

BIM op de Bouwplaats: Het genereren van taakgerichte tekeningen op verzoek, vanuit de bouwkeet

L.A.H.M. van Berlo

Netherlands organization for applied scientific research TNO, Delft, The Netherlands

M.G. Natrop

Solidu, Nijmegen, The Netherlands

SAMENVATTING: BIM (Bouwwerk Informatie Model) is geaccepteerd als nieuwe technologie binnen de bouwsector. Het is een methode van informatie management die vooral wordt toegepast in voorbereiding op de uitvoering. Op de bouwplaats zelf is echter ook behoefte aan een bepaalde vorm van informatievoorziening. Op dit moment worden BIM-extracten gebruikt als ‘tekening’, die zijn gemaakt op een bepaald moment in het proces. De informatie en het uiterlijk van deze tekeningen zijn vergelijkbaar met de tekeningen uit het traditionele proces, ondanks het feit dat BIM haar intrede heeft gemaakt. Het is een veelvoud aan algemene informatie over het bouwwerk, te gebruiken voor vele verschillende taken tijdens de uitvoering. Dit wekt de indruk dat de komst van BIM hier niets aan heeft veranderd. Het is de vraag of de informatie op de tekeningen, nog wel voldoet aan de huidige informatiebehoefte op de bouwplaats. Door een toename van complexiteit van bouwwerken en fragmentatie van expertise, is er waarschijnlijk behoefte aan andere informatie op de bouwplaats. Met hedendaagse technologieën is het mogelijk om dynamisch tekeningen (informatie-overzichten) te genereren uit BIM. Op deze tekeningen staat bijvoorbeeld alleen informatie ten behoeve van een taak of bewerking op de bouwplaats. Het maken van de overzichten kan eenvoudig zijn. Het overzicht laat alleen de informatie zien die nodig is voor een bepaalde taak. Er is geen andere informatie aanwezig en daarmee minder kans op afleiding. Het overzicht kan geprint worden op een handzaam papier (A3 formaat bijvoorbeeld). De hypothese is dat de taakgerichte informatie ervoor zorgt dat het mensen minder afgeleid en beter geïnformeerd zijn, ten gunste van de kwaliteit en verlaging van de faalkans.

De resultaten van dit onderzoek laten een goede interactie zien tussen de uitvoerder en het bouwplaats personeel. Steeds vaker komt gespecialiseerd personeel voor een korte periode naar de bouwplaats, enkel voor het uitvoeren van een specifieke taak. Zij zijn zich niet bewust van het grotere geheel en komen slechts voor één onderdeel of aspect. Door taakgerichte informatie op verzoek te leveren, verbetert de efficiency van het werk op de bouwplaats. De samenwerking tussen de uitvoerder en het bouwplaats personeel is de belangrijkste factor in dit concept.

1 INTRODUCTIE

BIM (Bouwwerk Informatie Model) is een algemeen geaccepteerde technologie voor het ontwerp en voorbereiding van een bouwwerk, tijdens de samenwerking in een projectteam. De focus verschuift de laatste tijd steeds vaker naar de beheer- en onderhoudsfase. Er is veel onderzoek gedaan naar de BIM-informatie ten behoeve van beheer en onderhoud. Momenteel blijft een andere groep buiten beschouwing, namelijk het bouwplaats personeel. Zij hebben een specifieke behoefte aan informatie. Ondanks het feit dat virtuele bouwwerken een technologie trend zijn, heeft het meeste bouwplaats personeel nog steeds behoefte aan tekeningen. Op dit moment zijn de meeste tekeningen die worden gebruikt op de bouwplaats, gemaakt op een bepaald moment in het proces. Het soort van informatie op deze tekeningen lijkt onveranderd, ondanks de

komst van BIM. Het is een doorsnede op een bepaalde hoogte met veel aanvullende algemene informatie, ten behoeve van veel verschillende participanten in het proces. Het maken van deze tekeningen is met behulp van BIM technologieën eenvoudiger geworden maar het blijft de vraag of de informatie op deze tekening nog wel relevant is op hedendaagse bouwplaatsen. Daarnaast is het de vraag of deze tekeningen nog wel de informatie bevatten die nodig is op de bouwplaats. Mede door een toename van complexiteit van bouwwerken en een fragmentatie van expertise, zijn de meeste tekeningen niet specifiek genoeg voor bepaalde werkzaamheden. Huidige BIM technologieën maken het mogelijk om dynamische tekeningen (extracten) te genereren met taakgerichte informatie. Omdat het maken van deze extracten eenvoudig is, kan het plaatsvinden op de bouwplaats.

2 PROBLEEMSTELLING

Over het algemeen worden op dit moment tekeningen gemaakt op een bepaald moment gedurende het proces, onafhankelijk van wijzigingen die mogelijk nog plaatsvinden. Daarnaast geven traditionele tekeningen niet de actuele relaties tussen verschillende aspecten weer, maar zijn het weergaven van een bepaalde discipline, gemaakt op een bepaald moment voorafgaand aan de uitvoering. De relatie moet hierbij nog onderzocht worden. Het is de vraag of BIM op de bouwplaats een oplossing biedt voor het gericht leveren van actuele informatie op verzoek.

3 WERKWIJZE

Met huidige BIM-technologieën is het mogelijk om een taakgericht informatie-overzichten te genereren op de bouwplaats. Juist omdat het eenvoudig is, wordt de drempel laag om het toe te passen.

Door deze aanpak kan iedereen een informatie-overzicht maken, op basis van de behoefte. Het overzicht kan in de bouwkeet worden geprint op een handzaam papierformaat, bijvoorbeeld A3. Dit overzicht bevat alle informatie die het bouwplaats personeel nodig heeft voor de uitvoering van een specifieke taak of bewerking, op basis van de meest actuele BIM informatie. Mogelijk kan een 3d-impresie duidelijkheid verschaffen, welke gemakkelijk aan het overzicht toe te voegen is. Zo kan een vakman alle relevante en actuele informatie meenemen naar de werkplek en daar een taak gericht uitvoeren. De hypothese is dat de taakgerichte informatie ervoor zorgt dat het bouwplaats personeel minder afgeleid en beter geïnformeerd is, ten gunste van de kwaliteit en met een kleinere kans op fouten. Deze aanpak is de laatste jaren toegepast op verschillende bouwprojecten in Nederland. Enkele van deze projecten zijn geanalyseerd en geëvalueerd.

4 PRAKTIJKSTUDIE

Er zijn drie praktijksituaties onderzocht waarbij geëxperimenteerd werd met informatie-overzichten die op verzoek werden geleverd.

In de periode 2010-2011 werd een utiliteit bouw-werk onderzocht van ongeveer 1900m². Hier werd geëxperimenteerd met taakgerichte informatie. In de periode 2011-2012 werd de aanpak onderzocht tijdens de bouw van gestapelde woningen, gezamenlijk ongeveer 1700m². Tijdens dit project werden gedeelten van het BIM-model gebruikt voor het genereren van informatie.

In 2012-2013 werd de aanpak onderzocht tijdens de bouw van een gezondheidscentrum van ongeveer 550m². Hierbij stond BIM centraal en informatie op

de bouwplaats kwam van de modellen. Ook hier werd de taakgerichte informatie op verzoek geleverd aan het bouwplaats personeel.

4.1 Methode

De uitvoerder verzamelde actuele informatie van verschillende aspectmodellen en gaf daarmee een representatie van de onderlinge samenhang in een 2d-weergave. Aangevuld met specifieke informatie, niet perse afkomstig uit BIM, was dit de informatie waar op de bouwplaats behoefte aan was. Kenmerkend aan dit informatie-overzicht was de weergave van één of meerdere 3d-impresies, naast weergaven in 2d die gebruikt werden voor maatvoering. Het zorgde voor meer inzicht, samen met extra informatie, afkomstig van verschillende bronnen.



Figuur 1. Impresie van de keet van de uitvoerder. Opmerkelijk is de tekeningenkast die bijna leeg is, dit door het ontbreken van tekeningen zoals traditioneel van toepassing.

5 PRAKTIJKVOORBEELDEN

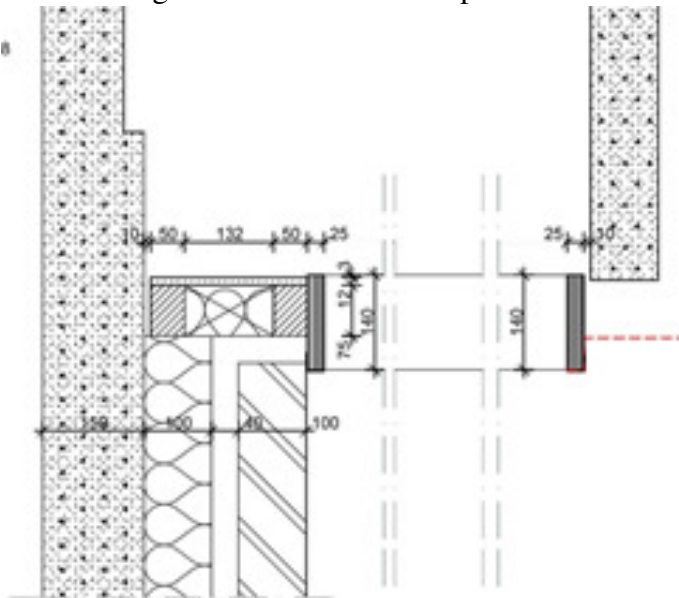
Gedurende de looptijd van de bouwprojecten, stond het model steeds meer centraal. Waar eerder een groot deel van de informatie afkomstig was van traditionele werktekeningen, ging later het gebouwmodel een steeds belangrijker rol spelen. Hierbij werden op de bouwplaats geen traditionele werktekeningen gebruikt, alle informatie kwam uit BIM, inclusief geometrische informatie, door toepassing van het uitwisselbestand IFC. Bij gunning van het werk, waren enkel het BIM model 'zoals besteld' (As Ordered) en eisen en voorwaarden van de opdrachtgever beschikbaar. De uitvoerder creëerde 2d-extracten op basis van verschillende aspectmodellen (Berlo et.al, 2012) die werden gemaakt in de fase 'zoals beloofd' (As Promised), ten behoeve van een bepaalde taak of bewerking die plaatsvond conform planning.

Enkele praktijkvoorbeelden zijn hieronder weergegeven. Hiermee wordt geprobeerd om antwoord te

geven op de volgende vragen: *Welke informatie moet er op een extract uit BIM worden weergegeven?: Wie kan deze extracten maken?: Welk effect heeft deze aanpak op de kwaliteit van het bouwwerk en de kans op falen op de bouwplaats?*

5.1 Houten stelkozijnen

Voor het stellen van stelkozijnen is specifieke informatie nodig. Om deze informatie op een overzicht te plaatsen zijn verschillende aspectmodellen gebruikt. In dit voorbeeld zijn het aspectmodellen van de begane grondvloer, fundering, betonwanden (binnenblad van de spouwmuur) en van de stelkozijnen. Door deze modellen zichtbaar te maken in een modelleerapplicatie (in dit voorbeeld ArchiCAD), kunnen extracten worden gegenereerd, aangevuld met informatie op basis van de behoefte. Zo ontstaan informatie-overzichten. Er kan maatvoering aan worden toegevoegd aan de hand van de hoek van een wand of het uiteinde van de fundering, afhankelijk van de vraag die komt van de bouwplaats.

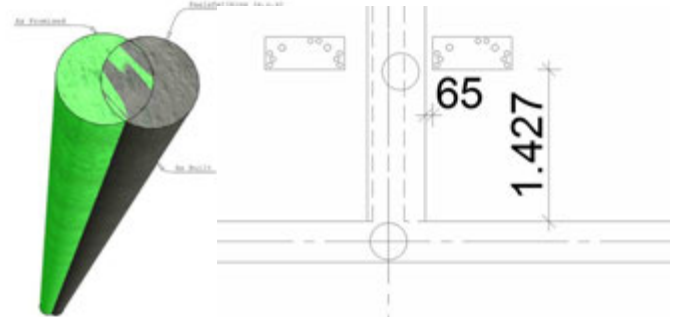


Figuur 1. Impressie van een A3 papier met informatie.

5.2 Afwijkingen paalfundering

Door een afwijking in positie van de funderingspalen, moesten er maatregelen worden getroffen aan de fundering. Een plaatselijke verbreding werd door de constructeur als oplossing geschetst. Deze oplossing is vertaald naar een model dat op de bouwplaats werd gebruikt. Er werd een informatie-overzicht gemaakt waarop de informatie, naar behoefte van het bouwplaats personeel, stond weergegeven. Door de aanpassing aan de funderingsbalk, veranderde de maatvoering van de vloer ten opzichte van de rand van een funderingsstrook. Bij het leggen van de vloer werd de actuele informatie gebruikt, de vloerplaten in relatie met de gewijzigde funderingsbalken.

Doordat de actuele gegevens in de modellen, en daarmee ook op het overzicht, was verwerkt, waren er geen onduidelijkheden tijdens de uitvoering op de bouwplaats. Traditioneel zou deze informatie van verschillende gewijzigde tekeningen komen. In sommige gevallen zou er pas een gewijzigde tekening komen wanneer de werkzaamheden hieromtrent al afgerond waren, op zogenaamde revisietekeningen. Dit vergroot de kans op fouten op de bouw-

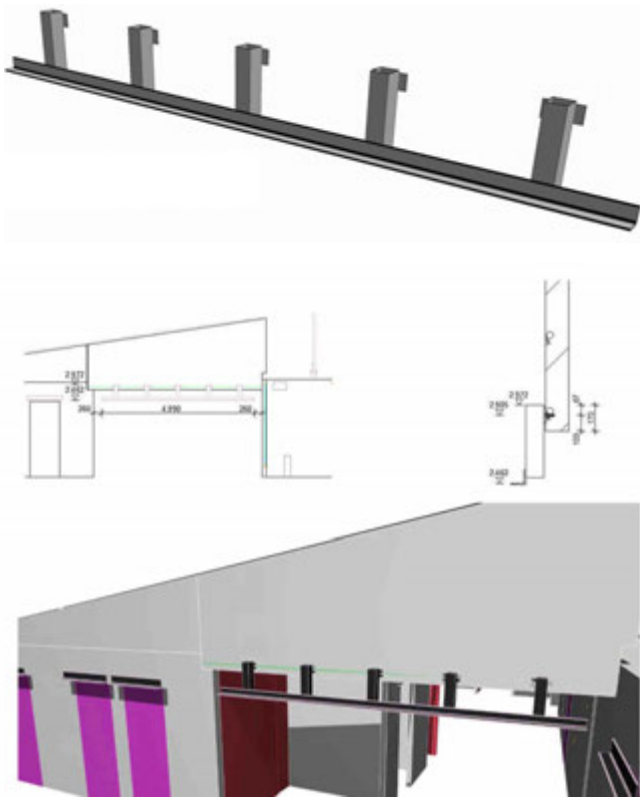


plaats, mede doordat informatie niet actueel is.

Figuur 3. De consequentie van de paalfwijking werd zichtbaar gemaakt in BIM en gebruikt voor de nieuwe 'tekeningen'.

5.3 Geveldrager

Een staalconstructie werd gebruikt als geveldrager. Voordat de montage plaatsvond, is een informatie-overzicht gemaakt. Verschillende weergaven op dit overzicht, gaven de relatie weer tussen de geveldrager en de betonwand waarop deze werd bevestigd. Na een kort overleg op de bouwplaats werd de gewenste maatvoering op een informatie-overzicht verwerkt. De belangrijkste vraag hierbij was; *“welk informatie heb je nodig om de geveldrager te kunnen monteren?”* Met behulp van een laser werd de hoogte uitgezet en de horizontale maatvoering werd gemeten vanaf de betonwanden. Voordat de montage startte, gaf het gebouwmodel inzicht aan het bouwplaats personeel aangaande strategie en uitvoering. Op de werkplek gebruikte men een informatie-overzicht waar de informatie zoals gevraagd op vermeld stond. Traditioneel zou de benodigde informatie van verschillende tekeningen bij elkaar gezocht worden. Hoe meer relaties de geveldrager heeft of hoe complexer, des te groter wordt het aantal tekeningen. Deze tekeningen worden mogelijk niet allemaal meegenomen naar de werkplek, maar iemand heeft de relaties tussen al die tekeningen een keer onderzocht. Er kan een goede tekening zijn van het benodigde detail maar als er iets wijzigt dan zouden ook alle tekeningen moeten wijzigen. Handgeschreven aantekeningen zijn in de praktijk een oplossing om informatie van verschillende tekeningen te combineren en/of om wijzigingen te verwerken. Mogelijk is er op de bouwplaats geen tijd om op nieuwe tekeningen te wachten.



Figuur 4: verschillende impressies van de geveldrager.

5.4 Ventilatiekokers

De positie van de ventilatiekokers werd gepresenteerd in relatie met de begane grondvloer en funderingsbalken. De oplegnokken van de begane grondvloer, waren in het model zichtbaar. De ventilatiekokers moesten tussen deze opleggingen worden geplaatst. Omdat het bouwplaats personeel vroeg om de maatvoering vanaf de funderingsbalken, werd juist die informatie verwerkt op het overzicht. Traditioneel wordt met behulp van een breekijzer of koevoet gezocht naar de positie tussen de opleggingen, door tegen het isolatiemateriaal aan de onderzijde van de vloer te stoten, ongeveer ter plaatse van de positie zoals op de geveltekening staat aangegeven.



Figuur 5: impressie van ventilatiekokers op een plattegrond

Het probleem is de relatie met het metselwerk dat nog niet is uitgevoerd wanneer de ventilatiekokers worden geplaatst, terwijl deze wel belangrijk is in verband met de koppenmaat.

5.5 Sparing door funderingsbalk

Voor de sparingopgave in de fundering werd verschillende informatie gebruikt, afkomstig van co-makers, leveranciers en adviseurs. De benodigde informatie voor de taak op de bouwplaats, werd op een informatie-overzicht samengevoegd weergegeven. Maatvoering werd herleid uit de relatie tussen de installaties en fundering. Op aangeven van het bouwplaats personeel werd een informatie-overzicht gemaakt, de samenvoeging van de benodigde informatie, zodat de taak in het werk kon worden uitgevoerd. In dit geval was het papier, een A3 formaat, geprint in de bouwkeet. In dit voorbeeld werd het model 'zoals gebouwd' (As Built) van de gewijzigde funderingspalen gebruikt, samen met het model 'zoals beloofd' (As Promised) van de fundering, zoals bepaald op aanwijzen van de constructeur.

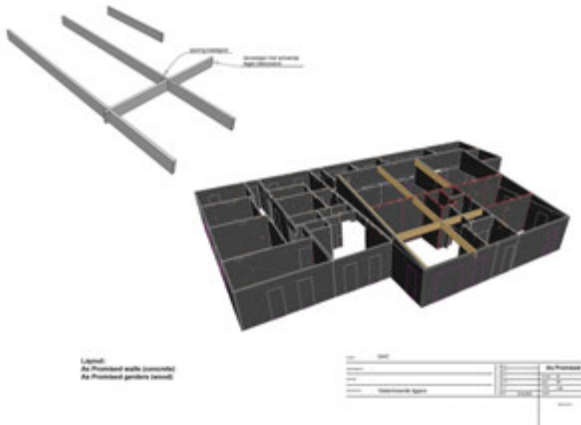
5.6 Gelamineerde liggers

De co-maker die de samenwerking aanging voor wat betreft de gelamineerde liggers van een project, gaf aan te kunnen werken met BIM. Deze co-maker ontving de meest actuele modellen in IFC van overige projectpartners, de referentie voor zijn eigen werk. Zijn model 'zoals beloofd' (As Promised), werd samengevoegd met overige modellen in het verificatiemodel (samengevoegd gebouwmodel dat wordt gebruikt voor verificatie van de modellen). De signaleringen die als uitkomst werden gepresenteerd, leidde uiteindelijk tot een aspectmodel (IFC) met gelamineerde liggers, inclusief een sparing ten behoeve van een kabelgoot. Deze sparing was in overleg met constructeur, installateur en co-maker tot stand gekomen. Ten behoeve van de uitvoering van de werkzaamheden op de bouwplaats, werd actuele informatie op papier gebruikt. Dit overzicht liet relaties zien tussen betonwanden 'zoals gebouwd' (As Built), gelamineerde liggers 'zoals beloofd' (As Promised) en aanvullende aanwijzingen voor het uitvoeren van de taak. Een 3d-impressie op het overzicht gaf inzicht, de aanvullende gedetailleerde informatie over bevestigingen hielp tijdens de montage.

Traditioneel wordt de benodigde informatie gevonden in de bouwkeet. Een veelvoud aan tekeningen en aanvullende informatie. Het bestuderen van de informatie in de bouwkeet, vergt veel tijd. Omdat niet al deze tekeningen worden meegenomen naar de werkplek, resteert mogelijk een blaadje met aantekeningen, met de hoop dat dit de juiste gegevens zijn. Het bestuderen van de informatie in de bouwkeet, vergt meer tijd dan het samenvoegen van benodigde informatie op een informatie-overzicht.

5.7 Experimenten

Tijdens een aantal projecten werd geëxperimenteerd met het verwerken van informatie ten behoeve van het uitvoeren van een taak. Zo kwam er ook informatie die niet direct herleidbaar is uit BIM op een overzicht, zoals informatie over actuele weersomstandigheden bijvoorbeeld. Ook informatie over een gebeurtenis op een bepaald moment of een telefoonnummer van een leverancier of ander aanspreekpunt. Niet direct taakgericht maar mogelijk wel relevant.



Figuur 6: impressie van een experiment met brondata.

Andere experimenten hadden betrekking op niet-geometrische informatie op een overzicht die wel taakgericht is, zoals voorschriften en handleidingen. In een voorbeeld is de maximale randafstand van de schroeven in een volkernbeplating weergegeven op het overzicht, de aanwijzing van de leverancier van het product. Een gedeelte van de productinformatie werd hierbij gekopieerd op het informatie-overzicht

Om de herkomst en status van de overzichten te kunnen herleiden, is geëxperimenteerd met modelnamen en bestandsnamen die worden weergegeven op een overzicht. De voorkeur voor bestandsnamen ging uit naar een combinatie met fase, aspect, omschrijving en datum. Hierdoor werd het eenvoudig te bepalen of een overzicht actueel was.

6 OBSERVATIES

Uitkomsten van dit onderzoek laten zien dat deze methode een goede manier van communiceren is, tussen het bouwplaats personeel en de uitvoerder. Steeds vaker komt gespecialiseerd personeel voor korte tijd naar de bouwplaats, voor het uitvoeren van een specifieke taak. Zij zijn zich niet bewust van het grotere geheel, maar enkel dat aspect waar zij voor komen. Het verstrekken van taakgerichte informatie op papier, maakt het werk dat zij doen meer efficiënt. De samenwerking tussen het bouwplaats personeel en de uitvoerder, is de belangrijkste factor in deze voorbeelden. De benodigde informatie, moet op tijd beschikbaar zijn voor het bouwplaats personeel. Om zoveel mogelijk van deze aanpak te profiteren,

is het nuttig wanneer ieder competent persoon de overzichten op verzoek kan maken in de keet. Zo zijn er bijvoorbeeld meer projecten geweest waarbij BIM modellen aan de basis lagen voor tekeningen op de bouwplaats.

De projecten die zijn gebruikt voor dit onderzoek, laten zien dat het niet enkel gaat om het extraheren van informatie uit BIM, maar om het geven van taakgerichte informatie. Het combineren van actuele informatie van verschillende bronnen en deze zonder afleiding van niet-relevante informatie presenteren op een handzaam papier. Voor sommige taken is het nuttig wanneer informatie wordt toegevoegd welke niet direct herleidbaar is uit BIM, maar voor een groot aantal taken volstaat de informatie die komt uit BIM.

Kort samengevat zijn dit de observaties van de uitvoerder en het bouwplaats personeel:

Voordelen:

- Extra informatie naast info uit BIM (bijvoorbeeld montagehandleidingen, regels en richtlijnen, contactinformatie leverancier en co-makers, etc.)
- Informatie is taakgericht
- Geen afleiding
- Minder zoeken op tekeningen
- Handzame overzichten (A3)
- Gemakkelijk vervangbare tekeningen
- Minder problemen tijdens de uitvoering (echter niet aangetoond in dit onderzoek)

Nadelen:

- Er moet voor iedere taak een overzicht gemaakt worden
- Sterk afhankelijk van de planning (LEAN)
- Wie vervangt de uitvoerder indien noodzakelijk?

7 CONCLUSIONS

Een voorlopige conclusie die kan worden getrokken is dat deze aanpak een effectieve communicatie methode is tussen uitvoerder en bouwplaats personeel. Met name bouwplaats personeel dat gericht een specifieke taak gaat uitvoeren op de bouwplaats, voor een kort moment, heeft aangegeven dat deze aanpak een unieke manier is om snel inzicht te krijgen in de werkzaamheden op de bouwplaats. Belangrijk hierbij is de samenwerking tussen de uitvoerder en het bouwplaats personeel. Een goede samenwerking zorgt ervoor dat de informatie op tijd beschikbaar wordt gesteld en het bouwplaats personeel niet hoeft te wachten.

Toch kan het voorkomen dat de informatie die beschikbaar wordt gesteld op een overzicht, als te weinig wordt ervaren. Dit kan snel worden verholpen maar gaat ten kosten van de efficiëntie. De sleutel tot

succes ligt in de handen van degene die de overzichten maakt.

De informatie die op een taakgericht overzicht kan worden geplaatst, komt niet perse uit BIM. Tijdens de projecten in dit onderzoek, had de uitvoerder het overzicht op het hele proces. Hierdoor was hij in staat om juist die informatie eruit te filteren, welke van belang was voor een specifieke taak. Tijdens de projecten heeft dit niet tot problemen geleid. Het is echter een risico van deze aanpak (hoewel er uitvoerders zijn die te kennen gegeven hebben dat dit risico bij een traditioneel proces ook van toepassing is). De betrokkenen tijdens de projecten geloven dat iedereen die kennis en ervaring heeft met de problemen op de bouwplaats, de overzichten kan maken. Dit is tevens een voordeel; problemen die op de bouwplaats leven, kunnen ter plekke worden opgelost. Over het algemeen lijkt deze aanpak een gunstige uitwerking te hebben op de efficiëntie op de bouwplaats, de effectiviteit van het bouwplaats personeel en de kwaliteit van het geleverde werk.

8 DISCUSSIE

Deze aanpak omschrijft één van de vele methoden om informatie met het bouwplaats personeel te delen. Andere methoden zijn bijvoorbeeld het gebruik van een smartboard in de keet, tablet of zelfs virtuele brillen (Helmolt et.al, 2009).

Het onderzoek in deze publicatie is gebaseerd op projecten en interviews. Een vergelijk tussen verschillende methoden is daarom niet mogelijk. Er kan geen harde conclusie worden getrokken.

Enkele uitvoerders denken dat deze aanpak, waarbij taakgerichte informatie wordt gegeven, ertoe kan leiden dat bouwplaats medewerkers niet meer na hoeven te denken en daarmee 'dom' gehouden worden. Een dergelijke observatie of conclusie komt uit dit onderzoek niet naar voren.

Voor een goede vergelijking is dezelfde uitvoerder werkzaam geweest aan alle projecten die in dit onderzoek zijn gebruikt. Dit kan aanleiding zijn voor een bevooroordeelde mening over deze aanpak.

Conclusies omtrent efficiëntie, effectiviteit en resulterende kwaliteit, zijn allemaal gebaseerd op de mening van dezelfde personen. Aanvullend onderzoek is nodig om conclusies uit dit onderzoek te bevestigen.

9 VERVOLG ONDERZOEK

Er is meer onderzoek nodig met andere bouwplaatsen en andere betrokkenen, om conclusies uit dit onderzoek te bevestigen.

Een ander interessant vervolg onderzoek is mogelijk het automatisch genereren van dergelijke taakgerichte overzichten. Hierdoor wordt de aanpak minder afhankelijk van de competenties van een uitvoerder en het komt mogelijk ook ten goede aan de kwaliteit van het bouwwerk.

De aanpak in dit onderzoek is gebaseerd op het combineren van informatie uit BIM en niet-BIM databronnen, op een enkel overzicht dat gebruikt wordt door het bouwplaats personeel. Een andere aanpak, waarbij alle data in hetzelfde bestandsformaat worden gebruikt (Goedert et.al, 2008), kan het automatisch genereren van overzichten eenvoudiger maken.

Het is nog onduidelijk welke (aanvullende) competenties nodig zijn voor het uitvoeren van deze aanpak. Vanzelfsprekend is projectinhoudelijke kennis noodzakelijk, echter dit is onveranderd ten opzichte van een traditionele situatie.

De projecten in dit onderzoek zijn typisch Nederlands, waarbij in samenwerking met veel verschillende participanten processen worden ingevuld. De gefragmenteerde sector heeft als gevolg dat er veel co-makers voor een bepaalde periode op de bouwplaats actief zijn. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze aanpak waardevol is in andere landen

10 REFERENTIES

- Berlo, L.A.H.M. van & Beetz, J & Bos, P & Hendriks, H & Tongeren, R.C.J. van. 2012. *Collaborative engineering with IFC: new insights and technology* Proceedings of the 9th European Conference on Product and Process Modelling 2012 ECPPM, Reykjavik, 25-27 July.
- Goedert, J. & Meadati, P. 2008. *Integrating Construction Process Documentation into Building Information Modeling*. J. Constr. Eng. Manage. 134(7), 509-516.
- Helmholt, K.A. & Hoekstra, W & Berlo, L.A.H.M. van. 2009. *C2B: Augmented reality on the construction site*. Proceedings of the 9th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality. Sydney, Australia, 5-6 November 2009