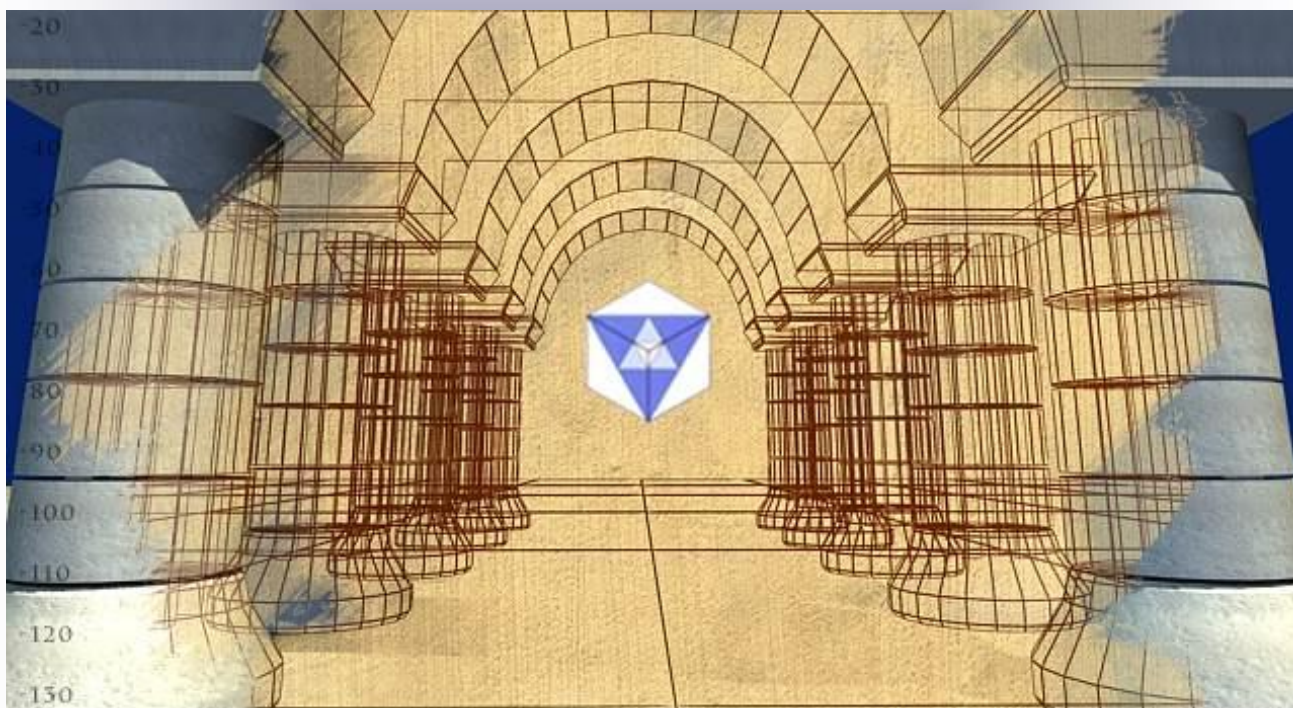


WAPENING IN BIM



STUBECO STUDIECEL B 08

Wapening in BIM

Versie 01

Stubeco studiecel B 08

H. Janssens (Wagemaker)
B. Hinnen (Heijmans)
B. van de Wiel (Heijmans)
M. Vos (BCS)
M.A. van Heesch (Wagemaker)

De Studievereniging Uitvoering Betonconstructies (Stubeco) en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het verwerken van de in deze publicatie vervatte gegevens. Nochtans moet niet de mogelijkheid worden uitgesloten dat er zich toch onjuistheden in deze publicatie kunnen bevinden. Degene die van deze publicatie gebruik maakt, aanvaardt daarvoor het risico. De Stubeco sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze gegevens.

Gehele of gedeeltelijke overname van de inhoud is alleen toegestaan met schriftelijke toestemming van het Stubeco-bestuur.

Deze publicatie is verkrijgbaar bij:
Stubeco, Büchnerweg 3, Postbus 411, 2800 AK Gouda
tel.nr. (0182) 53 92 33, fax (0182) 53 75 10
e-mail: info@stubeco.nl - website: www.stubeco.nl

Inhoudsopgave	
Voorwoord	4
1. Inleiding	5
2. Traditionele proces	7
3. Knelpunten	8
4. Kansen	9
5. Pilot	10
5.1. Uitgangspunten	11
5.2. Communicatie	12
5.3. Productie	14
5.4. Aanbrengen wapening zonder tekening	16
6. Resultaten	17
7. Aanbevelingen	19
8. Reactie extern deskundige	21
8.1. Knelpunten en overwegingen	21
8.2. Suggesties voor nader onderzoek	21
9. Suggesties voor nader onderzoek	22
- Literatuurlijst	23

Voorwoord

Voor u ligt de rapportage van de Stubeco studiecél 'Wapening in BIM'.

BIM (Building Information Model) is een term die in de hedendaagse bouw niet meer weg te denken is. Op allerlei niveaus en in verschillende bouwfasen kan BIM toegepast worden. En iedereen definieert BIM op zijn eigen passende manier.

De studiecómmissie van de Stubeco, de KOKO, is zich ervan bewust dat BIM gemeengoed is geworden tijdens de realisatie van een bouwobject. De commissie heeft dan ook als vast agendapunt tijdens de overleggen te brainstormen over BIM en mogelijke nieuwe studiecéllel BIM gerelateerd te initiëren.

De studiecél B 08 'Wapening in BIM' is het eerste resultaat hiervan.
De opdracht die aan de basis ligt van deze studiecél kan als volgt worden verwoord:

“Uitvoeren van pilot met als doel de haalbaar te onderzoeken om zonder traditionele tekeningen een betonnen constructie te realiseren.”

De studiecél bedankt alle medewerkers van de pilot, maar vooral ook derden die bereid zijn geweest kennis en ervaringen met betrekking tot dit onderwerp te delen.

November 2016

1. Inleiding

Vandaag de dag zijn steeds meer mensen ervan overtuigd dat BIM de nieuwe manier van ontwerpen en communiceren binnen de bouwwereld wordt. BIM-en is virtueel bouwen. Van het ontwerp wordt een digitaal prototype (3D-model) gemaakt, zodat het bouwwerk gevisualiseerd en gecontroleerd kan worden, voordat één wapeningsstaaf aangebracht is. Alle controleberekeningen, toetsingen, buigstaten, et cetera hebben het 3D-wapeningsmodel als basis en zijn aan het model gekoppeld. Dat betekent dat alle informatie eenduidig en op één plaats aanwezig is. Op deze manier kunnen geen misverstanden ontstaan over verschillende definities van bouwdelen en worden fouten en langs elkaar heen werken voorkomen. Vooral de afspraken en informatie welke aan het model gekoppeld worden maken een belangrijk onderdeel uit van BIM.

Om BIM zo efficiënt mogelijk in te zetten moeten duidelijke afspraken gemaakt worden over het uitwisselen van digitale gegevens tussen verschillende partijen. Dit maakt BIM een nieuwe manier van werken en dus meer dan alleen het modelleren van het ontwerp in 3D. Het werken volgens een BIM-methodiek vereist een structureel andere aanpak bij het vastleggen van het ontwerp. Immers moet partij A zijn data sets zo exporteren dat partij B deze zonder tussenkomst van menselijk handelen kan importeren in het proces.

De voordelen van BIM (zoals: ontwerpproblemen die in een vroeg stadium opgelost worden en hoeveelheden die automatisch uit te trekken zijn) zijn bij veel partijen reeds bekend en in de bouwwereld is dan ook al een begin gemaakt met het implementeren van BIM in het interne proces. Daarnaast worden ook al stappen gezet in het daadwerkelijk uitvoeren van projecten in BIM.

Bedrijven zijn op dit moment bezig met het zoeken naar de juiste manier om BIM te implementeren, maar lopen ondertussen tegen verschillende knelpunten aan. De softwaretechnische knelpunten worden kleiner, maar toch zijn er nog veel knelpunten welke de overgang van het traditionele proces naar daadwerkelijk BIM-en belemmeren. Enkele redenen hiervoor zijn:

- Obstakels in het samenwerken met partijen welke nog geen of weinig gebruik maken van BIM wat de implementatie van BIM bemoeilijkt;
- Obstakels met betrekking tot het vastleggen van verantwoordelijkheden en rechten op producties met BIM;
- De gang van zaken in een project is anders dan wat al jaren de standaard is;
- Geen wil en/of voldoende kennis om deze te interpreteren.

De bovenstaande redenen zijn slechts enkele knelpunten die de overgang naar daadwerkelijk BIM-en belemmeren. In het afstudeeronderzoek "Wapening in BIM"¹ worden deze knelpunten ten opzichte van het huidige wapeningsontwerpproces geïnventariseerd. Ook worden in het rapport kansen genoemd om deze knelpunten te verhelpen, zodat BIM in relatie tot wapening gerealiseerd kan worden. Het afstudeeronderzoek is gefaciliteerd door Wagemaker, maar om de gehele markt en alle mogelijkheden inzichtelijk te krijgen zijn tal van andere bedrijven, betrokken bij het wapeningsproces, aangedaan. Denk hierbij aan aannemers, machinefabrikanten, ontwerp bureaus, prefab betoncentrales, software- en wapeningsleveranciers. Het onderzoeksrapport heeft als leidraad voor de invulling van deze studiecel gediend.

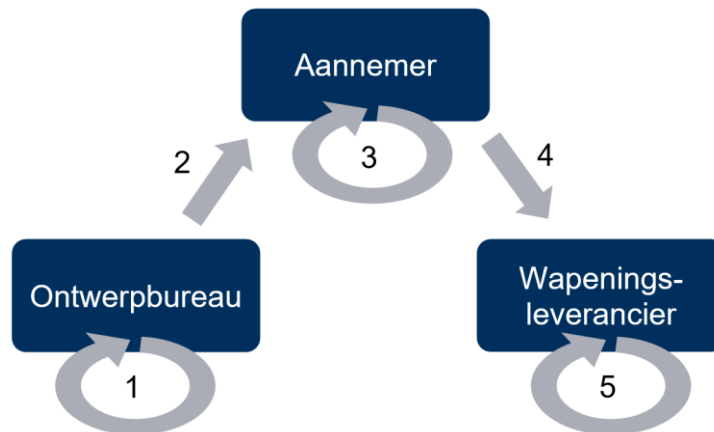
¹ Uitgevoerd door Hank Janssens en David van Kampen aan de Avans Hogeschool 's-Hertogenbosch, juni 2014

Voor extra informatie over het afstudeeronderzoek kan contact worden opgenomen met Hank Janssens van Wagemaker (e-mail: h.janssens@wagemaker.nl).

In voorliggende Stubeco-rapportage wordt het huidige traditionele wapeningsontwerpproces beknopt toegelicht. De knelpunten die BIM-en bemoeilijken en de kansen die deze knelpunten weerleggen, worden daarna benoemd. Eén van de aanbevelingen uit het afstudeeronderzoek is het uitvoeren van een pilot waarin deze kansen worden toegepast. De reden van het ontstaan van deze Stubeco-studiecel is de uitvoering van deze pilot. In dit rapport wordt dan ook voornamelijk op de uitvoering en resultaten van de pilot ingegaan. Ook worden aanbevelingen naar aanleiding van deze pilot gedaan.

2. Traditionele proces

Het traditionele wapeningsproces is in Figuur 1 schematisch weergegeven:



Figuur 1: Informatie-uitwisseling gedurende het wapeningsproces

De genummerde stappen in het huidige proces zijn de volgende:

1. Intern proces ontwerpbureau: opstellen berekening (→ opstellen 3D-model) → opstellen 2D-tekeningen;
2. 2D-tekeningen als input naar aannemer;
3. Intern proces aannemer: controle ontwerp → afstemming met opdrachtgever → inkoop wapeningsleverancier;
4. 2D-tekeningen als input naar wapeningsleverancier;
5. Intern proces wapeningsleverancier: uittrekken buigstaat → aansturen productie → transporteren wapening → aanbrengen wapening.

3. Knelpunten

In het traditionele wapeningsproces zijn enkele knelpunten aanwezig die het werken volgens BIM bemoeilijken. De vier grootste knelpunten, zoals onderzocht in het afstudeeronderzoek “Wapening in BIM” zijn de volgende:

1. Verkeerde mindset bij betrokkenen van alle partijen; men blijft terugwerken naar oude beproefde werkmethodes. Hiermee wordt voornamelijk bedoeld op het stellen van eigen belangen boven het integrale belang en het ten alle tijden willen genereren van 2D-tekeningen.
2. De aannemer ontvangt/verstuurt 2D-tekeningen. De grootste reden waarom de aannemer 2D-tekeningen ontvangt en verstuurt is het feit dat opdrachtgevers, overheden, bevoegd gezag, et cetera 2D-tekeningen willen ontvangen. Hierdoor dienen door het ontwerpbureau opgestelde 3D-modellen “platgeslagen” te worden naar 2D-tekeningen. Het ontwerpbureau steekt onevenredig veel tijd in het opstellen van een rijk informatiemodel, waarvan de slimme data verloren gaat. Ook het digitaal uitwisselen van wapening wordt hierdoor belemmerd.
3. De aannemer is schakel tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier in het wapeningsontwerpproces. Doordat er geen afstemming plaatsvindt tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier, voldoet het ontwerp zelden tot op uitvoeringsniveau aan de wensen en mogelijkheden van de wapeningsleverancier. Het ontwerpbureau ontwerpt op deze manier iets voor een “universele” partij. Digitale uitwisseling van wapeningsgegevens is niet mogelijk omdat het digitale ontwerp zonder afstemming niet zonder meer is over te nemen
4. De wapeningsleverancier wordt te laat in het ontwerpproces betrokken, meestal pas nadat het uitvoeringsontwerp gereed is. Hierdoor wordt de praktische kennis van de wapeningsleverancier en buigstatenmaker in eerste instantie niet meegenomen in het ontwerp.

4. Kansen

De knelpunten genoemd in hoofdstuk 3 zijn te weerleggen met bepaalde kansen. Het betreft de volgende kansen:

1. Duidelijkheid creëren over de te behalen winst door integraal samen te werken met behulp van een informatierijk BIM. Dit is te realiseren door het uitvoeren van een pilot.
2. 2D-tekeningen kunnen uitgesloten worden door het BIM centraal te stellen binnen het gehele projectteam. Hierdoor is de data uit het model voor iedereen toegankelijk. Ook de opdrachtgever dient hierin meegenomen te worden of hier zelf op aan te sturen.
3. Samenwerking tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier realiseren. Hierdoor kan rechtstreekse afstemming tussen beide partijen plaatsvinden. Het ontwerpbureau kan iets ontwerpen dat écht praktisch en direct digitaal uitwisselbaar is.
4. In een vroeg stadium een “wapeningsbouwteam” (ontwerpbureau, aannemer en wapeningsleverancier) opstellen. Dit zorgt ervoor dat een wapeningsleverancier praktische kennis als input in het wapeningsontwerp levert. Hierdoor wordt het ontwerp meer specifiek en veiliger. Ook wordt het ontwerp in één keer goed gemodelleerd.

5. Pilot

In het kader van deze studiecél is besloten om een pilot uit te voeren waarin de in hoofdstuk 4 benoemde kansen worden toegepast. In de pilot vormden Wagemaker (ontwerpbureau), Heijmans (aannemer) en BCS (wapeningsleverancier en vlechter) een wapeningsbouwteam.

Het doel van de pilot was een civiele betonnen constructie zonder traditionele tekeningen te realiseren. In plaats van de traditionele tekeningen wordt een rijk 3D-wapeningsmodel (BIM) opgesteld door het ontwerpbureau, dat gedurende het gehele proces als uitgangspunt dient. Met de data uit het wapeningsmodel wordt de productie van de wapeningsleverancier en de vlechters op de bouwplaats aangestuurd.

De pilot is uitgevoerd op een civiel werk, de bouw van het Viaduct Wolfhezerbrug in het traject Veenendaal – Ede – Grijsoord (VEG). Zie hiervoor onderstaande visualisatie (Figuur 2), rechtstreeks vervaardigd uit het BIM, opgesteld door Wagemaker.



Figuur 2: Visualisatie A12 VEG - Viaduct Wolfhezerbrug

Een van de twee landhoofden van Viaduct Wolfhezerbrug wordt zonder traditionele tekeningen gewapend, terwijl het andere landhoofd op de traditionele manier wordt gewapend (zie hoofdstuk 2). Om de verschillen tussen beide werkmethodes inzichtelijk te krijgen, wordt de wapening van beide landhoofden door twee verschillende vlechtploegen aangebracht en worden alle werkzaamheden gemonitord.

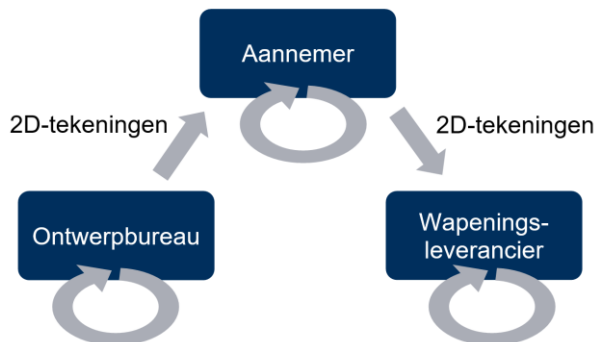
5.1. Uitgangspunten

In een startoverleg zijn de volgende uitgangspunten voor de pilot vastgesteld:

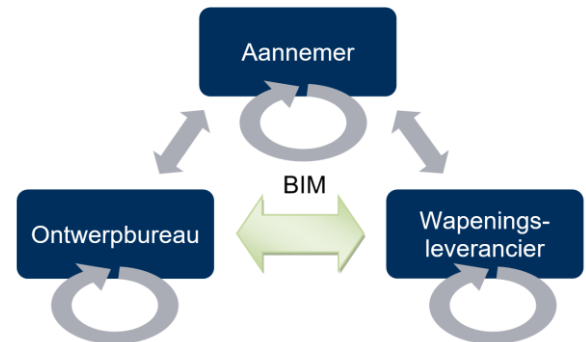
- De vorm van het landhoofd dient voordat gestart wordt met modelleren van de wapening definitief te zijn. Dit vergt extra inspanning van het uitvoeringsteam om over bepaalde zaken al eerder na te denken dan gebruikelijk. Door de vorm op een bepaald moment te bevriezen, hoeft de wapening achteraf niet aangepast te worden. First-time right principe.
- Wapeningsprincipes worden afgestemd tussen wapeningsleverancier en ontwerpbureau voordat deze gemodelleerd worden. Hierdoor is het wapeningsprincipe praktisch en voldoet het aan de constructieve eisen. Door dit vooraf af te stemmen kan de wapening efficiënt worden gemodelleerd.
- Alle wapening (hoofd- en hulpwapening) wordt tot op productie- en uitvoeringsniveau door het ontwerpbureau gemodelleerd. Het model bevat dus ook faseringen, positienummers en stekkenbakken.
- Wapeningsleverancier en ontwerpbureau geven een akkoord op het digitale wapeningsmodel, waarna deze wordt “bevroren”. Na dit akkoord wordt niks meer aan het wapeningsmodel gewijzigd en is het gereed voor productie en uitvoering.
- Het aanbrengen van de wapening zonder traditionele tekening wordt uitgevoerd met behulp van een “bouwboekje” in plaats van een traditionele tekening. Het bouwboekje is een tussenoplossing voor de ideale situatie waarin data rechtstreeks uit een rijk en actueel BIM wordt gehaald. Het bouwboekje is, net als een traditionele tekening, een statische informatiedrager.
- De bestandsformat van digitale uitwisseling wordt gedurende het ontwerpproces afgestemd tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier.

5.2. Communicatie

Het samenstellen van een bouwteam voor deze pilot (en het tijdstip daarvan) wijkt af van het traditionele proces. Door de oprichting van het bouwteam werd de communicatie tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier bespoedigd. Het ontwerpbureau en de wapeningsleverancier zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor het ontwerp, terwijl de aannemer een controlerende rol heeft. Dit allemaal op basis van een centraal te benaderen BIM (zie Figuur 4).



Figuur 3: Traditionele proces



Figuur 4: Proces pilot

Er is vooraf geen vaste structuur afgesproken voor contactmomenten tussen wapeningsleverancier en ontwerpbureau. Wel is tijdens het startoverleg afgesproken dat de modelleur van het ontwerpbureau tenminste een keer een overleg heeft in de fabriek van de wapeningsleverancier. Hierdoor krijgt de modelleur inzicht in de productiemogelijkheden van de wapening die hij/zij modelleert. Verder is ter afstemming continu contact geweest per mail of telefoon.

In het kort kunnen de contactmomenten als onderstaand ingedeeld worden:

- Contactmoment 1: Startoverleg, gezamenlijke visie, mogelijkheden (kantoor ontwerpbureau, door alle betrokken partijen);
- Contactmoment 2: Afstemming wapeningsprincipes (per mail, door ontwerpbureau en wapeningsleverancier);
- Contactmoment 3: Overleg over hulpwapening, opzet bouwboekje en (digitale) uitwisseling wapening (fabriek wapeningsleverancier, door ontwerpbureau en wapeningsleverancier);
- Contactmoment 4: Afstemming details (gedurende gehele ontwerpproces (per mail en telefoon, door ontwerpbureau en wapeningsleverancier));
- Contactmoment 5: Verder afstemming bouwboekje voor uitvoering (per mail en telefoon, door ontwerpbureau en wapeningsleverancier);
- Contactmoment 6: Vragen/onzekerheden tijdens productie en montage (per mail en telefoon, door ontwerpbureau en wapeningsleverancier);
- Contactmoment 7: Evaluatie (bouwplaats aannemer, door alle betrokken partijen).

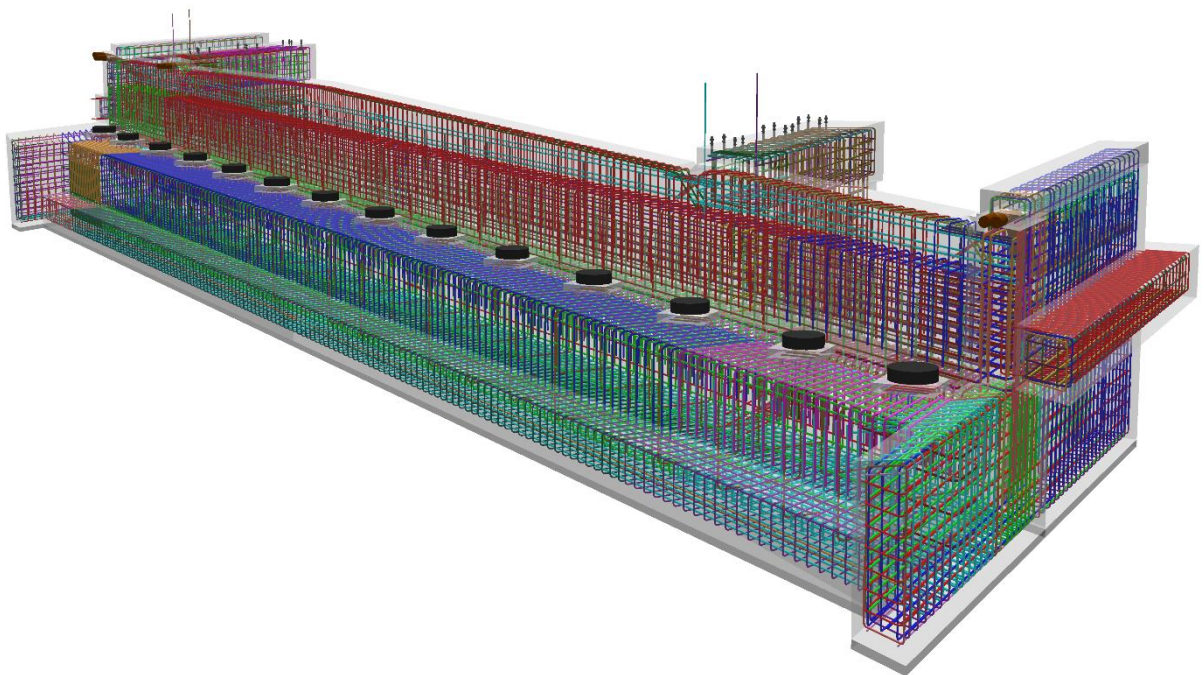
Binnen de gehele communicatie is de modelleur de belangrijkste schakel in de afstemming tussen ontwerpbureau (constructeur) en wapeningsleverancier (buigstatenmaker/werkvoorbereider). De modelleur kan door ontwerpbureau of wapeningsleverancier geleverd worden, met de voorwaarde dat deze voldoende kennis

over het modelleerpakket bezit. Tijdens het modelleren komt de modelleur details en raakvlakken tegen die hij/zij voorlegt aan beide partijen. De modelleur is er ook verantwoordelijk voor dat alle wapening digitaal correct in het model is opgenomen. Dit checkt hij met constructeur en buigstatenmaker en werkvoorbereider. Na deze checks wordt het wapeningsmodel bevroren.

5.3. Productie

De productie van de wapeningsleverancier wordt aangestuurd met data afkomstig uit het wapenings-BIM. Het verschil met het traditionele proces is dat de buigstatenmaker van de wapeningsleverancier hierdoor geen buigstaat opstelt. Zijn kennis wordt nu toegepast om praktische oplossingen in het model op te nemen. Het delen van deze kennis is cruciaal om digitale uitwisseling mogelijk te maken.

Indien ontwerpbureau en wapeningsleverancier het model hebben bevroren, is deze gereed om digitaal uitgewisseld worden. Een view van het definitieve wapenings-BIM van het landhoofd van de pilot is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Het definitieve wapeningsmodel van het landhoofd van de pilot

Gedurende de pilot is besloten om de wapening middels BVBS digitaal uit te wisselen. Dit was op dat moment het enige digitale uitwisselingsformat dat bij de wapeningsleverancier als input gebruikt werd.

BVBS is een bestandsformaat van een digitale buigstaat. Een digitale buigstaat bevat dezelfde informatie als een manuele buigstaat en beschrijft (per staaf):

- Projectinformatie;
- Positienummer;
- Staaflengte;
- Aantal stuks;
- Gewicht;
- Diameter;
- Staalkwaliteit;
- Buigdoorn;
- Haakhoek/-lengte.


```
1 BF2D0Hj0r0i0p1380124220n90e3.8220d160gv0s640v0G124250w00C690
2 BF2D0Hj0r0i0p1370121980n90e3.4680d160gv0s640v0G122000w00C950
3 BF2D0Hj0r0i0p1440113650n160e1.2120d120gv0s600v0G15100w00r300w90013450w00r300w90015100w00C910
4 BF2D0Hj0r0i0p1530113650n150e1.2120d120gv0s480v0G15150w00r250w90013450w00r250w90015150w00C680
5 BF2D0Hj0r0i0p1520125450n160e4.0160d160gv0s640v0G125450w00C860
6 BF2D0Hj0r0i0p1510125450n180e4.0160d160gv0s640v0G125450w00C850
7 BF2D0Hj0r0i0p1540131450n30e2.7930d120gv0s600v0G15100w00r300w900126350w00C750
8 BF2D0Hj0r0i0p1450132550n30e2.8900d120gv0s600v0G127450w00r300w90015100w00C690
9 BF2D0Hj0r0i0p1410126600n180e4.1970d160gv0s640v0G126600w00C800
10 BF2D0Hj0r0i0p1420126600n160e4.1970d160gv0s640v0G126600w00C810
11 BF2D0Hj0r0i0p1400124400n70e3.8500d160gv0s640v0G124400w00C960
12 BF2D0Hj0r0i0p10130111780n60e1.8590d160gv0s800v0G14000w90013800w90014000w00C680
13 BF2D0Hj0r0i0p156019700n40e0.8610d120gv0s480v0G19700w00C670
14 BF2D0Hj0r0i0p1580112750n20e2.0120d160gv0s800v0G112750w00C790
15 BF2D0Hj0r0i0p1570112750n20e2.0120d160gv0s800v0G112750w00C800
16 BF2D0Hj0r0i0p1390126700n70e4.2130d160gv0s640v0G126700w00C680
17 BF2D0Hj0r0i0p10120125600n10e2.2730d120gv0s600v0G125600w00C750
18 BF2D0Hj0r0i0p10120123850n10e2.1180d120gv0s600v0G123850w00C670
19 BF2D0Hj0r0i0p1430123160n10e3.6550d160gv0s640v0G123200w00C810
20 BF2D0Hj0r0i0p1360113980n320e1.2410d120gv0s600v0G15100w00r300w90013800w00r300w90015100w00C850
21 BF2D0Hj0r0i0p1350114190n20e1.2600d120gv0s600v0G15100w00r300w90014000w00r300w90015100w00C690
22 BF2D0Hj0r0i0p1340114720n20e1.3070d120gv0s600v0G15100w00r300w90014550w00r300w90015100w00C750
23 BF2D0Hj0r0i0p1500124400n70e3.8500d160gv0s640v0G124400w00C950
24 BF2D0Hj0r0i0p1400124400n70e3.8500d160gv0s640v0G124400w00C960
```

Figuur 6: Digitale buigstaat van de pilot als BVBS, geopend in een tekstverwerker

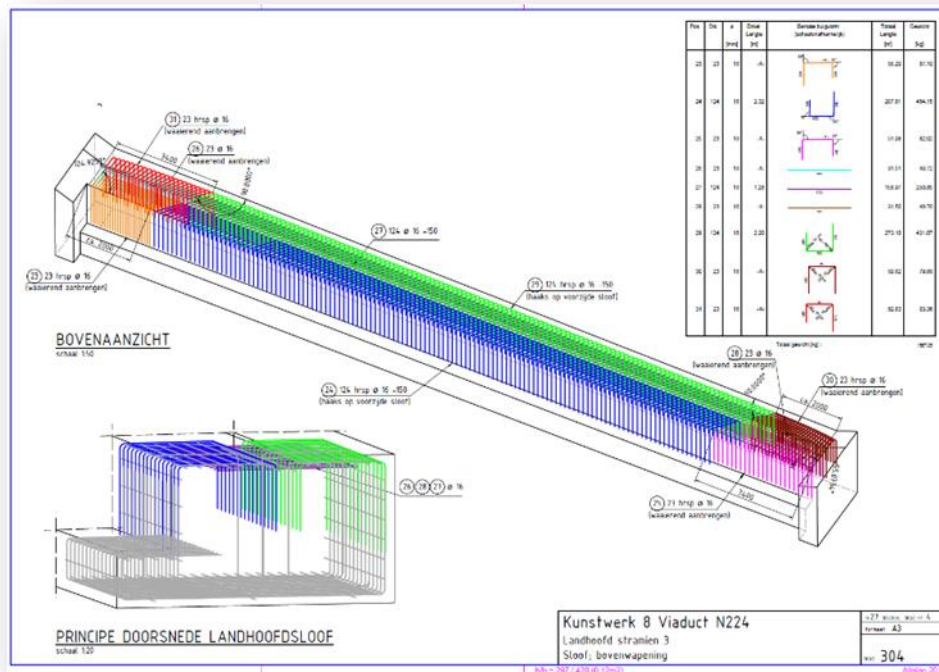
In Figuur 6 is een fragment uit het BVBS-bestand van het landhoofd weergegeven. Het is gebruikt om het ERP-systeem van de wapeningsleverancier van input te voorzien. Zo kan de wapeningsleverancier zijn interne proces (productie, transport, facturering, et cetera) inrichten op de te produceren wapening. Vanuit het ERP-systeem worden de machines rechtstreeks aangestuurd.

Het afstudeeronderzoek “Wapening in BIM” geeft meer uitwisselingsformaten weer. De opbouw, de mogelijkheden en de voor- en nadelen worden benoemd.

5.4. Aanbrengen wapening zonder tekening

Het aanbrengen van de wapening zonder traditionele tekening is uitgevoerd met behulp van een bouwboekje. In het bouwboekje wordt de wapening stap-voor-stap opgebouwd, waardoor de bouwvolgorde voor de vlechter direct zichtbaar is. Zoals eerdergenoemd, stelt het ontwerpbureau een rijk wapeningsmodel op, dat altijd als uitgangspunt dient. Alle informatie die in het bouwboekje is opgenomen, is gelinkt aan het wapenings-BIM.

In Figuur 7 is een van de bladen/stappen uit het bouwboekje weergegeven. In de buigstaat op het blad wordt de benodigde wapening voor deze stap weergegeven. In de aanzichten en doorsneden wordt aangegeven waar deze geplaatst dient te worden. Er is een onderscheid in de kleuren van de wapening, waardoor duidelijk is welke wapening in de buigstaat, aanzicht en doorsneden hetzelfde zijn.



Figuur 7: Fragment uit het bouwboekje dat gebruikt is tijdens de uitvoering van de pilot

6. Resultaten

Na afronding van de pilot heeft er een evaluatie met de betrokken partijen plaatsgevonden. Tijdens deze evaluatie werden de gemonitorde resultaten gedeeld. De resultaten van de pilot zijn de volgende:

- Het opstellen van het bouwboekje heeft aanzienlijk meer tijd gekost dan het opstellen van traditionele 2D-tekeningen. Voornaamste reden hiervoor is dat de software achteraf niet ingericht bleek voor deze toepassing.
- De werkvoorbereider van de aannemer is minder tijd kwijt aan de controle van buigstaten en wapeningstekeningen.
- Het feit dat er geen fouten in de buigstaat optreden (geautomatiseerde export uit het model), wordt door de buigcentrale als een enorme stap voorwaarts ervaren.
- De buigstatenmaker had 4 uur nodig om een manuele buigstaat van het traditionele landhoofd op te stellen.
- De buigstatenmaker van het niet-traditionele landhoofd stelt geen buigstaat op. Wel is deze tijd kwijt aan het afstemmen van het wapeningsinformatiemodel. Hierdoor is de wapening zo ontworpen dat deze snel, eenvoudig en veilig aangebracht kan worden. Deze effort wordt in de volgende projecten minder, aangezien principes al zijn afgestemd. Wanneer beide partijen opnieuw samenwerken zijn deze principes gemeengoed of het ontwerp bureau weet bij de start van het project de juiste vragen te stellen.
- De uitvoeringstijd van het niet-traditionele landhoofd was een fractie korter. De vlechters van het niet-traditionele landhoofd hadden met behulp van het bouwboekje en bijbehorende buigstaat sneller inzichtelijk welke staaf op welke locatie geplaatst diende te worden. Het bouwboekje werd op de bouwplaats dan ook als zeer prettig ervaren.
- Er is sprake van faalkostenreductie. Hoe groot deze reductie is, valt lastig te zeggen. Er was geen sprake van grote verschillen door het relatief simpele principe van het landhoofd.



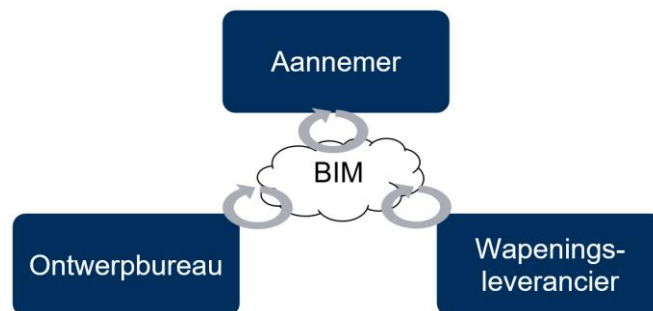
Figuur 8: Gerealiseerd landhoofd pilot

De grootste winst van de pilot is, dat is aangetoond dat met behulp van BIM het wapeningsproces anders kan. Dit is niet meteen in winst in tijd of geld uit te drukken. Maar ondanks de extra effort voor het bouwboekje in de ontwerpfase, is de uitvoeringstijd zo goed als gelijk gebleven en is faalkostenreductie opgetreden. Het is de eerste keer dat er met deze nieuwe werkmethode is gewerkt, waardoor deze methode in vervolgprojecten waarschijnlijk sneller uitgevoerd gaat worden. Met betrekking tot de uitvoeringstijd lijkt deze pilot dus geslaagd, echter zullen vervolgprojecten aan moeten tonen of dit daadwerkelijk zo is.

7. Aanbevelingen

Tijdens de evaluatie van de pilot deelden de betrokken partijen hun ervaringen. Vanuit deze ervaringen kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Samenwerking tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier realiseren met behulp van een centraal BIM. Hierdoor kan afstemming tussen alle partijen plaatsvinden. Het ontwerpbureau kan iets ontwerpen dat écht praktisch is en constructief voldoet. De partijen dienen ook af te stemmen hoe digitale uitwisseling van wapening gerealiseerd kan worden.



Figuur 9: Samenwerking tussen ontwerpbureau en wapeningsleverancier

- In een vroeg stadium een “wapeningsbouwteam” (zoals weergegeven in Figuur 9) opstellen, zorgt ervoor dat een wapeningsleverancier praktische kennis als input in het wapeningsontwerp levert.
- De invulling van de rol van wapeningsmodelleur is per project te bepalen. Het dient iemand te zijn die praktische kennis van de wapeningsleverancier en de constructieve kennis van de constructeur in een model kan verwerken.
- Het is de bedoeling dat een modelviewer wordt gekozen om het centrale BIM benaderbaar te maken voor alle betrokken partijen. Iedereen moet digitale gegevens kunnen interpreteren en opmerkingen kunnen geven op het model; BCF² lijkt hier het meest geschikte communicatieformat voor. Indien noodzakelijk volgen betrokkenen een training om 3D-modellen te interpreteren.
- Zorg dat de betonvorm en stortfasering aan het einde van de DO-fase al vastligt. Een betonuitvoerder dient de betongeometrie in deze fase al goed te keuren en bevroren. Hierdoor hoeft de wapening door eventuele wijzigingen in de betonvorm of stortfasering achteraf niet gewijzigd/opnieuw gemodelleerd te worden.
- Naast het bevroren van de betonvorm in de DO-fase, heeft het wapeningsmodel ook een bevroermoment nodig. Indien alle partijen (wapeningsleverancier, ontwerpbureau en aannemer) een digitaal akkoord geven op het wapeningsmodel, wordt deze bevroren. Hierdoor treden geen wijzigingen meer op en is het model gereed voor productie.

² BCF: BIM Collaboration Format

...BCF is ontwikkeld om 'issues' van een BIM model te communiceren...BCF is een afsprakenstel over hoe issues worden uitgewisseld. Het bestaat uit 3 delen: een plaatje, een camerastandpunt en een lijst met objecten uit het BIM model waar het issue over gaat.

Dankzij BCF kunnen ook 'issues' van een model eenvoudig en eenduidig uitgewisseld worden, wat de kans op fouten bij communicatie tussen ketenpartners verkleint...

<http://nationaalbimhandboek.nl/woordenboek/bcf/>

- De opdrachtgever dient akkoord te gaan met een andere manier van opleveren dan traditioneel gewoonte is. In plaats van 2D-tekeningen zou een rijk 3D-model goedkeuring moeten krijgen.

8. Reactie extern deskundige

De pilot is tenslotte voorgelegd en besproken met een extern deskundige in de Wapeningsbranche. Enerzijds ter verificatie van de ervaringen opgedaan binnen de pilot, anderzijds om mogelijk aanvullende informatie te verkrijgen.

De deskundige persoon betreft Arie van Wijngaarden van Betonstaal.nl. Onderstaand zijn reactie op de pilot.

8.1. Knelpunten en overwegingen:

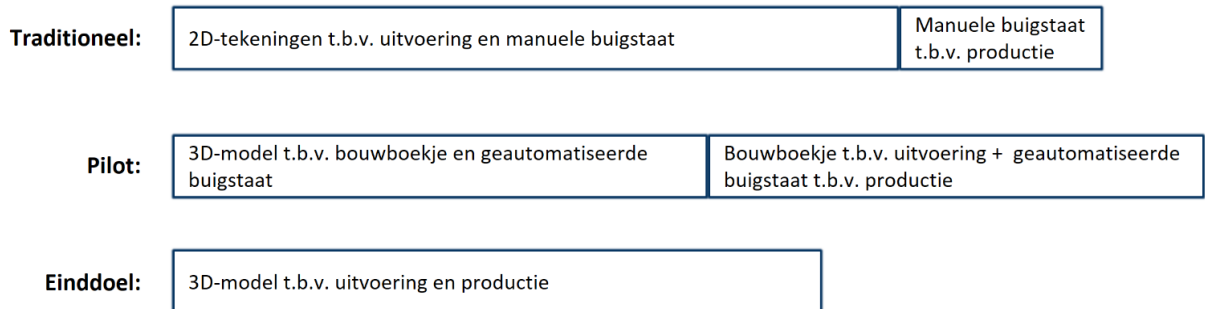
- De vlechter/producent komt laat in het traject in beeld, terwijl daar bepaald wordt wat de exacte wapening wordt. Het eerder bepalen van de exacte wapening is essentieel om zaken te versnellen, geeft minder kans op fouten en werkt efficiënter. Dit is niet zoals het huidige proces is ingericht en daardoor wekt het scepsis bij wapeningsleveranciers en vlechter.
- Er wordt gewerkt in verschillende softwarepakketten, waardoor goede koppelingen noodzakelijk zijn om data te kunnen exporteren en importeren.
- Er is een wapeningsleverancier en een vlechter. De leverancier bepaald de maakbaarheid van de producten en de vlechter bepaald hoe de wapening het beste aan te brengen is. Beide gebaat bij verschillende data, hier rekening mee houden.
- De wapeningsmodelleur is iemand met de kennis van een vlechter en producent én dit kan omzetten in 3D wapeningspakketten.

8.2. Suggesties voor nader onderzoek:

- De resultaten van de ontwikkeling zijn nog niet altijd direct merkbaar (financieel resultaat), i.v.m. de ontwikkeling van nieuwe technieken en aanpassing processen. Hierdoor vertraagd de totale ontwikkeling. D.m.v. samenwerking tussen verschillende partijen kan deze ontwikkeling beter gedragen (kosten gespreid) worden en sneller gaan.
- Het in kaart brengen van de datastroom om te zien wat hier ideaal en realiseerbaar is.
- Resultaten delen om verschillende partijen te overtuigen, versneld de ontwikkeling.
- Door de tijdsbesparing, komt er tijd beschikbaar en kan deze tijd anders ingezet worden. Er kan meer verwerkt worden, nieuwe zaken worden opgepikt, etc.
- De techniek is 'oneindig', maar moet betaald kunnen worden. Focus op verdiensten/commercieel belang. De digitalisering van de wapening en het automatiseren van communicatie / processen resulteert niet waarschijnlijk, maar zeker in het sneller uitvoeren van projecten.

9. Suggesties voor nader onderzoek

- Het maken van een 3D-model inclusief bouwboekje heeft meer tijd gekost dan het maken van traditionele tekeningen. Beide blijven statische extracten uit het model. Het is een momentopname. Het einddoel is om productie en uitvoering aan te sturen met een rijk en centraal BIM. In Figuur 10 is schematisch weergegeven hoe de verschillende ontwerpprocessen zich ten opzichte van elkaar verhouden in de tijd. Een suggestie voor nader onderzoek is een manier om het wapeningsmodel op een efficiëntere manier, het liefst dynamisch, op de bouwplaats te krijgen. In de ideale situatie is het BIM dient op de bouwplaats bereikbaar.



Figuur 10: Schematische weergave ontwerpprocessen in de tijd

- Gedurende de pilot is besloten om BVBS als digitale buigstaat te gebruiken. Dit was op het moment van de pilot de enige importmogelijkheid van de wapeningsleverancier. PXML is een digitale uitwisselingmogelijkheid van wapening die meer data kan bevatten dan BVBS. Ook worden in een BVBS enkel losse staven beschreven terwijl in PXML de samenhang van staven behouden blijft. Een nieuwe pilot met PXML als digitaal uitwisselingsformat met koppeling aan het ERP-systeem is daarom een goede vervolgstap.
- BVBS is een eenrichtingsexport. Indien deze export uit het BIM is geëxtraheerd, kan geen feedback richting het BIM (zoals productie- of leveringsstatus) gestuurd worden. Met een aanvullend onderzoek kan de mogelijkheid tot bi-directionele uitwisselingsformaten worden onderzocht. Hierdoor is ten alle tijden de status van bepaalde wapening op te vragen uit het centrale BIM.
- Het inlezen van waaierende staven ging niet zoals gewenst. Elke staaf had een aparte post in de buigstaat. Tijdens de pilot is dit opgelost door de verschillende posten handmatig samen te voegen. Wel is nader onderzoek nodig om dit te automatiseren.
- Bij het aangaan van de pilot zijn geen afspraken gemaakt over eventuele deling van winsten of verliezen. Elke betrokken partij stopte "eigen tijd" in de pilot om deze te laten slagen. Een aanvullend onderzoek naar de verdeling van winsten, risico's en de verschuiving van verantwoordelijkheden in de toekomst, zou bij kunnen dragen aan het verder doorvoeren van deze werkwijze.
- Het is interessant om een studie uit te voeren naar de daadwerkelijke faalkosten. Indien deze inzichtelijk zijn kan met harde cijfers worden aangetoond dat eventuele extra effort in de ontwerpfasen opweegt tegen de faalkostenreductie. Nu berust dit enkel op visie en vertrouwen. Bij de uitvoering van een complexer onderdeel kunnen deze faalkosten wellicht gemeten worden.

Literatuurlijst

Afstudeerrapportage “Wapening in BIM” door Hank Janssens en David van Kampen, juni 2014.