

Van 2D- naar 3D/4D- bouwprocesvisualisaties van binnenstedelijke ondiepe infrastructuurprojecten: voorbeelden uit Twente.

Ir. Léon olde Scholtenhuis
Universiteit Twente

Prof. Dr. Ir. A.G. Dorée
Universiteit Twente

Dr. T. Hartmann
Universiteit Twente

Samenvatting

Binnenstedelijke riool- en nutsprojecten zijn ingewikkelde coördinatiepuzzels. Wanneer ondergrondse infrastructuur moet worden vervangen, verstrekken gemeenten en meerdere netbeheerders gelijktijdig opdracht aan diverse aannemers. In deze multi-opdrachtgever, multi-aannemer context is projectinformatie verspreid en worden werkzaamheden tijdens vergaderingen ‘handmatig’ op elkaar afgestemd. Omdat er bij deze afstemming meestal de nodige tijdsdruk is, neemt de kans op onverwachte, ongewenste situaties toe.

Noodgedwongen improvisaties zorgen in deze gevallen voor uitloop en meer overlast. In dit artikel beschrijven we met de lens van High Reliability Organising hoe nieuwe 3D/4D-technologieën bijdragen aan vergroot procesinzicht en betere -beheersing. We beschrijven enkele pilots uit ons onderzoek, lichten toe hoe we aan de hand van trainingen de toepassing van de tools verbreden en blikken vooruit op toekomstige implementatiestappen binnen het domein van de stadsingenieur.

1. Planning en coördinatie van binnenstedelijke werkzaamheden in de ondiepe ondergrond

In binnenstedelijke omgeving zorgen bouwwerkzaamheden in de ondiepe ondergrond dikwijls voor beperkte bereikbaarheid en overlast. Rioolvernieuwing, maaiveldreconstructies en nutswerkzaamheden leggen bijvoorbeeld beslag op openbare ruimte en belemmeren de toegang tot woningen, winkels en kantoren. Om omwonenden en ondernemers tegemoet te komen, zijn opdrachtgevers er daarom bij gebaat om overlast te beperken. Ze voeren door middel van deadlines en strikte randvoorwaarden druk uit om de doorlooptijd van de werkzaamheden te beperken.

Om binnenstedelijke werkzaamheden in de ondiepe ondergrond binnen de beoogde tijdsspanne af te kunnen ronden, zullen de verschillende deelontwerpen en –planningen op elkaar moeten worden afgestemd. Wanneer een riool bijvoorbeeld moet worden vernieuwd, zullen planningen voor maaiveldreconstructies, vernieuwing van water- en gasleidingen en het verleggen van stroom- en telecomkabels moeten worden afgestemd. Er zijn echter een aantal factoren die de stroomlijning van deze plannen bemoeilijken:

- Infrastructuur op maaiveld alsook kabels, leidingen en riolering worden beheerd door verschillende netbeheerders en overheden. Deze organisaties hebben voor het ontwerp van hun eigen infrastructuur ook gegevens van andere netbeheerders nodig.
- Planning en uitvoering van reconstructiewerkzaamheden worden uitbesteed aan een civiele aannemer en meerdere nutsaannemers.
- Planning en uitvoering vinden op verschillende wijzen plaats: terwijl civiele aannemers gedetailleerde uitvoeringsplanningen opstellen, werken nutsaannemers veelal impliciet en ‘uit het hoofd’.
- Huidige schematische (KLIC-)tekeningen van bestaande infrastructuur bieden weinig ruimtelijk inzicht en zijn veelal ongeschikt om de omvang van werkzaamheden in te kunnen schatten.
- Raakvlakanalyse vindt handmatig plaats door schematische 2D-ontwerptekeningen en deelplanningen van verschillende disciplines naast elkaar te leggen.
- Omdat alle aannemers voor verschillende opdrachtgevers werken en er geen hiërarchische relatie tussen hen bestaat, is geen aannemer formeel verantwoordelijk voor de afstemming van de verschillende deelontwerpen, -planningen en uitvoeringswerkzaamheden.

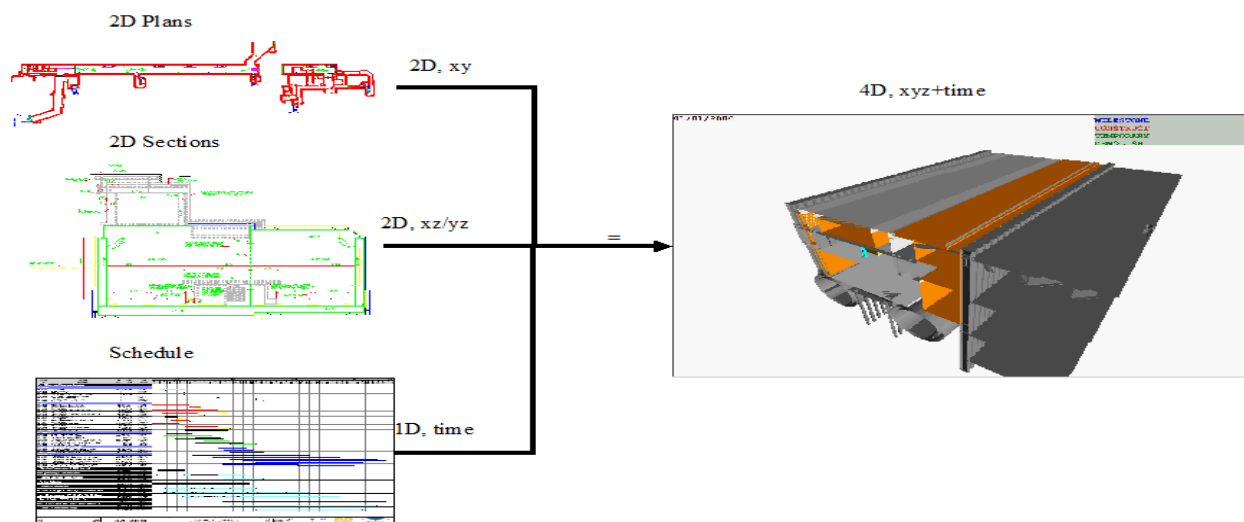
Binnen deze multi-opdrachtgever, multi-aannemer context worden de verscheidene deelwerkzaamheden vaak vrijwel onafhankelijk van elkaar voorbereid. Hoewel deelontwerpen meestal nog in enige mate worden afgestemd, belemmeren de verschillende planningspraktijken en aanbestedingswijzen de totstandkoming van een integrale planning waarin alle werkzaamheden zijn opgenomen. Vanwege de beperkte mogelijkheid tot stroomlijning en afstemming, neemt de kans dat ongewenste, ongeplande situaties optreden toe. Dit kan in de praktijk leiden tot noodgedwongen improvisaties, herplanning, uitloop en lange perioden van overlast. In een eerder CROW-artikel (olde Scholtenhuis & Dorée, 2012) omschreven we deze situatie als ‘gordiaanse knoop van kabels en leidingen’.

In ons onderzoek richten we ons op deze problematische situatie en vragen we ons af: Kan de afstemming van planning en uitvoering niet beter? Kunnen we meer ongewenste situaties

voorkomen en betrouwbaarheid van deze processen vergroten? In dit artikel gaan we hierop in door te beschrijven hoe 3D/4D-CAD bijdraagt aan betrouwbaardere (robuustere, minder ongewenste variatie binnen) planning- en uitvoeringsprocessen. We lichten vervolgens toe hoe we in de afgelopen twee jaar binnen ons onderzoeksprogramma samen met organisaties in Twente 3D/4D-tools hebben geïmplementeerd. Het artikel blikst tot slot vooruit en bespreekt hoe we met onze 3D/4D-trainingen voor stadsingenieurs willen bijdragen aan professionalisering van de sector.

2. Projectmanagementtoepassingen van 3D/4D-tools

De huidige gefragmenteerde ontwerp-, voorbereiding- en uitvoeringsprocessen kunnen worden gestroomlijnd door raakvlakken tussen deelontwerpen en –planningen inzichtelijk te maken. Technologieën zoals 4D-(bouwproces)visualisaties bieden de mogelijkheid om dit op een gestructureerde manier te doen. In een 4D-visualisatie kan men verschillende (2D/3D)ontwerpen en planningen aan elkaar koppelen. Op deze manier ontstaat een virtuele animatie van de geplande sloop- en bouwwerkzaamheden. Input voor een 4D-model zijn 3D-modellen en expliciet gemaakte deelplanningen uit bijvoorbeeld MS Project of Primavera bestand (zie schema in figuur 1).



Figuur 1 - 2D tekeningen gekoppeld aan 2D dwarsdoorsneden en 1D tijd vormt 4D (herkomst afbeelding T. Hartmann)

In 4D-software zoals AutoDesk Navisworks, Bentley Schedule Simulation en Synchro Ltd. kan men meerdere 3D-modellen en deelplanningen koppelen en visualiseren. De ontstane visualisatie van geplande activiteiten kan men gebruiken om het reconstructieproject ‘virtueel te repeteren’. De animatie maakt in een virtuele omgeving belangrijke raakvlakken en knelpunten inzichtelijk en is, in vergelijking met een handmatige raakvlakanalyse, snel en betrouwbaar. Wanneer een 4D model eenmaal is gemaakt, kunnen tekeningen en planningen relatief eenvoudig worden aangepast en geüpdatet. Het daarmee mogelijk om ‘on the fly’ verschillende alternatieve planningen op te stellen en te evalueren. Wanneer opdrachtgevers en aannemers in een vroegtijdig stadium een 4D model ontwikkelen, vergroten de partijen hun procesfocus. Zij kunnen het model gedurende de projectvoorbereiding en -uitvoering

verfijnen en aanpassen en komen hierdoor beter beslagen ten ijs wanneer werkzaamheden starten.

Om een 4D tool te kunnen maken dienen aannemers te beschikken over expliciete ontwerpen en plannings. Nog vóór de uitvoeringsfase zullen zij daarom moeten nadenken over hun geplande werkzaamheden. Aannemers die normaliter geen expliciete planning maken of uitwisselen, worden bij projecten waarbij 4D wordt gebruikt dus geprikkeld om hun tekening en planning uit te werken. Ontwikkeling en uitwisseling van een expliciete planning brengt meer structuur in de werkvoorbereiding en schept bovendien helderheid voor de andere aannemers die onderling afhankelijke werkzaamheden uitvoeren.

Al met al bieden 4D visualisaties dus:

- Ruimtelijk inzicht in raakvlakken en knelpunten tussen geplande werkzaamheden,
- Mogelijkheid tot evaluatie van alternatieve plannings,
- Vroegtijdige, gestructureerde uitwerking van plannen.

In het vervolg van dit artikel zullen we ingaan op de pilotprojecten waarbij 4D-CAD is ingezet. We reflecteren op deze toepassing vanuit de lens van High Reliability Organising. Het artikel eindigt met de beschrijving van onze 4D-training en toekomstige onderzoeksplannen.

3. Implementatie van 4D in de GWW-praktijk

In deze paragraaf bespreken we de resultaten van onze vier pilotprojecten. Op basis hiervan laten we zien hoe 3D/4D-CAD tools kunnen bijdragen aan betrouwbaardere processen van planning en uitvoering.

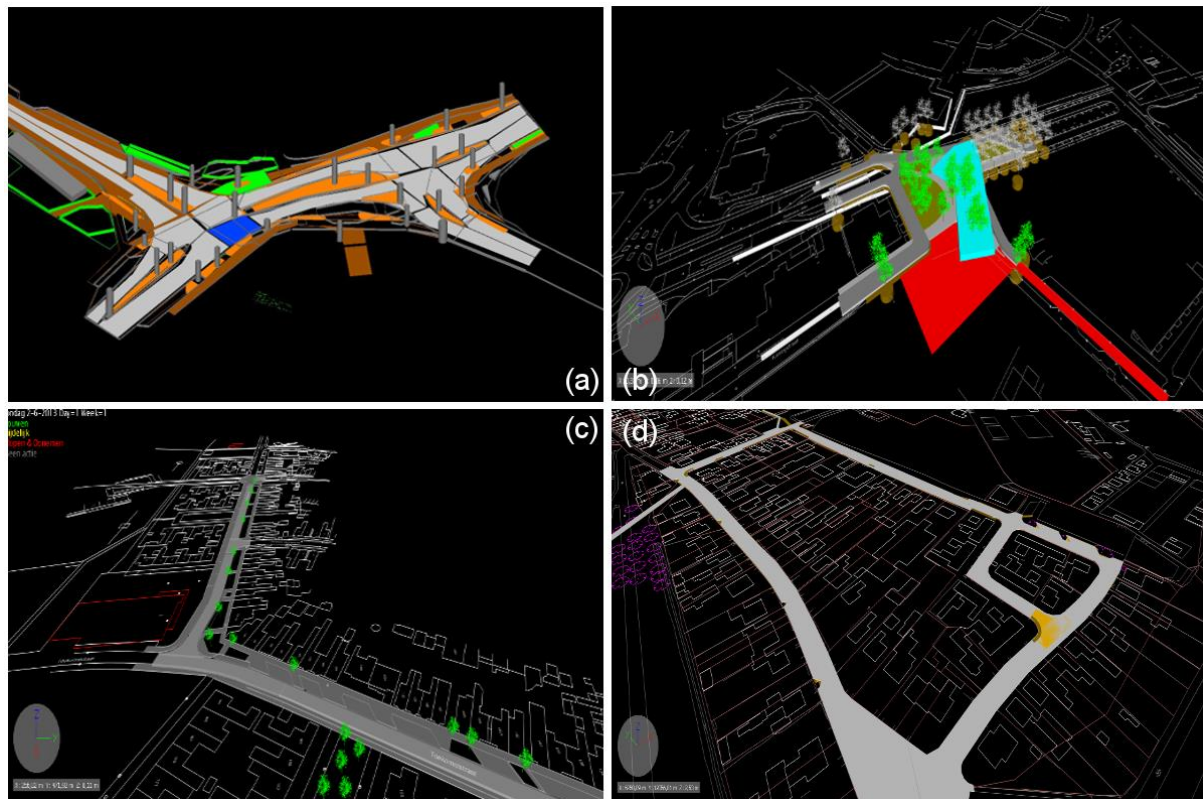
Opzet en resultaten van vier pilotprojecten

Afgelopen twee jaar hebben we vier stedelijke infraprojecten in Twente ondersteund met 3D/4D tools. Twee projecten betroffen werkzaamheden in binnenstedelijk gebied, twee projecten vonden plaats in een woonwijk. Bij alle projecten werden er nutsvoorzieningen vervangen, rioleringen verlegd en werd het maaiveld opnieuw ingericht.

Voor ieder van de projecten woonden we coördinatievergaderingen bij en bezochten we de bouwplaatsen. Vlak voor de start van de uitvoering ontvingen we van gemeenten, netbeheerders, civiele aannemers en nutsaannemers projectdocumentatie. Deze bestond uit ligginggegevens van bestaande infrastructuur (KLIC-melding), de kadastrale kaart van de omgeving (GBKN-kaart), 2D-CAD ontwerptekeningen en plannings. Sommige aannemers en opdrachtgevers hadden hun planning digitaal uitgewerkt in MS-Project of Excel, anderen leverden data, mijlpalen en doorlooptijden op papier aan.

Om tot een 4D-CAD model te komen, hebben we de projectdocumentatie van ieder project samengevoegd met behulp van 3D 4D-tools. We hebben hiertoe de 2D-CAD tekeningen op basis van standaardhoogten en enkele aannames omgezet tot 3D-tekeningen. Vervolgens werden alle 3D-modellen van de verschillende netbeheerders en opdrachtgevers gekoppeld aan de plannings van de verscheidene aannemers. Het resulterende 4D-model werd voorgelegd aan betrokken ontwerpers en werkvoorbereiders. Ook werd het 4D-model ingezet

tijdens planningsbijeenkomsten en coördinatievergaderingen. Figuur 2 weergeeft screenshots van de 4D-modellen die we voor ieder van de vier projecten hebben opgesteld.



Figuur 2 - 4D-modellen van de vier pilots: ondiepe infraprojecten in binnenstedelijk gebied

Procesinzicht: betrouwbaarheid van planning en uitvoering vanuit HRO perspectief

Visualisatietechnieken als 3D/4D- maken het mogelijk om een rijker overzicht te verkrijgen over de verscheidene deelprojecten binnen een reconstructiewerk. In deze paragraaf bekijken we hoe deze tools bijdragen aan een betrouwbaardere planning- en uitvoering. We gebruiken hiervoor High Reliability Organising lens van Weick, Sutcliffe, and Obstfeld (1999) en Weick and Sutcliffe (2007).

Het High Reliability Organising-perspectief richt zich op hoe organisaties op ongewenste variabiliteit ('non-events' genaamd (Weick, 2011)) anticiperen en hoe zij deze - wanneer ze toch optreden - kunnen inperken. Grondleggers van dit perspectief (o.a. Weick, Sutcliffe, Roberts, Bea en Schulman) hebben onderzoek gedaan naar processen binnen risicovolle organisaties als vliegdekschepen, energiecentrales, brandweerploegen en ziekenhuizen. Ze ontdekten dat deze organisaties overeenkomstige principes hanteren om betrouwbare operationele processen waarborgen. Wanneer organisaties volgens deze principes werken, en zich meer mindful gedragen, vergroten ze hun capaciteit om op ongewenste situaties te anticiperen of deze te beheersen. Weick c.s. (1999) en Weick c.s. (2007) vatten enkele van deze principes samen in het concept mindfulness.

Volgens het mindful organizing concept, kunnen organisaties anticiperen volgens drie principes: (1) ze het vergroten hun aandacht op operationele processen, (2) bieden weerstand tegen vereenvoudigde interpretatie van de werkelijkheid en (3) letten op mogelijke verstoringen van hun operationele processen. Wanneer ongewenste situaties toch optreden,

dan beheersen organisaties deze onder andere onder andere volgens het ‘containment’ principe veerkrachtigheid. Dit houdt in dat ze bijvoorbeeld extra kennis en capaciteit creëren om met een verscheidenheid aan ongewenste situaties om te gaan (4).

In ons onderzoek bestuderen we hoe tools als 3D/4D-CAD opdrachtgevers en aannemers van binnenstedelijke ondergrondse projecten helpen om ongewenste variatie in planning- en uitvoeringsprocessen te verminderen. Een manier waarop deze ongewenste variatie kan worden verminderd, is door de huidige werkpraktijk meer te laten werken volgens de mindfulness-principes. Op basis de voorbeelden uit onze pilotprojecten vatten we in tabel 1 kort samen hoe 3D/4D-CAD het gedrag volgens deze principes kan vergroten. De tabel is gebaseerd op een artikel dat we tussen 18-21 mei presenteren tijdens het Construction Research Congress in Atlanta (olde Scholtenhuis, Hartmann, & Dorée, wordt gepubliceerd).

Tabel 1 - huidige werkwijze en 3D/4D-CAD-ondersteunde werkwijze belicht vanuit vier mindfulness-principes

<i>Mindfulnessprincipe</i>	<i>Huidige werkwijze / ('minder' mindfulness gedrag)</i>	<i>3D/4D-CAD (vergroot mindfulness gedrag)</i>
<u>Aandacht voor operationele processen</u>	Afstemmingen van tekeningen en planningen gebeurt ‘uit het hoofd’ (tijdens vergaderingen). Er worden weinig projectplannen expliciet gemaakt.	Operationele raakvlakken worden visueel beter inzichtelijk. Projectdocumentatie is vereiste 3D/4D- input en dus formeel/expliciet beschikbaar.
<u>Alertheid op verstoringen</u>	Mogelijke verstoringen worden benoemd, maar zelden acties om deze te voorkomen ingepland	Onnauwkeurigheden en uitvoeringsconflicten kunnen vóór uitvoering worden besproken.
<u>Weerstand tegen vereenvoudiging</u>	Tijdens plannen wordt vereenvoudigd door uit te gaan van ideale werkomstandigheden.	Visualisaties prikkelen partijen om gedetailleerdere planningen af te geven, waardoor meer inzicht in het geplande bouwproces ontstaat.
<u>Nastreven van veerkrachtigheid</u>	Tijdsdruk laat weinig tijd voor raakvlakanalyse en buffering toe.	Alternatieve plannen en beheersmaatregelen kunnen worden gegenereerd en geëvalueerd. Dit vergroot veerkracht.

Uit tabel 1 blijkt dat 3D/4D-CAD planning- en uitvoering meer kunnen inrichten volgens mindfulness-principes. In onze pilotprojecten maakten de 3D/4D- visualisaties bijvoorbeeld geplande operationele processen inzichtelijk, hielpen zij om verstoringen op te sporen en prikkelden deze partijen om in een vroegtijdig stadium na te denken over uitvoeringsdetails. Ook werd de tool bij een project gebruikt om alternatieve plannen te genereren en evalueren.

4. Toepassing van 3D/4D-CAD verbreden door middel van training voor stadsingenieurs

Gedurende de periode waarin de vier pilotprojecten werden uitgevoerd, groeide vanuit de praktijk de aandacht voor het 3D/4D- fenomeen. Vanuit zowel gemeenten, aannemers als netbeheerders werd positief gereageerd en we ontvingen meerdermalen de uitnodiging om nieuwe pilots op te zetten. Om het aantal pilots te kunnen opschalen hebben we daarom in samenwerking met Stichting Pioneering en softwareleverancier Itannex de ‘training 3D/4D- bouwprocesvisualisaties voor stadsingenieurs’ opgezet. Tijdens de training, die in januari 2013 gehouden werd, werd aan betrokkenen van binnenstedelijke infraprojecten geleerd hoe zij procesvisualisaties kunnen maken voor binnenstedelijke infraprojecten. Vanuit zowel gemeenten, civiele aannemers, nutsaannemers en adviesbureaus namen negen mensen deel. Enkel van hen hadden voorafgaand aan de training al enige ervaring met 3D/4D, anderen tekenden nog in 2D en maakten planningen handmatig.

De aangeboden training bestond uit drie dagdelen: in het eerste dagdeel werd het 3D/4D- concept uitgelegd en leerden de deelnemers zelf eenvoudige 3D modellen maken. In het tweede en derde dagdeel werd de aandacht gericht op planning en 4D-visualisatie. Op basis van een bestaande casus maakten deelnemers deelplanningen voor civiele- en nutswerkzaamheden. Ze leerden deze planning koppelen aan een 3D-CAD model. Ook leerden ze om de verschillende modellen samen te voegen in een 4D-omgeving, zodat raakvlakken konden worden geanalyseerd en geplande activiteiten konden worden geoptimaliseerd.

Op basis van de ervaringen die de deelnemers opdeden tijdens de training, benoemden zij enkele mogelijke toepassingen van de tool. Volgens hen is 3D/4D- inzetbaar:

- “ Bij complexe werken met veel raakvlakken.” [hoofdontwerper bij een civiele aannemer]
- “In de voorbereidingsfase voor afstemming van werkzaamheden kabelbeheerder en civiele aannemer.” [ontwerper bij een civiele aannemer]
- “Bij de eerste bouwvergadering, nadat alle aannemers bekend zijn en planningen verwerkt zijn.” [civiele werkvoorbereider bij een gemeente]

Verder beargumenteerden de deelnemers dat 3D/4D- voordelen biedt projectcoördinatie. De tool is bijvoorbeeld bruikbaar:

- Omdat het ten opzichte van 2D- voordelen biedt die voor het gehele bouwproces meerwaarde bieden. [directeur van een adviesbureau]
- Als modelontwerp voor alle verschillende disciplines fungeren kan. [stedenbouwkundig tekenaar bij en gemeente]
- “(Voor) correcte samenwerking tussen nuts/ civiele aannemer. Hierdoor worden faalkosten beperkt.” [projectcoördinator bij een nutsaannemer]
- “ (Ten behoeve van verfijnde) afstemming van de planningen van de werkzaamheden van verschillende disciplines.” [civiele werkvoorbereider bij een gemeente]
- Om knelpunten te ontdekken en elimineren. Dit levert tijdswinst op. [civiele werkvoorbereider bij een gemeente]

- Tijdens ontwerp. 4D biedt voordelen voor de aannemer, aangezien deze de verantwoordelijkheid voor de planning heeft. [ontwerper bij een gemeente]
- “(als) visuele weergave externen/derden om begrip te creëren.” [sr. projectleider bij een gemeente]
- “voor onze planning m.b.t. reconstructiewerkzaamheden.” [projectcoördinator bij een nutsaannemer]
- Om tenders te kunnen voorbereiden. [ontwerpers bij een civiele aannemer]

Een stedenbouwkundig tekenaar concludeerde dat 3D/4D in de toekomst wellicht een andere manier van werkvoorbereiding en uitvoering zou kunnen vormen. Desondanks brachten deelnemers ook enkele struikelblokken en ingewikkeldheden ter tafel:

- De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de projectgegevens moet hoog genoeg zijn. [civiele werkvoorbereider bij een gemeente]
- Je gaat er bij het maken van een 4D-CAD vanuit dat je alle projectgegevens als hebt, dit is in de praktijk niet altijd het geval. [directeur van een adviesbureau]
- “Alle partijen (moeten) al in een vroegtijdig stadium om tafel zitten. (bijv. bouwteam)” [hoofdontwerper bij een civiele aannemer]
- “3D/4D- is voor mij ongeschikt omdat wij qua werkwijze onvoldoende afstemming hebben en de inspanning voor een 4D planning nog te hoog ligt.” [civiele werkvoorbereider van een gemeente]
- “4D is voor mij ongeschikt, omdat de aannemer of de projectleider de planning maakt.” [stedenbouwkundig tekenaar bij een gemeente]
- Een uitdaging is dat alle partijen beschikking moeten hebben over de software.
- Gemeenten vragen (nog) niet naar 3D-modellen en tekenaars kunnen gemakkelijker en sneller tekeningen in 2D maken. [directeur van adviesbureau, een ontwerper bij een gemeente]

Opvallend hierbij is dat veel van de ingewikkeldheden die door cursusdeelnemers gezien worden als tekortkoming van 3D/4D-tools (waaronder nauwkeurigheid en beschikbaarheid van projectgegevens en vroegtijdige betrokkenheid) ook zichtbaar zijn bij binnenstedelijke infraprojecten waarbij nog geen 3D/4D wordt gebruikt.

Voortzetting 3D/4D- implementatie

Tijdens de training werd duidelijk dat het maken van een 4D-bouwprocesvisualisatie geen ingewikkelde taak is. Desondanks moet geïnvesteerd worden in nieuwe software, modelleervaardigheden en nieuwe planningswerkwijzen. We willen daarom in de toekomst samen met de deelnemers enkele vervolprojecten opstarten. Tijdens deze pilots kan dieper ingegaan worden op implementatievraagstukken over de toepassing van 3D/4D. Zo kan er worden nagedacht bij welke bouworganisatievormen 3D/4D goed toepasbaar is, en kan taakverdeling bij het opstellen en beheren van een 4D-model worden geëvalueerd. We zullen vanuit betrouwbaarheidsperspectief onderzoek naar de invloed van nieuwe tools en technieken als 3D/4D- verder voortzetten. De nieuwe projecten zullen helpen om de voorlopige hypothesen in tabel 1 te verfijnen, aan te scherpen of bevestigen.

5. Conclusie

Tijdens planning en uitvoering van reconstructieprojecten aan binnenstedelijke ondergrondse infrastructuur zijn publieke en vele private opdrachtgevers alsook aannemers betrokken. In de huidige praktijk, waarbij schematische tekeningen, schetsen en plannings van een groot aantal betrokken organisaties handmatig op elkaar worden afgestemd, ontstaat een ingewikkelde puzzel. In deze gefragmenteerde omgeving wordt projectcoördinatie en afstemming veelal onder tijdsdruk uitgevoerd en neemt de kans op onvoorziene, ongewenste situaties toe.

We bespreken in dit artikel hoe 3D/4D-bouwprocesvisualisaties helpen om meer structuur in planning en uitvoeringsprocessen te brengen. De waarde van 3D/4D werd inzichtelijk tijdens onze pilotprojecten. Tijdens deze projecten werkten we samen met verscheidene stadsingenieurs (aannemers, gemeenten en adviesbureaus) om 4D-modellen voor binnenstedelijke infraprojecten te ontwikkelen. We observeerden hoe de tool helpt om raakvlakken tussen operationele processen inzichtelijk te maken, knelpunten te identificeren, gedetailleerd procesinzicht te geven en alternatieven te genereren. We evalueerden het gebruik van de tool en constateerden dat het kan helpen om meer te plannen volgens mindfulness-principes. Dit kan vervolgens bijdragen aan een meer betrouwbaar planning- en uitvoeringsproces.

Op basis van de ervaringen uit de praktijk hebben we in januari 2014 voor negen deelnemers een 3D/4D-training georganiseerd. Deelnemers beoordeelden de 3D/4D- tool overwegend positief en zien voornamelijk toepassingen tijdens projectvoorbereiding van projecten met veel (technische en organisatorische) raakvlakken. Knelpuntanalyse en vergroot procesinzicht werden door de deelnemers genoemd als belangrijke voordelen. Onbeantwoorde vragen over invulling van 3D/4D- implementatie in verschillende bouworganisatievormen, investeringen in 3D/4D- training en software en verantwoordelijkheid van 3D/4D- modelbeheer kunnen in toekomstige pilotprojecten verder worden onderzocht.

Samengevat hebben we in de pilotprojecten geleerd over 3D/4D-modelleren, maar échte procesverbeteringen zullen in het veld plaats moeten gaan vinden. Naar onze mening ligt er nu een kans en taak voor de stadsingenieurs in de rest van Nederland. Het zou toch mooi zijn als we 3D/4D kunnen toepassen tijdens planning en uitvoering van onze binnenstedelijke infraprojecten. We *kunnen* ongewenste situaties, onnodige uitloop en frustraties voorkomen!

6. Bibliografie

- olde Scholtenhuis, L. L., & Dorée, A. G. (2012). *De gordiaanse knoop van kabels en leidingen: hakken we hem door?* Paper presented at the CROW Infradagen Rheden.
- olde Scholtenhuis, L. L., Hartmann, T., & Dorée, A. G. (wordt gepubliceerd). *Comparing Mindfulness in Manual and 4D Supported Coordination Practices*. Paper presented at the Construction Research Congress 2014, Atlanta.
- Weick, K. E. (2011). Organizing for Transient Reliability: The Production of Dynamic Non-Events. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 19(1), 21-27.
- Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2007). *Managing the unexpected: Resilient performance in an age of uncertainty* (second ed.): Jossey-Bass Inc Pub.

Weick, K. E., Sutcliffe, K. M., & Obstfeld, D. (1999). Organizing for high reliability: Processes of collective mindfulness. *Research In Organizational Behavior*, 1(1999), 81-123.