption of BIM*. 2007 AISC-ACCL eConstruction Roundtable Event Report, CIFE, Stanford University.
- Hartmann, T., Gao, J., Fischer, M. (2008). *Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects*. Journal of Construction Engineering and Management, 134 (10), p. 776-785.
- Haug, D. et al., (2007). *Experiences in development and use of a digital Building Information Model according to IFC standards from the building project of Tromsø University College (HITOS) after completed Full Conceptual Design Phase*. The Norwegian Agency of Public Construction and Property.
- Higgs, M. & Rowland, D. (2005) *"All changes great and small: Exploring approaches to change and its leadership"*. Journal of Change Management, (5:2), pp. 121-151.
- Jongeling, R. (2006). *A process model for work-flow management in construction*. PhD Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Sweden.
- Kagioglou, M., Cooper, R. Aouad, G. Hinks, J. Sexton, M., Sheath, D. (1998). *A Generic Guide to the Design and Construction Process Protocol*. The University of Salford, ISBN: 090 289 617 2.
- Kagioglou, M., Cooper, R. Aouad, G. (1999). *Re-engineering the UK Construction Industry: The Process Protocol*. The University of Salford.
- Kars, C. & Evers, H.J. (2006). *Praktijkboek Procesmanagement*. Eburon Uitgeverij.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. CIFE Technical Report #72, September, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, VTT Building Technology, 296 p., VTT Publications; 408.
- Koskela, L. & Kazi, A.S. (2003). *Information technology in construction: how to realise the benefits?* in S. Clarke, E. Coakes, M.G. Hunter and A. Wenn: Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems, Information Science Publishing, Hershey, PA, p. 60–75.
- Ku, K., Pollalis, S.N., Fischer, M.A., Shelden, D.R. (2008). *3D Model-based collaboration in Design Development and Construction of Complex Shaped Buildings*. Journal of Information Technology in Construction, 13, p. 458-485.
- Kumar, K. & Van Dissel, H.G. (1996). *Sustainable Collaboration: Managing Conflict and Cooperation in Interorganisational Systems*. Mis Quarterly, 20 (3), p. 279-300.
- Laufer, A., Shapira, A., Cohenca-Zall, D., Howell, G.A., (1993). *Prebid and Preconstruction Planning Process*. Journal of Construction Engineering and Management, 119 (3), p. 426-444.
- Manning, R. & Messner, J.I. (2008). *Case Studies in BIM Implementation for Programming of Healthcare Facilities*. Journal of Information Technology in Construction, 13, p. 446-456.
- Martins, L.L., Gilson, L.L. en Maynard, M.T. (2004). *Virtual Teams: What Do We Know and Where Do We Go From Here?* Journal of Management, 30 (6), p. 805-834.

- Montoya-Weiss, M.M., Massey, A.P. en Song, M. (2001). *Getting it Together: Temporal Coordination and Conflict Management in Global Virtual Teams*. The Academy of Management Journal, 44 (6), p. 1251-1262.
- Mourik, P.J. van (2008). *Uitwisselbaarheid van BIM, Handvat voor de uitwisseling van BIM-modellen*. Afstudeeronderzoek master Building Engineering, TUDelft.
- National Institute of Building Sciences (2007). *National Building Information Modeling Standard*. Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies, National Institute of Building Science.
- NIST (2002). *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in de U.S. Capital Facility Industry*. In Economics, National Institute of Standards.
- Nitithamyong, P. & Skibniewski, M.J. (2004). *Web-based project management systems: How to make them successful?*. Automation in Construction, 13, p.491-506.
- Nitithamyong, P. & Skibniewski, M.J. (2006). *Succes/Failure Factors and Performance Measures of Web-Based Construction Project Management Systems: Professionals' Viewpoint*. Journal of Construction Engineering and Management, 132 (1), p. 80-87.
- Orlikowski, W. (1993). *"CASE Toots as Organizational Change: Investigating Incremental and Radical Changes in Systems Development"*. MIS Quarterly, p. 309-340.
- Pijpers, I.R. & Wouden, D.H.J. van der (2004). *Jellema Hogere Bouwkunde, 1 Bouwnijverheid*. ISBN 90-06-95040-8, Tweede druk, ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen.
- Rogers, E. (1995). *Diffusion of Innovations*. Free Press.
- Schaap, H.A. & Bouwman, J.W. (2006). *Toekomst van het bouwproces, Een 3D-objecten benadering*. COINS-programma, CUR Bouw & Infra, Gouda.
- Staub-French, S. & Khanzode, A. (2007). *3D and 4D Modelling for Design and Construction Coordination: Issues and Lessons Learned*. Journal of Information Technology in Construction, 12, p. 381-407.
- Swanson, E. & Ramiller, N. (2004). *"Innovating Mindfully with Information Technology"*, MIS Quarterly, 28 (4), p. 553-583.
- Taylor, J.E. (2005) *Three Perspectives on Innovation in Interorganisational Networks: Systemic Innovation, Boundary Object Change, and the Alignment of Innovations and Networks*. Dissertation, Stanford University.
- Tyre, M. & Orlikowski, W. (1994). *"Windows of Opportunity: Temporal Patterns of Technological Adaptation in Organizations"*, Organization Science, (5), p. 98-98.
- Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2005). *Het ontwerpen van een onderzoek*. ISBN 90-5189-886-X, derde druk, uitgeverij Lemma BV, Utrecht.
- Weippert, A., Kajewski, S.L., Tilley, P.A. (2002). *Internet-based information and communication systems on remote construction projects: a case study analysis*. Construction Innovation, 2 (2), p. 103-116.
- Wentzel, P.L., Eekelen, A.L.M. van, Rip, J.J. (2005). *Jellema Hogere Bouwkunde, 10 Ontwerpen*. ISBN 90-06-95053-X, Tweede druk, ThiemeMeulenhoff, Utrecht/Zutphen.
- Wikforss, Ö. & Löfgren, A. (2007). *Rethinking Communication in Construction*. Journal of Information Technology in Construction, 12, p. 337-345.
- Yin, R.K. (2003). *Case Study Research. Design and Methods*. Third edition, Thousand Oaks: SAGE Publications.

Documenten

- Adriaanse, A.M. (2008), *Opzet en voorlopige resultaten PSIBouw project I456*. d.d. 24 november 2008.
- Adriaanse, A.M. (2009), *Invoeringsrichtlijn*. d.d. 3 juli 2009.
- PSIBouw (2005). *Overwegingen bij uitbestedingsstrategieën (samenvatting)*. Gouda, PSIBouw.

Internet

Autodesk, www.autodesk.nl, geraadpleegd juni 2009
Brink Groep, www.ibis4bim.nl, geraadpleegd september 2009
CROW, www.uavgc.nl, geraadpleegd april 2009
NieuweVoorstad, www.nieuwevoorstad.nl, geraadpleegd mei 2009
SBR, www.sbr.nl, geraadpleegd januari 2009.
STABU, www.stabu.org, geraadpleegd september 2009
TU Delft, www.nl-sfb.bk.tudelft.nl, geraadpleegd september 2009
TU Delft, www.bk.tudelft.nl, geraadpleegd februari 2009.
USP Marketing Consultancy, www.usp-mc.nl, geraadpleegd op 22 januari 2009.

Personen

Werkwijze werkvoorbereiding SBV

Berjan Arendsen (projectleider werkvoorbereiding);
Harold Wijgers (planvoorbereider);
Marco Homan (projectleider werkvoorbereiding);
Marc van der Leeden (projectmanager);
René Wabbijn (werkvoorbereider).

Casestudy NieuweVoorstad

Cock Baas (bouwkundig tekenaar 1)
Edwin Rijkelijhuizen (projectmanager)
Ian van Dulmen (werkvoorbereider 1)
Jesse Maas (3D-modelleur Strukton Engineering)
Kees Zwarteveen (planvoorbereider)
Martijn Baars (bouwkundig tekenaar 2)
Martijn Ribbens (calculator)
Mark Baltussen (constructeur 2: raadgevend ingenieur Corsmit)
Paul Dreef (coördinator Werkgroep)
Ralph Wilhelm (werkvoorbereider 2)
Rob Soetekouw (constructeur 1: projectleider Corsmit)

Bijlage 1: Werkvoorbereiding in het bouwproces

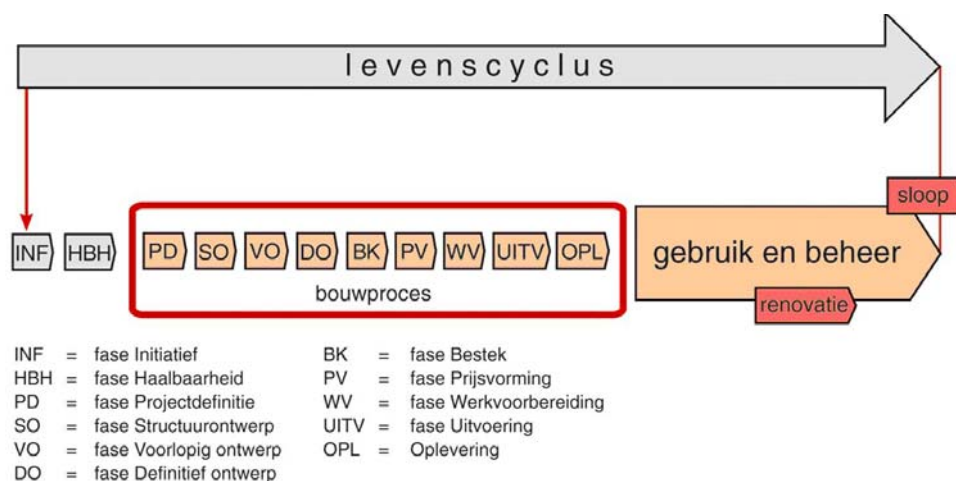
Voordat een aannemer daadwerkelijk kan gaan bouwen moet hij de nodige voorbereidingen treffen. Deze activiteiten vinden plaats in de fase werkvoorbereiding en het betreft volgens Pijpers & Van Der Wouden (2004) het nemen van een groot aantal beslissingen ten aanzien van de te volgen uitvoeringsmethode en de bijbehorende productiemiddelen. Volgens Kagioglou et al. (1998) moet tijdens werkvoorbereiding de volgende vraag worden beantwoord: Is het detailniveau van het ontwerp afdoende voor uitvoering? Het ontwerp moet op een dermate detailniveau zijn uitgewerkt zodat planning van construerende en ondersteunende uitvoeringswerkzaamheden mogelijk is. Idealiter zijn er geen ontwerpwijzigingen meer noodzakelijk na afloop van de werkvoorbereiding [Kagioglou et al., 1998]. Gidado (2004) stelt dat de planningsactiviteiten in de fase werkvoorbereiding het meest intensief zijn in vergelijking met andere projectfasen en bereikt de integratie van ontwerp en uitvoering een maximum.

In onderstaande paragrafen wordt achtereenvolgens ingegaan op het bouwproces, projectpartners, bouworganisatievormen, verantwoordelijkheden, projectorganisatie, input, output en werkzaamheden.

Werkvoorbereiding in het bouwproces

De bouw van een object maakt deel uit van de life-cycle van een object. Een veel gebruikte fasering van het bouwproces is weergegeven in Figuur 27. De verschillende fasen die kunnen worden onderscheiden zijn: Initiatief (INF), Haalbaarheid (HBH), Projectdefinitie (PD), Structuurontwerp (SO), Voorlopig ontwerp (VO), Definitief ontwerp (DO), Bestek (BK), Prijsvorming (PV), Werkvoorbereiding (WV), Uitvoering (UITV), Oplevering (OPL), Renovatie en Sloop.

Werkvoorbereiding vindt plaats na prijsvorming en voorafgaand aan uitvoering. Volgens Kagioglou et al. (1998) is overlap tussen de fasen werkvoorbereiding en uitvoering mogelijk, met andere woorden kan met uitvoering gestart worden terwijl de werkvoorbereiding nog niet volledig is afgerond. De mogelijkheid tot overlap tussen werkvoorbereiding en daaraan voorafgaande fasen is afhankelijk van de gekozen bouworganisatievorm.



Figuur 27: Het bouwproces in de life-cycle (gebaseerd op Wentzel et al. (2005))

Projectpartners in het bouwproces

In het bouwproces zijn een groot aantal projectpartners betrokken welke moeten samenwerken om een bouwobject te ontwikkelen en te realiseren conform de behoeften van de opdrachtgever. De relaties tussen de verschillende projectpartners zijn onder andere afhankelijk van de gekozen organisatievorm. Volgens Pijpers & Van Der Wouden (2004) kunnen de volgende projectpartners of samengestelde groepen van projectpartners worden onderscheiden:

Opdrachtgever

De opdrachtgever speelt een cruciale rol in het bouwproces. Hij bepaald de vraag welke aan de markt gesteld wordt en zal voor de oplossing moeten betalen. De totale leiding van het bouwproces is in handen van de opdrachtgever. De keuze is aan hem om bepaalde zaken uit te besteden. Door uit te besteden verliest de opdrachtgever controle over het proces en het eindproduct, het is aan de opdrachtgever om te bepalen hoeveel controle hij uit handen wil geven. De opdrachtgever is ook verantwoordelijk voor de uiteindelijke financiering van het object, maar dit kan op verschillende manieren vorm gegeven worden.

Gebruiker

De gebruiker van een object is in feite de partij die de functie van het object benut. Dit kan een incidentele opdrachtgever zijn, welke naast de opdrachtgever ook de gebruiker van het object is. De gebruiker kan ook een partij zijn die een object huurt van een professionele opdrachtgever.

Architect

Ontwerpen heeft een scharnierfunctie in het ontwikkeltraject van bouwobjecten. Architecten vertalen de eisen en wensen alsmede de ruimtebehoefte in ruimten en vormgeving gedurende de verschillende ontwerpfasen in het bouwproces. Hierbij moet functionaliteit en maakbaarheid geïntegreerd worden. Architecten ontwerpen met name vanuit de esthetiek. Traditioneel speelt de architect een centrale rol in de ontwerpfasen en wordt tevens de directievoering tijdens uitvoering verricht door de architect. Verschillende ontwikkelingen beperken deze centrale rol, zoals de verschuiving van de eindverantwoordelijkheid naar de opdrachtnemer als gevolg van nieuwe contractvormen en het aanstellen van interne of externe project managers door professionele opdrachtgevers.

Adviseur

In bouwprojecten worden een groot aantal adviseurs betrokken. De volgende adviseurs kunnen naar hun specifieke vakgebied worden onderscheiden:

- Constructeur, ontwerpt de fundering en draagconstructie van een bouwobject en voert controle berekeningen uit;
- Projectmanager, adviseert de opdrachtgever ten aanzien van de sturing, coördinatie en beheersing van het bouwproces. Deze adviseur kan zowel ondersteunend als coördinerend zijn;
- Installatietechnisch adviseur, adviseert over de te kiezen installaties, verzorgt het technisch ontwerp van deze installaties en controleert de werkzaamheden van de uitvoerend installateur;
- Bouwkundig (kosten) adviseur, deze adviseur moet in elk stadium van de ontwerpfase de prijs bepalen, om vast te stellen of het ontwerp past binnen het beschikbare budget van de opdrachtgever;
- Overige adviseurs, adviseurs met betrekking tot milieutechnologie, bouwfysica, akoestiek, et cetera.

Adviseurs spelen onder andere een belangrijke rol tijdens de ontwerpfase van een bouwproject. Zij benaderen het ontwerp hierbij voornamelijk vanuit technische kaders. Omdat architecten en adviseurs veelvuldig complementair zijn aan elkaar, is er veelal sprake van een ontwerpteam met verschillende disciplines

Aannemer / onderaannemer

Het 'object op papier' wordt omgezet in een 'fysiek object' door de uitvoerende partij. De uitvoerende partij welke de verantwoordelijkheid draagt richting de opdrachtgever is de hoofdaannemer. De hoofdaannemer kan er voor kiezen om

bepaalde werkpakketten uit te besteden aan andere aannemers, die daardoor fungeren als onderaannemers. De aannemers heeft een belangrijke rol in het ontwikkelproces, aangezien in de uitvoeringsfase het grootste deel van de ontwikkelingskosten worden besteed. Recentelijk zijn ontwikkelingen gaande waardoor de aannemer naar links en/of rechts opschuift in het bouwproces en daardoor ook (deels) verantwoordelijk wordt voor het ontwerp en/of beheer, onderhoud en financiering.

Door technische ontwikkelingen en het complexer worden van installaties door strengere regelgeving, maken installaties een steeds groter onderdeel uit van de kosten van een bouwobject. Samen met de wens van opdrachtgevers om over een goed installatiesysteem te beschikken, resulteert dit steeds vaker in het direct contracteren van de uitvoerend installateur door de opdrachtgever in plaats van contracteren door de aannemer. Daarnaast zijn ook ontwikkelingen gaande welke er voor zorgen dat de uitvoerend installateur naar links en/of rechts opschuift in het bouwproces.

Toeleverancier

Toeleveranciers spelen in de bouw een belangrijke rol. Objecten bestaan uit veel verschillende producten en materialen die door veel verschillende toeleveranciers geleverd worden. De toeleverancier kan volgens Boes et al. (2001) van de aannemer worden onderscheiden door vast te stellen waar de primaire productie plaatsvindt. De aannemer produceert het product op locatie terwijl de toeleverancier zijn product produceert binnen zijn eigen faciliteit of inkoopt bij een andere onderneming.

Overheid

De overheid kan, zoals hier boven beschreven, direct betrokken zijn bij bouwprojecten in de rol van opdrachtgever. Daarnaast is de overheid indirect betrokken bij bouwprojecten als beleidsmaker en uitvoerder van het gemaakte beleid via regelgeving. Tevens heeft de overheid een belangrijke taak als bevoegd gezag als het gaat om vergunningverlening middels een breed scala aan vergunningen en procedures waarvoor goedkeuring van de overheid nodig is. Middels deze procedures en vergunningen hebben ook belanghebbenden invloed op het object.

Volgens Laufer et al. (1993), Kagioglou et al. (1998) en Pijpers & Van Der Wouden (2004) zijn alle bovenstaand beschreven partijen betrokken in de fase werkvoorbereiding. De verantwoordelijkheidsverdeling tussen projectpartners is voor een groot deel afhankelijk van de gekozen bouworganisatievorm.

Bouworganisatievormen

De verdeling van verantwoordelijkheden tussen projectpartners in een bouwproces is voor een groot deel afhankelijk van de gekozen bouworganisatievorm. Volgens Grit (2006) kan een bouworganisatievorm worden gedefinieerd als: “de wijze waarop de taken en functies tussen projectpartners verdeeld zijn over de fasen in de levenscyclus van een project en de wijze waarop zij samenwerken. Er bestaan in de Nederlandse bouwsector veel verschillende organisatievormen en indelingen. In dit onderzoek wordt er een onderscheid gemaakt in traditioneel, bouwteam en geïntegreerd. Dit zijn namelijk de meest gebruikte bouworganisatievormen in de B&U.

Traditioneel

De traditionele rechtverhouding in de Nederlandse bouwsector wordt ook wel de ‘klassieke’ driehoek genoemd. Volgens Bruggeman et al. (2007) houdt de klassieke driehoek in dat de opdrachtgever eerst een ontwerper of architect contracteert (op basis van de DNR 2005) voor het ontwerp van een project en vervolgens een overeenkomst sluit met een aannemer voor de uitvoering van dat ontwerp: de aannemingsovereenkomst.

De inhoud van deze aannemingsovereenkomst wordt niet alleen bepaald door de Uniforme Administratieve Voorwaarden voor de uitvoering van werken 1989 (UAV 1989) maar ook door een aantal andere contractstukken. Naast de tussen partijen gesloten overeenkomst, waarvan de UAV 1989 de algemene voorwaarden vormen, is er een bestek dat ook weer uit verschillende documenten bestaat [Bruggeman et al., 2007]. De UAV 1989 bevatten uitsluitend administratieve of juridische bepalingen en geen technische beschrijvingen of voorschriften. De technische bepalingen zijn opgenomen in het bestek.

Volgens Duijn (2004) is het kenmerk van traditionele contracten de gescheiden verantwoordelijkheid voor ontwerp en uitvoering. De opdrachtgever is eindverantwoordelijk, bekostigt het project en draagt de bijbehorende risico's.

Bouwteam

Een veel gebruikte organisatievorm in de B&U sector is de bouwteamovereenkomst. Een bouwteam staat hierbij voor de samenwerking tussen opdrachtgever, adviseur en aannemer om een ontwerp te realiseren en/of een bestek voor te bereiden. De aannemer brengt hierbij tijdens het realiseren van het ontwerp en/of de voorbereiding van het bestek zijn uitvoeringsexpertise in en krijgt vervolgens in principe de opdracht tot uitvoering [Pijpers & Van Der Woude, 2004].

Geïntegreerd

Volgens de Algemene toelichting Model Basisovereenkomst en de bijbehorende UAV-gc 2005 [CROW, 2009] is de bundeling van meerdere bouwprocesfuncties in één hand kenmerkend voor geïntegreerde contractvormen. Volgens Bruggeman et al. (2007) kan het daarbij gaan om de hand van de aannemer, maar ook die van de ontwerper of een andere partij. De onderscheiden bouwprocesfuncties zijn initiatiefneming, ontwerp, uitvoering en meerjarig onderhoud. De opdrachtgever blijft, net als bij de meeste andere contractvormen, de rol van initiatiefnemer vervullen: hij specificeert zijn verwachtingen in een vraagspecificatie. De opdrachtnemer neemt onder de Model Basisovereenkomst en de UAV-gc 2005 in ieder geval de bouwprocesfuncties ontwerp en uitvoering voor diens rekening: hij realiseert het werk op basis van de vraagspecificatie door middel van ontwerp- en uitvoeringswerkzaamheden. Naar keuze van de opdrachtgever kan de reikwijdte van het takenpakket van de opdrachtnemer worden verruimd door deze ook de realisatie van het meerjarig onderhoud van het werk op te dragen.

Volgens Grit (2006) zal de opdrachtnemer in de regel met een lumpsum bedrag beloond worden voor de verschillende onderdelen van het contract waar hij verantwoordelijk voor is. Bruggeman et al. (2007) stellen dat als de opdrachtnemer niet alle noodzakelijke expertise zelf in huis heeft, hij daarvoor een architect en/of raadgevend ingenieur dan wel een aannemer zal inschakelen. Volgens Grit (2006) kan de opdrachtnemer een enkele onderneming zijn, maar zij kan ook bestaan uit een consortium waarin verschillende partijen risicodragend participeren.

Geïntegreerde contracten bieden verschillende voordelen. Volgens Grit (2006) wordt ten eerste de kwaliteit van het eindproduct verhoogd omdat door het integreren van functies en disciplines er in een vroeg stadium van het ontwerpproces input mogelijk is vanuit de verschillende disciplines, bijvoorbeeld werkvoorbereiding, uitvoering of onderhoud. Daarnaast kunnen werkzaamheden parallel verlopen door het ontbreken van een 'knip' tussen ontwerp en uitvoering, met andere woorden kan bijvoorbeeld met uitvoering gestart worden terwijl het ontwerp nog niet volledig voltooid is. Dit kan tijdswinst opleveren. Daarnaast zijn volgens PSIBouw (2005) publieke partijen door het betrekken van private partijen in staat projecten te realiseren indien zij zelf: niet volledig risico dragend willen zijn, een investering niet alleen kunnen opbrengen of niet voldoende kennis hebben.

		Geïntegreerde contractvormen				
		PPS concessiecontracten				
Bouwfasen	traditioneel	E & C	D & C	DBM	DBFM	DBFMO
Initiatief						
Onderzoek			Verantwoordelijkheid opdrachtgever			
Programma van Eisen						
Voorontwerp (VO)						
Ontwerp (DO)						
Uitwerking & Bestek		Verantwoordelijkheid opdrachtnemer/aannemer				
Werkvoorbereiding						
Uitvoering						
Onderhoud						
Financiering						
Exploitatie						

Tabel 20: Verantwoordelijkheid per samenwerkingsvorm [Grit, 2006]

Verantwoordelijkheid projectpartners tijdens werkvoorbereiding

In bovenstaande Tabel 20 zijn de verantwoordelijkheden van de opdrachtgever en de opdrachtnemer/aannemer per samenwerkingsvorm weergegeven. Hieruit kan worden afgeleid dat in alle samenwerkingsvorm de aannemer/opdrachtnemer verantwoordelijk is voor de werkvoorbereiding. Er is echter sprake van een belangrijk verschil tussen de samenwerkingsvormen. In de traditionele samenwerkingsvorm is de aannemer pas voor het eerst verantwoordelijk tijdens de werkvoorbereiding, terwijl in de andere samenwerkingsvormen de aannemer (in de vorm van opdrachtnemer) al verantwoordelijk is geweest voor één of meerdere eerdere bouwfases. In traditionele samenwerkingsvormen is daarom geen overlap mogelijk tussen werkvoorbereiding en daaraan voorafgaande fasen. Bij geïntegreerde organisatievorm is deze overlap in meer of mindere mate, afhankelijk van de soort geïntegreerde organisatievorm, echter wel mogelijk.

Naast de aannemer, spelen onderaannemers en toeleveranciers eveneens een belangrijke rol, aangezien zij in deze fase worden verworven [Laufer et al., 1993 en Pijpers & Van Der Woude, 2004].

In een traditioneel contract is de rol van ontwerpers en adviseurs tijdens werkvoorbereiding voornamelijk reactief. Werkzaamheden bestaan bijvoorbeeld uit het controleren van consistentie tussen geproduceerde plannen en werk- en productietekeningen met het bestek en bestekstekeningen. En uit het oplossen van door de aannemer ontdekte inconsistenties tussen bestek en bestekstekeningen. In geïntegreerde contracten kan hun rol tijdens werkvoorbereiding groter zijn. Ten eerste omdat werkzaamheden met betrekking tot werkvoorbereiding en ontwerp mogelijk meer parallel plaatsvinden. Daarnaast hoeft de opdrachtnemer niet per definitie (alleen) een aannemer te zijn, maar kan dit ook een ontwerp- of adviesbureau zijn of een consortium waarin zij participeren.

Projectorganisatie verantwoordelijk voor werkvoorbereiding

Volgens Laufer et al. (1993) wordt een speciaal opgezet projectteam binnen de projectorganisatie van een aannemer belast met de werkvoorbereiding van een specifiek project. Pijpers & Van Der Woude (2004) stellen dat de te verrichten werkzaamheden voornamelijk worden uitgevoerd door werkvoorbereiders binnen een dergelijk team.

Input van werkvoorbereiding

Indien anders vermeld is deze paragraaf hoofdzakelijk gebaseerd op Pijpers & Van Der Woude (2004).

In traditionele projecten bestaat de voornaamste input voor de aannemer in deze fase uit het bestek en bestekstekeningen, de door de aannemer ontwikkelde inschrijfbegroting, en bedrijfsinformatie van de aannemer en zijn onderaannemers en

toeleveranciers over de beschikbare productiemiddelen. Volgens Duijn (2004) is een bestek een nauwkeurige technische omschrijving van het uit te voeren bouwwerk en een opgave van de voorwaarden waaronder dit dient te geschieden. De technische uitwerking in de vorm van bestektekeningen dienen ter illustratie van het beschrevene. Duijn (2004) stelt dat de technische uitwerking bestaat uit: bouwvoorbereidingstekeningen van de architect, constructietekeningen (inclusief berekeningen) en installatietekeningen (inclusief berekeningen). Volgens Duijn (2004) zijn het bestek en bijbehorende bestektekeningen in traditionele contracten geheel uitgewerkt en vormen ze de belangrijkste contractdocumenten van de aannemingsovereenkomst. De nadere technische uitwerking vindt plaats ten behoeve van de diverse aanvragen van vergunningen bij de (lokale) overheden en nutsbedrijven, de aanbesteding en de prijsvorming.

In geïntegreerde projecten bestaat deze input hoofdzakelijk uit een door de opdrachtnemer ontwikkeld UO. Daar de opdrachtnemer, afhankelijk van de geïntegreerde contractvorm, in meer of mindere mate tijdens ontwerp heeft kunnen sturen op uitvoering, is slechts verfijning van het UO noodzakelijk tijdens werkvoorbereiding.

Output van en werkzaamheden tijdens werkvoorbereiding

De door de aannemer te ontwikkelen output bestaat uit een uitvoeringsmethodiek vastgelegd in een werkbegroting en plannings.

Op basis van de inschrijfbegroting wordt een werkbegroting opgesteld. In tegenstelling tot eerstgenoemde begroting wordt niet begroot op besteksposten maar op de volgorde waarin het werk wordt uitgevoerd. Naast de kosten ten gevolge van de productiefactoren arbeid, materiaal en materieel, wordt in de werkbegroting een kostenoverzicht gemaakt van de algemene bouwplaatskosten en algemene bedrijfskosten.

De werkbegroting bevat een opsomming van de verwachte kosten voor de uitvoering. Van grote invloed op deze kosten is de benodigde tijd voor de verschillende bewerkingen en hun onderlinge relaties. Voor het voorkomen van afstemmingsverliezen, die zowel kunnen optreden tijdens één bewerking of tussen verschillende bewerkingen, dient een uitvoeringsplanning (ook wel overall-planning) opgesteld te worden. Hierin dient aangegeven te worden hoe de verschillende bewerkingen moeten verlopen in de tijd. Tevens kan aan de hand van de uitvoeringsplanning de voortgang van het project worden bewaakt.

De werkbegroting en uitvoeringsplanning dienen tegelijkertijd opgesteld te worden, aangezien ze onderling afhankelijk van elkaar zijn [Gidado, 2004]. De werkbegroting en uitvoeringsplanning zijn een gedegen plan voor uitvoering, waardoor een zeer groot aantal beslissingen met betrekking tot het uit te voeren project zijn vastgelegd. Op basis van beide documenten kunnen andere plannen opgesteld worden, zoals: inrichtingsplan voor het bouwterrein, leveringsschema materialen, een materieelplan, een personeels- en onderaannemingsplan, een tekeningenplan, een werkregeling en een V&G-plan uitvoering.

Een aantal werkzaamheden welke niet expliciet staan vermeldt in bovenstaande alinea, maar welke wel degelijk plaatsvinden in de fase werkvoorbereiding en invloed hebben op de verschillende te ontwikkelen plannen, zijn het:

- Aanvragen van uitvoeringsgebonden vergunningen;
- Aanvragen van tijdelijke aansluitingen nutsbedrijven;
- Verkennen van het bouwterrein.
- Bepalen en vaststellen van het logistieke proces van, naar en op de bouwlocatie;
- Inkopen van materialen en het contracteren van onderaannemers;
- Realiseren van werk- en productietekeningen.

In de bestektekeningen staan veelal alleen principedetails. Deze moeten worden uitgewerkt tot werk- en productietekeningen. Werktekeningen zijn vaak door de architect, in samenwerking met adviseurs, gemaakte tekeningen

en staten. Hierin zijn bepaalde facetten van het ontwerp zodanig uitgewerkt dat zij voldoende duidelijk inzicht in de beoogde uitvoering van het ontwerp bieden. Productietekeningen zijn door de aannemer of derden gemaakte tekeningen en staten. Zij worden gebruikt bij de fabricage of productie van onderdelen van het werk of bij vervaardiging van tijdelijke constructies of hulp constructies.

Van origine maakt de architect de werktekeningen en controleert de aannemer, in de persoon van de werkvoorbereider, of deze consistent, uitvoerbaar en conform het bestek zijn. Tegenwoordig worden deze tekeningen in toenemende mate gerealiseerd door de aannemer zelf. De architect bewaakt dan de architectonische kwaliteit.

Uit bovenstaande blijkt dat een groot aantal producten gerealiseerd moet worden voor het documenteren van alle product- en procesinformatie in de fase werkvoorbereiding. Laufer et al. (1993) stellen dat tevens een grote variëteit aan informatiedragers gebruikt wordt, welke verdeeld kunnen worden in drie verschillende families, namelijk: (1) tekstueel, (2) technische- en organisatorische tekeningen, (3) grafieken en tabellen. Volgens Laufer et al. (1993) worden voor de representatie van werkmethoden een zeer groot aantal verschillende informatiedragers gebruikt. Zij (Ibid.) stellen namelijk dat werkmethoden gezien kunnen worden als ultieme werkplannen, waardoor deze een hoog detailniveau hebben en in sterke mate actie en proces georiënteerd zijn. Deze informatierijkheid maakt het gebruik van verbale uitleg en een groot aantal tekeningen noodzakelijk voor een gedegen representatie. Volgens Laufer et al. (1993) blijkt uit het grote gebruik van tekstuele formaten het belang van informele communicatie voor het oplossen van problemen.

Conclusie

Doel van de werkvoorbereiding is het tot in detail uitwerken van het gerealiseerde ontwerp van een te bouwen object en het nemen van beslissingen met betrekking tot uitvoeringsmethoden en de bijbehorende productiemiddelen, opdat planning van construerende en ondersteunende uitvoeringswerkzaamheden mogelijk is. De primaire werkzaamheden welke worden verricht tijdens de fase werkvoorbereiding zijn:

- Opstellen van een werkbegroting;
- Opstellen van een uitvoeringsplanning;
- Realiseren van werk- en productietekeningen.
- Controleren van consistentie tussen bestek en bestekstekeningen en tussen onderdelen van deze documenten onderling;

Alle partijen in het bouwproces (opdrachtgever, gebruiker, architect, adviseur, aannemer, onderaannemer, toeleverancier en overheid) zijn betrokken tijdens werkvoorbereiding. In traditionele projecten is de hoofdaannemer verantwoordelijk voor werkvoorbereiding. In geïntegreerde projecten ligt dit bij de opdrachtnemer. Meestal is dit eveneens de hoofdaannemer. Tevens spelen onderaannemers en toeleveranciers een belangrijke rol, aangezien zij in deze fase definitief worden verworven.

Werktekeningen zijn vaak door de architect, in samenwerking met adviseurs, gemaakte tekeningen en staten. Hierin zijn bepaalde facetten van het ontwerp zodanig uitgewerkt dat zij voldoende duidelijk inzicht in de beoogde uitvoering van het ontwerp bieden. Productietekeningen zijn door de aannemer of derden gemaakte tekeningen en staten. Zij worden gebruikt bij de fabricage of productie van onderdelen van het werk of bij vervaardiging van tijdelijke constructies of hulp constructies.

Van origine maakt de architect de werktekeningen en controleert de aannemer, in de persoon van de werkvoorbereider, of deze consistent, uitvoerbaar en conform het bestek zijn. Tegenwoordig worden deze tekeningen in toenemende mate gerealiseerd door de aannemer zelf. Zij worden vervolgens gecontroleerd door de architect of andere adviseurs.

Werkvoorbereiding vindt plaats voorafgaand aan de daadwerkelijke uitvoering van een bouwproject en loopt door tijdens uitvoering. In traditionele contracten start werkvoorbereiding na afronding van de ontwerpfase en gunning van het project. In een bouwteamovereenkomst wordt uitvoeringsexpertise van de aannemer meegenomen tijdens de ontwerpfase en/of bij het voorbereiden van het bestek. In geïntegreerde contracten kunnen de werkzaamheden voor werkvoorbereiding al starten tijdens de ontwerpfase.

Binnen de projectorganisatie van een aannemer wordt een speciaal opgezet projectteam belast met de werkvoorbereiding van een specifiek project. Een dergelijk projectteam bestaat hoofdzakelijk uit werkvoorbereiders.

Ook is gebleken dat een groot aantal producten gerealiseerd moet worden voor het documenteren van alle product- en procesinformatie en dat hiervoor een groot aantal informatiedragers noodzakelijk is. Tevens blijkt verbale en informele communicatie erg belangrijk.

Bijlage 2: Oplossingsrichtingen

In het promotieonderzoek van Adriaanse (2007) zijn oplossingsrichtingen ontwikkeld (zie Tabel 21) welke gebruikt kunnen worden voor het opstellen van een implementatieplan, zodat barrières tot het succesvol gebruik van interorganisationale ICT in bouwprojecten geslecht kunnen worden. Per oplossingsrichting is aangegeven op welk(e) submechanisme(n) deze van toepassing is. De volgende submechanismen zijn door Adriaanse (2007) onderscheiden:

- Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik (B/D);
- Perceptie van tijdsdruk (B);
- Aanwezigheid van contractuele bepalingen (B/D);
- Aanwezigheid van een vragende actor (B/D);
- Duidelijkheid van procedurele afspraken (B);
- Duidelijkheid over de bediening van ICT (B);
- Afstemming tussen ICT en werkwijzen (B);
- Aanwezigheid van technische middelen (B).

Tevens is per oplossingsrichting aangegeven of deze betrekking heeft op communicatie & betekenisgeving (C&B) of op sturing (S).

Oplossingsrichtingen	Mechanismen	
Geef betrokken actoren uitleg over (1) het ICT-systeem, (2) hoe het ICT-systeem gebruikt kan worden en (3) de potentiële voordelen, nadelen en risico's (en maatregelen hiervoor).	1	C&B
Wees tegen betrokken actoren duidelijk over de benodigde investeringen zodat deze meegenomen kunnen worden in de budgetten c.q. kostencomputaties.	1	C&B
Verminder de investering van andere organisaties door zelf te betalen voor het gebruik van ICT (applicatie, training, etc.) of overtuig de opdrachtgever om dit te doen.	1	
Pas de ICT applicatie aan en maak afspraken over het gebruik van de applicatie gebaseerd op de doeleinden, behoeftes en werkwijzen van betrokken actoren.	1,5 en 7	
Gebruik stimulansen ('incentives') voor het gebruik van ICT (bijv. het delen van besparingen tussen betrokken organisaties, het linken van betalingen aan het gebruik van ICT).	1	
Pas de ICT applicatie in reikwijdte en te gebruiken functionaliteiten aan op het specifieke project. Doe dit op basis van de mechanismen van het theoretische model.	1 t/m 8	
Evalueer de gerealiseerde voordelen van het gebruik van ICT op reguliere basis en intervenieer snel op het moment dat de voordelen niet behaald worden.	1	S
Laat actoren gebruik maken van de applicaties die ze nu al gebruiken of implementeer ICT dat op een gelijksoortige manier werkt als de software die al gebruikt wordt.	2, 5 en 6	
Prekwalificeer organisaties aan de hand van de aanwezige ICT mogelijkheden.	2 en 5 t/m 8	

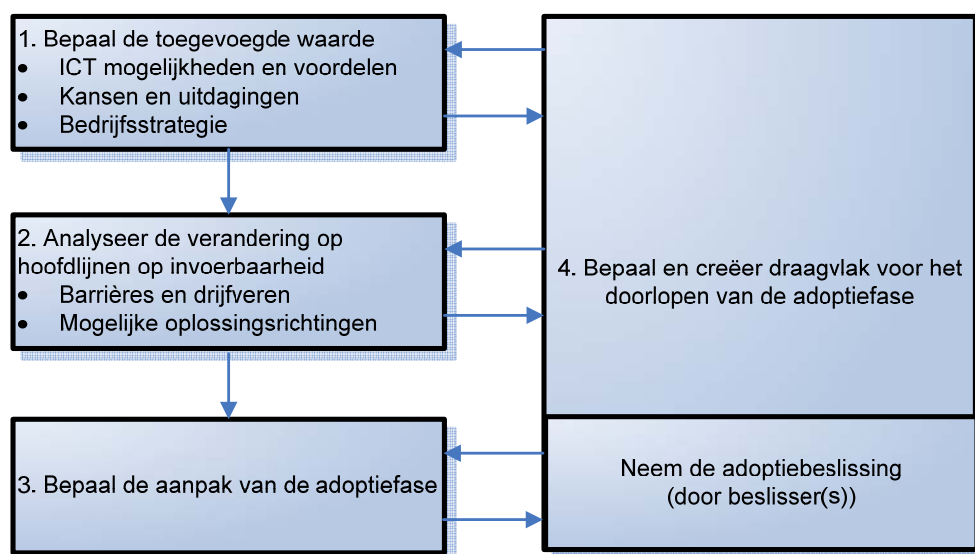
Zorg voor gebruikersondersteuning (training, gebruikershandleidingen, ondersteuning op locatie) zodat gebruikers de applicatie en de manier waarop deze gebruikt moet worden leren kennen.	2, 5 en 6	
Selecteer gebruiksvriendelijke ICT waarmee fouten worden voorkomen en waardoor risico's van verkeerd gebruik gereduceerd worden (bijv. notificatie functies). Deze gebruiksvriendelijkheid dient duidelijk gecommuniceerd te worden richting gebruikers.	2 en 6	
Geef betrokken actoren uitleg over het belang om tijd vrij te maken om ICT af te stemmen op de behoefte, om duidelijke afspraken te maken over het gebruik van ICT en om ICT te leren gebruiken.	1, 2 en 5 t/m 8	C&B
Laat een andere actor die wel in staat is om ICT op de juiste wijze te gebruiken gebruik maken van de ICT applicatie. Dit kan zowel een actor van binnen als van buiten de organisatie zijn.	2 en 6 t/m 8	
Test de ICT applicatie (bijv. de afstemming tussen ICT en werkwijzen, functionaliteiten, fouten in de applicatie) voordat ICT in gebruik wordt genomen.	7 en 8	
Schrijf het gebruik van ICT voor in het contract of overtuig de opdrachtgever om dit te doen.	3	
Overtuig andere actoren, zoals de opdrachtgever en het management van de organisatie, van de voordelen van het gebruik van ICT, zodat zij om het gebruik van ICT gaan vragen.	4	
Sta gebruikers niet toe om de ICT-applicatie te omzeilen.	3 en 4	
Geef betrokken actoren uitleg over (1) het ICT-systeem, (2) hoe het ICT-systeem gebruikt kan worden en afgestemd kan worden op de werkwijzen en (3) het belang van afstemming van werkwijzen van actoren op elkaar en op ICT.	7	C&B
Geef elektronische communicatie een legale status, bijvoorbeeld door gebruik te maken van elektronische handtekeningen of door overzichten van digitale communicatie formeel goed te keuren in overleggen als de bouwvergadering.	7	
Ontwikkel een project standaard voor uitwisseling van informatie (alle actoren gebruiken dezelfde applicatie, of gebruiken applicaties die goed informatie met elkaar kunnen uitwisselen).	8	
Geef betrokken organisaties uitleg over de technische behoeften bij het gebruik van ICT.	8	C&B

Tabel 21: Oplossingsrichtingen voor het slechten van barrières tot het succesvol gebruik van ICT in bouwprojecten

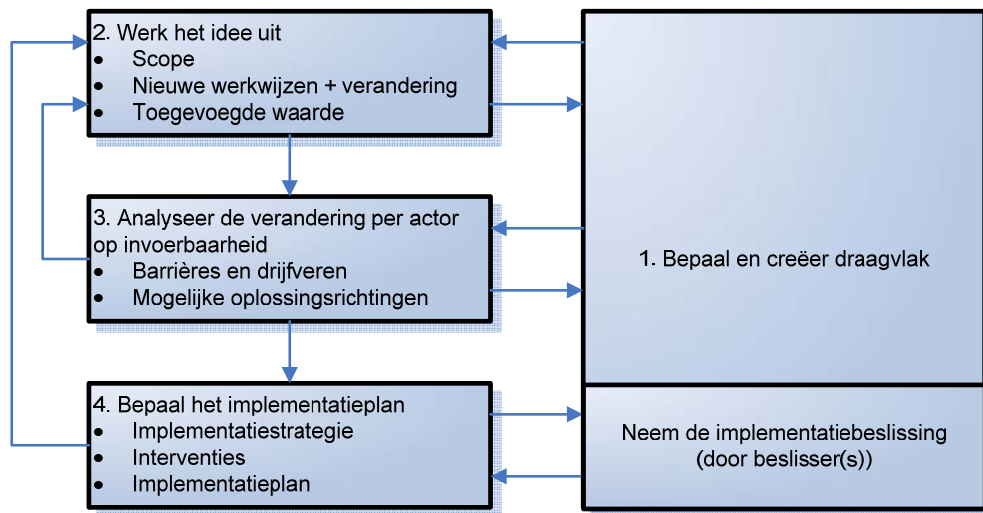
[Adriaanse, 2007]

Bijlage 3: Stappen fasen invoeringsmethodiek

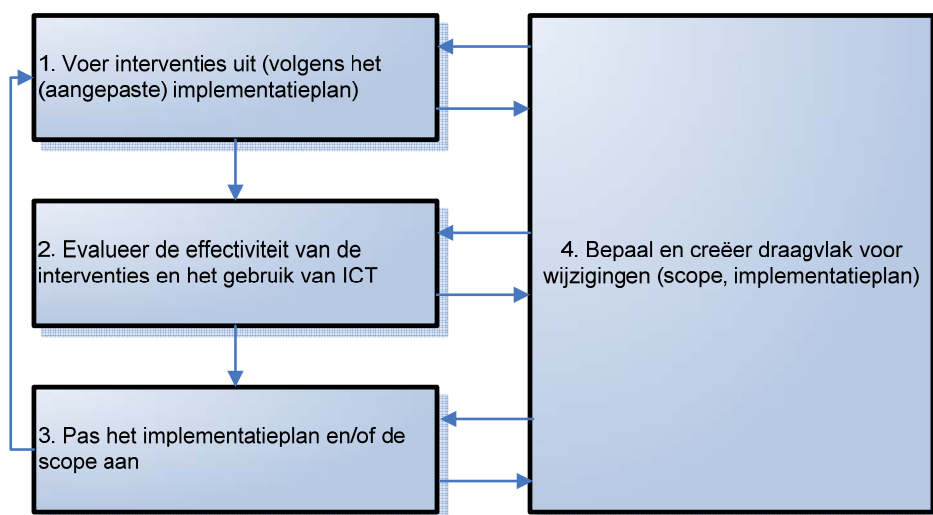
In onderstaande Figuur 28, Figuur 29 en Figuur 30 zijn de stappen gedefinieerd om de verschillende fasen uit de invoeringsmethodiek van Adriaanse (2009) weloverwogen te kunnen doorlopen.



Figuur 28: Stappenplan ideevormingsfase [Adriaanse, 2009]



Figuur 29: Stappenplan adoptiefase [Adriaanse, 2009]



Figuur 30: Stappenplan implementatie- en verankeringsfase [Adriaanse, 2009]

Bijlage 4: Interview werkvoorbereiding Strukton Bouw & Vastgoed

Hoofddoel van het interview: Het in kaart brengen van de huidige werkwijze van de projectorganisatie binnen SBV verantwoordelijk voor de werkvoorbereiding van B&U projecten.

Onder een werkwijze wordt een verzameling van gerelateerde processen (wat?), methoden (hoe?) en hulpmiddelen (waarmee?) verstaan welke toegepast kunnen worden op een verzameling van min of meer gerelateerde problemen. Omgevingsfactoren beïnvloeden de werkwijze en de projectomgeving moet bijdragen aan het ondersteunen en integreren van de te gebruiken methoden en hulpmiddelen in een project.

Subdoelen zijn daarom:

- Het in kaart brengen van de processen welke plaatsvinden tijdens werkvoorbereiding.
- Het in kaart brengen van de methoden waarmee deze processen worden uitgevoerd.
- Het in kaart brengen van hulpmiddelen welke gebruikt worden bij het uitvoeren van deze processen.

- Het in kaart brengen van de projectomgeving welke bijdraagt aan het ondersteunen en integreren van de gebruikte methoden en hulpmiddelen bij het uitvoeren van de verschillende processen.

Een extra subdoel, welke niet direct is af te leiden uit het hoofddoel is:

- Het achterhalen van de verschillen en overeenkomsten tussen werkvoorbereiding in traditionele en geïntegreerde projecten.

Opening en Inleiding van het interview

Het onderwerp van het interview is de werkvoorbereiding binnen SBV. Hoofddoel van het interview is het in kaart brengen van de huidige werkwijze van de projectorganisatie binnen SBV verantwoordelijk voor de werkvoorbereiding van een B&U project. Dit interview wordt afgenomen in het kader van een afstudeeronderzoek dat ik uitvoer bij Strukton Engineering. Om de objectiviteit van de antwoorden te waarborgen zal ik pas na afloop vermelden wat het onderwerp van dit onderzoek is. De bevindingen van dit interview worden gebruikt om het huidige inzicht in werkvoorbereiding op basis van het KAM-systeem en enkele oriënterende gesprekken met werkvoorbereiders en een calculator te vergroten. Het interview zal zoals eerder aangegeven ongeveer anderhalf tot twee uur in beslag nemen.

Vraag 1: Persoonlijke achtergrond

1. Wat is uw naam?
2. Wat is uw functie en kunt u die in één zin omschrijven?
3. Hoeveel jaar ervaring heeft u in deze functie en hoelang werk u al bij SBV?
4. Met welk type, traditionele of geïntegreerde, projecten heeft u ervaring?

Vraag 2: Werkzaamheden

1. Welke primaire werkzaamheden worden er door u uitgevoerd tijdens werkvoorbereiding?
2. Wat is de volgorde waarin deze werkzaamheden moeten worden uitgevoerd?
3. Veranderen deze werkzaamheden tijdens de looptijd van het bouwproces? Zo ja, hoe?
4. Kunt u aangeven in hoeverre uw antwoorden op bovenstaande vragen veranderen indien geïntegreerde projecten worden beschouwd?

Vraag 3: Methode

1. Welke informatie heeft u nodig voor uw werkzaamheden, van wie ontvangt u deze informatie en in welke vorm?
2. Welke informatie is output van uw werkzaamheden, wie heeft deze informatie nodig en in welke vorm?
3. Op welke wijze verkrijgt u alle relevante informatie en hoe draagt u zorg voor het feit dat de door u geproduceerde output bij de relevante partijen terecht komt?
4. Op welke wijze vindt afstemming plaats tussen bron, gebruiker en ontvanger met betrekking tot vraag 1, 2 en 3?
5. Welke handelingen verricht u bij het transformeren van de ontvangen informatie in de gewenste output en in welke volgorde geschieden deze handelingen?
6. Op welke wijze wordt er door u gehandeld indien verkregen informatie onjuist of inconsistent blijkt te zijn of er wijzigingen optreden in de verkregen informatie?
7. Op welke wijze wordt er door u gehandeld indien wijzigingen optreden in de door u geproduceerde output?
8. Wat zijn de belangrijkste beslissingen die door u moeten worden genomen tijdens uw werkzaamheden en op basis van welke criteria worden deze beslissingen genomen?

9. Wat voor afspraken worden er ten aanzien van deze besluitvorming gemaakt, met andere woorden is deze besluitvorming formeel vastgelegd?
10. Kunt u aangeven in hoeverre uw antwoorden op bovenstaande vragen veranderen indien geïntegreerde projecten worden beschouwd?

Vraag 4: Hulpmiddelen

1. Op welke wijze wordt gecommuniceerd met leden van het projectteam en met projectpartners?
2. Welke applicaties/instrumenten/tools gebruikt u ter ondersteuning van uw werkzaamheden?
3. Is het gebruik van deze applicaties/instrumenten/tools formeel geregeld of bent u vrij in de keuze hiervan?

Vraag 5: Projectorganisatie

1. Aan welke personen of organisaties bent u verantwoording schuldig?
2. Welke personen of organisaties zijn verantwoording schuldig aan u?
3. Werkvoorbereiding wordt uitgevoerd door een projectteam. Hoe zijn deze doorgaans vormgegeven, met andere woorden welke functies kunnen worden onderscheiden en waar is het projectteam gepositioneerd in de totale projectorganisatie?
4. Hoe worden werkzaamheden en verantwoordelijkheden verdeeld over de verschillende teamleden/functies?
5. Kunt u aangeven in hoeverre uw antwoorden op bovenstaande vragen veranderen indien geïntegreerde projecten worden beschouwd?

Vraag 6: Afsluitende vragen

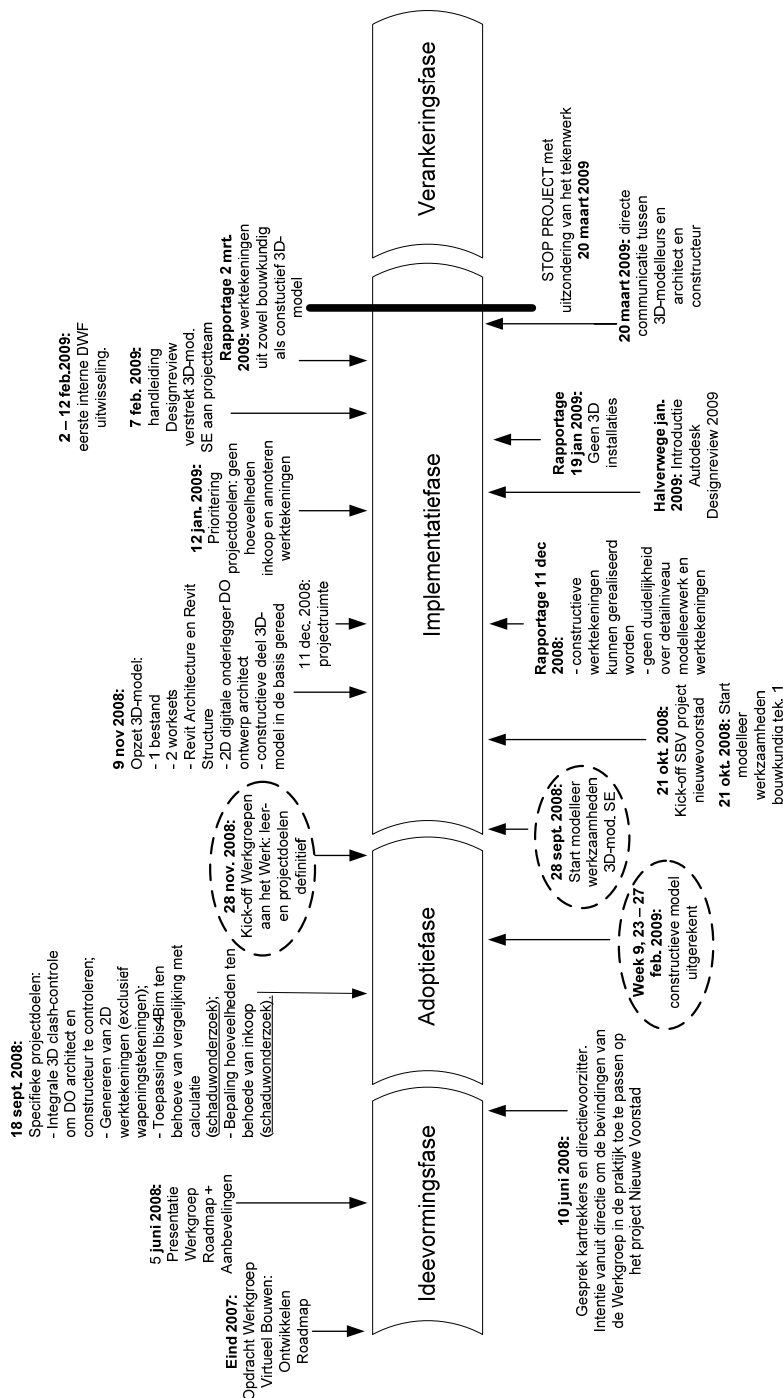
1. Waar liggen in uw ogen de belangrijkste knelpunten in werkvoorbereiding welke leiden tot inefficiënte en ineffectieve werkwijzen? En hoe zouden die in uw ogen moeten worden opgelost?
2. Mijn onderzoek richt zich op het gebruik van Virtueel Bouwen (BIM) in bouwprojecten. Indien u hier mee bekend bent, waar kan dit in uw ogen de grootste meerwaarde bieden in de werkvoorbereiding?
3. Wat zal dit in uw ogen betekenen voor de huidige werkwijze tijdens werkvoorbereiding? Moet deze met andere woorden drastisch veranderen of zijn slecht kleine veranderingen noodzakelijk?

Afsluiting

Dit was de laatste vraag. Bedankt voor uw tijd.

Bijlage 5: Tijdslijn invoering Virtueel Bouwen NieuweVoorstad

In Figuur 31 zijn de belangrijke gebeurtenissen van het invoeringsproces van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad in de tijd uiteengezet tegen de fasen in de door Adriaanse (2009) ontwikkelde invoeringsmethodiek.



Figuur 31: Tijdslijn invoeringsproces Virtueel Bouwen NieuweVoorstad.

Bijlage 6: Betrokken personen inclusief functies

In Tabel 22 zijn alle personen met bijbehorende functie uiteengezet die betrokken zijn geweest bij de invoering en het gebruik van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

	Naam	Functie
Projectteam	Edwin Rijkelijhuizen	projectmanager
	Kees Zwarteveen	planvoorbereider
	Ian van Dulmen	werkvoorbereider 1
	Ralph Wilhelm	werkvoorbereider 2
	Jesse Maas	3D-modelleur SE
	Cock Baas	bouwkundig tekenaar 1
	Martijn Baars	bouwkundig tekenaar 2
Werkgroep Virtueel Bouwen SBV	Paul Dreef	coördinator Werkgroep (kartrekker)
	Martijn Ribbens	calculator
	Renzo van Rijswijk	adviseur informatiesystemen SE (kartrekker)
	Ronald van den Broek	senior tekenaar
	Menno Afink	aankomend werkvoorbereider
	Gavin Hoogveen	projectontwikkelaar
	Jesse Maas	3D-modelleur SE
	Niek Van Der Moolen	directievoorzitter Strukton Bouw & Vastgoed
	Henk Meijerink	coördinator WahW
	Rob Soetekouw	constructeur 1 (projectleider Corsmit)
	Mark Baltussen	constructeur 2 (raadgevend ingenieur Corsmit)
	Hans Hendriks	BIMspecialist

Tabel 22: Betrokken personen bij invoering en gebruik Virtueel Bouwen project NieuweVoorstad

Bijlage 7: Partijen projectorganisatie NieuweVoorstad

In Tabel 23 zijn alle voor dit onderzoek relevante partijen en bijbehorende taken en verantwoordelijkheden in de projectorganisatie van NieuweVoorstad uiteengezet.

Partij	Taken en verantwoordelijkheden
Strukton Project Ontwikkeling (bedrijfs onderdeel van Strukton Bouw & Vastgoed)	- Opdrachtgever en bouwdirectie
tarra architect & stedenbouw	- Bouwkundig ontwerp C1 tot en met bestek - Controle bouwkundige werktekeningen C1
Weeda & Van Der Heijden	- Bouwkundig ontwerp C3 tot en met bestek - Controle bouwkundige werktekeningen
Corsmit Raadgevend Ingenieurs - bedrijfs onderdeel van Royal Haskoning	- Constructief ontwerp C1 en C3 tot en met werktekeningen - Controle constructieve werktekeningen leveranciers/onderaannemers
Wichers & Dreef	- Installatietechnisch ontwerp C1 en C3 tot en met bestek - Controle installatietechnische werktekeningen onderaannemers
Strukton Bouw & Vastgoed	- Realiseren van bouwkundige werktekeningen van C1 en C3 - Verwerven onderaannemers en toeleveranciers - Daadwerkelijk realiseren van C1 en C3

Tabel 23: Partijen en taken en verantwoordelijkheden projectorganisatie NieuweVoorstad

Bijlage 8: Omschrijving Autodesk Revit en IBIS4BIM

Autodesk Revit

Autodesk Revit is een 'Building Information Modeling' software welke het mogelijk maakt om te ontwerpen op basis van parametrische objecten. Revit wordt ontwikkeld door het Amerikaanse bedrijf Autodesk. 'Building Information Modeling' software verschilt van CAD-software omdat de gerealiseerde 'modellen' intelligent, parametrisch en object georiënteerd zijn.

In deze 'modellen' wordt een bouwwerk over het algemeen gemodelleerd op basis van 3D-objecten, zoals muren, vloeren en kolommen. Deze objecten hebben naast geometrische eigenschappen ook intelligente eigenschappen, zoals materiaalkenmerken, kosten, planning en relaties met andere objecten. De objecten worden gekarakteriseerd door middel van parameters. Een 'family' is een klasse van vergelijkbare objecten en deze bestaat uit een serie van onderling afhankelijke parameters. Objecten, en daarmee een 'family' kunnen zelf gecreëerd worden of geïmporteerd worden uit een (standaard) bibliotheek.

Daarnaast werkt Revit met een database welke bestaat uit één enkel bestand. Dit bestand kan door verschillende gebruikers gedeeld worden en zowel informatie bevatten van verschillende disciplines en verschillende bouwfasen (van concept tot en met sloop). Dit is mogelijk door de onderliggende relationele databasearchitectuur, welke door de ontwikkelaars 'parametric change engine' wordt genoemd.

Omdat plattegronden, doorsneden, niveau, legenda's en schema's allemaal zijn gerelateerd, heeft een wijziging consequenties op alle plaatsen waar deze informatie wordt gepresenteerd. Daarom zijn tekeningen en schema's in Revit altijd volledig gecoördineerd in termen van weergegeven objecten in de tekeningen.

Uit het gecreëerde database kan op diverse methodes data worden gegenereerd. Ook kan deze data uitgewisseld worden met externe tools, waarmee de database eventueel aangepast kan worden.

Wanneer een projectdatabase gedeeld wordt, dan staat het hoofdbestand op een LAN-server. Elke gebruiker werkt met een kopie van dit bestand. De gebruikers kunnen hun wijzigingen opslaan in het oorspronkelijke bestand en tevens mutaties door andere gebruikers ontvangen. Door bepaalde onderdelen te reserveren wordt voorkomen dat twee gebruikers gelijktijdig het betreffende onderdeel wijzigen. Indien er sprake is van verschillende disciplines kunnen de rechten automatisch verdeeld worden. Om geclaimde fysische ruimte slechts eenmaal gebruikt kan worden, is het mogelijk te controleren op conflicten met de onderdelen die door anderen zijn toegevoegd.

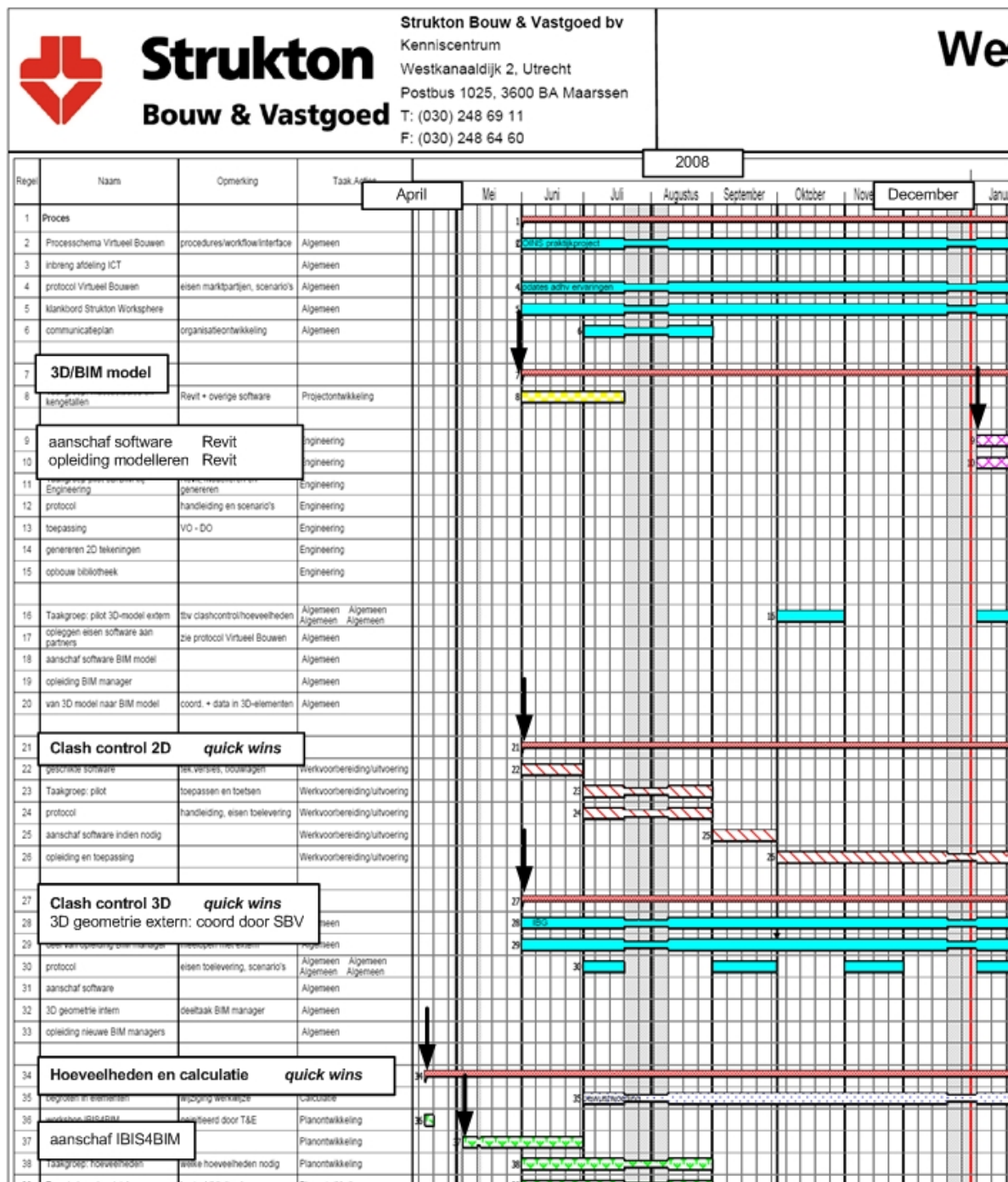
Voor verschillende disciplines bestaan verschillende versies van Revit. Zo bestaat er Revit Architecture voor bouwkundige ontwerpers, Revit Structure voor constructieve ontwerp doeleinden en Revit MEP voor het ontwerpen van technische installaties. [Autodesk, 2009]

IBIS4BIM

IBIS4BIM is een softwareprogramma voor het geïntegreerd bepalen van hoeveelheden, ramingen, calculaties en objectkenmerken uit 2D & 3D modellen. Deze integratie komt tot stand doordat informatie, die is opgeslagen in het CAD model, wordt gebruikt als input voor het calculatieproces. Op deze manier ontstaat een automatische synchronisatie tussen tekening en calculatie en wordt de informatie op één centrale plaats opgeslagen. IBIS4BIM wordt ontwikkeld door Brink Groep BV. [Brink Groep, 2009]

Bijlage 9: Roadmap Virtueel Bouwen SBV (5 juni 2008)

In Figuur 32 is een uitsnede van de door de Werkgroep ontwikkelde Roadmap Virtueel Bouwen SBV weergegeven. Hierin zijn de prioriteiten van de Werkgroep, welke resulteren in het gereconstrueerde veranderidee in episode 1, ontsloten middels de kaders en pijlen.



Figuur 32: Roadmap Virtueel Bouwen SBV

Bijlage 10: Leerdoelen Virtueel Bouwen NieuweVoorstad

In deze bijlage zijn de leerdoelen weergegeven met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad. De leerdoelen zijn gezamenlijk opgesteld met de projectdoelen en op 12 september 2008 is voor het eerst een overzicht van de leerdoelen opgesteld. In tegenstelling tot de projectdoelen zijn de leerdoelen niet aan verandering onderhevig geweest. De leerdoelen zijn definitief verklaard in de Kick-off bijeenkomst van het project Werkgroepen aan het Werk op 28 november 2008.

Organisatie:

1. Ervaring opdoen met benodigde organisatiestructuur voor het 3D proces t.o.v. de traditionele structuur;
2. Start ontwikkeling van een protocol voor Virtueel Bouwen op projecten;
3. Uitwerking van de functie-invulling van een 'BIM-manager', de centrale spil in een 3D ontwerpproces;
4. Ervaring opdoen met interface/workflow/gegevensbeheer in een 3D ontwerpproces;
5. Ervaren hoe het 3D-model als visueel hulpmiddel dienst doet in het proces;
6. Ervaren in welke mate het gemodelleerde 3D-model door toevoeging van informatie kan worden opgewerkt tot BIM;
7. Ervaren hoe het 3D-model kan worden benut voor werkvoorbereiding en inkoop;
8. Onderzoeken mogelijkheden om het as-built model te blijven benutten in de exploitatiefase (door de gebouwbeheerder).

Techniek:

9. Ervaring opdoen met het 3D modelleren van projecten (door Strukton Engineering of Engineering van het Kenniscentrum SBV);
10. Toepassen van 3D clash-controle (met NavisWorks) op het virtuele model (fouten eruit halen = reductie faalkosten tijdens uitvoering!);
11. Ervaring opdoen met het generen van hoeveelheden en kostenopstellingen uit het model (met IBIS4BIM);
12. Ervaring opdoen met het uiteindelijk genereren van 2D (werk)tekeningen uit het 3D-model;
13. Toepassen van 2D clash-controle (met software) voor delen die niet 3D uitgewerkt worden;
14. Ervaring opdoen met het koppelen van de planning aan het 3D model.

Bijlage 11: Opzet project Werkgroepen aan het Werk (WahW)

Interne mededeling



Strukton
Bouw & Vastgoed

Aan	coördinatoren werkgroepen projectteamleden stuurgroepleden
Kopie aan Van	Henk Meijerink
Datum	8 november 2008
Ons kenmerk	WahW
Onderwerp	Werkgroepen aan het Werk

1. Inleiding

Binnen de werkvoorbereiding en het Kenniscentrum zijn een aantal werkgroepen bezig met uitwerken van verbeteringen en optimaliseringprocessen voor de werkwijze van hun afdeling.

Om de resultaten van die werkgroepen te optimaliseren is besloten om via het project “Werkgroepen aan het Werk” (WahW) de diverse plannen, uitwerkingen, aangepaste procedures etc die de afgelopen tijd zijn bedacht en ontwikkeld toe te gaan passen op een project.

Hiervoor is het project “Nieuwe Voorstad” Nijmegen aangewezen.

De volgende werkgroepen zijn bij WahW betrokken:

Gegevens controle
Projectvoorbereidingsplanning
Virtueel bouwen
Werkplannen

De werkgroep Project Informatie Beheer is niet opgenomen in dit project. Hiervoor wordt op dit moment samen met Ballast-Nedam het project DC16 als pilot-project opgezet.

Hieronder volgt een overzicht op welke wijze e.e.a. georganiseerd en bewaakt gaat worden.

2. Leerdoelen

Om het proces te kunnen bewaken en sturen zijn vanuit de werkgroepen leerdoelen opgezet. Deze leerdoelen geven aan wat de werkgroep wil testen en wat het resultaat van deze “praktijktest” zou moeten zijn. Daarmee is tijdens het proces en achteraf vast te stellen of de doelstellingen gehaald zijn of niet en wat de aanpassingen moeten zijn.

Op de bijlage zijn deze leerdoelen aangegeven.

3. Projectdoelen

Vanuit de leerdoelen zijn projectdoelen geformuleerd worden. Hierin is omschreven welke taken binnen het project uitgevoerd zullen worden met de door de werkgroepen voorgestelde (aangepaste) procedures/werkwijzen en wat dit voor het project op moet leveren. Tevens zal aan elke werkgroep een functionaris gekoppeld worden die het contact houdt met een bepaalde werkgroep.

4. Werkwijze werkgroepen

Binnen de werkgroepen is de coördinator de contactpersoon met de functionaris in het project. De coördinator zal regelmatig (minimaal 2/3 wekelijks) een overleg hebben met de functionaris en bespreken hoe het proces loopt.

Zonodig overlegt de coördinator met de werkgroepleden.

De coördinator rapporteert 2 maandelijks aan de stuurgroep over de stand van zaken en voortgang.

Indien de werkgroep op basis van de ontwikkeling/ervaring aanpassing wil doen in de voorgestelde procedures en werkwijze zal dit voorgelegd worden aan de stuurgroep. Na akkoord van de stuurgroep kan e.e.a. aangepast en uitgewerkt worden, waarbij zonodig de leer- en projectdoelen aangepast worden.

5. Stuurgroep

Ter bewaking en sturing van het project WahW zal er een stuurgroep gevormd worden door:

Niek van der Moolen namens de directie (voorzitter).

Jan Peekelder (Kenniscentrum)

Henk Meijerink (Realisatie/werkvoorbereiding)

Geert van Tiem (eindverantwoordelijke project Nieuwe Voorstad).

Albert Jan Hulst (KAM)

De stuurgroep zal 2 maandelijks bij elkaar komen, hierbij zal de rapportage van de werkgroepen besproken en zal de gang van zaken en voortgang worden bewaakt en zonodig aangepast.

6. Projectteam

De samenstelling van het projectteam en daarmee de functionaris verantwoordelijk voor een bepaald onderdeel, wordt thans geformeerd en zal in de Kick-off nader bekend gemaakt worden.

7. Kick-off

Er wordt een kick-off meeting gehouden op 28 november waarbij alle coördinatoren van de werkgroepen, projectteamleden en stuurgroepleden aanwezig zullen zijn. Hierin zal een nadere uitleg over het project gegeven worden en zullen nadere afspraken gemaakt worden over doelstellingen en werkwijze.

Ook zal dan binnen B&V de doelstelling van het project nader gecommuniceerd worden.

8. Kosten

Indien voor een bepaald onderdeel investeringen gedaan moeten worden die normaal niet door het project gedragen worden zal daar door de stuurgroep, op voorstel van een werkgroep of het projectteam, over beslist worden.

De bestede uren van de werkgroep- en projectteamleden ten aanzien van het project WahW zullen gedragen worden door de budgetafdeling/projecten waar men werkzaam is. Indien het noodzakelijk is dat één of meerdere medewerkers veel extra uren aan het project moet besteden zal dit in de stuurgroep besproken worden en zal indien mogelijk extra budget beschikbaar gesteld worden.

Henk Meijerink,
Utrecht, 12 november 2008

Bijlage 12: Werkelijke toepassing Virtueel Bouwen NieuweVoorstad

In deze bijlage wordt de werkelijke toepassing van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad beschreven. Het processchema van de werkelijke toepassing is weergegeven in Figuur 33. Het ‘waarom’ achter bepaalde keuzes wordt hierin niet besproken, tenzij dit in hoofdstuk 5 nog niet is besproken.

Uiteindelijk is er van zowel gebouw C1 als C3 een 3D-model ontwikkeld. Het 3D-model van C1 en C3 bestond uit één pakket (bestand) waarin een tweetal worksets werden gehanteerd. Voor elke workset was een aparte 3D-modelleur verantwoordelijk, namelijk een bouwkundig 3D-modelleur en een constructief 3D-modelleur (voor C3 in de persoon van één 3D-modelleur). Er is eerder gestart met het opwerken van het constructieve ontwerp in het 3D-model omdat dit de ‘kapstok’ vormt voor het bouwkundige ontwerp. De objecten zijn geclassificeerd volgens de NL-Sfb elementenmethode. Dit was van belang voor het gebruik van IBIS4BIM en tevens biedt dit een gestructureerde manier voor het opbouwen van een 3D-model. Het 3D-model is opgewerkt op basis van 2D constructieve en bouwkundige tekeningen uit de fase Definitief Ontwerp van respectievelijk de constructeur en architect in de vorm van Bestek & Tekeningen (B&T). Het digitale DWG-bestand van het ontwerp van de architect is tijdens het modelleren als onderlegger gebruikt.

Voor het opwerken van het 3D-model is de applicatie Revit gebruikt. De 3D-modelleur bouwkundig (bouwkundig tekenaar 1) maakte gebruik van Revit Architecture en de 3D-modelleur constructief (de 3D-modelleur SE) van Revit Structure. Integrale 3D clash-controle is ‘handmatig’ uitgevoerd door de 3D-modelleurs tijdens het opwerken van het 3D-model. Dit was mogelijk omdat door beide 3D-modelleurs in aparte worksets in hetzelfde bestand werd gewerkt, waardoor zij elkaars workset als onderlegger konden gebruiken. Tevens konden de 3D-modelleurs clashes in hun eigen werkset opsporen met de automatische clash-controle functie in Revit.

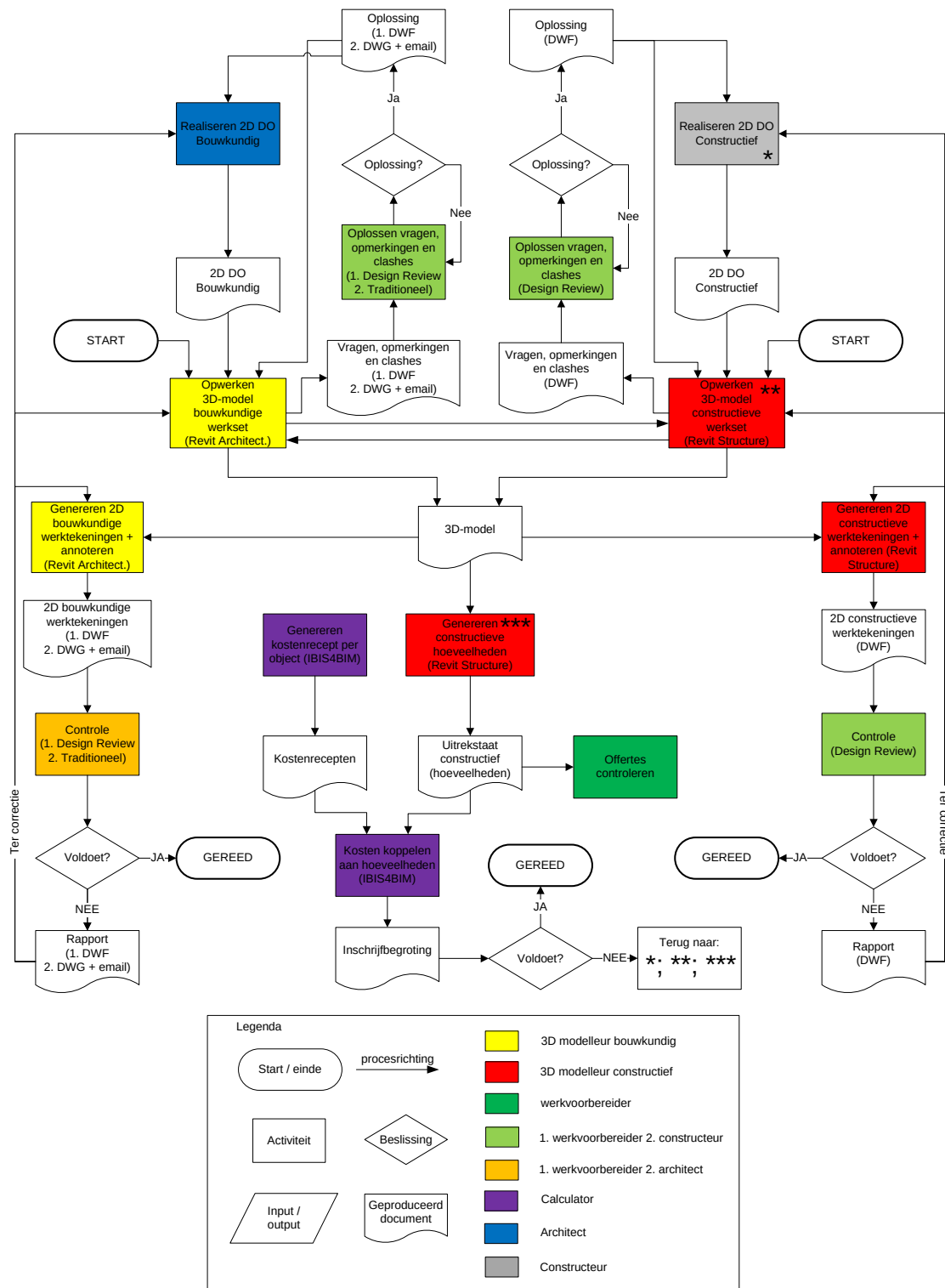
Indien onduidelijkheden of clashes werden ontdekt tijdens het modelleren, konden drie vervolgstappen worden onderscheiden:

1. De 3D-modelleurs proberen in eerste instantie gezamenlijk onduidelijkheden of clashes op te lossen, om zodoende modelleerfouten uit te sluiten;
2. Indien stap 1 niet resulteert in een oplossing, wordt de onduidelijkheid of clash gedocumenteerd en ter bespreking voorgelegd aan één van de werkvoorbereiders in het team;
3. Indien stap 2 niet resulteert in een oplossing, moet de onduidelijkheid of clash gedocumenteerd worden ter bespreking met de architect of constructeur.

Voor het documenteren van onduidelijkheden of clashes waren de 3D-modelleurs verantwoordelijk. Documentatie geschiedde door het maken van 2D of 3D DWF-bestanden van het 3D-model voorzien van markups (opmerkingen) bij op te lossen clashes of onduidelijkheden. DWF-bestanden kunnen worden ingelezen met de gratis applicatie Design Review. Onduidelijkheden en clashes in het 3D-model kunnen in Revit worden voorzien van een Revisioncloud (opmerking). Deze Revisionclouds worden niet automatisch overgenomen als markupsheet in de DWF-bestanden. Dit dient de 3D-modelleur handmatig te doen. Een nieuw DWF-bestand kan worden vergeleken met een oud DWF-bestand, zodat verschillen duidelijk worden.

Voor interne communicatie, stap 2, werden de DWF-bestanden in een aparte ‘verzonden’ map op de netwerkschijf gezet door de 3D-modelleurs. Hiervan werd vervolgens intern (mondeling) melding gemaakt bij de werkvoorbereider. De werkvoorbereider voorzag deze DWF-bestanden vervolgens van zijn eigen opmerkingen en plaatste deze in een aparte ‘ontvangen’ map op de projectplek en maakte hier intern (mondeling) melding van bij de 3D-modelleur. De 3D-modelleur

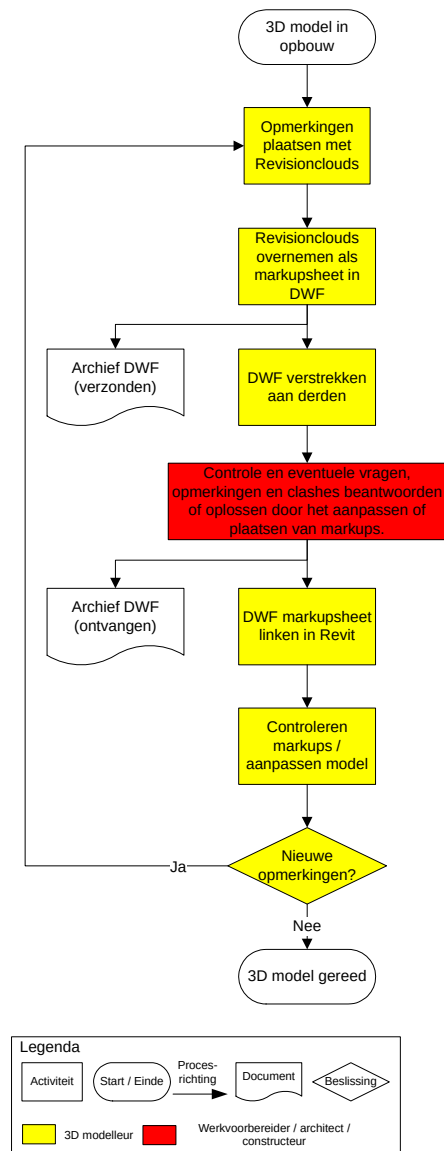
kon het DWF-bestand vervolgens als onderlegger gebruiken in Revit en de opmerkingen verwerken in het 3D-model. Als er vervolgens nog clashes of onduidelijkheden waren, moest de Revisioncloud worden aangepast of moest een nieuwe worden geplaatst. Indien dit niet het geval was, moest de status van de Revisioncloud worden gewijzigd. Deze werkwijze wordt door Strukton Engineering 'roundtrip engineering' genoemd tussen ontwerpende en controlerende partijen. In Figuur 34 wordt deze werkwijze geïllustreerd.



Figuur 33: Processchema werkelijke toepassing Virtueel Bouwen

Rapportage richting de constructeur vond op twee manieren plaats via de werkvoorbereiders. Ten eerste via het onderling per email versturen van 2D of 3D DWF-bestanden volgens de hierboven beschreven procedure met Design Review. Ten tweede heeft er een (uiteindelijk eenmalige) sessie plaatsgevonden tussen het projectteam en de constructeur waarin clashes en onduidelijkheden zijn besproken aan de hand van DWF-bestanden met opmerkingen en het 3D-model. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van een Smartboard. Met de architect werd traditioneel gecommuniceerd door het verzenden van 2D PDF- of DWG bestanden met een begeleidende e-mail. In de praktijk bleek de bovenstaand beschreven procedure met Design Review naar behoren te werken, maar er hebben zich wel een aantal problemen voorgedaan welke in de beschrijving van de episodes zijn behandeld.

Uiteindelijk zijn uit het 3D-model constructieve en bouwkundige 2D werktekeningen gerealiseerd (exclusief constructieve wapeningstekeningen). Het betreft hierbij plattegronden en doorsneden. De werktekeningen werden gerealiseerd door het maken van live doorsneden in het 3D-model. Deze doorsneden moesten vervolgens handmatig geannoteerd worden door de 3D-modelleurs, waarbij in de bouwkundige werktekeningen tevens enkele ontwerpdetails moesten worden toegevoegd. Controle van deze werktekeningen werd uitgevoerd door de werkvoorbereiders en constructeur via de hierboven beschreven procedure met DWF-bestanden en Design Review en door de architect op de traditionele manier met DWG- of PDF-bestanden via een begeleidende e-mail. Tevens zijn de werktekeningen gecontroleerd door de planvoorbereider, welke veel ervaring heeft met uitvoering. In de praktijk werden de werktekeningen vaak uitgeprint voor het uitvoeren van deze controle werkzaamheden. Volgens de 3D-modelleur SE voor het verkrijgen van een beter overzicht. "Op papier zie je soms toch meer dan op een scherm!"



Figuur 34: Roundtrip engineering

In Revit wordt een database export gemaakt van de constructieve workset van het 3D-model naar IBIS4BIM. Deze database bevat hoeveelheden van objecten en tevens is een 3D DWF-bestand opgenomen van het 3D-model. Middels de DWF-viewer in IBIS4BIM kan de calculator een beeld verkrijgen van het bouwwerk en de locatie van specifieke objecten in het bouwwerk. De 3D-modelleur kan bepalen van welke objecten de hoeveelheden naar de database geëxporteerd moeten worden. Dit is afgestemd door de 3D-modelleur SE met de calculator. Per object is door de calculator een kostenrecept ontwikkeld en dit is aan de objecten gekoppeld. Belangrijk hierbij is dat de objecten zijn geclassificeerd volgens de NL-Sfb elementenmethode. IBIS4BIM is namelijk gebaseerd op classificatie van objecten volgens deze elementenmethode. Daarnaast is de STABU-codering toegevoegd aan de objecten, zodat vergelijking van de bestaande begroting met de begroting uit IBIS4BIM mogelijk is. De bestaande begroting is namelijk opgebouwd volgens de STABU-systematiek van het bestek. De met IBIS4BIM gerealiseerde begroting is vergeleken met de bestaande begroting. Bouwkundige hoeveelheden uit het 3D-model zijn uiteindelijk niet calculeert.

Uiteindelijk zijn met de gegenereerde constructieve hoeveelheden en met een aantal gegenereerde bouwkundige hoeveelheden een aantal offertes van onderaannemers of toeleveranciers gecontroleerd door de werkvoorbereiders.

Tevens is het Revit 3D-model verzonden aan de constructeur, om op basis van het 3D-model wanduitslagen te bepalen voor het realiseren van wapeningstekeningen. De constructeur heeft het 3D-model hiervoor uiteindelijk niet gebruikt.

Een aantal 'oude' werkwijzen zijn niet vervangen door het gebruik van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad. Ten eerste zijn door de werkvoorbereiders voor hun werkzaamheden handmatig hoeveelheden bepaald uit 2D tekeningen. Ten tweede heeft handmatige controle van de 2D tekeningen van architect en constructeur door de planvoorbereider plaatsgevonden.

Bijlage 13: Beschrijving delta's episode 1 t/m 5

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Gedrag	Consequentie	Oplossingsrichting	Δ
1.1	Normaal	Op basis van het 2D ontwerp of een 3D-model van derden wordt met de applicatie Revit een 3D-model opgewerkt.	3D-modelleur	Aanwezigheid van een vragende actor.	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de resultaten en aanbevelingen van de Werkgroep.	3D-modelleurs verwerken het ontwerp van derden in een 3D-model.	-Nieuwe processtap. -De 3D-modelleurs moeten leren werken en vertrouwen krijgen met de software.	-Werkwijze ontwikkelen. -3D-modelleurs opleiden. -Werkwijze testen.	1.1
1.2	Normaal	3D-model van derden is input i.p.v. 2D-tekeningen.	3D-modelleur	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	3D-modelleurs integreren verschillende 3D-modellen tot één 3D-model.	De verschillende 3D-modellen moeten op elkaar afgestemd worden.	-Afspraken maken met derden m.b.t. de te hanteren werkwijze. -Werkwijze testen.	1.2
1.3	Normaal	Digitale 2D clash-controle i.p.v. handmatige controle van 2D ontwerp van derden.	Werkvoor- bereider	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	Werkvoorbereiders maken voor controle van het 2D ontwerp van derden gebruik van software.	-Nieuwe processtap, normaal geschiedt controle tijdens voortschrijden van de werkzaamheden. -De werkvoorbereiders moeten leren werken en vertrouwen krijgen met de software.	-Werkwijze ontwikkelen. -Werkvoorbereiders opleiden. -Werkwijze testen.	1.3
1.4	Normaal	Digitale 3D clash-controle met Revit i.p.v. handmatige controle van 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoor- bereider	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De 3D-modelleur controleert het ontwerp van derden i.p.v. de werkvoorbereider.	-Nieuwe processtap, normaal geschiedt controle tijdens voortschrijden van de werkzaamheden. -3D-modelleurs moeten 3D clash-controle kunnen uitvoeren.	-Afspraken maken tussen 3D-modelleurs en werkvoorbereiders m.b.t. de te hanteren werkwijze. -Werkwijze testen.	1.4
1.5	Normaal	Genereren van hoeveelheden voor calculatie uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De 3D-modelleur bepaald hoeveelheden i.p.v. de calculator.	-Het 3D-model moet opgebouwd zijn zodat hoeveelheden op tijd, correct en bruikbaar zijn. -3D-modelleurs moeten hoeveelheden kunnen bepalen.	-Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleurs en calculator. -Werkwijze testen.	1.5
1.6	Normaal	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden voor calculatie i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De calculator gebruikt door de 3D-modelleur bepaalde hoeveelheden.	-Hoeveelheden moeten op tijd, bruikbaar en correct zijn. -Calculator moet hoeveelheden vertrouwen.	Zie Δ1.5	1.6

1.7	Normaal	Gebruik van IBIS4BIM voor het realiseren van een elementen begroting i.p.v. IBISTRAD voor het realiseren van een STABU begroting. ⁶	Calculator	Zie Δ1.1	Zie Δ1.1	De calculator maakt gebruik van IBIS4BIM.	De calculator moet leren werken en vertrouwen krijgen met IBIS4BIM.	-Calculator opleiden. -Werkwijze ontwikkelen. -Werkwijze testen.	1.7
-----	---------	--	------------	----------	----------	---	---	--	-----

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Gedrag	Consequentie	Oplossingsrichting	Δ
2.1	Ep 1	Input voor het 3D-model is het 2D ontwerp van derden en niet een 3D-model van derden.	3D-modelleur.	Aanwezigheid van een vragende actor.	-Geen 3D-model van derden beschikbaar. -Uitgangspunten bij opleggen Virtueel Bouwen door directie: 3D-model ontwikkelen in eigen huis en haalbare doelen stellen.	De 3D-modelleur moet het ontwerp van derden omzetten in 3D.	Er ontstaan twee informatiestromen. Intern een 3D stroom en extern een 2D stroom.	-Virtueel Bouwen eerder insteken met derden. -Directie overtuigen van mogelijkheden, nut en noodzaak integraal 3D proces.	2.1
2.2	Ep 1	Alleen het DO ontwerp van architect en constructeur wordt verwerkt in het 3D-model en niet van andere derden.	3D-modelleur, werkvoor-bereider.	Zie Δ2.1	Uitgangspunten bij opleggen Virtueel Bouwen door directie: -Haalbare doelen stellen.	Werkvoorbereiders moeten informatie uit verschillende bronnen halen.	Er is sprake van verschillende informatiebronnen.	Directie overtuigen van de mogelijkheden, nut en noodzaak van een integraal 3D proces.	2.2
2.3	Normaal	2D constructieve en bouwkundige werktekeningen worden niet gerealiseerd met AutoCAD maar worden uit het 3D-model gegenereerd met Revit. (excl. wapenings-tekeningen)	3D-modelleur.	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Bij SE is het mogelijk (technische mogelijkheden, push). -Contractueel moet SBV werktekeningen realiseren (project behoefte, pull). -Men verwacht betere tekeningen te kunnen realiseren (project behoefte, pull)	3D-modelleur moet werktekeningen genereren uit het 3D-model.	-Nieuwe processtap -Het 3D-model moet zo opgebouwd zijn dat correcte werktekeningen kunnen worden gegenereerd. -Er ontstaan twee processtromen, omdat de constructeur wapenings-tekeningen realiseert.	-Eisen en wensen werktekeningen afstemmen tussen 3D-modelleur en werkvoorbereider en/of uitvoerder. -Werkwijze testen	2.3
2.4	Normaal	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden voor het vaststellen van de definitieve inkoopspecificatie.	Werkvoor-bereider.	Zie Δ2.1	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de resultaten en aanbevelingen van de werkgroep.	Werkvoorbereider gebruikt door een 3D-modelleur gegenereerde hoeveelheden voor de inkoopspecificatie.	-Hoeveelheden moeten op tijd, bruikbaar en correct zijn. -Werkvoorbereider moet hoeveelheden vertrouwen.	-Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleur en werkvoorbereider. -Werkwijze testen.	2.4

⁶ In IBIS4BIM wordt gecalculeerd per element volgens de NL-Sfb elementenmethode en in IBISTRAD per werksoort volgens de STABU besteksystematiek.

2.5	Normaal	Controle van aangevraagde offertes met uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Zie Δ2.4	Werkvoorbereider gebruikt door een 3D-modelleur gegenereerde hoeveelheden voor controle.	Zie Δ2.4	Zie Δ2.4	2.5
2.6	Normaal	Genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiding uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Zie Δ2.4	De 3D-modelleur bepaald hoeveelheden i.p.v. de werkvoorbereider.	-Het 3D-model moet opgebouwd zijn zodat hoeveelheden op tijd, correct en bruikbaar zijn. -3D-modelleers moeten zowel hoeveelheden genereren voor calculator en werkvoorbereider.	-Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleur, calculator en werkvoorbereider. -Werkwijze testen.	2.6
2.7	Ep 1	Werkvoorbereiders moeten zowel handmatig bepaalde hoeveelheden als uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden gebruiken voor inkoop.	Werkvoorbereider.	Zie Δ2.1	Opgelegd door de directie door het van toepassing verklaren van de aanbevelingen om alleen bewezen middelen toe te passen.	Werkvoorbereiders bepalen handmatig hoeveelheden.	Virtueel Bouwen heeft geen toegevoegde waarde voor werkvoorbereiders.	-Directie wijzen op beperkingen schaduwonderzoek. -Afspraken maken om werkwijze te testen en vervolgens zo snel mogelijk definitief over te schakelen op nieuwe werkwijze.	2.7
2.8	Ep 1	Geen digitale 2D clash-controle van het 2D ontwerp van architect en constructeur.	Werkvoorbereider, 3D-modelleur	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	Overbodig door 3D clash-controle.	Werkvoorbereiders voeren geen digitale controle uit van 2D ontwerp derden.	Verantwoordelijkheid voor controle 2D ontwerp architect en constructeur volledig in handen van modelleers.	Afspraken maken over de te gebruiken procedure/werkwijze bij het uitvoeren van controle.	2.8

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Gedrag	Consequentie	Oplossingsrichting	Δ
3.1	Ep 2	Digitale 3D clash-controle tijdens voorschrijden van het modelleren door de 3D-modelleers.	3D-modelleur en werkvoorbereider	Persoonlijke motivatie, kennis en vaardigheden en handelingsmogelijkheden.	Kennis en inzicht 3D-modelleur SE. Werken met verschillende worksets in één 3D-model verdient de voorkeur, omdat hierdoor continu clash-controle uitgevoerd kan worden i.p.v. periodiek door het 'bevriezen' van de verschillende discipline 3D-modellen en deze samen te voegen.	3D-modelleers moeten clashes en onduidelijkheden signaleren, documenteren en rapporteren.	3D-modelleers zijn direct verantwoordelijk voor het uitvoeren van 3D clash-controle.	Afspraken maken over de te gebruiken procedure/werkwijze bij het uitvoeren van controle.	3.1
3.2	Ep 2	Geen bouwkundige maar alleen constructief gegenereerde hoeveelheden uit het 3D-model calculeren.	3D-modelleur en calculator	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik en perceptie van tijdsdruk.	Kennis en inzicht BIMSpecialist. Genereren en calculeren van constructieve hoeveelheden is makkelijker. Hierdoor zijn voordelen groter, nadelen kleiner en is de kans op tijdsdruk bij voornamelijk de bouwkundig modelleur kleiner.	De 3D-modelleur genereert alleen constructieve hoeveelheden.	Het genereren en calculeren van bouwkundige hoeveelheden kan niet getest worden.	Meer middelen (tijd en geld) beschikbaar stellen voor calculeren en modelleren.	3.2

3.3	Ep 2	Mogelijke integratie van installaties in het 3D-model.	Projectteam	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Grote verwachte toegevoegde waarde op basis van ervaring vorig project en omdat installaties een groot onderdeel zijn van de opdracht. -Er worden geen nadelen (risico's) verwacht. -Uitgangspunten niet duidelijk.	Er wordt gezocht naar een installateur die het ontwerp in 3D uitwerkt.	De werkwijze gaat mogelijk afwijken van de oorspronkelijke uitgangspunten.	-Uitgangspunten duidelijk communiceren. -Afdwingen dat toestemming aan beslissingsniveau wordt gevraagd voor scope verruiming.	3.3
3.4	Ep 2	Mogelijke integratie van prefab in het 3D-model.	Projectteam	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Grote verwachte toegevoegde waarde op basis van ervaring vorig project en omdat installaties een groot deel van de opdracht uitmaken. -Er worden geen nadelen (risico's) verwacht. -Uitgangspunten niet duidelijk.	Er wordt gezocht naar een prefab-leverancier die het ontwerp in 3D uitwerkt.	De werkwijze gaat mogelijk afwijken van de oorspronkelijke uitgangspunten.	-Uitgangspunten en consequenties duidelijk maken. -Afdwingen dat toestemming aan beslissingsniveau wordt gevraagd voor scope verruiming.	3.4
3.5	Ep 2	Handmatig hoeveelheden bepaald op basis van 2D ontwerp architect en constructeur.	Werkvoorbereider	Afstemming tussen ICT en werkwijzen en duidelijkheid van procedurele afspraken	-Schaduwonderzoek. -Uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden waren niet beschikbaar bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden.	Door de werkvoorbereiders zijn handmatig hoeveelheden bepaald.	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af, omdat werkzaamheden dubbel worden uitgevoerd.	-Eerder starten met het opbouwen van een 3D-model. -Later starten met voorbereidingswerkzaamheden.	3.5
3.6	Ep 2	Handmatige controle van 2D ontwerp architect en constructeur op hoofdlijnen	Werkvoorbereider	Afstemming tussen ICT en werkwijzen, duidelijkheid van procedurele afspraken en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik.	-Volgens de werkvoorbereider is het noodzakelijk om je goed te kunnen verdiepen in het project en kan dit niet met een 3D-model. -3D-model was niet beschikbaar bij aanvang van de voorbereidingswerkzaamheden	Door de werkvoorbereiders is het ontwerp handmatig gecontroleerd.	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af, omdat werkzaamheden dubbel worden uitgevoerd.	-Inzichtelijk maken van de mogelijkheden van Virtueel Bouwen. -Eerder starten met het opbouwen van een 3D-model. -Later starten met voorbereidingswerkzaamheden.	3.6

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Gedrag	Consequentie	Oplossingsrichting	Δ
4.1	Ep 3	Objecten in de ene worksets verschuiven door het werken in de andere workset.	3D-modelleur	Duidelijkheid van procedurele afspraken, duidelijkheid over de bediening van ICT en aanwezigheid van technische middelen.	-Slechte tekenafspraken tussen de 3D-modelleers. -Technische tekortkomingen van de applicatie in combinatie met de gekozen werkwijze. -Beperkte ervaring met Virtueel Bouwen van verschillende betrokkenen.	Tijdens het modelleren moeten de 3D-modelleers controleren of objecten verschuiven.	- Beperkte betrouwbaarheid van het 3D-model. -3D-modelleers zijn tijd kwijt aan het uitvoeren van controle.	-Betere tekenafspraken maken tussen de 3D-modelleers. -De gekozen werkwijze vooraf testen met de verschillende gebruikers. -Personen met beperkte ervaring trainen.	4.1
4.2	Ep 3	Onduidelijkheid over het gewenste detailniveau van het bouwkundige 3D-model (workset) voor het genereren van werktekeningen en hoeveelheden.	3D-modelleur en werkvoorbereider.	Duidelijkheid van procedurele afspraken, duidelijkheid over de bediening van ICT.	-Vooraf geen duidelijke afspraken gemaakt tussen 3D-modelleers en werkvoorbereiders over het gewenste detailniveau van het 3D-model. -Beperkte ervaring met Virtueel Bouwen van verschillende betrokkenen. -Projectdoelen en uitgangspunten niet duidelijk.	3D-modelleers moeten tijdens het modelleren het gewenste detailniveau bepalen.	-3D-modelleers zijn tijd kwijt aan het bepalen van het gewenste detailniveau. -Detailniveau komt niet overeen met het gewenste detailniveau.	-Vooraf afspraken maken tussen 3D-modelleers en werkvoorbereiders over het gewenste detailniveau. -Personen met beperkte ervaring trainen.	4.2

4.3	Ep 3	Er worden geen bouwkundige en constructieve hoeveelheden uit het 3D-model gebruikt voor inkoop.	3D-modelleur en werkvoorbereider	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik, perceptie van tijdsdruk, afstemming tussen ICT en werkwijzen en aanwezigheid van technische middelen.	-Het moeten genereren van hoeveelheden (en daarmee het volledig uitwerken van objectenfamilies) resulteert in gevaar voor het op tijd realiseren van 2D bouwkundige werktekeningen en een onwerkbaar 3D-model. -Te groot risico om te wachten op hoeveelheden voor inkoop, terwijl men niet zeker weet of deze op tijd, bruikbaar en correct zijn. - Tijdsdruk door Δ4.1 en Δ4.2	De 3D-modelleers hoeven geen hoeveelheden te bepalen voor inkoop.	Werkvoorbereiders moeten handmatig hoeveelheden bepalen voor inkoop.	-Realiseren van meer modelleer capaciteit. -Toegevoegde waarde van het bepalen van bouwkundige hoeveelheden vergroten door duidelijk af te spreken wanneer en hoe deze aan te leveren.	4.3
4.4	Ep 3	Een deel van de ontwerp informatie moet geannoteerd worden in gegenereerde bouwkundige werktekeningen uit het 3D-model.	3D-modelleur	Perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruik, perceptie van tijdsdruk, afstemming tussen ICT en werkwijzen en aanwezigheid van technische middelen.	- Het toevoegen van alle ontwerp informatie aan het 3D-model resulteert in: -Weinig toegevoegde waarde. -Gevaar voor het op tijd realiseren van 2D bouwkundige werktekeningen. -Onwerkbaar 3D-model. - Tijdsdruk door Δ4.1 en Δ4.2	De 3D-modelleur moet informatie toevoegen aan bouwkundige werktekeningen.	Er ontstaan verschillende informatiebronnen.	-Toegevoegde waarde inzichtelijk maken. -Realiseren van meer modelleer capaciteit.	4.4

Δ	T.o.v.	Omschrijving	Actor	Reden	Verklaring	Gedrag	Consequentie	Oplossingsrichting	Δ
5.1	Ep 4	Het installatie ontwerp wordt niet door een installateur in 3D uitgetekend.	3D-modelleur en werkvoor- bereider	Kennis en vaardigheden, handelingsmogelijk heden en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruikt.	-Installateurs vragen een meerprijs. -Installateurs maken nog niet gebruikt van 3D ontwerp software.	De 3D-modelleur moet het ontwerp van de installateur omzetten in 3D en/of de werkvoorbereider moet informatie halen uit verschillende bronnen.	Er ontstaan twee informatiestromen (intern een 3D stroom en extern een 2D stroom) en/of er is sprake van verschillende informatiebronnen.	-Meerprijs betalen. -Installateurs selecteren die wel gebruik maken van 3D ontwerp software. -Installateurs inzicht geven in de toegevoegde waarde.	5.1
5.2	Ep 4	Digitale uitwisseling van (onderdelen) van het 3D-model en bijbehorende clashes en onduidelijkheden met werkvoorbereiders en de constructeur middels Design Review (DR)	3D-modelleur, werkvoorbereider en constructeur.	Afwezigheid van technische middelen en perceptie van voor- en nadelen van ICT gebruikt.	-Noodzakelijk omdat niet iedereen beschikt over Revit -Specifiek ontwikkeld voor review werkzaamheden. -Mogelijkheid tot het verzenden van kleinere bestanden. -Niet bevoegde personen kunnen geen ongewenste wijzigingen doorvoeren.	De werkvoorbereiders en constructeur moeten gebruik gaan maken van DR voor het controleren van (onderdelen) van het 3D-model en het oplossen van clashes en onduidelijkheden.	-Gebruikers moeten beschikking hebben over DR. -Gebruikers moeten (kunnen) werken volgens de bijbehorende werkwijze.	-DR verstrekken onder de gebruikers. -Werkwijze afstemmen en communiceren met gebruikers.	5.2

5.3	Ep 5	De applicatie DR en de bijbehorende werkwijze wordt niet consequent en eenduidig toegepast door de gebruikers.	3D-modelleur, werkvoorbereider, constructeur.	Perceptie van tijdsdruk, afwezigheid van technische middelen en onduidelijkheid van procedurele afspraken.	-Documentatie van alle clashes en onduidelijkheden is niet nodig, omdat ze het gevolg zijn van andere clashes en onduidelijkheden. -Makkelijker om direct te communiceren of te e-mailen. -DR werkt niet goed op alle computers. - DR kan niet door gebruikers geïnstalleerd worden, waardoor het niet gelijk gebruikt kan worden. -Foutmelding in het programma. -Niet duidelijk gemaakt aan constructeur dat middels DR gecommuniceerd moest worden.	-Niet alle 3D-modelleurs documenteren clashes en onduidelijkheden. -Er wordt op traditionele wijze gecommuniceerd.	- Er ontstaan verschillende informatiestromen. -Betrouwbaarheid van het 3D-model neemt af.	-Werkwijze afstemmen en communiceren met gebruikers en eventueel voorzien in een training. - Gebruikers bevoegdheid geven om zelf software te installeren. -Voorzien in computers met voldoende grafische capaciteit.	5.3
5.4	Ep 4	Van niet alle objecten kunnen de hoeveelheden gebruikt worden voor de calculatie in IBIS4BIM.	3D-modelleur en calculator	Afwezigheid van technische middelen.	Technische koppeling tussen databases werkt niet goed.	Calculator moet van een aantal objecten de hoeveelheden handmatig bepalen.	Toegevoegde waarde van Virtueel Bouwen neemt af.	-Software ontwikkelaars aansporen om dit probleem op te lossen. -Overstappen op een alternatief (als dat beschikbaar is).	5.4
5.5	Ep 4	Ontwerpbeslissingen van architect en constructeur verlopen traag.	3D-modelleur	Aanwezigheid van een vragende actor, slechte afstemming tussen ICT en werkwijzen en onduidelijkheid van procedurele afspraken.	-Constructeur mocht van SPO geen werkzaamheden verrichten. -Werkwijze vraagt om input van constructeur, maar dit is niet afgestemd.	3D-modellereurs moeten lang wachten op oplossingen van gesignaleerde clashes en onduidelijkheden.	Modelleerwerkzaamheden lopen vertraging op.	Werkwijze bepalen en afstemmen met zowel direct betrokkenen als indirect betrokkenen die informatie moeten leveren.	5.5

Bijlage 14: Barrières, drijfveren en oplossingen weloverwogen invoering

In onderstaande Tabel 24 zijn de veranderingen, die gesignaleerd zouden worden als in de adoptiefase (episode 2) het veranderidee in het processchema zou zijn verwerkt, geanalyseerd op invoerbaarheid. Per verandering worden de barrières of drijfveren beschreven en wordt een eventuele oplossingsrichting gegeven. De veranderingen Δ1.2 en Δ1.3 zijn niet geanalyseerd op invoerbaarheid, omdat deze zijn vervallen in episode 2.

Δ	Beschrijving	Actor	Barrière / drijfveer	Oplossingsrichting
1.1	Op basis van het 2D ontwerp of een 3D-model van derden wordt met de applicatie Revit een 3D-model opgewerkt.	3D-modelleur	Is nieuw voor de gebruikers. (kennis en vaardigheden)	Zorgen dat de gebruikers zo snel mogelijk over voldoende kennis en vaardigheden beschikken om met het systeem en volgens de vastgestelde werkwijze te kunnen werken. Met andere woorden moet een training worden gegeven.
1.2	n.v.t.			
1.3	n.v.t.			
1.4	Digitale 3D clash-controle met Revit i.p.v. handmatige controle van 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider	-zie Δ1.1 -Werkvoorbereiders geven de voorkeur aan handmatige controle, omdat dit noodzakelijk is voor het verkrijgen van voldoende inzicht in het werk. (persoonlijke motivatie) -Geen duidelijkheid omtrent de bijbehorende werkwijze en verantwoordelijkheden. (kennis en vaardigheden) -Afhankelijk van ontwerp-informatie van derden. (handelingsmogelijkheden en externe motivatie) -Het 3D-model (of delen van het 3D-model) kan niet gecommuniceerd kunnen worden met derden. (handelingsmogelijkheden)	-zie Δ1.1 -Gebruikers informeren over de voor- en nadelen en toegevoegde waarde. -Afspraken maken tussen 3D-modelleuren, werkvoorbereiders en derden m.b.t. de te hanteren werkwijze. -Werkwijze testen. -Alle gebruikers voorzien van de noodzakelijke software.
1.5	Genereren van hoeveelheden voor calculatie uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en calculator	-zie Δ1.1 -Er kunnen geen bruikbare of correcte hoeveelheden op tijd uit het 3D-model gegenereerd worden. (handelingsmogelijkheden en kennis en vaardigheden) -Het genereren van hoeveelheden voor calculatie heeft geen toegevoegde waarde, omdat het geen onderdeel is van de fase werkvoorbereiding. (persoonlijke motivatie en handelingsmogelijkheden)	-zie Δ1.1 -Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleuren en calculator en dit verwerken in een werkwijze. -Werkwijze testen. -Schaduwonderzoek calculatie verwijderen uit doelen.
1.6	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden voor calculatie i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Calculator	-Hoeveelheden zijn niet op tijd, bruikbaar of correct. (handelingsmogelijkheden en kennis en vaardigheden) -Calculator vertrouwt de hoeveelheden niet (persoonlijke motivatie).	-Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleuren en calculator en dit verwerken in een werkwijze. -Werkwijze testen.
1.7	Gebruik van IBIS4BIM voor het realiseren van een elementen begroting i.p.v. IBISTRAD voor het realiseren van een STABU begroting.	Calculator	-zie Δ1.1 -Werkwijze van IBIS4BIM (NL-Sfb) sluit niet aan bij de werkwijze zoals men nu gewend is te werken (STABU). (persoonlijke motivatie en handelingsmogelijkheden)	-zie Δ1.1 -Gebruikers informeren over de voor- en nadelen en de toegevoegde waarde.
2.1	Input voor het 3D-model is het 2D ontwerp van derden en niet een 3D-model van derden.	3D-modelleur.	-Er ontstaan twee informatiestromen. Intern een 3D stroom en extern een 2D stroom. (handelingsmogelijkheden en persoonlijke motivatie)	-Virtueel Bouwen eerder insteken met derden. -Directie overtuigen van mogelijkheden, nut en noodzaak integraal 3D proces.
2.2	Alleen het DO ontwerp van architect en constructeur wordt verwerkt in het 3D-model en niet van andere derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider.	-Er is sprake van verschillende informatiebronnen. (handelingsmogelijkheden en persoonlijke motivatie)	-Directie overtuigen van de mogelijkheden, nut en noodzaak van een integraal 3D proces.
2.3	2D constructieve en bouwkundige	3D-modelleur.	-Er kunnen geen bruikbare of correcte werktekeningen op tijd gegenereerd worden	-Eisen en wensen werktekeningen afstemmen

	werktekeningen worden niet gerealiseerd met AutoCAD maar worden uit het 3D-model gegenereerd met Revit. (excl. wapeningstekeningen)		uit het 3D-model. (handelingsmogelijkheden en kennis en vaardigheden) -Er ontstaan twee processtromen, omdat de constructeur wapeningstekeningen realiseert. (handelingsmogelijkheden en persoonlijke motivatie)	tussen 3D-modelleur en werkvoorbereider en/of uitvoerder en dit verwerken in een werkwijze. -Werkwijze testen -zie Δ2.1
2.4	Gebruik van uit een 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden voor het vaststellen van de definitieve inkoopspecificatie.	Werkvoorbereider.	-Hoeveelheden zijn niet op tijd, bruikbaar of correct. (handelingsmogelijkheden en kennis en vaardigheden) -Werkvoorbereider moet hoeveelheden vertrouwen.	-Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleur en werkvoorbereider en dit verwerken in een werkwijze. -Werkwijze testen.
2.5	Controle van aangevraagde offertes met uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden i.p.v. handmatig bepaalde hoeveelheden.	Werkvoorbereider.	-zie Δ2.4	-zie Δ2.4
2.6	Genereren van hoeveelheden voor werkvoorbereiding uit een 3D-model met Revit i.p.v. handmatig uit het 2D ontwerp van derden.	3D-modelleur en werkvoorbereider.	-zie Δ1.1 -Er kunnen geen bruikbare of correcte hoeveelheden op tijd uit het 3D-model gegenereerd worden. (handelingsmogelijkheden en kennis en vaardigheden)	-zie Δ1.1 -Eisen en wensen hoeveelheden afstemmen tussen 3D-modelleuren en werkvoorbereiders en dit verwerken in een werkwijze. -Werkwijze testen.
2.7	Werkvoorbereiders moeten zowel handmatig bepaalde hoeveelheden als uit het 3D-model gegenereerde hoeveelheden gebruiken voor inkoop.	Werkvoorbereider.	-Virtueel Bouwen heeft geen toegevoegde waarde voor werkvoorbereiders. (persoonlijke motivatie en handelingsmogelijkheden)	-Directie wijzen op beperkingen schaduwonderzoek. -Afspraken maken om werkwijze te testen en vervolgens zo snel mogelijk definitief over te schakelen op nieuwe werkwijze.
2.8	Geen digitale 2D clash-controle van het 2D ontwerp van architect en constructeur.	Werkvoorbereider en 3D-modelleur	-Alleen 3D clash-controle: zie Δ1.4	-zie Δ1.4

Tabel 24: Barrières, drijfveren en oplossingsrichtingen optimale invoering

Bijlage 15: Interview protocol project NieuweVoorstad intern

Hoofddoel van het interview:

Het in kaart brengen van het bedachte en werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad en het bijbehorende invoeringsproces. Het gaat hierbij voornamelijk om de keuzes die actoren hebben gemaakt, de redenen van deze keuzes en de consequenties van deze keuzes. Om een duidelijk beeld van het invoeringsproces te krijgen moeten tevens doorgevraagd worden naar de tijdsdynamiek achter de gemaakte keuzes.

Subdoel, welke niet direct is af te leiden uit het hoofddoel is:

Het achterhalen van verbeterpunten met betrekking tot het invoeringsproces en het werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen. Dit om in een later stadium richtlijnen op te stellen voor een nieuwe werkwijze en een bijbehorend implementatieplan.

Dit interview is opgesteld voor een interview met de leden van het projectteam NieuweVoorstad, de calculator en de coördinator van de Werkgroep die direct betrokken zijn geweest bij de invoering van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

Onderdeel 1: Persoonlijke achtergrond

1. Wat is uw naam en leeftijd?

2. Wat is uw functie?
3. Hoeveel jaar ervaring heeft u in deze functie?
4. Had u voor het project NieuweVoorstad al ervaring met het gebruik van Virtueel Bouwen in een project en wat was u mening ten aanzien van deze toepassing? Met andere woorden, was u positief of juist sceptisch, zag u voordelen of vooral nadelen? En waarom had u deze mening?

Doel: Het plaatsen van deze persoon in een juist kader. Indien iemand bijvoorbeeld nog geen ervaring heeft met Virtueel Bouwen zal de toepassing van Virtueel Bouwen een grotere verandering voor deze persoon betekenen dan voor iemand die hier al enige ervaring mee heeft.

Het toepassen van Virtueel Bouwen betekent mogelijk ook een nieuwe werkwijze. Personen die nog niet lang in een bepaalde functie werken, werken mogelijk nog niet volgens een vaste (jarenlang geoptimaliseerde) werkwijze en staan daarom mogelijk eerder open voor veranderingen.

Onderdeel 2: Bedacht gebruik

Er zijn in eerste instantie vier projectdoelen bepaald met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad. De eerste projectdoelen waren:

- het uitwerken van constructieve werktekeningen vanuit een 3D-model;
- digitale 2D clash controle op tekenwerk;
- coördinatie installatievoorzieningen en springen constructies;
- hoeveelhedenbepaling ten behoeve van inkoop.

1. Bent u betrokken geweest bij het bepalen van deze projectdoelen? Zo ja, ga door naar vraag 2, zo nee ga door naar vraag 7.
2. Hoe zijn de projectdoelen tot stand gekomen? Met andere woorden wie waren daarbij betrokken en op basis van welke informatie en overwegingen zijn deze doelen vastgesteld?

Uiteindelijk zijn de volgende projectdoelen vastgesteld en uiteindelijk ook definitief bevonden:

- integrale 3D clash-controle om DO architect en constructeur te controleren;
- genereren van 2D werktekeningen (exclusief wapeningstekeningen);
- toepassen IBIS4BIM ten behoeve van vergelijking met calculatie (schaduwonderzoek);
- bepalen hoeveelheden ten behoeve van inkoop (schaduwonderzoek).

De volgende veranderingen kunnen worden geconstateerd in de projectdoelen:

- zowel constructieve als bouwkundige werktekeningen;
- geen digitale 2D clash-controle op tekenwerk;
- geen DO installaties opwerken in het 3D-model;
- niet alleen hoeveelheden bepalen voor inkoop maar ook gebruiken voor het calculeren met IBIS4BIM;
- Het uitvoeren van een tweetal schaduwonderzoeken.

3. Hoe zijn deze veranderingen (noemen) in projectdoelen tot stand gekomen. Met andere woorden wie waren daarbij betrokken en op basis van welke informatie en overwegingen zijn deze veranderingen vastgesteld?

4. Op basis van de voorlopige bevindingen heb ik geconcludeerd dat de architect en constructeur niet zijn betrokken bij het bepalen van de projectdoelen. Waarom is dit niet gedaan?

Er zijn in totaal 14 leerdoelen opgesteld met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

5. Waarom is een onderscheid gemaakt tussen projectdoelen en leerdoelen en was is het doel van deze leerdoelen? Zijn het met andere woorden eisen of wensen?
6. Hoe zijn deze leerdoelen tot stand gekomen? Met andere woorden wie waren daar bij betrokken en op basis van welke informatie en overwegingen zijn deze doelen vastgesteld?

Afgezien van de project- en leerdoelen is de toepassing van Virtueel Bouwen niet expliciet uitgewerkt voor het project NieuweVoorstad. Het idee is bijvoorbeeld niet verder uitgewerkt (scope, nieuwe werkwijzen + veranderingen en toegevoegde waarde) en ook zijn de veranderingen per actor niet geanalyseerd op invoerbaarheid (barrières en drijfveren, mogelijke oplossingsrichtingen).

7. Is bovenstaande een bewuste keuze geweest?
 - a. Zo ja, waarom en wie waren daarbij betrokken?
 - b. Indien nee, waarom was het niet mogelijk om deze stappen uit te voeren en wie waren daarbij betrokken? (bijvoorbeeld niet genoeg kennis van ICT of tijdgebrek)
8. Indien u niet betrokken bent geweest bij het vaststellen van de projectdoelen. Heeft u de mogelijkheid gehad om hier achteraf nog inbreng in te hebben? En zo ja, wat heeft u specifiek ingebracht en waarom en wanneer heeft u dit gedaan?

Doel: Achterhalen op welke wijze (door wie en op basis van welke redeneringen) het bedachte gebruik van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad tot stand is gekomen. Daarnaast wordt getracht te achterhalen waarom het bedachte gebruik niet expliciet en uitgebreid is vastgesteld.

Onderdeel 3: Bedachte invoering

1. Bent u betrokken geweest bij het bepalen van de wijze van invoering van Virtueel Bouwen in het project of bent u pas betrokken bij het project toen Virtueel Bouwen al was ingevoerd?
 - a. Zo ja, ga door naar vraag 2.
 - b. Indien nee, ga door naar vraag 4.

Op basis van voorlopige bevindingen kan geconcludeerd worden dat er vooraf niet of nauwelijks is afgestemd tussen de verschillende betrokkenen (zowel binnen Strukton als met derden (architect en constructeur)) over de wijze waarop de verandering ingevoerd zou moeten worden in het project. Er is met andere woorden geen implementatiestrategie opgesteld, er zijn geen interventies bepaald om vooraf geïdentificeerde barrières en problemen te voorkomen en er is geen implementatieplan opgesteld.

2. Is bovenstaande een bewuste keuze geweest?
 - a. Zo ja, waarom en wie waren daar bij betrokken?

- b. Indien nee, waarom was het niet mogelijk om deze stappen uit te voeren en wie waren hier bij betrokken?
(bijvoorbeeld niet genoeg kennis van ICT of tijdgebrek)
- 3. Indien u het niet eens bent met bovenstaande stelling. Wat is in uw ogen vooraf bepaald om de gestelde projectdoelen succesvol in te voeren en te realiseren?
- 4. Indien u niet betrokken bent geweest bij het vaststellen van de wijze van invoering. Heeft u de mogelijkheid gehad om hier achteraf nog inbreng in te hebben? En zo ja, wat heeft u specifiek ingebracht en waarom en wanneer heeft u dit gedaan?

Doel: In kaart brengen waarom vooraf nauwelijks is bepaald hoe de verandering ingevoerd moet worden. En indien dit wel gebeurd is, wat en waarom er dan precies bepaald is.

Onderdeel 4: Werkelijke invoering

1. Was voor aanvang van het project duidelijk voor u wat de project- en leerdoelen waren met betrekking tot Virtueel Bouwen en wat dit precies zou inhouden voor uw werkzaamheden? En kunt u dit toelichten?
2. Was voor aanvang van het project duidelijk op welke wijze de verandering gerealiseerd moest worden. Met andere woorden is met u gecommuniceerd over de verandering, uw rol bij deze verandering en zijn stappen bepaald om tot de uiteindelijk gewenste verandering te komen?
 - a. Zo ja, hoe en welke?
 - b. Zo nee, waarom niet?
3. Heeft er afstemming plaatsgevonden tussen de Werkgroep en het projectteam met betrekking tot leer- en projectdoelen en de wijze waarop deze doelen gerealiseerd moesten worden?
 - a. Indien ja, hoe en wat is afgestemd?
 - b. Indien nee, waarom is dit niet gebeurd?
4. Heeft er afstemming plaatsgevonden tussen derden (architect, constructeur maar ook uitvoering) en het projectteam met betrekking tot leer- en projectdoelen en de wijze waarop deze doelen gerealiseerd moesten worden (afstemming m.b.t. uitwisselingen, contractuele bepalingen, informatiebehoefte et cetera?)
 - a. Indien ja, hoe en wat is afgestemd?
 - b. Indien nee, waarom is dit niet gebeurd?
5. Als je naar de projectdoelen kijkt. Wat waren volgens u bij aanvang van het project de belangrijkste moeilijkheden (barrières) en hebben die zich ook voorgedaan?
6. Hoe is door u en het projectteam vooraf omgegaan met deze moeilijkheden en hoe heeft u en het team gehandeld indien deze moeilijkheden zich voordeden?
7. Is er iemand eindverantwoordelijk gemaakt voor het realiseren van de verandering?
 - a. Indien ja, wie was deze persoon en wat was zijn rol precies?
 - b. Zo nee, waarom niet?
8. Waarom is er al gestart met het invoeren van Virtueel Bouwen (lees modelleren) terwijl nog geen formele goedkeuring was gegeven? Mogelijke antwoorden:
 - a. Tijdwinst
 - b. Uitkristalliseren bedacht gebruik (testen)
 - c. Anders, namelijk:

9. Waarom is eerst gestart met het modelleren van gebouw C1 en later pas met gebouw C3? Met andere woorden is vooraf bedacht om dit te doen zodat tijdens het modeleren van C1 kinderziekten konden worden opgelost zodat bij C3 alles vlekkeloos zou verlopen of is dit simpelweg een gevolg van de overall-planning?
10. Aan de Stuurgroep moest twee maandelijks gerapporteerd worden zodat zij indien noodzakelijk interventies konden uitvoeren. Zijn door de Stuurgroep (of andere leidinggevendenden) interventies uitgevoerd met betrekking tot de invoering en zo ja, kunt u dit toelichten?
11. Uiteindelijk is de verandering op een pragmatisch en ad hoc wijze gerealiseerd. Wat is volgens u de reden voor keuze? Eventueel mogelijke antwoorden:
 - a. Er is gebruik gemaakt van een aantal experts/ervaringsdeskundigen (lees: de 3D-modelleur SE en de adviseur informatiesystemen SE) waarop volledig is vertrouwd dat zij hetgeen noodzakelijk voor succes zouden inbrengen.
 - b. Het was niet nodig om draagvlak te creëren bij het management. Vervolgens is het dus ook niet nodig om alle zaken tot in detail uit te werken om draagvlak te creëren bij het management. Hierdoor wordt een pragmatische aanpak in de hand gewerkt.
 - c. Door de betrokkenen wordt de voorkeur gegeven aan het hanteren van een pragmatische aanpak (learning by doing).
 - d. Er is in de eerste fasen geen sprake van grote tijdsdruk waardoor de mogelijkheid bestaat om een pragmatische aanpak te hanteren.
 - e. Anders, namelijk:

Doel: In kaart brengen van de werkelijke invoering van de project- en leerdoelen met betrekking tot Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad. Belangrijk daarbij is het achterhalen van de redenen achter bepaalde keuzes.

Onderdeel 5: Werkelijk gebruik

1. Kunt u kort omschrijven hoe u het gebruik van Virtueel Bouwen in dit project heeft ervaren? Wat waren de voordelen? Wat waren de nadelen? Hoe komt het dat voordelen wel of juist niet zijn gerealiseerd? En vergelijk dit eens met hoe u hier vooraf over dacht?
2. Zijn voor u oude (mogelijk inefficiënte werkwijzen) vervangen door het gebruik van Virtueel Bouwen in het project? Of leidt het gebruik van Virtueel Bouwen (ongeacht de voordelen) tot meerwerk voor u en blijven oude werkwijzen bestaan?
3. Door werkvoorbereiders zijn handmatig 2D tekeningen gecontroleerd op fouten en tevens zijn handmatig hoeveelheden bepaald door de werkvoorbereiders. Klopt dit? Zo ja, wat is de reden voor het uitvoeren van deze werkzaamheden terwijl deze in principe vervangen zouden moeten worden door Virtueel Bouwen toe te passen?

De opzet van de gebruikte technologie (het 3D-model) kan als volgt worden omschreven:

- gebruik van één model (bestand);
- gebruik van twee werksets (bouwkundig en constructief);
- gebruik van twee modelleurs (bouwkundig en constructief);
- digitale DWG-bestanden van DO ontwerp architect en constructeur gebruikt als onderlegger;
- uitwisselen met werkvoorbereiders, architect en constructeur doormiddel van Design Review.

4. Welke persoon of personen hebben deze opzet bepaald en waarom is gekozen voor deze opzet?

Als je het werkelijke gebruik vergelijkt met de oorspronkelijke projectdoelen en leerdoelen kunnen de volgende verschillen worden onderkend:

- alleen constructieve hoeveelheden gecalculeerd;
- geen installaties in het 3D-model;
- nauwelijks hoeveelheden gebruikt voor inkoop;
- realiseren werktekeningen maar ontwerpdetails annoteren in werktekeningen.

5. Waarom zijn alleen constructieve hoeveelheden gecalculeerd en geen bouwkundige?
6. Waarom zijn uiteindelijk geen installaties in het 3D-model opgenomen?
7. Wat is de oorzaak/reden van het niet gebruiken van hoeveelheden voor het opstellen van inkoopspecificaties maar slechts voor het controleren van enkele ontvangen offertes?
8. Waarom is er voor gekozen om het bouwkundige ontwerp uiteindelijk niet volledig in detail (objectenfamilies en parameters) uit te werken?

Twee belangrijke knelpunten/vraagstukken welke zich hebben blijven voordoen tijdens het modelleren zijn:

- De vereiste diepgang van vooral het bouwkundige modelleerwerk met betrekking tot het genereren van werktekeningen;
- Het verschuiven van objecten tijdens het modelleren.

9. Waarom zijn deze problemen zich blijven voordoen en waarom konden ze niet worden opgelost? Was er bijvoorbeeld een gebrek aan kennis of was er geen tijd om deze problemen op te lossen?

In de praktijk werd de toepassing Design Review gebruikt en bleek hij nuttig. Belangrijk punt is echter dat de toepassing vaak werd omzeild omdat zaken informeel werden overlegd of alleen tekstueel per email werden afgehandeld. Zowel binnen het team onderling als bij communicatie tussen derden.

10. Waarom werd deze toepassing in uw ogen omzeild (door zowel het team als derden)?
11. De communicatie met architect en constructeur verliep stroef waardoor lang moest worden gewacht op ontwerpbeslissingen. Wat is volgens u de oorzaak van deze slechte communicatie?
12. Door de modelleers werden clashes en onduidelijkheden niet altijd even consequent gedocumenteerd en gerapporteerd. Wat is hier naar uw mening de oorzaak van?
13. Wat is de reden voor het niet uitwisselen van 3D-modellen met onderaannemers en toeleveranciers en alleen het verzenden van het 3D-model naar enkele onderaannemers en toeleveranciers zodat zij dit als onderlegger konden gebruiken?
14. Wat is de reden voor het inschakelen van de BIM-specialist bij het werkende krijgen van de applicatie IBIS4BIM?
15. Bij het genereren van hoeveelheden bleken zich een aantal problemen voor te doen. De strekkende meters van kolommen kwamen bijvoorbeeld niet door. Waarom is dit niet opgelost?
16. De resultaten van het schaduwonderzoek (hoeveelheden uit het 3D-model en calculeren met IBIS4BIM) waren positief, maar is de ontwikkelde werkwijze echter wel toepasbaar in praktijkprojecten tijdens werkvoorbereiding en kunt u dit toelichten?

17. Indien zich nieuwe mogelijkheden/kansen voordeden met betrekking tot Virtueel Bouwen was het dan mogelijk om deze toe te passen in het project?
 - a. Zo nee, waarom niet?
 - b. Zo ja, kunt u een aantal voorbeelden noemen?
18. Aan de Stuurgroep moest twee maandelijks gerapporteerd worden zodat zij indien noodzakelijk interventies konden uitvoeren. Zijn door de Stuurgroep (of andere leidinggevendenden) interventies uitgevoerd met betrekking tot het werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen en zo ja, kunt u dit toelichten?

Doel: Achterhalen hoe de verschillende projectteamleden het werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen in het project hebben ervaren. Daarnaast wordt getracht de redenen te achterhalen van beslissingen welke verschillen en overeenkomsten tussen het bedachte en werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen in het project hebben veroorzaakt.

Onderdeel 6: Optimaal gebruik en invoering

1. Als u terugkijkt op het project en de oorspronkelijke projectdoelen, wat zou volgens u moeten veranderen in het kader van Virtueel Bouwen om uw werkwijzen te ondersteunen en deze zelfs te verbeteren?
2. Als u terugkijkt op het project en het invoeringsproces van de verandering in ogenschouw neemt. Wat moet volgens u veranderd worden aan de invoering om dit in een volgend project tot een nog beter resultaat te brengen?
3. Hoewel een groot deel van de stappen welke volgens de methodiek van Adriaanse (2009) moeten worden doorlopen niet worden gesignaleerd in het invoeringsproces zijn toch de meeste projectdoelstellingen gehaald en wordt door alle betrokkenen met tevredenheid terug gekeken naar het project. Wat is in uw ogen hiervoor een verklaring, met andere woorden wat zijn de succesfactoren? Mogelijke verklaringen:
 - a. Ervaringsdeskundigen/expert zeer nauw betrekken bij het invoeringsproces en uitkristalliseren van het werkelijke gebruik;
 - b. het werken met een klein team in één ruimte
 - c. het kiezen van een erg kleine scope, eigenlijk geen derden betrekken, met alleen middelen welke al eens getest zijn
 - d. sterke persoonlijke motivatie van (bijna alle betrokkenen)
 - e. pilot-projecten (normale werkwijzen hoeven niet te worden aangepast / afgeleerd omdat het parallel plaatsvindt en problemen daarom niet opgelost hoeven te worden omdat er een back-up is.
 - f. Anders, namelijk:

Doel: In kaart brengen van zaken welke volgens de projectteamleden moeten veranderen aan de werkwijze en wijze van invoering van Virtueel Bouwen in het project Nieuwe Voorstad ten einde richtlijnen op te stellen voor een nieuwe werkwijze en bijbehorend implementatieplan.

Afsluiting

Dit was de laatste vraag. Bedankt voor uw tijd.

Bijlage 16: Interview protocol project NieuweVoorstad extern

Hoofddoel van het interview:

Het in kaart brengen van het bedachte en werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad en het bijbehorende invoeringsproces. Het gaat hierbij voornamelijk om de keuzes die actoren hebben gemaakt, de redenen van deze keuzes en de consequenties van deze keuzes. Om een duidelijk beeld van het invoeringsproces te krijgen moeten tevens doorggevraagd worden naar de tijdsdynamiek achter de gemaakte keuzes.

Subdoel, welke niet direct is af te leiden uit het hoofddoel is:

Het achterhalen van verbeterpunten met betrekking tot het invoeringsproces en het werkelijke gebruik van Virtueel Bouwen. Dit om in een later stadium richtlijnen op te stellen voor een nieuwe werkwijze en een bijbehorend implementatieplan.

Dit interview is opgesteld voor een interview met de betrokken constructeur, Corsmit Raadgevend Ingenieurs BV, in de personen van Rob Soetekouw (projectleider) en Mark Baltussen (raadgevend ingenieur).

Onderdeel 1: Persoonlijke achtergrond

1. Wat is uw naam en leeftijd?
2. Wat is uw functie?
3. Had u voor het project NieuweVoorstad al ervaring met het gebruik van Virtueel Bouwen in een project en wat was u mening ten aanzien van deze toepassing? Met andere woorden, was u positief of juist sceptisch, ziet u voordelen of vooral nadelen? En waarom heeft u deze mening?

Doel: Het plaatsen van deze persoon in een juist kader. Indien iemand bijvoorbeeld nog geen ervaring heeft met Virtueel Bouwen zal de toepassing van Virtueel Bouwen een grotere verandering voor deze persoon betekenen dan voor iemand die hier al enige ervaring mee heeft. Het toepassen van Virtueel Bouwen betekent mogelijk ook een nieuwe werkwijze. Personen die nog niet lang in een bepaalde functie werken, werken mogelijk nog niet volgens een vaste (jarenlang geoptimaliseerde werkwijze) en staan daarom mogelijk eerder open voor veranderingen.

Onderdeel 2: Werkelijke invoering (extern)

1. Als het goed is bent u op de hoogte van het feit dat Strukton Bouw & Vastgoed (verantwoordelijk voor de realisatie van het project NieuweVoorstad te Nijmegen) aspecten van Virtueel Bouwen heeft toegepast tijdens de werkvoorbereiding.

De volgende projectdoelstellingen zijn door Strukton met betrekking tot Virtueel Bouwen opgesteld:

- integrale 3D clash-controle om DO architect en constructeur te controleren;
 - genereren van 2D werktekeningen (exclusief wapeningstekeningen);
 - toepassen IBIS4BIM ten behoeve van vergelijking met calculatie (schaduwonderzoek);
 - bepalen hoeveelheden ten behoeve van inkoop (schaduwonderzoek).
2. Wanneer bent u op de hoogte gebracht van de plannen en wat was in eerste instantie uw mening ten opzichte van deze plannen?

3. Is met u gecommuniceerd over de plannen van Strukton? Met andere woorden was voor u duidelijk wat de doelstellingen waren en wat uw rol was binnen deze plannen?
4. Was hierbij sprake van eenzijdige communicatie of had u ook de mogelijkheid om zelf ideeën in te brengen? En zo ja, wat heeft u ingebracht en wanneer en waarom heeft u dit gedaan?
5. Hoe bent u begeleidt en heeft afstemming plaatsgevonden met betrekking tot de nieuwe werkwijze vanuit Strukton Bouw & Vastgoed?

Doel: In kaart brengen hoe Strukton Bouw & Vastgoed heeft gecommuniceerd en samengewerkt met derden bij de invoering van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad.

Onderdeel 3: Werkelijk gebruik (extern)

1. Hoe heeft u de nieuwe technologie en werkwijze ervaren (voordelen en nadelen) en bent u in volgende projecten bereidt om dit weer toe te passen of past u dit nu zelf ook toe in andere projecten?
2. Wat waren voor u de belangrijkste belemmeringen met betrekking tot het gebruik van de nieuwe technologie en de werkwijze? En waarom?
3. Hoe zijn bovenstaande belemmeringen opgelost en had Strukton Bouw & Vastgoed hier eventueel een aandeel in?

Door het projectteam is een trage communicatie ervaren met betrekking tot het nemen van ontwerpbeslissingen van uw kant en tevens werd door u bij deze communicatie het gebruik van de afgesproken technologie (Designreview) omzeild.

4. Herkent u zich in deze kritiek?
 - a. Indien ja, waarom duurt het lang dat ontwerpbeslissingen zijn genomen en waarom wordt de technologie en bijbehorende werkwijze omzeild?
 - b. Indien nee, waarom niet?

Doel: In kaart brengen hoe derden het gebruik van Virtueel Bouwen in het project hebben ervaren. Tevens wordt gericht gevraagd naar een verklaring voor de kritiek van het projectteam op het lang uitblijven van ontwerpbeslissingen en het niet consequent gebruik van Design Review.

Onderdeel 4: Optimaal gebruik en invoering

1. Als u terugkijkt op het project en het invoeringsproces van de verandering in ogenschouw neemt. Wat moet volgens u veranderd worden aan de invoering om dit in een volgend project tot een nog beter resultaat te brengen?
2. Als u terugkijkt op het project en de zojuist opgenoemde projectdoelen, wat zou volgens u moeten veranderen (doelen toevoegen of weghalen) in het kader van Virtueel Bouwen om uw werkwijzen te ondersteunen en deze zelfs te verbeteren?

Doel: In kaart brengen wat er volgens derden moet veranderen aan de werkwijze en wijze van invoering van Virtueel Bouwen in het project NieuweVoorstad ten einde richtlijnen op te stellen voor een nieuwe werkwijze en bijbehorend implementatieplan voor een volgens project.

Afsluiting

Dit was de laatste vraag. Bedankt voor uw tijd.