



Bachelor Eindopdracht

***Vershil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte
hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken
bij het project N23 Westfrisiaweg***

Auteur	Amarins Kroes
Studentnummer	S1548840
Datum	4 juli 2018 (definitieve versie)
Begeleider Universiteit Twente	Gerrit Snellink
Begeleider Heijmans	Dennis Haveman

Colofon

Titel	Vershil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken bij het project N23 Westfrisiaweg
Datum	4 juli 2018
Periode	9 april t/m 6 juli 2018
Versie	Definitieve versie
In opdracht van	Heijmans N.V.: Infra: Centrale Projecten: Ontwerp: Constructies & Geotechniek
Ten behoeve van	Bachelor eindopdracht Civiele Techniek aan de Universiteit Twente
Foto voorblad	Wapening in het dek van KW05G (N23 Westfrisiaweg) op 6-6-2018

Contactgegevens

Auteur	Amarins Kroes
Email	amarinskroes@gmail.com
Telefoonnummer	06-27530020
Studentnummer	S1548840
Begeleider Universiteit Twente	Ing. Gerrit Snellink
Functie	Docent
Email	g.h.snellink@utwente.nl
Telefoonnummer	053-4892565
Begeleider Heijmans	Ing. Dennis Haveman
Functie	Lead engineer
Email	dhaveman@heijmans.nl
Telefoonnummer	06-15598560

Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport naar het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken bij het project N23 Westfrisiaweg. Ik heb dit onderzoek van april tot en met juli 2018 uitgevoerd bij de afdeling Constructies & Geotechniek, dat onderdeel is van Heijmans Infra, voor de afronding van de bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente.

Zonder de hulp van een aantal medewerkers bij Heijmans had ik dit onderzoek niet uit kunnen voeren, hiervoor wil ik hun bedanken. Ten eerste wil ik voor de begeleiding Jaap van Lier, Paul Hettinga en Dennis Haveman bedanken. Jaap van Lier en Paul Hettinga hebben mij geholpen bij het vinden van een geschikt onderzoeksthema en Dennis Haveman heeft mij als dagelijkse begeleider van mijn onderzoek geholpen. Daarnaast wil ik de medewerkers van Heijmans bedanken die ik heb mogen interviewen ten behoeve van mijn onderzoek. Hiervoor wil ik Ton van Hunen, Bjorn van den Brand, Jaap van Lier, Leo Molenbroek, Dennis Haveman, Roland Snelders, Ivor Zonderwijk, Ruud van Bakel, René Spanjers, Martijn Ilbrink en Jack Geerlings bedanken. Verder wil ik de medewerkers van Heijmans bedanken die data aangeleverd hebben ten behoeve van mijn onderzoek. Hiervoor wil ik Jarno Kersten, Sjaak Gerritsen, Jerry Bruijnes en Paul Makker bedanken. Tot slot wil ik Arjen Schoondermark bedanken, omdat hij mij meegenomen heeft naar het project N23 Westfrisiaweg.

Ook wil ik Gerrit Snellink bedanken voor de dagelijkse begeleiding vanuit de Universiteit Twente. Ik wil hem bedanken voor de hulp die ik van hem gedurende het onderzoek gekregen heb en ik wil hem bedanken voor de feedback die ik op het onderzoeksrapport gekregen heb.

Tenslotte wil ik Marthe Oldenhof en Thijs ten Siethof bedanken voor de geleverde feedback op dit rapport.

Amarins Kroes

Rosmalen, 4 juli 2018

Samenvatting

Uit voorgaande onderzoeken is gebleken dat een verschil bestaat tussen de hoeveelheid wapening die in de tenderfase is ingeschat en de uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening (Δ AO-UO). Een van deze onderzoeken is het Lean6Sigma onderzoek. In dit onderzoek zijn 39 dekken geanalyseerd om erachter te komen wat de Δ AO-UO van deze dekken is. Hieruit bleek een enorme spreiding tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening te bestaan. Op basis van deze analyse is een doel vastgesteld voor de Δ AO-UO van toekomstige infrastructurele bouwprojecten: het gewogen gemiddelde moet op 0% uitkomen en de bandbreedte moet tussen de -10% en +10% liggen. Om dit doel te bereiken zijn de verschillende problemen die de Δ AO-UO veroorzaken onderzocht (zogenoemde invloedsfactoren) en zijn op basis daarvan verbetermaatregelen aan het ontwerpproces gedefinieerd.

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de hoofdvraag “Heeft het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek bijgedragen aan het inschatten van de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken als deze inschatting vergeleken wordt met de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken die uiteindelijk verwerkt is bij het project N23 Westfriisaweg?” In het onderzoek is gefocust op de constructieonderdelen dekken en U-bakken van kunstwerken van de N23 Westfriisaweg. De N23 Westfriisaweg bevat een groot aantal kunstwerken en is daarom geschikt bevonden om te analyseren. Verder bevatten dekken en U-bakken relatief veel wapening en heeft het daarom toegevoegde waarde om dit te onderzoeken.

Het onderzoek is opgedeeld in een kwalitatief en een kwantitatief onderzoek. Het kwalitatieve onderzoek heeft twee doelen: bepalen in hoeverre het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek gevolgd wordt in het huidige ontwerpproces en bepalen in hoeverre de invloedsfactoren die in het Lean6Sigma onderzoek gevonden zijn, opgelost zijn. Het kwalitatieve onderzoek is uitgevoerd door interviews af te nemen met medewerkers die zich met het ontwerpproces bezighouden. Het kwantitatieve onderzoek heeft als doel om te bepalen wat het verschil is tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening bij dekken en U-bakken bij de N23 Westfriisaweg, zodat vastgesteld kan worden of het doel uit het Lean6Sigma onderzoek is behaald. Hiervoor dienen de kunstwerken bij de N23 Westfriisaweg als voorbeeld voor andere kunstwerken. Het kwalitatieve onderzoek is uitgevoerd door data van de N23 Westfriisaweg te analyseren. Als eerste zijn van het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening de bandbreedte en het gewogen rekenkundig gemiddelde vastgesteld. Als tweede zijn de kunstwerkdekken verder geanalyseerd om erachter te komen of de verschillende type kunstwerken, gebruikers en dekken invloed hebben op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Als derde zijn de U-bakken verder geanalyseerd om erachter te komen of de verschillende onderdelen (wanden & vloeren, open deel & gesloten deel) van U-bakken invloed hebben op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het verbeterde ontwerpproces deels gevolgd wordt en dat de invloedsfactoren deels opgelost zijn. Dit heeft tot gevolg dat er geen harde conclusie getrokken kan worden of het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek werkelijk heeft bijgedragen aan het verkleinen van de verschillen tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Uit de analyse van de N23 Westfriisaweg kan wel geconcludeerd worden dat de bandbreedte bij de geanalyseerde dekken en U-bakken verkleind is na invoering van het verbeterde ontwerpproces, maar desalniettemin is het doel vanuit het Lean6Sigma onderzoek niet bereikt. Daarnaast kan uit de verdere analyse van de dekken niet geconcludeerd worden dat de verschillende type kunstwerken, gebruikers en dekken invloed hebben op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Ook uit de verdere analyse van de U-bakken kan niet geconcludeerd worden dat de verschillende onderdelen invloed hebben op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening.

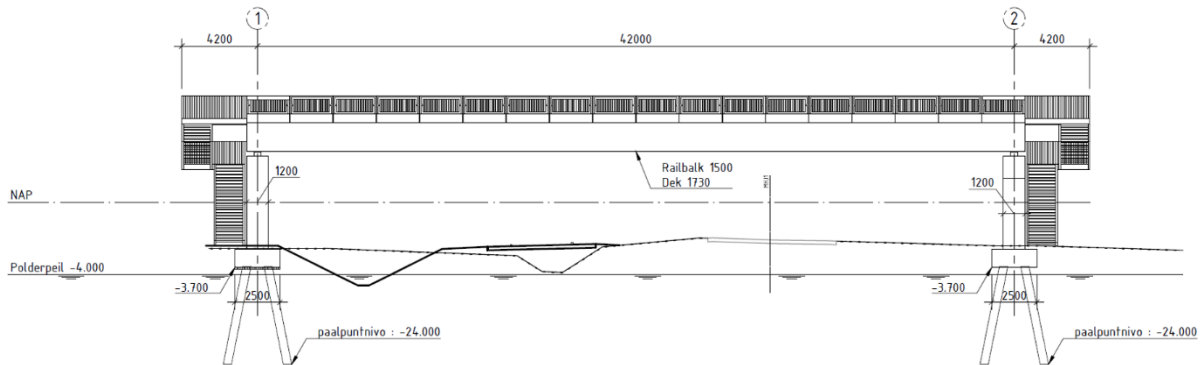
Inhoudsopgave

Colofon	1
Voorwoord.....	2
Samenvatting	3
Verklarende woordenlijst.....	5
Afkortingenlijst	9
1 Inleiding.....	10
1.1 Aanleiding	10
1.2 Scope	11
1.3 Doel van het onderzoek	11
1.4 Onderzoeksvragen.....	12
1.5 Onderzoeksmethodiek	12
1.6 Verdere afbakening van het onderzoek.....	13
1.7 Leeswijzer	13
2 Het effect van het Lean6Sigma onderzoek op door Heijmans ontworpen kunstwerken.....	14
3 Data-analyse van kunstwerken N23 Westfrisiaweg.....	22
3.1 Projectbeschrijving	22
3.2 Kunstwerken	23
3.3 Methodiek van de analyse	24
3.4 Analyse van de hoeveelheid wapening bij dekken	24
3.5 Analyse van de hoeveelheid wapening bij U-bakken	30
4 Conclusie	34
5 Discussie.....	37
6 Aanbevelingen.....	38
6.1 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	38
6.2 Aanbevelingen voor het ontwerpproces	38
7 Bibliografie.....	40
Bijlagen.....	42
Bijlage A Processchema ‘Beheersing hoeveelheden wapening’	42
Bijlage B Geïnterviewde medewerkers	43
Bijlage C Opzet van de interviews	44
Bijlage D Interview resultaten.....	45
Bijlage E Data-analyse dekken	72
Bijlage F Data-analyse U-bakken	73

Verklarende woordenlijst

Brug

Een kunstwerk dat als verkeersverbinding tussen twee punten fungeert. Deze verbinding is normaal gesproken niet mogelijk doordat tussen deze punten water ligt. Een voorbeeld van een brug is weergegeven in figuur 0-1.



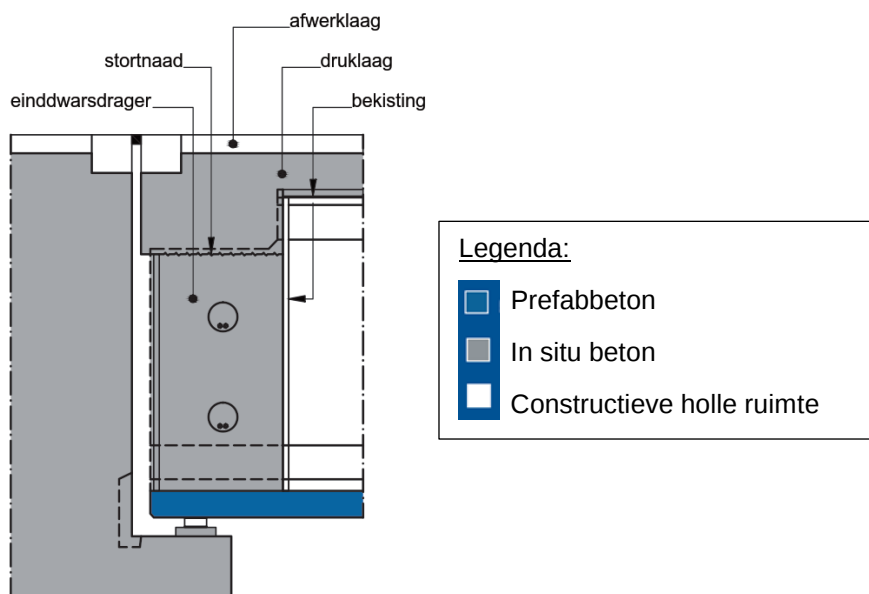
Figuur 0-1: Langsdoorsnede KW05G (N23 Westfrisiaweg) (Bos, DO Technische beschrijving KW05G, 2015)

Buigstaat

De wapeningsleverancier stelt een buigstaat op basis van de wapeningstekening op. In een buigstaat staat aangegeven welk type en hoeveel wapening geproduceerd moet worden.

Einddwarsdrager (of koppelbalk, doorvoerstaaf, koppelkorf, inschuifstaaf)

Een onderdeel dat verschillende betonnen onderdelen met elkaar verbindt. In onderstaande figuur staat aangegeven waar zich dit bevindt, hierin is de einddwarsdrager haaks tussen de druklaag en het prefabbeton bevestigd is.



Figuur 0-2: Detail eindoplegging waarbij de einddwarsdrager haaks tussen de druklaag en het prefabbeton bevestigd is (Consolis Spanbeton)

Druklaag

Een druklaag is een in het werk gestorte gewapend betonnen laag die bovenop een prefab dekdeel ligt (De Vree, sd). Een voorbeeld hiervan is aangegeven in figuur 0-2.

Duiker

Waterdoorgang, ligt meestal onder een weg of een dijk.

Hulpwapening of hulpstaal

“Staaf die alleen dient om de vormvastheid en de standzekerheid van de wapening te verzekeren tijdens het transport en/of montage, tijdens de werkzaamheden op de wapening en tijdens het storten van het beton.” (Nederlands Normalisatie-instituut, 1982)

Inkooptraject vlechtwerk

Het moment waarop gekozen wordt met welke wapeningsleverancier bij een bepaald project samengewerkt wordt.

In situ

Beton dat op de bouwplaats gestort is. Een andere benaming is: in het werk gestort (i.h.w.g.).

Invloedsfactor

Een probleem dat binnen het ontwerpproces van kunstwerken gevonden is bij het Lean6Sigma onderzoek. Het wordt in het Lean6Sigma onderzoek gezien als een mogelijke oorzaak van het verschil tussen de ingeschreven en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in het ontwerpproces van kunstwerken.

Knip- en buigverlies

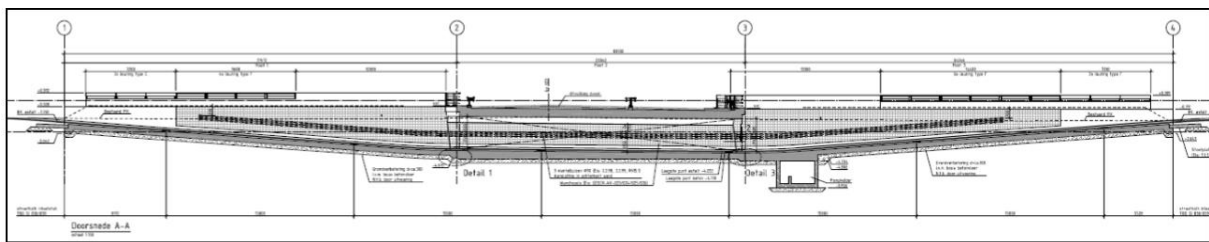
De wapeningsleverancier knipt en buigt de wapening, dit zorgt ervoor dat stukken staal overblijven die te kort zijn voor verder gebruik. Echter moeten deze kosten wel betaald worden.

Laslengte

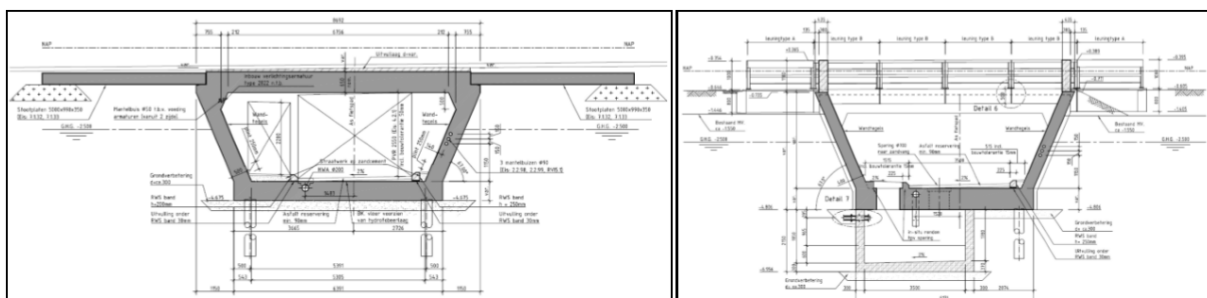
Bij het plaatsen van wapening moet vaak rekening gehouden worden met laslengte (ook wel overlappingslengte genoemd). Laslengte is het stuk dat de ene staaf met de andere staaf overlapt. Dit is constructief nodig om ervoor te zorgen dat de trekkracht in het beton wordt overgenomen door de wapening. (Wijngaarden, 2015)

Onderdoorgang

Een kunstwerk dat onder een wegdek of spoor doorgaat. Het wegdek of spoor ligt (nagenoeg) op maaiveld. Een voorbeeld van een onderdoorgang is weergegeven in figuur 0-3 en figuur 0-4.

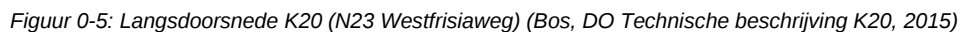


Figuur 0-3: Langsdoorsnede KW05A (N23 Westfrisiaweg) (Willeboer & Broekens, 2015)

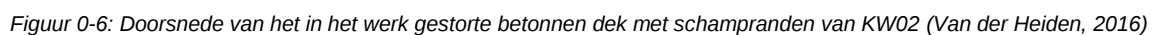


Figuur 0-4: Dwarsdoorsneden KW05A (N23 Westfrisiaweg) van het gesloten deel (links) en van het open deel (rechts) (Willeboer & Broekens, 2015)

Een kunstwerk dat als verbinding tussen twee punten fungeert. In dit onderzoek gaat het hierbij om overkluizingen die voor de bescherming van leidingen aangelegd zijn. Dit is weergegeven in figuur 0-5.



Een onderdeel van het dek van een kunstwerk, in onderstaande figuur staat aangegeven waar zich dit bevindt.



De verankeringslengte van een wapeningsstaaf is de lengte die de wapeningsstaaf in het beton moet zitten zodat deze zijn volledige maximale kracht kan overbrengen op het beton (Olde Hanter, 2016).

Een dek is het deel van een kunstwerk waar het verkeer overheen rijdt. In dit verslag gaat het om de volgende kunstwerken: onderdoorgang, brug, viaduct of overkluizing.

Een U-bak is het gedeelte van een onderdoorgang waar het verkeer in rijdt. Dit is schematisch weergegeven in figuur 0-7 en figuur 0-8. Figuur 0-7 weergeeft het gesloten deel van een onderdoorgang, waarbij de U-bak zich onder het dek bevindt. Figuur 0-8 weergeeft het open deel van een onderdoorgang, waarbij de U-bak zich nog niet onder het dek bevindt. Hierin is ook aangegeven dat de U-bak uit twee wanden en een vloer bestaat.



Afkortingenlijst

AB

As Built, zoals het ontwerp daadwerkelijk gebouwd is.

AO

Aanbiedingsontwerp

DO

Definitief ontwerp

IF

Invloedsfactor

OCAP

Out of Control Action Plan. Het is onderdeel van het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' (nummer 5.3 in 0).

VO

Voorlopig ontwerp

UO

Uitvoeringsontwerp

VM

Verbetermaatregel

Δ AO-UO

In dit onderzoek staat dit voor het verschil tussen de hoeveelheid wapening uit het AO en de hoeveelheid wapening uit het UO.

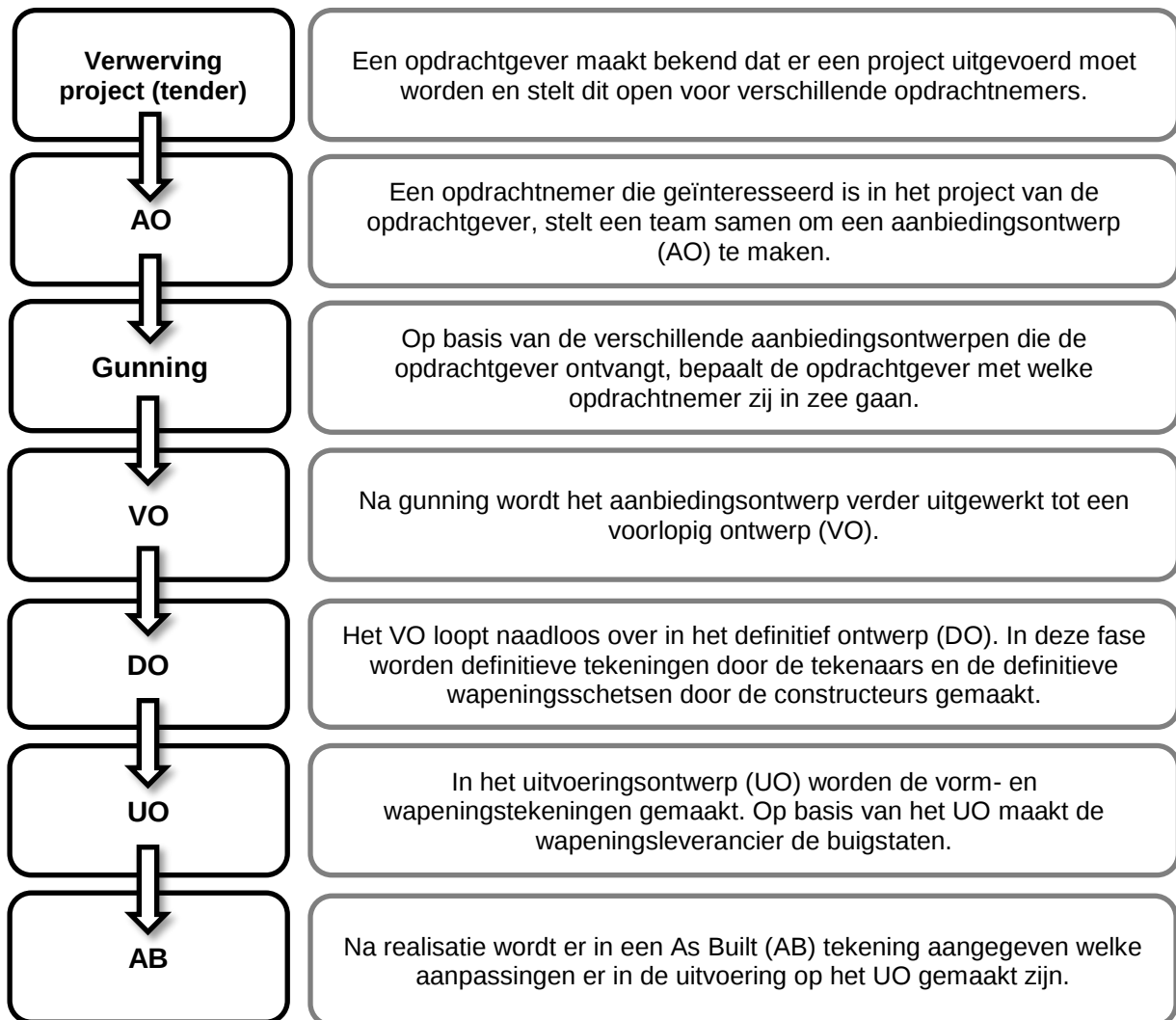
Δ DO-UO

In dit onderzoek staat dit voor het verschil tussen de hoeveelheid wapening uit het DO en de hoeveelheid wapening uit het UO.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Heijmans Infra ontwerpt en bouwt veel verschillende typen kunstwerken voor regionale en nationale opdrachtgevers. Bij het ontwerpen van een kunstwerk worden verschillende fasen doorlopen, dit is weergegeven in figuur 1-1.



Figuur 1-1: Ontwerpfasen

Zoals blijkt uit de bovenstaande figuur wordt het ontwerp per fase verder uitgewerkt. Echter moet de opdrachtnemer bij het AO al een begroting opstellen. Deze begroting bestaat onder andere uit de kosten van de benodigde materialen. Bij kunstwerken zijn de belangrijkste materialen wapening en beton (Van Lier & Hettinga, 2018). Door bij het AO een goede inschatting te maken van de benodigde hoeveelheid wapening en beton, kunnen kostenoverschrijdingen voorkomen worden. De afgelopen jaren hebben bij Heijmans een aantal onderzoeken plaatsgevonden die het verschil in wapening tussen het AO en het UO onderzocht hebben.

Als eerste heeft er in 2010 bij Heijmans Beton- en Waterbouw¹ een intern onderzoek plaatsgevonden. Uit dit onderzoek is gebleken dat er gemiddeld gezien een verschil bestaat tussen de hoeveelheid

¹ Afdeling binnen Heijmans. In 2011 is deze afdeling onderdeel geworden van Heijmans Civiel en in 2015 is het onderdeel geworden van Heijmans Infra (Heijmans N.V., 2012) (Heijmans N.V., 2016).

wapening die ingeschat is in het AO en die verwerkt is in het UO (Δ AO-UO). Dit verschil zorgt ook voor een verschil tussen de begroting en de daadwerkelijke kosten.

Als tweede heeft een masterstudent onderzoek gedaan naar de Δ AO-UO. Hierbij was het doel om de faalkosten in de wapeningsketen te reduceren. In dit onderzoek zijn vijf kunstwerken geanalyseerd op de hoeveelheid wapening in de verschillende ontwerpfasen. Uit deze analyse zijn een aantal problemen geconstateerd en zijn er oplossingen aangedragen om de faalkosten te reduceren. (Neijssen, 2010)

Als derde heeft er van 2012 tot 2013 een intern onderzoek plaatsgevonden, het 'Lean6Sigma onderzoek' (Hulsen, Implementatieplan "Betere beheersing hoeveelheden wapening in brugdekken", 2013). Tijdens het Lean6Sigma onderzoek zijn 39 dekken op de Δ AO-UO geanalyseerd. Tabel 1-1 geeft het Δ AO-UO van deze analyse weer en het doel dat is vastgesteld voor toekomstige infrastructurele bouwprojecten. Dit doel is gebaseerd op het Lean6Sigma principe, waarbij er maar 3,4 fouten uit 1 miljoen gegevens voor mogen komen, zodat het in 99,9999976% van de gevallen goed voorspeld wordt (International Six Sigma Institute, 2018).

Tabel 1-1: Δ AO-UO voor 39 onderzochte dekken en het beoogde doel van het Lean6Sigma onderzoek

	Geanalyseerde dekken	Doel
Gewogen gemiddelde	+9%	0%
Bandbreedte	-68% ↔ +165%	-10% ↔ +10%

Om dit doel te bereiken, is onderzocht wat de problemen waren die de Δ AO-UO veroorzaken (zogenoemde invloedsfactoren) en zijn op basis daarvan verbetermaatregelen gedefinieerd. Deze verbetermaatregelen zijn aan het ontwerpproces toegevoegd. Echter, het gebruik van dit proces is nooit geëvalueerd. In het Kennismanagementplan 2018 van de afdeling Constructies & Geotechniek is daarom het doel gesteld om meer duidelijkheid te creëren over de huidige wapeningsverschillen tussen het AO en het UO.

1.2 Scope

Dit onderzoek is een vervolgonderzoek van het Lean6Sigma onderzoek en richt zich ook op de inschatting van de hoeveelheid wapening ten opzichte van de uiteindelijke hoeveelheid wapening. Hierbij wordt de focus gelegd op één project en op twee kunstwerkonderdelen:

1. In dit onderzoek wordt de focus gelegd op het project de N23 Westfriisaweg². De N23 bevat een groot aantal kunstwerken, daarom is dit projectgebied geschikt bevonden om de hoeveelheid wapening tussen de ingeschreven en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening te analyseren.
2. In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de kunstwerkonderdelen dekken en U-bakken. Dit onderzoek vervolgt hiermee deels het Lean6Sigma onderzoek, waarin alleen dekken geanalyseerd zijn. Echter geldt het doel van het Lean6Sigma onderzoek voor elk kunstwerkonderdeel. Vanwege het feit dat U-bakken, net als dekken, relatief veel wapening bevatten, heeft het toegevoegde waarde om deze constructieonderdelen ook te analyseren.

1.3 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is bepalen in hoeverre het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek geholpen heeft bij het inschatten van de uiteindelijke hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken bij de N23. Om dit doel te bereiken, zijn drie subdoelen opgesteld:

1. Bepalen in hoeverre het ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek gevolgd wordt in het huidige ontwerpproces en bepalen in hoeverre de invloedsfactoren die in het Lean6Sigma onderzoek gevonden zijn, opgelost zijn.
2. Bepalen wat het verschil is tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening bij dekken en U-bakken bij de N23, zodat vastgesteld kan worden of het doel uit het Lean6Sigma onderzoek (zoals weergegeven is in tabel 1-1) behaald is.

² Ten behoeve van de leesbaarheid wordt er in de rest van dit verslag met de aanduiding N23 de N23 Westfriisaweg bedoeld.

3. Bepalen wat de invloed is van de verschillende kunstwerkonderdelen op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening bij dekken en U-bakken, zodat vastgesteld kan worden waar in de tenderfase meer focus op moet worden gelegd.

1.4 Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek is als volgt opgesteld:

Heeft het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek bijgedragen aan het inschatten van de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken als deze inschatting vergeleken wordt met de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken die uiteindelijk verwerkt is bij het project N23 Westfrisiaweg?

Om de hoofdvraag te beantwoorden, zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Hebben de vijf voorgestelde verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma onderzoek invloed gehad op de invloedsfactoren bij kunstwerken die na 2013 door Heijmans ontworpen zijn?
 - a. Worden de vijf verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma onderzoek bij het huidige ontwerpproces gevolgd?
 - b. Zijn de invloedsfactoren uit het Lean6Sigma onderzoek opgelost door invoering van de vijf verbetermaatregelen in het ontwerpproces?
2. Wat is het gewogen gemiddelde en de bandbreedte van het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in kunstwerkdekken bij de N23 Westfrisiaweg en is hiermee het doel van het Lean6Sigma onderzoek bereikt?
3. Wat is bij de kunstwerkdekken het effect van de verschillende type kunstwerken, type gebruikers en type dekken op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening?
4. Wat is het gewogen gemiddelde en de bandbreedte van het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in U-bakken bij de onderdoorgangen bij de N23 Westfrisiaweg en is hiermee het doel van het Lean6Sigma onderzoek bereikt?
5. Wat is bij de U-bakken het effect van de verschillende onderdelen (de wanden en vloeren en het open en gesloten deel) op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening?

1.5 Onderzoeksmethodiek

Het onderzoek is opgedeeld in een kwalitatief en kwantitatief onderzoek. Voor de beantwoording van deelvraag 1 wordt kwalitatief onderzoek uitgevoerd. Het doel van deze vraag is om erachter te komen of de vijf voorgestelde verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma gevolgd worden in het huidige ontwerpproces en of de invloedsfactoren uit het Lean6Sigma onderzoek opgelost zijn door invoering van deze verbetermaatregelen. Deze deelvraag kan worden beantwoord door interviews af te nemen met medewerkers die zich met het ontwerpproces bezighouden.

Voor beantwoording van de deelvragen 2, 3, 4 en 5 wordt kwantitatief onderzoek uitgevoerd. Het doel van deelvraag 2 en 4 is om erachter te komen in hoeverre de hoeveelheid wapening goed ingeschat wordt als dit vergeleken wordt met de hoeveelheid wapening in het UO. Hiervoor dienen de kunstwerken bij de N23 als voorbeeld voor andere bouwprojecten. Op basis van deze vergelijking wordt vervolgens in de analyse de bandbreedte en het gewogen rekenkundig gemiddelde vastgesteld om te bepalen wat er veranderd is ten opzichte van het Lean6Sigma onderzoek.

Aansluitend op deelvraag 2 is deelvraag 3 opgesteld. Het doel van deze deelvraag is om erachter te komen of de verschillen tussen de kunstwerken een invloed spelen op de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Hierbij worden de verschillende type kunstwerken (overkluizingen, onderdoorgangen, bruggen en viaducten) geanalyseerd. Ten tweede worden de verschillende type gebruikers (voetgangers, fietsverkeer en autoverkeer) geanalyseerd. Ten derde worden de verschillende type dekken (in situ en druklaag) geanalyseerd.

Aansluitend op deelvraag 4 is deelvraag 5 opgesteld. Het doel van deze deelvraag is om erachter te komen of er een verband bestaat tussen de verschillende onderdelen van U-bakken op het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Het gaat hier om het verschil tussen de wanden en vloeren en om het verschil tussen het open en het gesloten deel van de U-bakken.

1.6 Verdere afbakening van het onderzoek

Dit onderzoek wordt verder afgebakend door de volgende factoren:

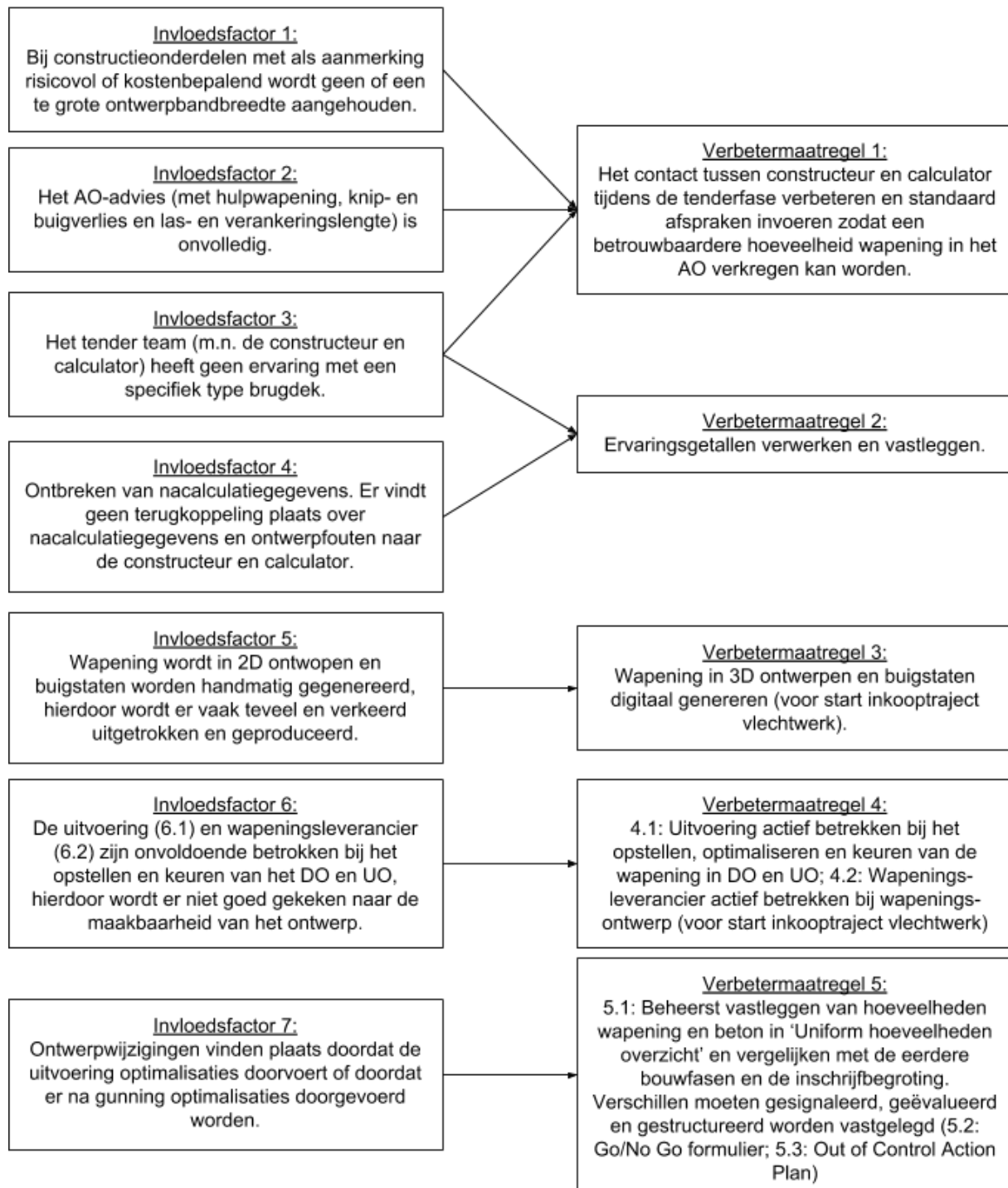
- Bij de inschatting van de hoeveelheid wapening wordt enerzijds de hoeveelheid wapening in ton opgegeven en anderzijds wordt de hoeveelheid wapening ten opzichte van de hoeveelheid beton in kg/m^3 opgegeven. Gezien het uitzoeken van de hoeveelheid beton extra werk met zich meebrengt, is ervoor gekozen om alleen de wapeningshoeveelheden in ton te analyseren.
- Bij de analyse worden de totale wapeningshoeveelheden geanalyseerd en vindt er dus geen onderscheid plaats tussen hoofd- en hulpwapening. Dit is echter wel gewenst, maar het is niet mogelijk doordat het verschil tussen hoofd- en hulpwapening niet duidelijk aangegeven is in de buigstaten.

1.7 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de interviewresultaten besproken om deelvraag 1, inclusief deelvragen 1a en 1b, te kunnen beantwoorden. In hoofdstuk 3 wordt als eerste een projectbeschrijving gegeven van de N23. Vervolgens worden de verschillende kunstwerken bij de N23 geanalyseerd om deelvragen 2, 3, 4 en 5 te kunnen beantwoorden. In hoofdstuk 4, de conclusie, wordt een koppeling gemaakt tussen hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 en worden de hoofdvraag en deelvragen beantwoord. In hoofdstuk 5, de discussie, wordt kritisch naar de uitkomsten van het onderzoek gekeken. Tot slot worden in hoofdstuk 6 aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

2 Het effect van het Lean6Sigma onderzoek op door Heijmans ontworpen kunstwerken

Tijdens het Lean6Sigma onderzoek is onderzocht wat de oorzaken van de afwijkingen tussen de ingeschreven en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in dekken waren en zijn er oplossingen gedefinieerd. Deze oorzaken (zogenoemde invloedsfactoren) en oplossingen (zogenoemde verbetermaatregelen) zijn weergegeven in onderstaande figuur. Deze verbetermaatregelen zijn onderdeel van het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek (dit is in 0 weergegeven als het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening'). Ten behoeve van dit onderzoek is in dit processchema aangegeven op welke plaatsen het om een verbetermaatregel gaat.



Figuur 2-1: Invloedsfactoren en daarop gebaseerde verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma onderzoek

In dit hoofdstuk wordt het verbeterde ontwerpproces vanuit het Lean6Sigma onderzoek vergeleken met het huidige ontwerpproces. Deze vergelijking komt voort uit interviews met medewerkers van Heijmans Infra. Het doel van de interviews is om erachter te komen in hoeverre de uitkomsten van het Lean6Sigma onderzoek daadwerkelijk toegepast worden en of de problemen die tijdens het Lean6Sigma onderzoek zijn gevonden inmiddels (deels) opgelost zijn. De opzet van elk interview is te vinden in Bijlage C.

De namen en functies van de geïnterviewde medewerkers zijn weergegeven in Bijlage B. Deze medewerkers werken bij drie verschillende afdelingen die aan bod komen in het processchema, namelijk de afdelingen Verwerving, Ontwerp en Civiel. De afdeling Verwerving wordt betrokken bij de tenderfase (ook wel verwervingsfase genoemd) en onder deze afdeling vallen de calculators. De afdeling Ontwerp wordt vanaf de tenderfase tot en met de realisatiefase betrokken. Hieronder vallen de tekenaars, constructeurs en geotechnici. De afdeling Civiel wordt betrokken bij een project zodra de maakbaarheid van het ontwerp besproken dient te worden. Onder deze afdeling vallen de werkvoorbereiders, projectcoördinatoren en uitvoerders. In Bijlage D zijn de interviews met de geïnterviewde medewerkers weergegeven. Dit is geen letterlijke transcriptie van de interviews, maar hierin staat alleen de kern van het interview. Om een correct beeld te geven, heeft elke geïnterviewde medewerker zijn interviewresultaat gecontroleerd. Elke geïnterviewde medewerker is akkoord gegaan met zijn interviewresultaat.

Algemeen

Uit de interviews blijkt dat werknemers zich over het algemeen niet bewust zijn van het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' en waarom bepaalde onderdelen van het schema gevolgd dienen te worden. De meeste onderdelen uit het schema worden uitgevoerd, maar verlopen niet exact op de manier zoals in het schema is aangegeven. Dit komt doordat het schema in 2013 opgesteld is en er sindsdien nieuwe medewerkers bij Heijmans Infra gestart zijn die onbekend zijn met het schema. Een andere mogelijke oorzaak is dat bij de start van een project niet expliciet aangegeven wordt dat het processchema gevolgd dient te worden. Daarnaast geeft een geïnterviewde medewerker aan dat er over het algemeen geldt dat indien met een andere partij wordt samengewerkt, er wordt afgeweken van de standaardwerkwijze binnen Heijmans.

Verbetermaatregel 1: Het contact tussen constructeur en calculator tijdens de tenderfase verbeteren en standaard afspraken invoeren zodat een betrouwbaardere hoeveelheid wapening in het AO verkregen kan worden.

Verbetermaatregel 1 is weergegeven in 0 bij nummer 1. Hierin wordt de overdracht tussen constructeur en calculator aangegeven en worden de standaardafspraken als "Standaardformulier Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken" en als "Opgave van objectnummer, hoeveelheid wapening en bandbreedte" aangegeven. In tabel 2-1 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of verbetermaatregel 1 bij het huidige ontwerpproces gevolgd wordt.

Tabel 2-1: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Wordt verbetermaatregel 1 bij het huidige ontwerpproces gevolgd?'

VM	Valt buiten het werkveld	Nooit	Soms/Deels	Bijna altijd	Ja, maar...	Altijd
1	3	0	0	3	1	4

Uit de interviews blijkt dat verbetermaatregel 1 over het algemeen verbeterd is. Bij de meeste projecten hebben de constructeur en calculator direct contact tijdens de tenderfase. Dit zorgt ervoor dat de constructeurs en calculators eenduidige gegevens aan elkaar verstrekken en het risico op verkeerde interpretatie aanzienlijk verkleind wordt. Aan het begin van een tender wordt er tussen de afdelingen verwerving (met calculators) en ontwerp (met constructeurs) bepaald of het kunstwerk risicovolle en/of kostenbepalende onderdelen bevat. Vervolgens wordt met behulp van het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' het uitwerkingsniveau vastgesteld, inclusief de te hanteren ontwerpbandbreedte.

Echter, er bestaan ook projecten waarbij er geen contact is tussen constructeur en calculator of het contact via de leiding van de tender verloopt. Dit kan ervoor zorgen dat gegevens verkeerd geïnterpreteerd kunnen worden. Dit heeft ook plaatsgevonden bij de N23. Uit de interviews is het niet duidelijk geworden of bij de N23 gegevens verkeerd geïnterpreteerd zijn.

Verbetermaatregel 1 is bedoeld als oplossing voor invloedsfactor 1, 2 en 3.

Invloedsfactor 1: Bij constructieonderdelen met als aanmerking risicovol of kostenbepalend wordt geen of een te grote ontwerpbandbreedte aangehouden.

In tabel 2-2 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 1 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 1.

Tabel 2-2: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 1 opgelost door invoering van verbetermaatregel 1 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
1	6	0	0	2	2	1

Uit de interviews blijkt dat invloedsfactor 1 over het algemeen is opgelost door invoering van verbetermaatregel 1. Bij de meeste projecten wordt tijdens de tenderfase met behulp van het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' een ontwerpbandbreedte voor elk constructieonderdeel vastgesteld. Daarnaast zijn bij de interviews de volgende verbeteringen genoemd die bijdragen aan het oplossen van invloedsfactor 1:

- Tijdens de tenderfase veel tijd steken in het creëren van een goed ontwerp;
- Tijdens de tenderfase vindt er controle plaats op het ontwerp en de berekeningen.

Ook bij de N23 is een ontwerpbandbreedte aangehouden. Deze ontwerpbandbreedte is gebaseerd op de contractvorm van het project (Best Value Procurement). Hierbij moet er in de tenderfase slechts een minimaal ontwerp opgesteld worden. Met behulp van het standaardformulier "Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken" is daarom een minimaal uitwerkingsniveau gekozen.

Invloedsfactor 2: Het AO-advies wordt onvolledig opgegeven (zonder hulpwapening, knip- en buigverlies en las- en verankeringslengte³).

In tabel 2-3 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 2 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 1.

Tabel 2-3: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 2 opgelost door invoering van verbetermaatregel 1 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
2	5	0	0	0	3	3

Uit de interviews blijkt dat invloedsfactor 2 volledig opgelost is, mede door invoering van verbetermaatregel 1. Er is afgesproken dat de constructeur de wapeningshoeveelheid inclusief las- en verankeringslengte opgeeft en dat de calculator de hoeveelheid hulpwapening en knip- en buigverlies opgeeft. Ook bij de N23 heeft dit op deze manier plaatsgevonden.

Daarnaast zijn de volgende verbeteringen genoemd die helpen bij het oplossen van invloedsfactor 2:

- Tijdens de tenderfase veel tijd steken in het creëren van een goed ontwerp;
- Tijdens de tenderfase vindt er controle plaats op het ontwerp en de berekeningen.

Invloedsfactor 3: Het tenderteam (met name constructeur en calculator) heeft geen ervaring met een specifiek type brugdek⁴.

In tabel 2-4 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 3 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 1.

³ De betekenissen van deze begrippen zijn te vinden in Verklarende woordenlijst op pagina 6.

⁴ In deze invloedsfactor wordt alleen verwezen naar brugdekken, maar omdat het processchema opgesteld is voor het ontwerp van elk type kunstwerk, is dit bij de interviews aangepast naar elk type kunstwerk.

Tabel 2-4: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 3 opgelost door invoering van verbetermaatregel 1 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
3	4	1	0	0	6	0

De meeste geïnterviewde medewerkers geven aan dat invloedsfactor 3 opgelost is, maar zien verbetermaatregel 1 niet als oplossing. Eén geïnterviewde medewerker geeft aan dat invloedsfactor 3 nog steeds bestaat en dat dit alleen opgelost kan worden als medewerkers ervaring opdoen. Desalniettemin geven de andere geïnterviewde medewerkers aan dat de volgende oplossingen invloedsfactor 3 wel overbruggen:

- De samenstelling van het tenderteam;
- Het goede contact tussen medewerkers, hierdoor kunnen ervaren medewerkers op een laagdrempelige manier bij een tender betrokken worden;
- Tijdens de tenderfase vindt er controle plaats op het ontwerp en de berekeningen.

Verbetermaatregel 2: Ervaringsgetallen verwerken en vastleggen

Verbetermaatregel 2 wordt toegepast in de documenten 'Database kunstwerken: brugdekken' en 'Database kunstwerken: onderdoorgangen' (in 0 is dit weergegeven bij nummer 2 als 'Database kunstwerken HIP'). Deze databases bevatten data van diverse kunstwerken in het DO en het UO. Uit de databases blijkt dat de DO-gegevens van de N23 aangeleverd en verwerkt zijn. Echter zijn de UO-gegevens nog niet aangeleverd en verwerkt.

In tabel 2-5 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of deze verbetermaatregel bij het huidige ontwerpproces gevolgd wordt.

Tabel 2-5: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Wordt verbetermaatregel 2 bij het huidige ontwerpproces gevolgd?'

VM	Valt buiten het werkveld	Nooit	Soms/Deels	Bijna altijd	Ja, maar...	Altijd
2	4	0	1	0	6	0

Uit de interviews blijkt dat verbetermaatregel 2 wordt toegepast, maar dat de databases onvoldoende geactualiseerd zijn en dat er bij sommige kunstwerken data mist. Bij de interviews zijn hiervoor de volgende redenen genoemd:

- Het vullen van de databases kost veel tijd;
- Het blijkt lastig om gegevens van projecten te verzamelen.

Sommige geïnterviewde medewerkers zien het nut van de databases niet doordat:

- (Recente) data ontbreekt in de databases;
- Constructies zijn niet per definitie vergelijkbaar;
- Constructeurs zijn over het algemeen terughoudend om gegevens van andere projecten over te nemen.

Ondanks deze negatieve kijk op de databases, is er ook een positieve kijk op de databases. Eén geïnterviewde medewerker vindt dat de databases als wegwijzer van voorgaande projecten kunnen dienen. Dit is met name nuttig voor nieuwe werknemers, omdat zij hier niet bekend mee zijn.

Verbetermaatregel 2 is bedoeld als oplossing voor invloedsfactor 3 en 4.

Invloedsfactor 3: Het tenderteam (met name constructeur en calculator) heeft geen ervaring met een specifiek type brugdek⁴.

In tabel 2-6 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 3 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 2.

Tabel 2-6: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 3 opgelost door invoering van verbetermaatregel 2 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
3	6	1	0	0	4	0

De meeste geïnterviewde medewerkers geven aan dat invloedsfactor 3 opgelost is, maar zien verbetermaatregel 2 niet als oplossing gezien. De geïnterviewde medewerkers missen hierbij met name de achterliggende ontwerpkeuzes in de databases. Desalniettemin geeft één geïnterviewde medewerker aan dat het gebruik van de databases in de tenderfase nuttig is, omdat het voorgaande projecten duidelijk weergeeft en het kan helpen bij het inschatten van hoeveelheden wapening en beton. Een andere geïnterviewde medewerker geeft aan dat invloedsfactor 3 nog steeds bestaat en dat dit alleen opgelost kan worden als medewerkers ervaring opdoen.

Zoals al eerder is aangegeven bij invloedsfactor 3 bij verbetermaatregel 1, worden de volgende zaken wel als oplossing gezien voor invloedsfactor 3:

- De samenstelling van het tenderteam;
- Het goede contact tussen medewerkers, hierdoor kunnen ervaren medewerkers op een laagdrempelige manier bij een tender betrokken worden;
- Tijdens de tenderfase vindt er controle plaats op het ontwerp en de berekeningen.

Invloedsfactor 4: Ontbreken van nacalculatiegegevens. Er vindt geen terugkoppeling plaats over nacalculatiegegevens en ontwerpfouten naar de constructeur en calculator.

In tabel 2-10 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 4 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 2.

Tabel 2-7: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 4 opgelost door invoering van verbetermaatregel 2 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
4	4	4	1	2	0	0

Uit de interviews blijkt dat invloedsfactor 4 nog bestaat. In de databases bestaan van sommige projecten nacalculatiegegevens van het DO en UO, maar terugkoppeling vindt hierover niet plaats. Ondanks dat de nacalculatiegegevens beperkt beschikbaar zijn, blijkt uit de interviews dat ontwerpfouten wel teruggekoppeld worden aan de constructeur. Echter geeft een calculator aan dat deze terugkoppeling bij hem onbekend is.

Verbetermaatregel 3: Wapening in 3D ontwerpen en buigstaten digitaal genereren (voor start inkooptraject vlechtwerk).

In tabel 2-8 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of verbetermaatregel 3 bij het huidige ontwerpproces gevolgd wordt.

Tabel 2-8: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Wordt verbetermaatregel 3 bij het huidige ontwerpproces gevolgd?'

VM	Valt buiten het werkveld	Nooit	Soms/Deels	Bijna altijd	Ja, maar...	Altijd
3	3	0	8	0	0	0

Uit de interviews blijkt dat verbetermaatregel 3 bij een klein aantal projecten toegepast wordt. Over het algemeen geldt dat bij projecten met repeterende of complexe wapening, de wapening in 3D ontworpen wordt. Echter wordt bij het merendeel van de projecten de wapening nog in 2D ontworpen. Tijdens de interviews zijn hiervoor drie redenen genoemd:

- Het maken van een 3D-wapeningsontwerp kost meer tijd dan het maken van een 2D-wapeningsontwerp. Dit komt door de manier waarop een 3D-wapeningstekening moet worden opgesteld, maar ook door het gebrek aan ervaring in het gebruiken van 3D-modellen.

- Niet alle wapeningsleveranciers zijn klaar voor het gebruik van 3D-wapeningsmodellen. Voor de start van het inkooptraject vlechtwerk moet er al een ontwerp in een 2D- of 3D-model bestaan. Door een 3D-model wordt de keuze in wapeningsleveranciers beperkt.
- De mate van ervaring met een bepaald type wapening speelt een rol. Als de ontwerpafdeling, uitvoeringsafdeling en wapeningsleverancier ervaring hebben met een bepaald type wapening, is de kans op het maken van fouten klein en heeft het geen toegevoegde waarde om de wapening in 3D te ontwerpen.

Bij de N23 is het VO en het DO in 3D opgesteld, maar bij het UO is ervoor gekozen om een 2D-ontwerp op te stellen, omdat het minder tijd en geld kost. Bij de N23 zijn er een groot aantal kunstwerken ontworpen die technisch niet erg complex zijn en is het daarom niet nodig bevonden om alle kunstwerken in 3D te ontwerpen.

Verbetermaatregel 3 is bedoeld als oplossing voor invloedsfactor 5.

Invloedsfactor 5: Wapening wordt in 2D ontworpen en buigstaten worden handmatig gegenereerd, hierdoor wordt er vaak te veel en verkeerd uitgetrokken en geproduceerd.

In tabel 2-9 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 5 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 3.

Tabel 2-9: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 5 opgelost door invoering van verbetermaatregel 3 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
5	5	0	0	6	0	0

Uit de interviews kan geen conclusie getrokken worden of verbetermaatregel 3 zorgt voor het oplossen van deze invloedsfactor. Het is namelijk onduidelijk of 3D-wapeningstekeningen een significant voordeel oplevert bij het inschatten van de hoeveelheid wapening. Daarnaast bestaat het risico dat de wapeningsleverancier het wapeningsontwerp niet meer controleert, omdat een 3D wapeningsontwerp direct uitgetrokken en geproduceerd kan worden. Welk effect dit heeft op de wapening is onduidelijk.

Ondanks de negatieve punten zijn de volgende voordelen van 3D-wapeningstekeningen genoemd:

- Het ontwerpproces kan beter gevolgd worden;
- Het is precies duidelijk waar welk type wapening zit en of de wapening in het ontwerp past;
- Hoeveelheden materiaal zijn nauwkeurig uit het 3D-ontwerp te verkrijgen;
- Kosten kunnen vanuit het 3D-ontwerp gemakkelijk ingeschat worden;
- Buigstaten kunnen eenvoudig opgesteld worden en de staafvormen zijn direct duidelijk, hierdoor is er minder knipverlies bij het gebruiken van een 3D-wapeningsmodel;
- Bij de bouw kan sneller gewerkt worden met een 3D-wapeningstekening, omdat het als het ware al een keer gebouwd is in het 3D model.

Bij de N23 is een kunstwerk in 3D ontworpen en is hiervan de wapening in 3D gegenereerd. Dit is moeizaam verlopen. Enerzijds omdat de wapeningsleverancier weinig ervaring had met het uittrekken van de wapening in 3D en anderzijds omdat het UO van 2D naar 3D omgezet moest worden.

Verbetermaatregel 4: Uitvoering actief betrekken bij het opstellen, optimaliseren en keuren van de wapening in DO en UO (4.1); Wapeningsleverancier actief betrekken bij wapeningsontwerp (voor start inkooptraject vlechtwerk) (4.2).

In tabel 2-10 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of verbetermaatregel 4 bij het huidige ontwerpproces gevolgd wordt.

Tabel 2-10: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Wordt verbetermaatregel 4 bij het huidige ontwerpproces gevolgd?'

VM	Valt buiten het werkveld	Nooit	Soms/Deels	Bijna altijd	Ja, maar...	Altijd
4.1	4	0	0	0	1	6
4.2	2	0	3	0	6	0

4.1 Uitvoering actief betrekken: Alle geïnterviewde medewerkers die zich met dit werkveld bezighouden geven aan dat de uitvoering beter betrokken wordt bij het ontwerpproces dan vroeger. Vroeger werd de uitvoering pas tijdens de UO-fase betrokken, tegenwoordig wordt de uitvoering over het algemeen al tijdens de VO-, DO- en UO-fasen betrokken. Bij sommige gevallen wordt de uitvoering al in de tenderfase betrokken. Bij de N23 was de uitvoering al vanaf de tenderfase betrokken. Tijdens de tenderfase was de uitvoering betrokken voor een ontwerppreview en vanaf het VO was de uitvoering actief betrokken bij het ontwerp.

4.2 Wapeningsleverancier actief betrekken: Uit de interviews blijkt dat de wapeningsleverancier niet voor de start van het inkooptraject betrokken wordt. Dit komt doordat er op dat moment nog geen wapeningsleverancier gekozen is waarmee samengewerkt gaat worden. Het verschilt per project wanneer de wapeningsleverancier wel betrokken wordt. Bij sommige projecten wordt de wapeningsleverancier tijdens het UO betrokken en bij sommige projecten wordt de wapeningsleverancier na afronding van het UO betrokken. Over het algemeen geldt dat bij kleine projecten de wapeningsleverancier later in het proces betrokken wordt dan bij grote projecten. Bij de N23 is de wapeningsleverancier tijdens het UO betrokken.

Verbetermaatregel 4 is bedoeld als oplossing voor invloedsfactor 6.

Invloedsfactor 6: De uitvoering is onvoldoende betrokken bij het opstellen en keuren van DO- en UO-wapeningsontwerp en wordt de maakbaarheid van het ontwerp niet goed genoeg bekeken (6.1); De wapeningsleverancier is onvoldoende betrokken bij het opstellen en keuren van DO- en UO-wapeningsontwerp en wordt de maakbaarheid van het ontwerp niet goed genoeg bekeken (6.2).

In tabel 2-11 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 6 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 4.

Tabel 2-11: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 6 opgelost door invoering van verbetermaatregel 4 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
6.1	3	0	0	1	0	7
6.2	3	2	0	3	1	2

6.2: Uitvoering is onvoldoende betrokken: Uit de interviews blijkt dat invloedsfactor 6.1 volledig opgelost is door invoering van de verbetermaatregel. Eén medewerker geeft aan dat het nog beter kan. De geïnterviewde medewerkers vinden het van belang dat de maakbaarheid van het ontwerp meegenomen wordt en hechten hier met name belang bij het betrekken van de uitvoering. Bij de N23 waren er twee hoofduitvoerders met veel ervaring verantwoordelijk voor de wapening. Dankzij hun ervaring konden zij de wapeningssschetsen en -ontwerpen op een manier beoordelen zoals een wapeningsleverancier dat ook doet.

6.2: Wapeningsleverancier is onvoldoende betrokken: Uit de interviews blijkt dat invloedsfactor 6.2 deels opgelost is door invoering van de verbetermaatregel. Het betrekken van de wapeningsleverancier bij het ontwerp wordt als toegevoegde waarde gezien. Bij sommige projecten is het nodig dat de wapening voor het inkooptraject al goed wordt bekeken. In dat geval wordt een ZZP'er met verstand van wapening ingehuurd om hierbij te helpen. Bij de N23 was het betrekken van de uitvoering meer van belang dan het betrekken van de wapeningsleverancier. Hierdoor is het effect van het betrekken van de wapeningsleverancier verkleind, maar is de maakbaarheid van het ontwerp wel goed bekeken. Ook een andere medewerker herkent dat de ervaring van de uitvoering invloed heeft op de mate waarin de wapeningsleverancier betrokken dient te worden.

Verbetermaatregel 5: Beheerst vastleggen en vergelijken van de verschillende fasen

Verbetermaatregel 5 bestaat uit drie onderdelen:

- 5.1: Het beheerst vastleggen van hoeveelheden wapening en beton in 'Uniform hoeveelheden overzicht' (zie nummer 5.1 in 0, tegenwoordig Beton- en Wapeningsoverzicht genoemd) en het vergelijken met de eerdere bouwfasen en met de inschrijfbegroting.
- 5.2: Verschillen tussen bouwfasen moeten signaleerd, geëvalueerd en gestructureerd worden vastgelegd in het Go/No Go formulier (zie nummer 5.2 in 0).

- 5.3: Verschillen tussen bouwfasen moeten gesignaleerd, geëvalueerd en gestructureerd worden vastgelegd met behulp van het Out of Control Action Plan (OCAP, zie nummer 5.3 in 0).

In tabel 2-12 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of verbetermaatregel 5 bij het huidige ontwerpproces gevolgd wordt.

Tabel 2-12: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Wordt verbetermaatregel 5 bij het huidige ontwerpproces gevolgd?'

VM	Valt buiten het werkveld	Nooit	Soms/Deels	Bijna altijd	Ja, maar...	Altijd
5.1	5	0	5	0	0	1
5.2	5	0	0	0	0	6
5.3	6	2	3	0	0	0

5.1 Beheerst vastleggen en vergelijken van hoeveelheden: Uit de interviews blijkt dat bij de meeste projecten na het AO, DO en UO wapeningshoeveelheden worden vastgelegd (de DO- en UO-gegevens zijn input voor de databases uit verbetermaatregel 2), maar dat gegevens van het VO en AB niet worden vastgelegd. Het heeft voor de uitvoering geen prioriteit om gegevens overzichtelijk op te slaan. Dit zorgt er bijvoorbeeld bij de kunstwerken van de N23 voor dat op het moment van schrijven het overzicht niet up-to-date is en het daardoor lastig is om tijdens het project de verschillende fasen te vergelijken.

5.2 Go/No Go formulier: Uit de interviews blijkt dat dit bij elk project gevolgd wordt.

5.3 OCAP: Uit de interviews blijkt dat het OCAP bij geen enkel project volledig gevolgd wordt, omdat het niet haalbaar is om een ontwerpwijziging door te voeren als het DO al af is.

Verbetermaatregel 5 is bedoeld als oplossing voor invloedsfactor 7.

Invloedsfactor 7: Ontwerpwijzigingen vinden plaats doordat de uitvoering optimalisaties doorvoert of doordat er na gunning optimalisaties doorgevoerd worden.

In tabel 2-13 staat weergegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag of invloedsfactor 7 opgelost is door invoering van verbetermaatregel 5.

Tabel 2-13: Aangegeven hoeveel geïnterviewde medewerkers een bepaald antwoord gegeven hebben op de vraag 'Is invloedsfactor 7 opgelost door invoering van verbetermaatregel 5 in het ontwerpproces?'

IF	Weet het niet	Niet opgelost	Deels opgelost	Deels opgelost, door VM 1	Volledig opgelost, deels door VM1	Volledig opgelost, door VM1
7	6	0	0	5	0	0

Ontwerpwijzigingen vinden nog steeds plaats. Het is uit de interviews niet duidelijk geworden of het aantal ontwerpwijzigingen verminderd is. Desalniettemin blijkt over het algemeen dat een ontwerpwijziging weinig voordelen oplevert. Daarom is het van belang om kritisch naar ontwerpwijzigingen te kijken. Uit de interviews blijkt dat alleen het Go/No Go formulier hierbij helpt, omdat een mogelijke ontwerpwijziging onderbouwd moet worden waarom het een verbetering is. Het beheerst vastleggen en vergelijken van gegevens en het OCAP worden niet als hulp gezien voor het verminderen van ontwerpwijzigingen.

Naast verbetermaatregel 5 is tijdens de interviews nog een oplossing voor het verminderen van ontwerpwijzigingen genoemd. Zo wordt het aangeraden om niet alleen een overdrachtsdocument op te stellen, maar ook een overdrachtsmoment in te plannen tussen het tenderteam en het projectteam dat verder gaat met het VO, DO en UO. Ten eerste omdat beide teams vaak verschillende medewerkers bevatten. Dat zorgt ervoor dat het VO/DO/UO-team onvoldoende bekend is met de zaken die besproken en vastgelegd zijn in de AO-fase. Ten tweede zit vaak een aantal maanden tussen de afronding van het AO en de start van het VO, wat het contact tussen beide teams vermoeilijkt.

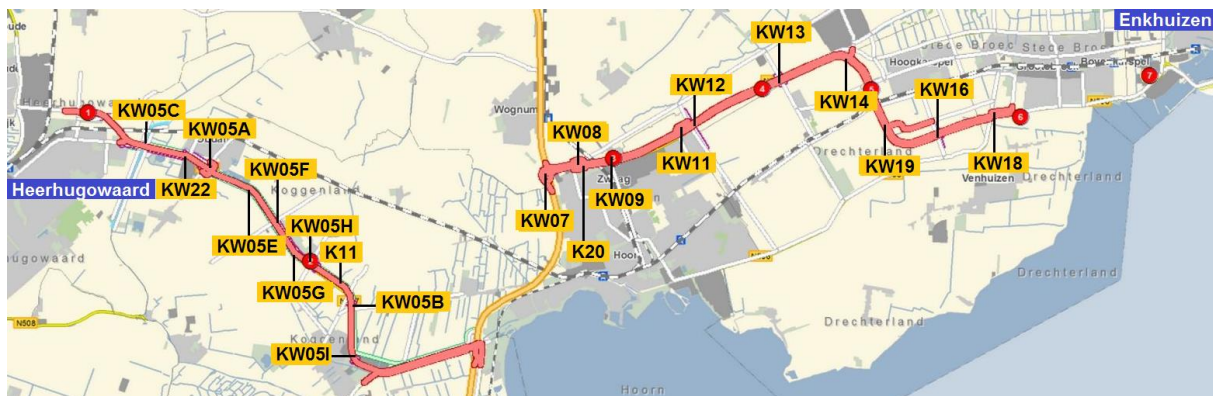
3 Data-analyse van kunstwerken N23 Westfrisiaweg

In dit hoofdstuk worden verschillende kunstwerken bij de N23 Westfrisiaweg geanalyseerd. Daarvoor wordt eerst een beschrijving van het project gegeven. Vervolgens worden twee analyses uitgevoerd. Als eerste worden dekken van verschillende type kunstwerken geanalyseerd. Als tweede worden U-bakken van onderdoorgangen geanalyseerd.

3.1 Projectbeschrijving

Sinds 2014 zijn er werkzaamheden tussen Alkmaar en Zwolle om een nieuwe weg aan te leggen: de N23. Heijmans bouwt mee aan een deel van de N23: de N23 Westfrisiaweg. Het doel van dit project is om het verkeer beter door te laten stromen, het sluipverkeer in de dorpen en steden af te laten nemen en de capaciteit van het wegennet in de regio te vergoten. (Heijmans Integrale Projecten B.V., 2014) (Heijmans N.V., 2014)

Het project de N23 is een tracé van 42 kilometer lang en loopt van Heerhugowaard naar Enkhuizen. Dit tracé is weergegeven in figuur 3-1. Hierin zijn de kunstwerken die geanalyseerd worden aangegeven. De N23 loopt over de bestaande A7 en deelt het project in twee delen: ten westen en ten oosten van de A7. Ten westen en ten oosten zijn verschillende teams verantwoordelijk voor de bouw van de kunstwerken. Het team west is gesitueerd in Obdam, het team oost is gesitueerd in Hoogkarspel en het overkoepelende team is gesitueerd in Zwaag. Tussen de verschillende teams is minstens een keer per week contact over de gang van zaken. (Geerlings, Interview, 2018)



Figuur 3-1: N23 Westfrisiaweg met daarin aangegeven waar de geanalyseerde kunstwerken zich bevinden (GeoXS, 2014)

Heijmans bouwt de N23 in opdracht van de provincie Noord-Holland. In 2014 is er ingeschat dat het tracé in 2017 voltooid zou worden. Echter is er een conflict ontstaan tussen Heijmans en de provincie Noord-Holland over de verantwoordelijkheid van de ingeschatte bodemgesteldheid uit de tenderfase. Vanaf september 2016 is een deel van het werk stilgelegd en vanaf november 2016 is al het werk stilgelegd door Heijmans. In februari 2017 zijn Heijmans en de provincie Noord-Holland tot overeenstemming gekomen en is het werk hervat. De verwachting is dat het tracé in 2018 voltooid wordt. (Doodeman, 2016) (Heijmans N.V., 2017)

Contractueel is de N23 een Best Value Procurement project. Kort samengevat houdt dit in dat opdrachtnemers tijdens de tenderfase een minimalistisch ontwerp opstellen en als het project vervolgens gegund wordt, in overleg met de opdrachtgever het ontwerp geoptimaliseerd wordt. Tijdens deze optimalisatie worden het VO en het DO opgesteld. Op basis van het DO wordt een Bouwsom opgesteld. Bij Best Value Procurement wordt er dus tijdens de tenderfase en de optimalisatiefase een begroting opgesteld. In beide begrotingen staan in ieder geval de te verwachten kosten en hoeveelheid materiaal. (Geerlings, Interview, 2018) De Bouwsom is de vaste prijs waarvoor de opdrachtnemer het project financiert. Indien de Bouwsom binnen of onder een bandbreedte van -5% en +5% ten opzichte van de AO-begroting valt, wordt een no-claim bonus bij de Bouwsom opgeteld. Indien de Bouwsom boven deze bandbreedte valt, wordt dit overschot door het Risicofonds betaald. (Projectteam N23 Westfrisiaweg, 2014) Om een volledige vergelijking te kunnen maken met de ingeschatte hoeveelheid wapening en de uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening, worden de hoeveelheden uit de AO-begroting en Bouwsom beide geanalyseerd. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat bij de N23 minder tijd aan het AO besteed is en meer tijd aan het DO besteed is dan normaal gesproken gebeurt bij een tenderontwerp in een andere contractvorm. De verwachting is daarom dat de hoeveelheid wapening uit het DO beter ingeschat is dan in het AO.

3.2 Kunstwerken

Ten westen van de A7 worden er in totaal 26 nieuwe kunstwerken gebouwd en ten oosten van de A7 worden er in totaal 35 nieuwe kunstwerken gebouwd. Daarnaast worden een aantal bestaande kunstwerken afgebroken en een aantal bestaande kunstwerken aangepast om beter aan te sluiten op de nieuwe situatie. Het gaat hierbij om onderdoorgangen, bruggen, viaducten, overkluizingen en duikers. (Krul, 2018) (Makker, Overzicht kunstwerken N23 - Oost, 2017)

Niet alle kunstwerken zijn geschikt bevonden voor analyse. Dit is gebaseerd op de volgende criteria:

- Alleen de volledig nieuw ontworpen kunstwerken worden geanalyseerd, zodat het mogelijk is om een vergelijking te maken met het aangepaste ontwerpproces uit in hoofdstuk 2.
- Alleen de onderdoorgangen, bruggen, viaducten en overkluizingen worden geanalyseerd. De duikers zijn niet geanalyseerd, omdat het niet binnen de scope van het onderzoek past (er bevindt zich namelijk geen dek of U-bak bij een duiker).
- De kunstwerken waarbij tussen het AO, DO en UO een of meerdere ontwerpwijzigingen hebben plaatsgevonden waardoor de hoeveelheid wapening voor de ontwerpwijziging(en) niet meer representatief is voor de hoeveelheid wapening na de ontwerpwijziging(en). Dit is op twee manieren bepaald:
 - o Op basis van de kennis van de ontwerpmanager, projectleider Civiel West en de projectcoördinator Civiel Oost over de verschillende kunstwerken (Schoondermark, 2018) (Geerlings, Interview, 2018) (Makker, Interview, 2018)
 - o Op basis van informatie uit kunstwerkrapporten uit het VO, het DO en het UO.

De kunstwerken die geschikt zijn bevonden voor de analyse, zijn weergegeven in tabel 3-1. Hierin is het volgende aangegeven:

- Nr.: Hiermee wordt in de figuren van de analyse aangegeven om welk kunstwerk het gaat;
- Naam: De naam van het kunstwerk;
- Type: Hier wordt het type kunstwerk en de hoofdgebruiker van het kunstwerk aangegeven. Van elk type kunstwerk is een visualisatie in de Verklarende woordenlijst weergegeven. Hierbij is niet elk kunstwerk gevisualiseerd, omdat de kunstwerken die onder hetzelfde type vallen erg vergelijkbaar zijn.
- Type dek: Een deel van de kunstwerkdekken bestaat uit een volledig in situ dek en een deel bestaat uit een prefab dek met een in situ druklaag. Bij de kunstwerkdekken met een prefab dek en een in situ druklaag, is alleen de in situ druklaag geanalyseerd, daarom is dit in de tabel aangegeven als 'druklaag'. Daarnaast staat bij een aantal kunstwerken voor welk type gebruiker het dek ontworpen is, omdat dit verschilt ten opzichte van de hoofdgebruiker van het kunstwerk.

Tabel 3-1: Kunstwerken die geschikt zijn bevonden voor analyse

Nr.	Naam	Type	Type dek
1	KW05A	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
2	KW05B	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
3	KW05F	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
4	KW05H	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
5	KW05I	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
6	KW22	Onderdoorgang t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek (t.b.v. autoverkeer)
7	K11	Overkluizing t.b.v. autoverkeer	Volledig in situ dek
8	K20	Overkluizing t.b.v. fietsverkeer	Volledig in situ dek
9	KW05C	Brug t.b.v. fietsverkeer	Druklaag
10	KW05E	Brug t.b.v. voetgangers	Druklaag
11	KW05G	Brug t.b.v. voetgangers	Druklaag
12	KW07	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
13	KW08	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
14	KW09	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
15	KW11	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
16	KW12	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
17	KW13	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
18	KW14	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
19	KW16	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
20	KW18	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag
21	KW19	Viaduct t.b.v. autoverkeer	Druklaag

3.3 Methodiek van de analyse

Van de kunstwerken die geschikt zijn bevonden voor de analyse, zijn de volgende gegevens verzameld:

- De hoeveelheid wapening in het dek (inclusief schampkanten en einddwarsdragers) uitgedrukt in ton, komend uit de AO-begroting;
- De hoeveelheid wapening in het dek (inclusief schampkanten en einddwarsdragers) uitgedrukt in ton, komend uit de DO-begroting;
- De hoeveelheid wapening in het dek (inclusief schampkanten en einddwarsdragers) uitgedrukt in kg, komend uit de buigstaten.

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in Tabel E-1 in Bijlage E.

Van de onderdoorgangen die geschikt zijn bevonden voor de analyse, de volgende gegevens verzameld:

- De hoeveelheid wapening in de U-bak (wanden en vloeren) uitgedrukt in ton, komend uit de AO-begroting;
- De hoeveelheid wapening in de U-bak (wanden en vloeren) uitgedrukt in ton, komend uit de DO-begroting;
- De hoeveelheid wapening in de U-bak (wanden en vloeren) uitgedrukt in kg, komend uit de buigstaten.

De verzamelde gegevens zijn weergegeven in Tabel F-1 in Bijlage F.

In de analyse worden de AO- en DO-begrotingsgegevens met de gegevens uit de buigstaten (UO) als volgt vergeleken:

$$\Delta AO - UO = \frac{UO \text{ gegevens} - AO \text{ gegevens}}{AO \text{ gegevens}} * 100\% \quad (1)$$

$$\Delta DO - UO = \frac{UO \text{ gegevens} - DO \text{ gegevens}}{DO \text{ gegevens}} * 100\% \quad (2)$$

Uit bovenstaande formules blijkt dat bij een waarde boven 0% de hoeveelheid wapening in het AO of DO onderschat is ten opzichte van het UO en dat bij een waarde onder 0% de hoeveelheid wapening overschat is in het AO of DO.

Op basis van de $\Delta AO - UO$ en $\Delta DO - UO$ kunnen vervolgens de bandbreedte en het gewogen rekenkundig gemiddelde bepaald worden. De bandbreedte geeft het minimum en het maximum van $\Delta AO - UO$ en $\Delta DO - UO$ aan en het gewogen rekenkundig gemiddelde wordt als volgt berekend:

$$\text{Gewogen rekenkundig gemiddelde} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{\sum_{i=1}^n UO \text{ gegevens}_i * (\Delta AO - UO)_i}{\sum_{i=1}^n UO \text{ gegevens}_i} \quad (3)$$

$$\text{Gewogen rekenkundig gemiddelde} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} = \frac{\sum_{i=1}^n UO \text{ gegevens}_i * (\Delta DO - UO)_i}{\sum_{i=1}^n UO \text{ gegevens}_i} \quad (4)$$

In de formules geeft w_i de wegingsfactor aan en x_i de waarden waarvan het gewogen rekenkundig gemiddelde wordt bepaald.

3.4 Analyse van de hoeveelheid wapening bij dekken

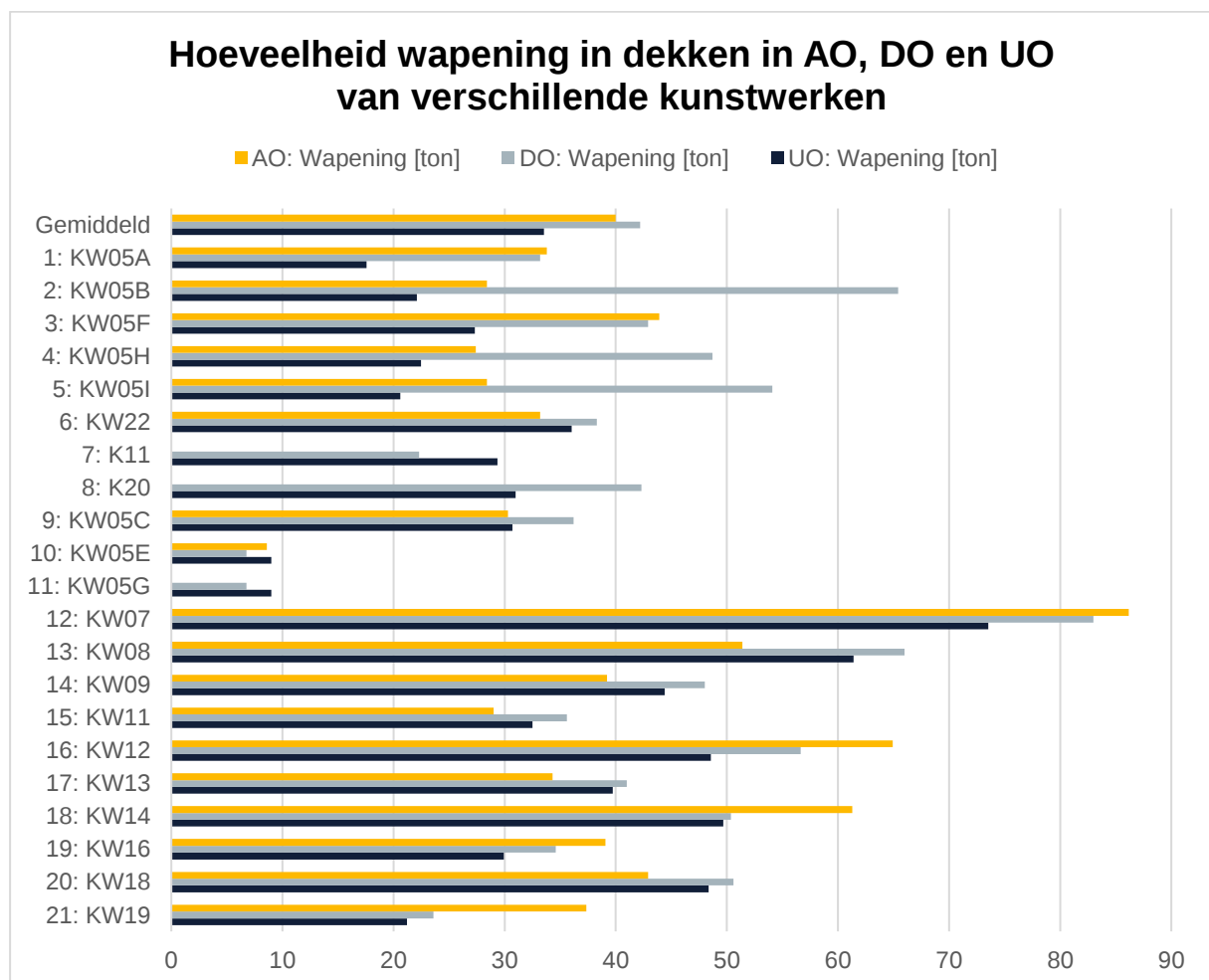
Om erachter te komen in hoeverre de hoeveelheid wapening in het AO en het DO goed is ingeschat bij de dekken, worden de kunstwerken uit tabel 3-1 geanalyseerd. In figuur 3-2 zijn van de geanalyseerde kunstwerken de hoeveelheid wapening in het AO, DO en UO tegen elkaar uitgezet. Dit is gebaseerd op de waarden uit Bijlage E. Dat er verschillen bestaan tussen deze fasen komt doordat het ontwerp geoptimaliseerd wordt in elke fase. Hierdoor wordt ook de hoeveelheid wapening geoptimaliseerd.

Vanwege de contractvorm van de N23 is de verwachting dat bij alle kunstwerken de hoeveelheid wapening in het DO beter is ingeschat dan de hoeveelheid wapening die uit het minimalistische ontwerp van het AO is ingeschat. Uit figuur 3-2 blijkt echter dat gemiddeld gezien de hoeveelheid wapening in het AO bij de dekken beter is ingeschat dan in het DO. Dit is onder andere te danken aan een aantal kunstwerken die opvallen in figuur 3-2: bij KW05B, KW05H en KW05I is in de DO-begroting de hoeveelheid wapening enorm toegenomen als dit vergeleken wordt met de AO-begroting. Als dit

vervolgens vergeleken wordt met de uiteindelijke hoeveelheid wapening, blijkt dit een forse overschatting te zijn. Wat de oorzaak van deze overschatting is, is onduidelijk. Daarnaast blijkt dat gemiddeld gezien in het AO en DO meer wapening is ingeschat dan uiteindelijk benodigd bleek te zijn in het UO. Dit betekent dat op basis van de hoeveelheid wapening in de dekken, Heijmans winst maakt.

De hoeveelheid wapening tussen het AO, DO en UO kan af- of toenemen door optimalisaties van het ontwerp. Voor de volgende kunstwerken zijn deze optimalisaties expliciet aangegeven in een rapport:

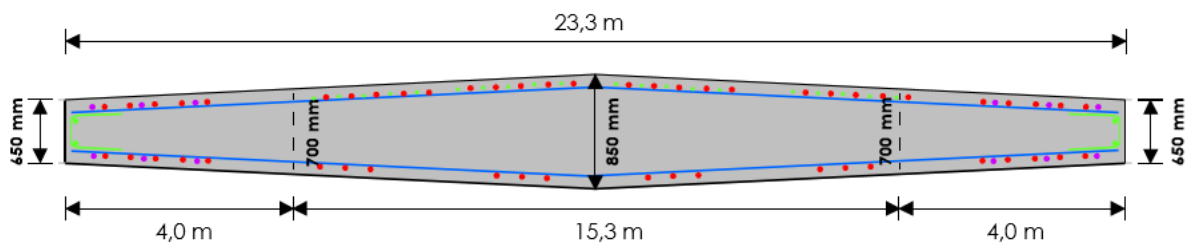
- KW05E: In het DO is besloten om de overspanning te verkleinen van 37,3 naar 30,8 meter. Hierdoor is de hoogte van het dek ook verlaagd. (Bos, DO Technische beschrijving KW05E, 2014) Dit is een grote wijziging, echter is deze grote wijziging maar deels te herleiden in de vergelijking tussen het AO en het DO: in het DO is iets minder wapening meegenomen dan in het AO. Waarschijnlijk heeft een andere optimalisatie ervoor gezorgd dat dit maar een kleine vermindering is.
- KW05G: In het DO is de overspanning verkleind van 42,0 naar 30,8 meter. Hierdoor is de hoogte van het dek ook verlaagd. (Bos, DO Technische beschrijving KW05G, 2015) Dit is een grote wijziging. Echter is het niet mogelijk om het effect van deze wijziging te bepalen, omdat er geen gegevens bekend zijn over de hoeveelheid wapening in het AO.
- KW09: In het DO is de overspanning verkleind van 31,2 naar 30,4 meter (De Wit, 2015). Dit heeft effect op de hoeveelheid wapening en beton. Echter valt dit niet te herleiden uit de AO- en DO-begrotingsgegevens: er is in het DO meer wapening meegenomen dan in het AO. Hierbij heeft waarschijnlijk een andere optimalisatie ook invloed gehad op de hoeveelheid wapening.
- KW16: In het DO is de overspanning verkleind van 23,5 naar 20,5 meter (Van Erp, 2014). Dit heeft een effect op de hoeveelheid wapening en beton. Dit is te herleiden in de vergelijking tussen het AO en het DO: in het DO is minder wapening meegenomen dan in het AO.



Figuur 3-2: Hoeveelheid wapening bij dekken uit het AO, DO en UO (in ton)

Om de hoeveelheid wapening verder te analyseren, worden de alle kunstwerkdekken nogmaals uitgezet in verschillende figuren. Hierbij wordt bekeken of de verschillende type kunstwerken, type gebruiker en type dekken invloed hebben op de hoeveelheid wapening.

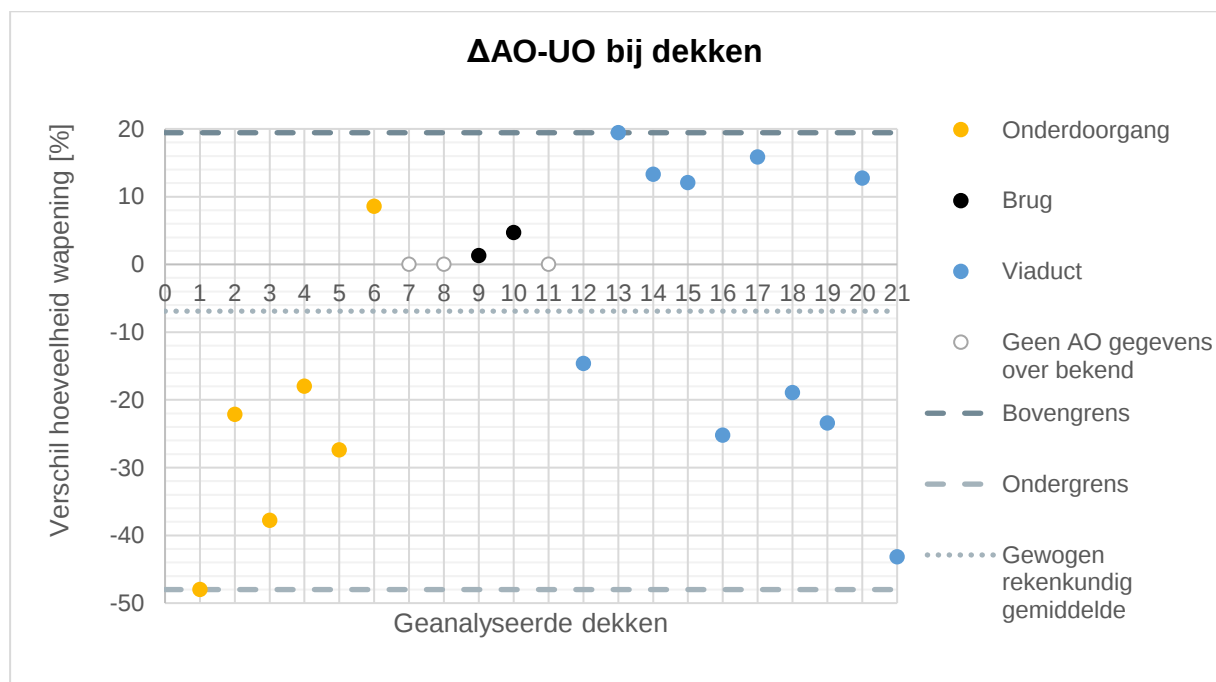
De verschillende type kunstwerken hebben een effect op de vorm van het dek. Bij de onderdoorgangen heeft het dek een vorm zoals weergegeven is in figuur 3-3, bij de overkluizingen is het dek opgebouwd uit verschillende rechthoekige dekplaten die aan elkaar verbonden zijn en bij de bruggen en viaducten heeft het dek een rechthoekige vorm. De verschillende type gebruikers hebben een effect op de belasting die het dek aan kan. De dekken ten behoeve van voetgangers en fietsverkeer zijn berekend op een lagere belasting dan de dekken ten behoeve van autoverkeer.



Figuur 3-3: Doorsnede wapening dek KW05A (Wapening dek fietsonderdoorgang - gesloten gedeelte, 2015)

3.4.1 Verschil tussen de hoeveelheid wapening in het AO en het UO

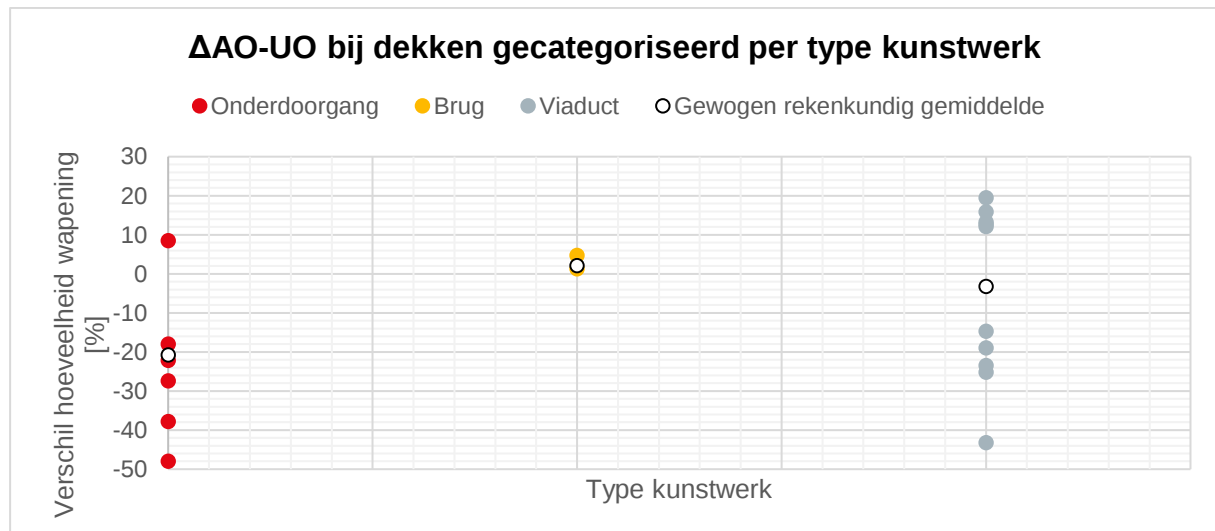
In figuur 3-4 is de Δ AO-UO bij dekken weergegeven. Op de X-as verwijzen de nummers naar de nummers uit tabel 3-1. Op de Y-as staat het verschil in wapening in procenten (de manier waarop dit is berekend, staat beschreven in hoofdstuk 3.3). Uit figuur 3-4 blijkt dat het doel van het Lean6Sigma onderzoek niet bereikt is: de bandbreedte bevindt zich tussen -48% en +19% en het gewogen gemiddelde is -7%.



Figuur 3-4: Δ AO-UO van wapening bij dekken op basis van gegevens in ton

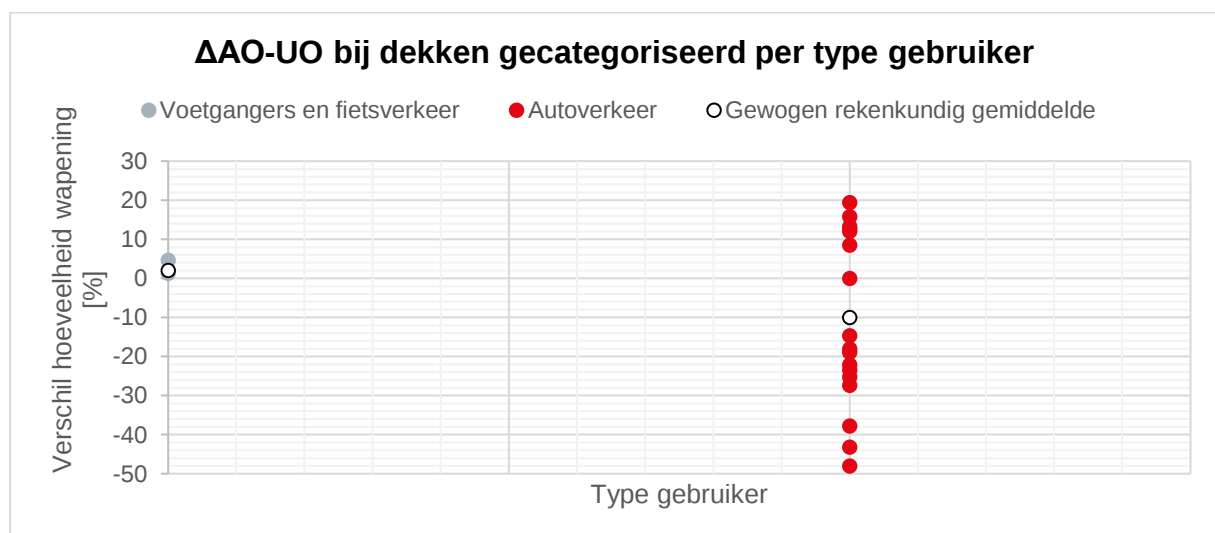
In figuur 3-5 wordt een vergelijking gemaakt tussen de verschillende type kunstwerken. Bij de onderdoorgangen en viaducten zijn grote spreidingen te zien in het verschil in wapening tussen het AO en het UO. Desalniettemin benadert het gewogen rekenkundig gemiddelde van de viaducten het doel van 0% met -3%. Voor dit project geldt dat de bruggen binnen de bandbreedte van -10% en +10% vallen en dat het gewogen rekenkundig gemiddelde van +2% het doel van 0% benadert. Hierbij moet rekening worden gehouden dat in de analyse maar twee bruggen geanalyseerd zijn, wat mogelijk voor een onjuist beeld zorgt. Om een beter beeld te geven, is het gewogen rekenkundig gemiddelde van de bruggen met de viaducten berekend, omdat deze kunstwerken vergelijkbaar zijn. Hieruit blijkt dat het gewogen rekenkundig gemiddelde van de bruggen met viaducten het doel met -3% benadert.

Op basis van de kleine dataset van de bruggen en op basis van de grote spreidingen bij de onderdoorgangen en viaducten kan voor dit project niet geconcludeerd worden dat het type kunstwerk effect heeft op de $\Delta AO-UO$.



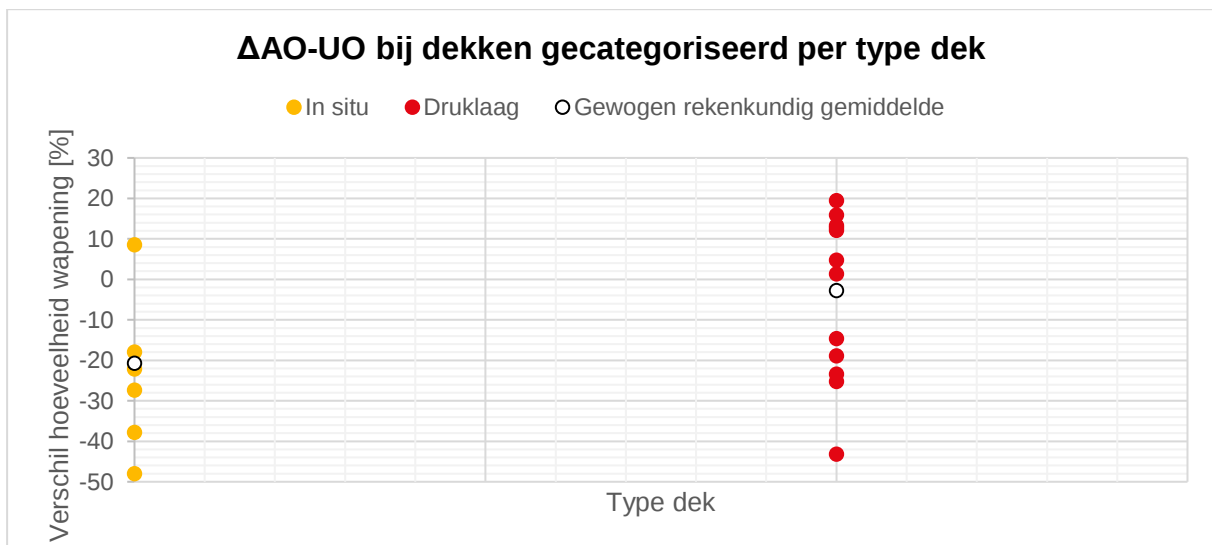
Figuur 3-5: $\Delta AO-UO$ bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type kunstwerk

In figuur 3-6 wordt het type gebruiker geanalyseerd. De kunstwerken ten behoeve van voetgangers en fietsverkeer hebben maar een kleine dataset. Aangezien de belasting op deze kunstwerkdekken vergelijkbaar is, worden deze gezamenlijk geanalyseerd. Uit figuur 3-6 en Tabel E-2 blijkt dat deze kunstwerken het doel behalen: de bandbreedte zit tussen +1% en +5% en het gewogen rekenkundig gemiddelde is +2%. Echter is dit gebaseerd op een dataset van 2 kunstwerken, hierdoor is dit resultaat mogelijk onjuist. Door deze kleine dataset kan er ook niet bepaald worden wat het effect is van de type gebruiker op de $\Delta AO-UO$. Verder hebben de kunstwerken ten behoeve van autoverkeer een grote spreiding en behalen het doel niet.



Figuur 3-6: $\Delta AO-UO$ bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type gebruiker

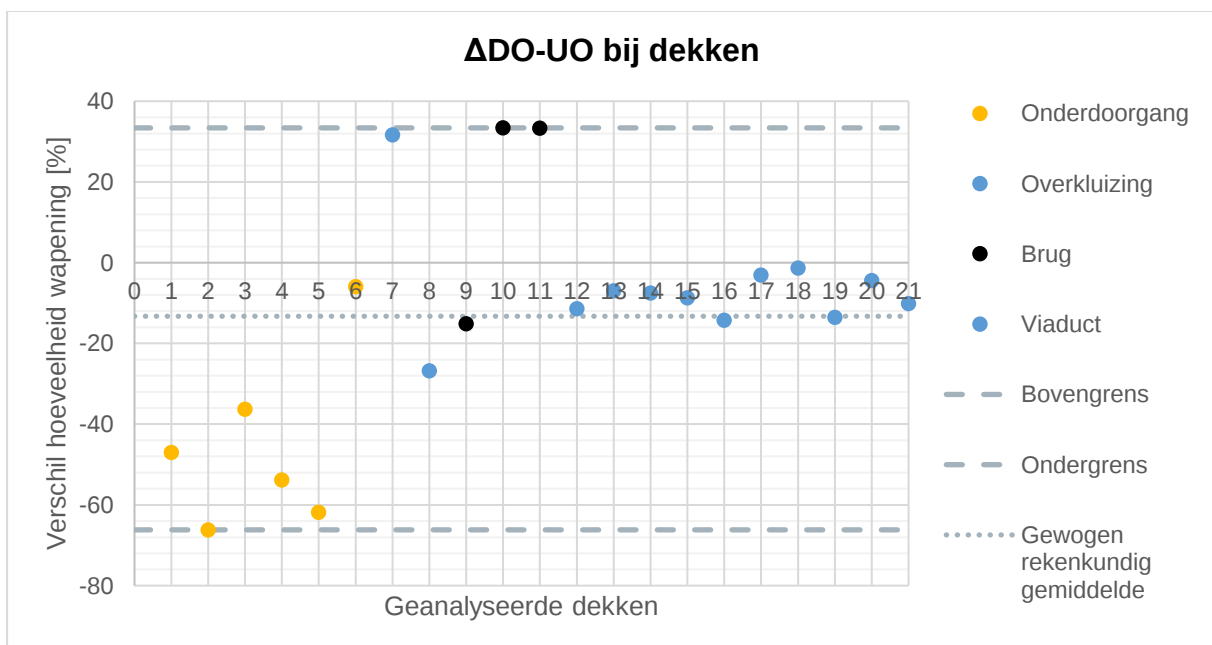
In figuur 3-7 vindt een vergelijking plaats op basis van het type dek. Uit de figuur blijkt dat bij de dekken met een druklaag het gewogen rekenkundig gemiddelde met 1% het doel van 0% benadert. Echter is bij beide datasets de spreiding te groot om het doel te behalen. Door de vergelijkbare spreiding kan uit figuur 3-7 niet geconcludeerd worden wat het effect is van het type dek op de $\Delta AO-UO$.



Figuur 3-7: $\Delta AO-UO$ bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type dek

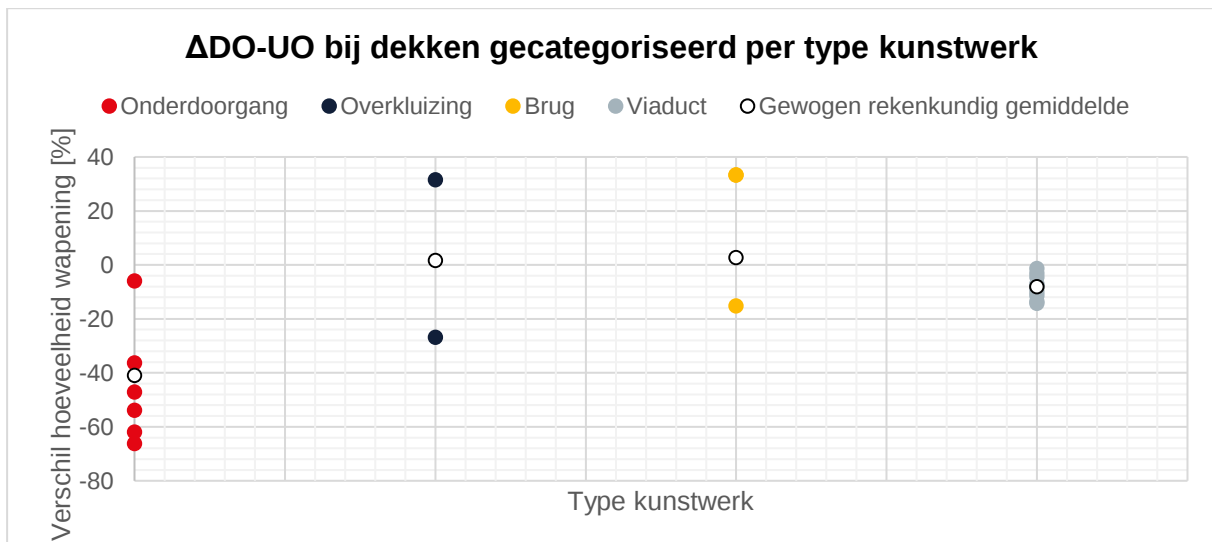
3.4.2 Verschil tussen de hoeveelheid wapening in het DO en het UO

Het verschil tussen de hoeveelheid wapening in het DO en het UO wordt op dezelfde manier geanalyseerd als bij de vergelijking tussen het AO en het UO. Uit figuur 3-8 blijkt dat het doel van het Lean6Sigma onderzoek niet bereikt is. De bandbreedte bevindt zich namelijk tussen -66% en +33% en het gewogen gemiddelde is -13%.



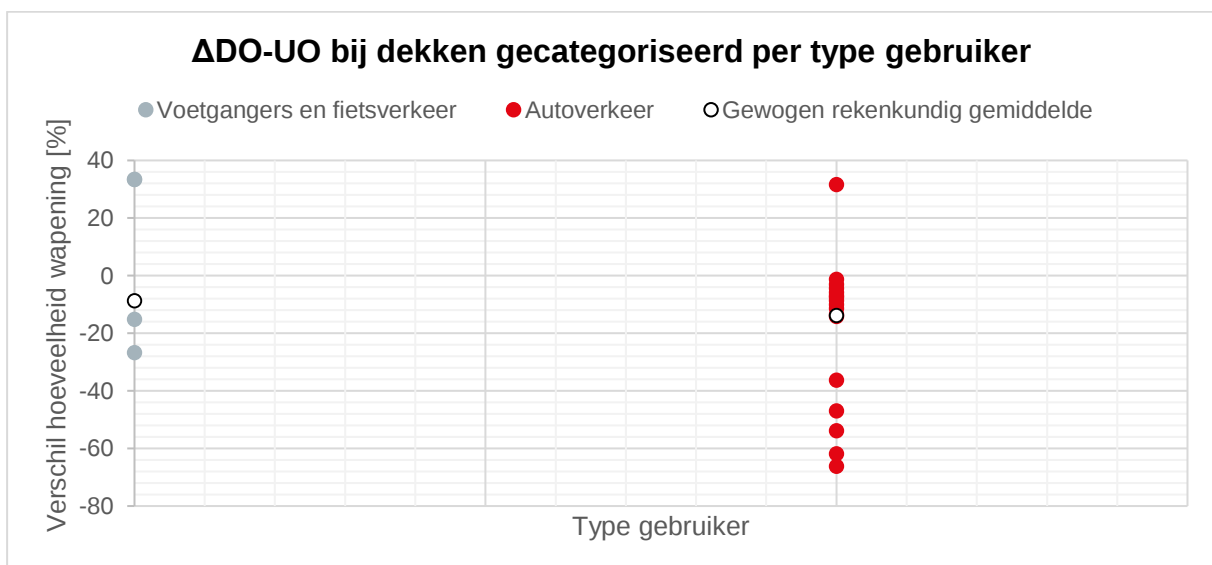
Figuur 3-8: $\Delta DO-UO$ bij dekken op basis van gegevens in ton

Uit figuur 3-9 blijkt dat het type kunstwerk effect heeft op het Δ DO-UO, maar dat de overkluizingen en bruggen een vergelijkbaar resultaat vertonen waarbij de spreiding groot is, maar het gewogen rekenkundig gemiddelde het doel van 0% wel benadert (met respectievelijk +2% en +3%). Echter moet hierbij wel rekening worden gehouden met de kleinere datasets van de overkluizingen en bruggen ten opzichte van de onderdoorgangen en viaducten. Daarnaast blijkt dat de hoeveelheid wapening in de viaducten beter ingeschat is dan bij de andere type kunstwerken. Echter wordt het doel nog niet behaald, doordat de bandbreedte tussen -14% en -1% zit en het gewogen rekenkundig gemiddelde -8% is.



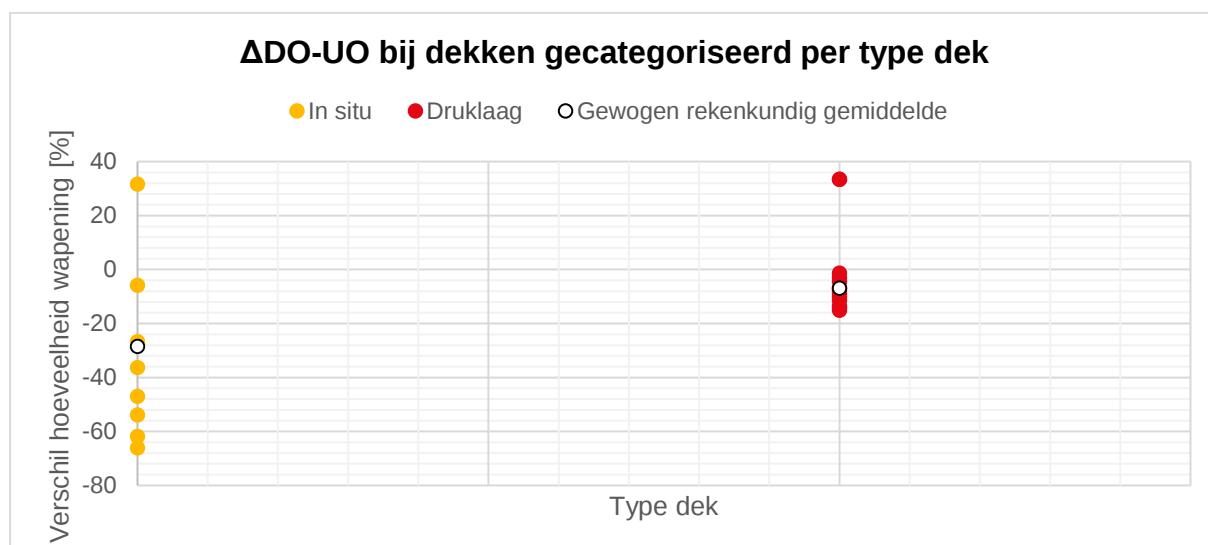
Figuur 3-9: Δ DO-UO bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type kunstwerk

In figuur 3-10 zijn de dekken gecategoriseerd per type gebruiker. Hieruit blijkt dat de type gebruiker effect heeft op de Δ DO-UO. Echter moet hierbij wel rekening worden gehouden met de kleinere dataset van de kunstwerken ten behoeve van voetgangers en fietsverkeer ten opzichte van de kunstwerken ten behoeve van autoverkeer. Daarnaast valt bij beide datasets de grote spreiding op. Hierdoor behalen beide datasets het doel niet.



Figuur 3-10: Δ DO-UO bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type gebruiker

In figuur 3-11 zijn de dekken gecategoriseerd per type dek. Hieruit blijkt dat het type dek effect heeft op de $\Delta DO-UO$. De kunstwerkdekken met een druklaag hebben een kleinere spreiding dan de kunstwerken met een volledig in situ dek, maar bij beide datasets is de spreiding te groot om het doel te behalen. Ook het gewogen rekenkundig gemiddelde van beide datasets ligt te ver van de 0% af om het doel te bereiken.

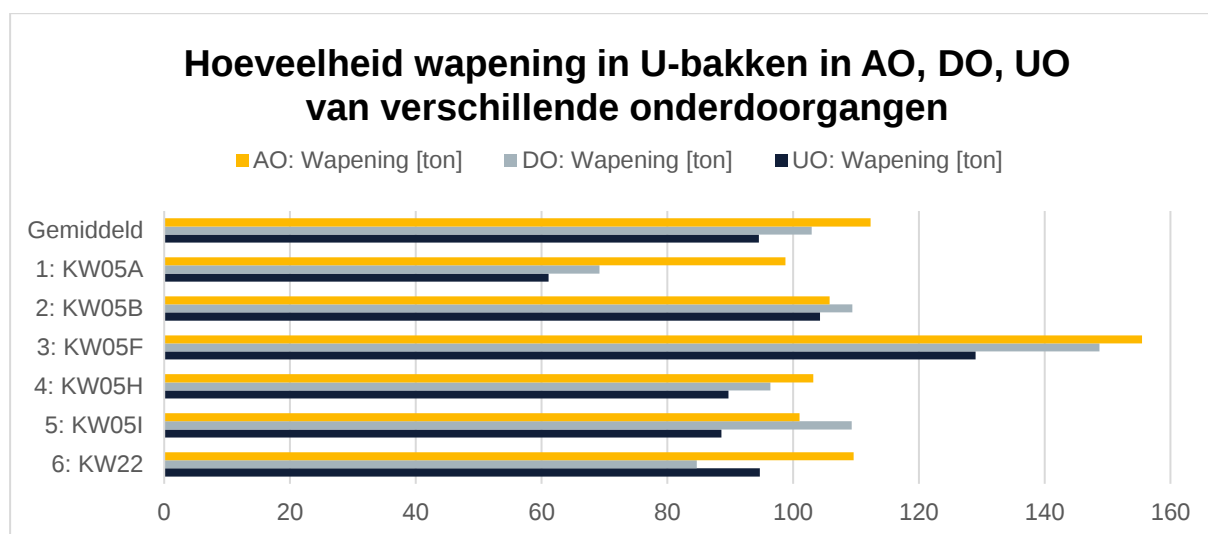


Figuur 3-11: $\Delta DO-UO$ bij dekken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per type dek

3.5 Analyse van de hoeveelheid wapening bij U-bakken

Om erachter te komen in hoeverre de hoeveelheid wapening in het AO en het DO goed is ingeschat bij de U-bakken, worden de onderdoorgangen uit tabel 3-1 geanalyseerd. In figuur 3-2 zijn van de geanalyseerde kunstwerken de hoeveelheid wapening in het AO, DO en UO tegen elkaar uitgezet. Dit is gebaseerd op de waarden uit Bijlage F. Dat er verschillen bestaan tussen deze fasen komt doordat het ontwerp geoptimaliseerd wordt in elke fase. Hierdoor wordt ook de hoeveelheid wapening geoptimaliseerd.

Vanwege de contractvorm van de N23 is de verwachting dat bij alle kunstwerken de hoeveelheid wapening in het DO beter is ingeschat dan de hoeveelheid wapening die uit het minimalistische ontwerp van het AO is ingeschat. Uit figuur 3-12 blijkt de verwachting te kloppen: gemiddeld gezien is de hoeveelheid wapening in het DO bij de U-bakken beter ingeschat dan in het AO. Daarnaast blijkt dat gemiddeld gezien in het AO en DO meer wapening is ingeschat dan uiteindelijk benodigd bleek te zijn in het UO. Dit betekent dat op basis van de hoeveelheid wapening in de U-bakken, Heijmans winst maakt.

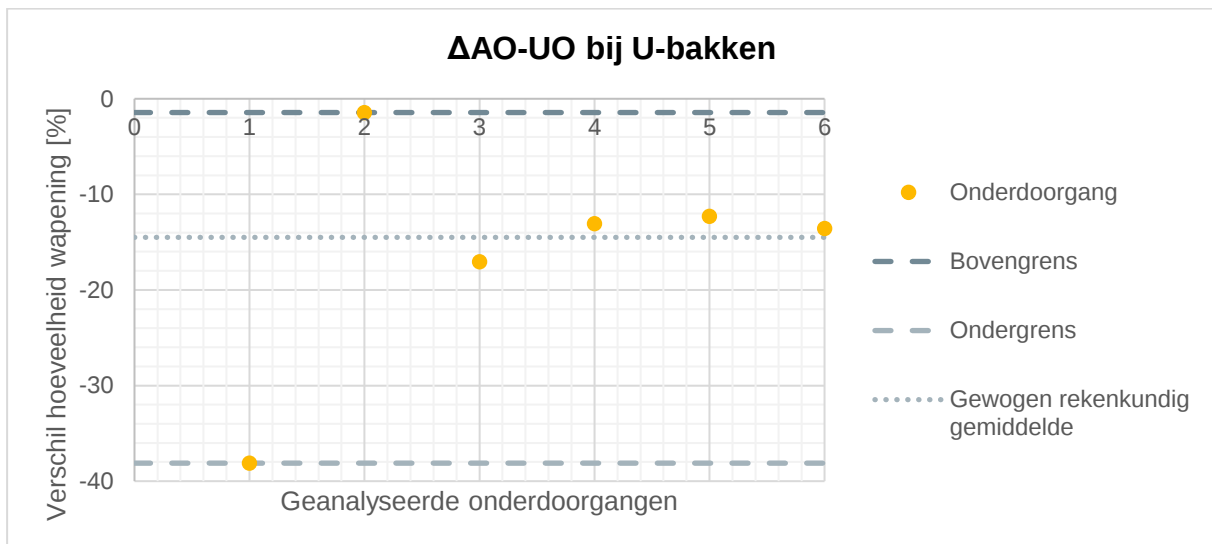


Figuur 3-12: Hoeveelheid wapening in AO, DO en UO bij U-bakken

Om de hoeveelheid wapening verder te analyseren, worden de alle U-bakken bekeken en wordt er bekeken of de verschillende onderdelen van de U-bakken een rol spelen op de hoeveelheid wapening. Het gaat hierbij om de wanden en vloeren en om het open en gesloten deel.

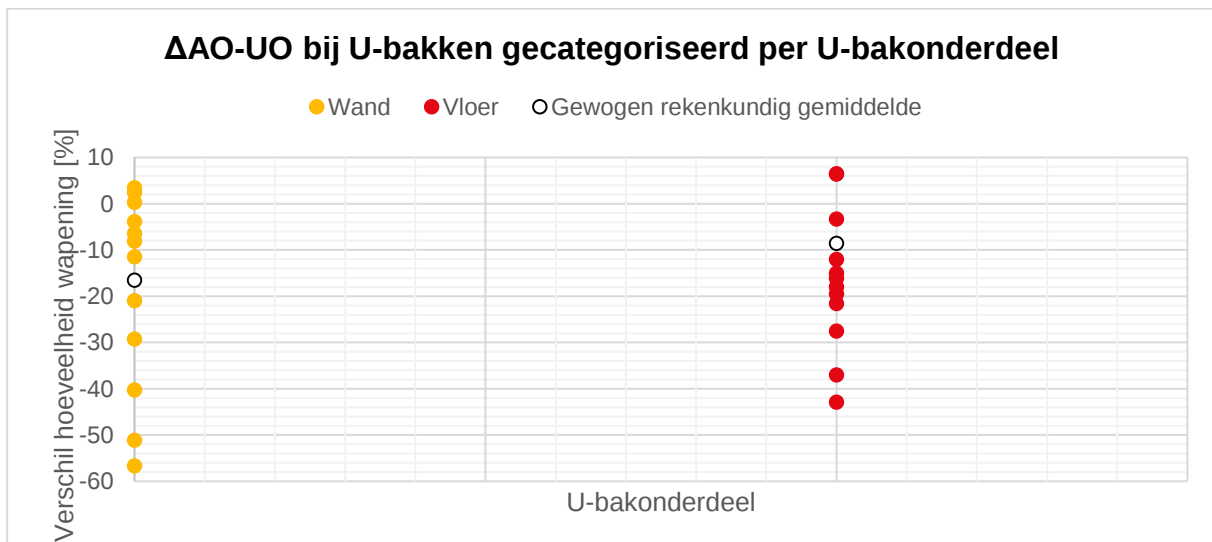
3.5.1 Verschil tussen de hoeveelheid wapening in het AO en het UO

In figuur 3-13 zijn de zes geanalyseerde onderdoorgangen weergegeven. De bandbreedte bevindt zich tussen -38% en -1% en het gewogen rekenkundig gemiddelde van deze dataset bevindt zich op -14%. Daarnaast blijkt uit de figuur dat de dataset een uitschieter bevat. Wat de reden van dit grotere verschil is, is onbekend. Ook zonder deze uitschieter is de bandbreedte van de U-bakken te groot om het doel van het Lean6Sigma onderzoek te behalen.



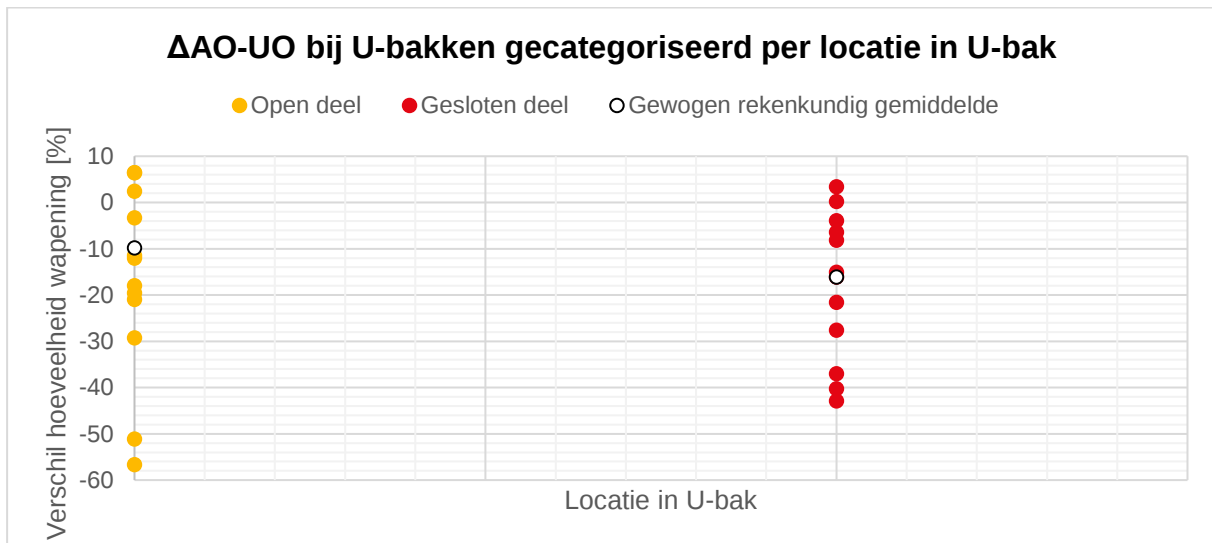
Figuur 3-13: ΔAO-UO van wapening bij onderdoorgangen op basis van gegevens in ton

Uit figuur 3-14 blijkt dat beide U-bakonderdelen een grote spreiding hebben. Bij de vloeren zorgt dit echter wel voor een gewogen rekenkundig gemiddelde van -3%, wat het doel van 0% benadert. Uit de figuur kan geen duidelijk effect van de U-bakonderdelen op de ΔAO-UO gevonden worden.



Figuur 3-14: ΔAO-UO bij U-bakken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd U-bakonderdeel

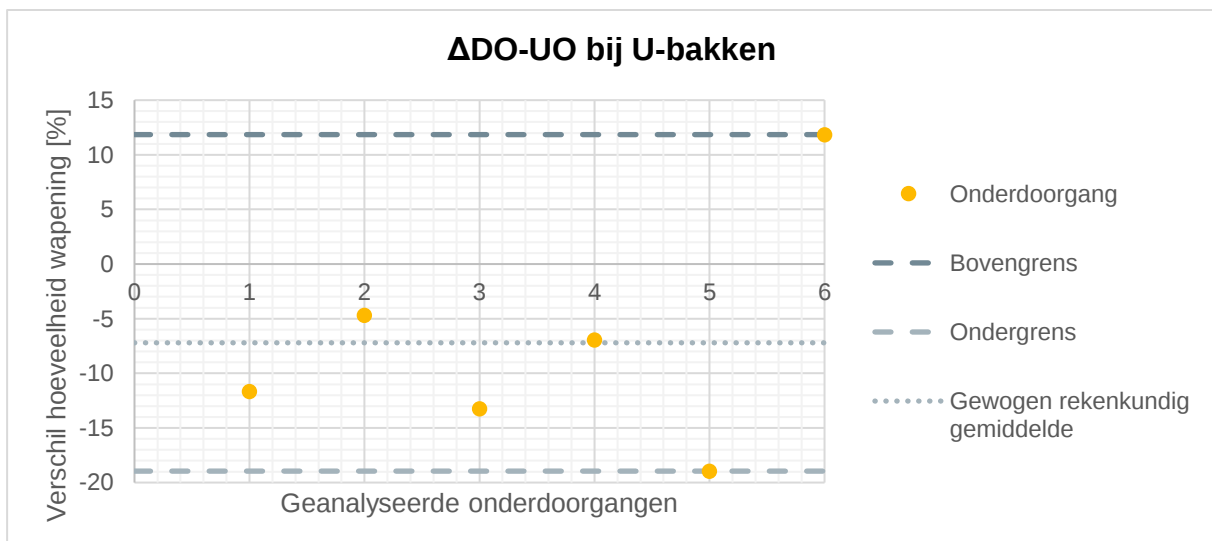
Uit figuur 3-15 blijkt dat het open en het gesloten deel beide een grote spreiding hebben en dat het gewogen rekenkundig gemiddelde het doel niet benadert. Uit de figuur kan geen duidelijk effect van de locatie in de U-bak op de $\Delta AO-UO$ gevonden worden.



Figuur 3-15: $\Delta AO-UO$ bij U-bakken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per locatie in de U-bak

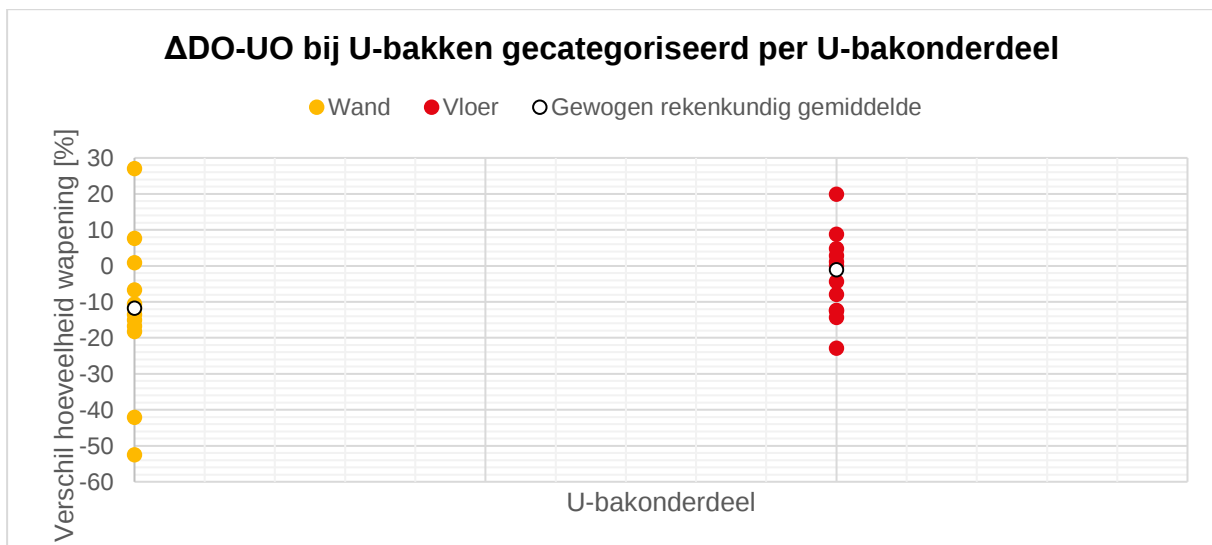
3.5.2 Verschil tussen de hoeveelheid wapening in het DO en het UO

In figuur 3-16 zijn de zes geanalyseerde onderdoorgangen weergegeven. De bandbreedte bevindt zich tussen -19% en +12% en het gewogen rekenkundig gemiddelde is -7%.



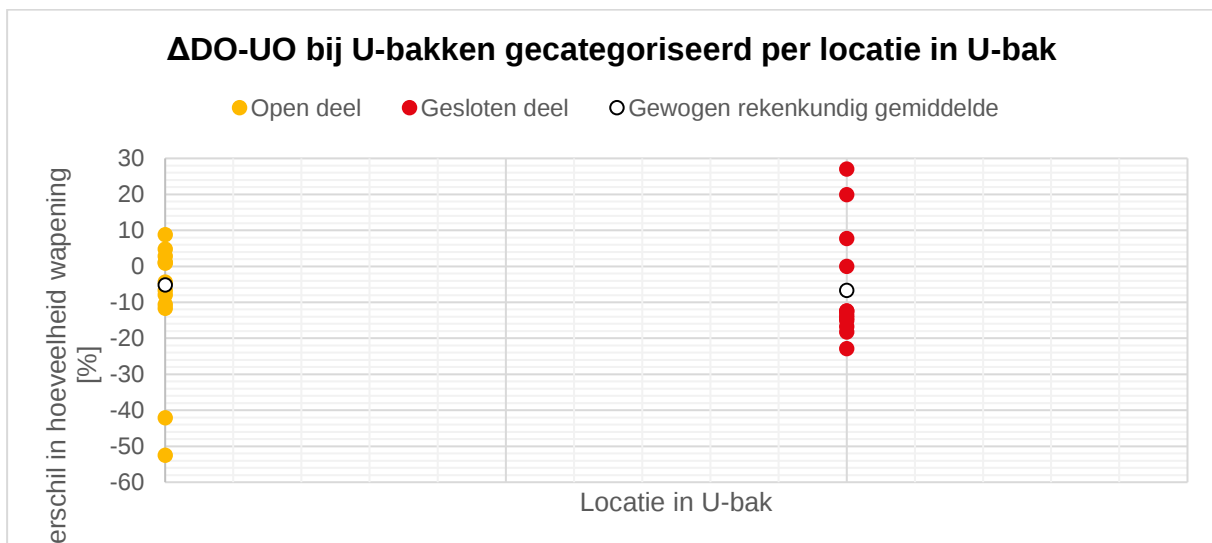
Figuur 3-16: $\Delta DO-UO$ van wapening bij onderdoorgangen op basis van gegevens in ton

Uit figuur 3-17 blijkt dat beide U-bakonderdelen een grote spreiding hebben. Bij de vloeren is de spreiding wel een stuk kleiner dan bij de wanden en kan daarmee geconcludeerd worden dat bij dit project de U-bakonderdelen effect hebben op de $\Delta DO-UE$. Verder is het gewogen rekenkundig gemiddelde afgerond 0% en heeft daarmee dit doel van het Lean6Sigma onderzoek bereikt.



Figuur 3-17: $\Delta DO-UE$ bij U-bakken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd U-bakonderdeel

Uit figuur 3-18 blijkt dat het open en het gesloten deel beide een grote spreiding hebben, waardoor geen duidelijk effect van de locatie in de U-bak op de $\Delta DO-UE$ gevonden kan worden.



Figuur 3-18: $\Delta DO-UE$ bij U-bakken op basis van gegevens in ton gecategoriseerd per locatie in de U-bak

4 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de hoofdvraag: “Heeft het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek bijgedragen aan het inschatten van de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken als deze inschatting vergeleken wordt met de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken die uiteindelijk verwerkt is bij het project N23 Westfrisiaweg?” Deze hoofdvraag is opgedeeld in vijf deelvragen. In deze conclusie wordt per deelvraag een antwoord geformuleerd op basis van de uitkomsten van dit onderzoek. Tot slot wordt een antwoord op de hoofdvraag geformuleerd.

1. Wat zijn de effecten van de vijf voorgestelde verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma onderzoek op de invloedsfactoren bij kunstwerken die na 2013 door Heijmans ontworpen zijn?
 - a. Worden de vijf verbetermaatregelen uit het Lean6Sigma onderzoek bij het huidige ontwerpproces gevolgd?
 - b. Zijn de invloedsfactoren uit het Lean6Sigma onderzoek opgelost door invoering van de vijf verbetermaatregelen in het ontwerpproces?

Uit interviews met 11 medewerkers van de verschillende afdelingen die aan bod komen in het processchema ‘Beheersing hoeveelheden wapening’ is gebleken dat het processchema in hoofdlijnen gevolgd wordt in het huidige ontwerpproces. In tabel 4-1 wordt aangegeven of de verbetermaatregelen gevolgd worden en in tabel 4-2 wordt aangegeven of de invloedsfactoren opgelost zijn en wat de invloed van de bijbehorende verbetermaatregel hierop is.

Tabel 4-1: Uitkomst interviews over de verbetermaatregelen

Verbetermaatregel 1	
<i>Het contact tussen constructeur en calculator tijdens de tenderfase verbeteren en standaard afspraken invoeren zodat een betrouwbaardere hoeveelheid wapening in het AO verkregen kan worden.</i>	
Algemeen	De verbetermaatregel is over het algemeen verbeterd. Bij de meeste projecten hebben de constructeur en calculator direct contact en worden de standaard afspraken gevolgd. Bij sommige projecten vindt het contact via de tenderleiding plaats.
N23	Bij de N23 zijn de standaard afspraken gevolgd, maar het contact heeft via de tenderleiding plaatsgevonden in plaats van direct tussen constructeur en calculator.
Verbetermaatregel 2	
<i>Ervaringsgetallen verwerken en vastleggen.</i>	
Algemeen	Verbetermaatregel 2 wordt toegepast, maar de databases waarin de ervaringsgetallen worden vastgelegd zijn onvoldoende geactualiseerd en bij sommige kunstwerken mist data.
N23	De DO-gegevens zijn verwerkt in de databases, echter zijn de UO-gegevens nog niet aangeleverd en verwerkt.
Verbetermaatregel 3	
<i>Wapening in 3D ontwerpen en buigstaten digitaal genereren (voor start inkooptraject vlechtwerk).</i>	
Algemeen	Verbetermaatregel 3 wordt bij een klein aantal projecten toegepast. Over het algemeen geldt dat bij projecten met repeterende of complexe wapening, de wapening in 3D ontworpen wordt. Echter wordt bij het merendeel van de projecten de wapening nog in 2D ontworpen.
N23	Bij de N23 zijn er een groot aantal kunstwerken ontworpen die technisch niet erg complex zijn en is het daarom niet nodig bevonden om alle kunstwerken in 3D te ontwerpen.
Verbetermaatregel 4	
4.1: Uitvoering actief betrekken bij het opstellen, optimaliseren en keuren van wapening in DO en UO 4.2: Wapeningsleverancier actief betrekken bij wapeningsontwerp (voor start inkooptraject vlechtwerk)	
Algemeen	4.1: De uitvoering wordt beter bij het ontwerpproces betrokken dan vroeger. 4.2: De wapeningsleverancier wordt niet voor de start van het inkooptraject betrokken.
N23	4.1: Bij de N23 was de uitvoering al vanaf de tenderfase betrokken. 4.2: Bij de N23 is de wapeningsleverancier tijdens het UO betrokken.
Verbetermaatregel 5	
5.1: Beheerst vastleggen van hoeveelheden wapening en beton en dit vergelijken met de eerdere bouwfasen en de inschrijfbegroting. 5.2: Verschillen signaleren, evalueren en gestructureerd vastleggen in het Go/No Go formulier.	

<i>5.3: Verschillen signaleren, evalueren en gestructureerd vastleggen in het Out of Control Action Plan.</i>	
Algemeen	5.1: Bij de meeste projecten worden na het AO, DO en UO wapeningshoeveelheden vastgelegd, maar gegevens uit het VO en AB worden vaak niet vastgelegd. Het vergelijken van hoeveelheden tussen bouwfasen is vaak niet mogelijk, omdat gegevens vaak pas later in het proces worden vastgelegd. 5.2: Het Go/No Go formulier wordt bij elk project gevolgd. 5.3: Het OCAP wordt bij geen enkel project volledig gevolgd.
N23	5.1: Bij de N23 zijn de gegevens niet up-to-date vastgelegd, waardoor tijdens het project de hoeveelheden wapening en beton tussen de verschillende fasen niet vergeleken zijn.

Tabel 4-2: Uitkomst interviews over de invloedsfactoren

Invloedsfactor 1	
<i>Bij constructieonderdelen met als aanmerking risicovol of kostenbepalend wordt er geen of een te grote ontwerpbandbreedte aangehouden.</i>	
Algemeen	Bij de meeste projecten is invloedsfactor 1 opgelost door invoering van verbetermaatregel 1. Daarnaast is invloedsfactor 1 opgelost door tijdens de tenderfase veel tijd te steken in het creëren van een goed ontwerp en doordat er tijdens de tenderfase controle plaatsvindt op het ontwerp en de berekeningen.
N23	Bij de N23 is een ontwerpbandbreedte aangehouden.
Invloedsfactor 2	
<i>Het AO-advies wordt onvolledig opgegeven.</i>	
Algemeen	Invloedsfactor 2 is opgelost, door invoering van verbetermaatregel 1 en door tijdens de tenderfase veel tijd te steken in het creëren van een goed ontwerp en doordat er tijdens de tenderfase controle plaatsvindt op het ontwerp en de berekeningen.
N23	Bij de N23 is het AO-advies volledig opgegeven.
Invloedsfactor 3	
<i>Het tenderteam (m.n. constructeur en calculator) heeft geen ervaring met een specifiek type brugdek.</i>	
Algemeen	Invloedsfactor 3 is opgelost, maar niet door invoering van verbetermaatregel 1 en 2. Het is opgelost door: de samenstelling van het tenderteam, het goede contact tussen medewerkers en doordat er tijdens de tenderfase controle plaatsvindt op het ontwerp en de berekeningen.
N23	Het is onbekend welke rol invloedsfactor 3 bij de N23 heeft gespeeld.
Invloedsfactor 4	
<i>Ontbreken van nacalculatiegegevens. Er vindt geen terugkoppeling plaats over nacalculatiegegevens en ontwerpfouten naar de constructeur en calculator.</i>	
Algemeen	Invloedsfactor 4 bestaat nog steeds: van sommige projecten bestaan nacalculatiegegevens, maar hierbij vindt geen terugkoppeling plaats. Ontwerpfouten worden wel teruggekoppeld aan de constructeur, maar niet aan de calculator.
N23	Zie hierboven.
Invloedsfactor 5	
<i>Wapening wordt in 2D ontworpen en buigstaten worden handmatig gegenereerd, hierdoor wordt er vaak te veel en verkeerd uitgetrokken en geproduceerd.</i>	
Algemeen	Er kan niet geconcludeerd worden of verbetermaatregel 3 zorgt voor het oplossen van invloedsfactor 5. Het is namelijk onduidelijk of 3D-wapeningstekeningen een significant voordeel oplevert bij het inschatten van de hoeveelheid wapening.
N23	Bij de N23 is één kunstwerk in 3D ontworpen en is hiervan de wapening in 3D gegenereerd. Echter heeft dit wel voor problemen gezorgd, omdat de wapeningsleverancier weinig ervaring had met het uittrekken van de wapening in 3D en omdat het UO van 2D naar 3D omgezet moest worden.
Invloedsfactor 6	
<i>6.1: De uitvoering is onvoldoende betrokken bij het opstellen en keuren van DO- en UO-wapeningsontwerp en wordt er niet goed genoeg gekeken naar de maakbaarheid van het ontwerp. 6.2: De wapeningsleverancier is onvoldoende betrokken bij het opstellen en keuren van DO- en UO-wapeningsontwerp en wordt er niet goed genoeg gekeken naar de maakbaarheid van het ontwerp.</i>	
Algemeen	6.1: Deze invloedsfactor is volledig opgelost door invoering van verbetermaatregel 4.1. 6.2: Deze invloedsfactor is deels opgelost door invoering van verbetermaatregel 4.2: de wapeningsleverancier wordt bij het DO nog niet betrokken. Indien dit wel nodig is, wordt de hulp van een ZZP'er met verstand van wapening betrokken.
N23	Bij de N23 is de maakbaarheid goed bekeken door de uitvoering, maar de wapeningsleverancier heeft hier weinig invloed op gehad.

Invloedsfactor 7	
<i>Ontwerpwijzigingen vinden plaats doordat de uitvoering optimalisaties doorvoert of doordat er na gunning optimalisaties doorgevoerd worden.</i>	
Algemeen	Invloedsfactor 7 bestaat nog steeds, het is onduidelijk of het verminderd is door invoering van verbetermaatregel 5.2. Verbetermaatregel 5.1 en 5.2 worden niet als oplossing gezien.
N23	Bij de N23 hebben ontwerpwijzigingen plaatsgevonden.

2. Is het doel van het Lean6Sigma onderzoek ("Het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in dekken verkleind tot een gewogen gemiddelde van 0% en een bandbreedte tussen -10% en +10%") bereikt bij de kunstwerkdekken bij de N23 Westfriaweg?

Het doel van het Lean6Sigma onderzoek is niet bereikt bij de kunstwerkdekken bij de N23 Westfriaweg. In het AO bevindt de bandbreedte zich tussen -48% en +19% en is het gewogen gemiddelde -7% en in het DO bevindt de bandbreedte zich tussen -66% en +33% en is het gewogen gemiddelde -13%. Bij het Lean6Sigma onderzoek is een bandbreedte tussen -68% en +165% gevonden en een gewogen gemiddelde van +9% bij de Δ AO-UO. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de bandbreedte wel verkleind is, maar dat gewogen gemiddelde nog steeds erg afwijkt. Kostentechnisch is het gewogen rekenkundig gemiddelde bij de N23 Westfriaweg wel voordeliger voor Heijmans dan bij de onderzochte dataset uit het Lean6Sigma onderzoek, doordat uiteindelijk minder wapening nodig is dan is ingeschat.

3. Spelen de verschillende type kunstwerken, type gebruikers en type dekken een rol bij het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening?

Bij de N23 Westfriaweg kan niet geconcludeerd worden of de verschillende type kunstwerken, type gebruikers en type dekken een rol spelen bij het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Dit komt doordat de verschillende type kunstwerken, type gebruikers en type dekken qua effect verschillen bij de Δ AO-UO en de Δ DO-UO: de verschillende type kunstwerken, type gebruikers en type dekken hebben geen duidelijke invloed op de Δ AO-UO, terwijl de invloed hiervan bij de Δ DO-UO wel gevonden is. Echter moet bij de analyse van de Δ DO-UO van verschillende type kunstwerken en gebruikers rekening worden gehouden dat dit gebaseerd is op de vergelijking tussen een kleine en een grote dataset.

4. Wat is het gewogen gemiddelde en bandbreedte van het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening in U-bakken bij de onderdoorgangen bij de N23 Westfriaweg?

Het gewogen rekenkundig gemiddelde van de Δ AO-UO is -14% en de bandbreedte bevindt zich tussen -38% en -1%. Bij Δ DO-UO is het gewogen rekenkundig gemiddelde -7% en de bandbreedte bevindt zich tussen -19% en +12%. Hierbij geldt dat het doel van het Lean6Sigma onderzoek niet bereikt is.

5. Spelen de verschillende onderdelen (de wanden en vloeren en het open en gesloten deel) van U-bakken een rol bij het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening?

Op basis van de analyse van de U-bakken kan bij de N23 Westfriaweg geen conclusie getrokken worden of de verschillende onderdelen van U-bakken een rol spelen op de Δ AO-UO en Δ DO-UO. Er is namelijk alleen bij de wanden en vloeren een verband gevonden op de Δ DO-UO.

Met behulp van de antwoorden op de deelvragen kan een antwoord op de hoofdvraag "Heeft het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek bijgedragen aan het inschatten van de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken als deze inschatting vergeleken wordt met de hoeveelheid wapening in dekken en U-bakken die uiteindelijk verwerkt is bij het project N23 Westfriaweg?" gegeven worden. Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het verbeterde ontwerpproces deels gevolgd wordt en dat de invloedsfactoren deels opgelost zijn. Dit heeft tot gevolg dat er geen harde conclusie getrokken kan worden of het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek werkelijk heeft bijgedragen aan het verkleinen van de verschillen tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening. Uit de analyse van de N23 Westfriaweg kan wel geconcludeerd worden dat de bandbreedte bij de geanalyseerde dekken en U-bakken verkleind is na invoering van het verbeterde ontwerpproces, maar desalniettemin is het doel vanuit het Lean6Sigma onderzoek niet bereikt.

5 Discussie

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van dit onderzoek kritisch bekeken en worden de beperkingen van het onderzoek behandeld. Hierbij worden de uitkomsten van het onderzoek op basis van interviews (hoofdstuk 2) en het onderzoek op basis van data (hoofdstuk 3) beide bekeken.

Als eerste moet rekening worden gehouden dat bij dit onderzoek een beperkt aantal interviews afgenomen zijn. Met name bij de uitkomsten van de interviews over de invloedsfactoren verschillen de meningen van de geïnterviewde medewerkers over de mate waarin de invloedsfactor is opgelost. Door meer interviews af te nemen is het waarschijnlijk mogelijk om hierover een eenduidiger beeld te vormen.

Als tweede moet rekening worden gehouden met de volgende drie beperkingen van de data-analyse van dit onderzoek.

- In dit onderzoek zijn bij de meeste kunstwerken geen redenen gevonden die de (grote) verschillen tussen het AO, DO en UO verklaren. Mogelijk heeft bij deze kunstwerken een ontwerpwijziging plaatsgevonden die ervoor gezorgd heeft dat de hoeveelheid wapening voor de ontwerpwijziging niet meer representatief is voor de hoeveelheid wapening na de ontwerpwijziging. Hierdoor bestaat de kans dat de conclusie die getrokken is over de verschillen tussen de hoeveelheid wapening in het AO, DO en UO een verkeerd beeld geeft.
- Uit tabel 3-1 blijkt dat alle onderdoorgangen en overkluizingen een volledig in situ dek bevatten en dat alle bruggen en viaducten een dek met druklaag bevatten. Daarnaast blijkt dat alle onderdoorgangdekken en alle viaducten ten behoeve van autoverkeer gebouwd zijn. Verder blijkt dat de kunstwerken ten behoeve van voetgangers enkel uit bruggen bestaan. Dit betekent dat de geanalyseerde dataset interne verbanden bevat tussen de verschillende type kunstwerken, type gebruiker en type dek. Hierdoor bestaat de kans dat de conclusies die getrokken zijn op basis van de verschillende type kunstwerken, type gebruikers, type dekken onjuist zijn.
- Het geanalyseerde project volgt een specifieke contractvorm waarbij op twee momenten een begroting wordt vastgesteld (na het AO en na het DO), terwijl bij de meeste projecten maar een begroting wordt opgesteld (uit Figuur A-1 blijkt dat het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' hier ook vanuit gaat). Waarschijnlijk heeft dit invloed op de ingeschatte hoeveelheid wapening. Enerzijds is bij dit project in het AO minder tijd besteed aan het inschatten van de hoeveelheid wapening dan normaal gesproken gedaan wordt in de tenderfase. Anderzijds is bij dit project in het DO meer tijd besteed aan het inschatten van de hoeveelheid wapening dan normaal gesproken gedaan wordt in de tenderfase. Mogelijk heeft de contractvorm ervoor gezorgd dat bepaalde conclusies die getrokken zijn bij een project met een andere contractvorm niet getrokken kunnen worden.

6 Aanbevelingen

Op basis van dit onderzoek worden in dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoek en voor het verbeteren van het ontwerpproces.

6.1 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Voordat een vervolgonderzoek gestart moet worden, wordt het eerst aangeraden om te onderzoeken wat bij een groot aantal projecten de kosten zijn van het foutief inschatten van de hoeveelheid wapening ten opzichte van de gehele projectkosten. Indien dit om grote bedragen gaat, heeft het een toegevoegde waarde om verder onderzoek te doen. Het wordt in dat geval aangeraden om de data-analyse uit dit onderzoek aan te vullen, omdat het op dit moment niet volledig is.

Indien een vervolgonderzoek plaatsvindt, worden hiervoor vijf aanbevelingen gedaan. Als eerste wordt het aanbevolen om in een vervolgonderzoek een grotere dataset te analyseren dan er in dit onderzoek geanalyseerd is. Hierbij kan ook gekeken worden naar een dataset die geen interne verbanden bevat wat betreft de verschillende type kunstwerken, type gebruiker en type dek zoals in de discussie besproken is.

Als tweede wordt het aanbevolen om een project met een andere contractvorm, waarbij de AO-begroting de definitieve begroting is, te analyseren. Zoals in de discussie besproken gaat het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' uit van een contractvorm waarbij één begroting wordt opgesteld. Mogelijk heeft dit een effect op de inschatting van de hoeveelheid wapening.

Als derde wordt het aanbevolen om in een vervolgonderzoek de hoeveelheid wapening in het VO en in het AB ook te analyseren, zodat het volledige ontwerpproces geanalyseerd kan worden. Deze gegevens zijn lastig te vergaren, maar uit een van de interviews blijkt dat de verwachting is dat met name de hoeveelheid wapening uit het AB een toegevoegde waarde geeft aan de analyse. Deze geïnterviewde medewerker gaf hierbij aan dat aan het einde van een project vaak veel wapening weggegooid wordt, maar dat het onbekend is hoe veel en hoe vaak dit gebeurt en als het gebeurt, wat de reden ervoor is.

Als vierde wordt het aanbevolen om in een vervolgonderzoek naast de hoeveelheid wapening in ton ook de hoeveelheid wapening ten opzichte van de hoeveelheid beton (in kg/m^3) te analyseren. Bij de inschatting van de hoeveelheid wapening wordt namelijk niet alleen de hoeveelheid wapening in ton opgegeven, maar wordt ook de hoeveelheid wapening ten opzichte van de hoeveelheid beton in kg/m^3 opgegeven. Doordat de belangrijkste materialen in een kunstwerk wapening en beton zijn, geeft deze analyse een vollediger beeld van de inschatting die gemaakt wordt in de tenderfase.

Als vijfde wordt het aanbevolen om in de analyse onderscheid te maken tussen hoofd- en hulpwapening. Uit de interviews is gebleken dat de calculator de hoeveelheid hulpwapening volgens een standaard afspraak opgeeft. Door een onderscheid te maken tussen hoofd- en hulpwapening is het mogelijk om te achterhalen waar een verkeerde inschatting vandaan komt: uit de hoofd- of hulpwapening.

6.2 Aanbevelingen voor het ontwerpproces

Uit dit onderzoek blijkt dat het verbeterde ontwerpproces uit het Lean6Sigma onderzoek niet volledig gevolgd wordt en dat de invloedsfactoren deels nog bestaan. Op basis hiervan worden een aantal aanbevelingen gedaan die het ontwerpproces kunnen verbeteren en die mogelijk ook het verschil tussen de ingeschatte en uiteindelijk verwerkte hoeveelheid wapening verkleinen.

Als eerste is het advies om meer medewerkers bekend te maken met het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening'. Uit de interviews is gebleken dat het processchema met de bijbehorende verbetermaatregelen in hoofdlijnen gevolgd wordt. Echter is het schema in 2013 opgesteld en zijn er sindsdien nieuwe medewerkers bij Heijmans Infra gestart die onbekend zijn met het schema. Om ervoor te zorgen dat de verbetermaatregelen bij meer projecten gevolgd worden, is het algemene advies om het processchema bekend te maken bij de huidige medewerkers. Een mogelijkheid om hiervoor te zorgen, is om bij de start van een project expliciet aan te geven dat het processchema gevolgd dient te worden.

Als tweede wordt op basis van de interviews aanbevolen om de overdracht tussen het tenderteam en het team dat verder gaat met het VO, DO en UO te verbeteren.

Als derde wordt op basis van de interviews aanbevolen om meer prioriteit te geven aan nacalculatie, bijvoorbeeld door verplicht data vast te leggen en al tijdens het project data te vergelijken. Uit de

interviews is gebleken dat het vergelijken van hoeveelheden tussen bouwfasen vaak niet mogelijk is, omdat gegevens vaak pas later in het proces worden vastgelegd. Door meer prioriteit te geven aan nacalculatie kan voorkomen worden dat afwijkingen pas aan het einde van een project ontdekt worden.

Als vierde wordt het aanbevolen om in een zo vroeg mogelijk stadium een specialist op het gebied van wapening te betrekken. Hierdoor wordt al bij het opstellen van het eerste ontwerp de maakbaarheid van het ontwerp meegenomen, waardoor ontwerpwijzigingen op dat gebied geminimaliseerd kunnen worden.

7 Bibliografie

- Bos, V. (2014). *N23 Westfrisiaweg; Berekening onderbouw en fundatie; DO Technische beschrijving KW05E; N23-205-W2103-55-TEB-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Bos, V. (2015). *N23 Westfrisiaweg; Overkluizing Wogmergouw/De Keern; DO Technische beschrijving K20; N23-217-O2701-55-TEB-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Bos, V. (2015). *N23 Westfrisiaweg; Voetgangersbrug Wogmeer Oost; DO Technische beschrijving KW05G; N23-207-W2104-55-TEB-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Consolis Spanbeton. (sd). *Oplegdetails ZIPXL 1800-2400*.
- De Vree, J. (sd). *Druklaag*. Opgehaald van Joost de Vree: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/druklaag.shtml>
- De Wit, J. (2015). *N23 Westfrisiaweg; Viaduct Oostergouw; DO Technische beschrijving KW09; N23-218-O2103-55-TEB-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Doodeman, M. (2016, 16 november). *Hard spel om de Westfrisiaweg*. Opgehaald van Cobouw: <https://www.cobouw.nl/infra/nieuws/2016/11/hard-spel-om-de-westfrisiaweg-101215505>
- Geerlings, J. (2018, 24 mei). Interview over huidige stand van zaken wat betreft Processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening'. (A. Kroes, Interviewer)
- Geerlings, J. (2018, 24 mei). Interview over ontwerpwijzigingen bij de N23. (A. Kroes, Interviewer)
- GeoXS. (2014, december 20). *N23 Westfrisiaweg (kunstwerken aangegeven op bestaande kaart t.b.v. dit onderzoek)*. Opgehaald van GeoXS: <http://geoxs.net/posts/n23-westfrisiaweg.html>
- Heijmans Integrale Projecten B.V. (2014). *N23 Westfrisiaweg: DO Rapportage*. Rosmalen.
- Heijmans N.V. (2012). *Jaarverslag 2011*. Rosmalen. Opgehaald van <https://solutions.vwdservices.com/products/documents/34db7197-be18-4b28-b995-8998dfcb506f/?c=a%2BGLKLWISFt%2BbFCw38yq307RHVbbEnOoB6%2BOYDyEE7h7BaIVgptaKc2BWCqA92UI>
- Heijmans N.V. (2014). *Verbindt west en oost in Noord-Holland*. Opgehaald van Heijmans: <https://www.heijmans.nl/nl/projecten/n23-westfrisiaweg/>
- Heijmans N.V. (2016). *Jaarverslag 2015*. Rosmalen. Opgehaald van <https://solutions.vwdservices.com/products/documents/7a331cae-4ef1-4701-9169-04a4064d4446/?c=PrKcixyJLcSkSzB6mGOrgQnBx%2B%2BUTRzjOTJhCOIG9gyc9HWIL78RGSNyl6gnAPIE>
- Heijmans N.V. (2017, februari 15). *Werkzaamheden N23 Westfrisiaweg hervat*. Opgehaald van Heijmans N.V.: <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/werkzaamheden-n23-westfrisiaweg-hervat/>
- Hulsen, J. J. (2013). *Implementatieplan "Betere beheersing hoeveelheden wapening in brugdekken"*. Heijmans, Rosmalen.
- Hulsen, J. J. (2013, 7 februari). Presentatie: Hoeveelheden wapening. Rosmalen: Heijmans.
- Hulsen, J. J. (2013, 1 februari). Processchema "Beheersing hoeveelheden wapening". Rosmalen: Heijmans.
- International Six Sigma Institute. (2018). *What is Sigma and Why is it Six Sigma?* Opgeroepen op 27 maart 2018, van International Six Sigma Institute: https://www.sixsigma-institute.org/What_Is_Sigma_And_Why_Is_It_Six_Sigma.php
- Krul, E. (2018, 3 april). Overzicht verdeling werkvakken - kunstwerken N23 - West. Opdam: Heijmans Infra.

- Makker, P. (2017, 1 januari). Overzicht kunstwerken N23 - Oost. Hoogkarspel: Heijmans Infra.
- Makker, P. (2018, 24 mei). Interview over ontwerpwijzigingen bij de N23. (A. Kroes, Interviewer)
- Nederlands Normalisatie-instituut. (1982). *NEN 6146, Wapeningsstaven voor gewapend beton: Vormen, codering en buigstaat*. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Neijssen, R. (2010). *Faalkostenreductie in de wapeningsketen (Ontwikkeling en toepassing van een methodiek ter reductie van faalkosten in de wapeningsketen.)*. Master thesis, Universiteit Twente, Enschede.
- Olde Hanter, J. (2016). *Voldoen stekkenbakken aan de Eurocode?* Opgehaald van Cement: <http://www.cementonline.nl/artikel/voldoen-stekkenbakken-aan-de-eurocode?file=10501.pdf>
- Projectteam N23 Westfrisiaweg. (2014). *N23 Project Introductieboekje*. Rosmalen: Heijmans N.V.
- Schoondermark, A. (2018, 8 juni). Interview over ontwerpwijzigingen bij de N23. (A. Kroes, Interviewer)
- Van der Heiden, M. (2016, 29 september). Uitvoeringsontwerp KW02 Fietsonderdoorgang Molenweg Vorm vloer moot 1 (N23-201-W2401-80-TEK-101). Rosmalen.
- Van der Spoel, R. (2014). *N23 Westfrisiaweg; Civiele constructies kruisingen; Constructieve berekeningen KW02; DO rapportage fietsonderdoorgang KW02; N23-280-W2401-62-BER-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. . Heijmans Integrale Projecten B.V. .
- Van Erp, R. (2014). *N23 Westfrisiaweg; Viaduct Houterweg; DO Technische beschrijving KW16; N23-224-O2111-55-TEB-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Rosmalen: Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Van Lier, J., & Hettinga, P. (2018, 21 februari). Gesprek over mogelijkheden van het bachelor afstudeeronderzoek. (A. Kroes, Interviewer)
- (2015). *Wapening dek fietsonderdoorgang - gesloten gedeelte*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.
- Wijngaarden, J. (2015, 2 januari). *Wat is laslengte?* Opgehaald van Betonstaal.nl: <https://www.betonstaal.nl/blog/wat-is-laslengte/>
- Willeboer, M., & Broekens, R. (2015). *N23 Westfrisiaweg; Ontwerprapportage onderdoorgang Dorpsstraat; Geotechnische berekeningen KW05A; N23-280-W2403-61-BER-001*. Heijmans Integrale Projecten B.V. Heijmans Integrale Projecten B.V.

Bijlagen

Bijlage A Processchema ‘Beheersing hoeveelheden wapening’
Processchema: “Beheersing hoeveelheden wapening” met toevoegingen Amarins Kroes

Toelichting: taken, verantwoordelijken en documenten volgend uit de vijf verbetermaatregelen.
Opgesteld: Jacco Hulsen
Datum: 01-02-2013
Status: Definitief
Versie: 1.0
Toevoeging: Amarins Kroes; weergave Verbetermaatregelen

Legenda:

[opvulling]

Projectverwer-
vingsfase

Ontwerpfase

Inkoop- en
voorbereidingsfase

Realisatiefase

Oplevering,
afrondding en
nazorg

[symbolen]

Start / stop

Activiteit

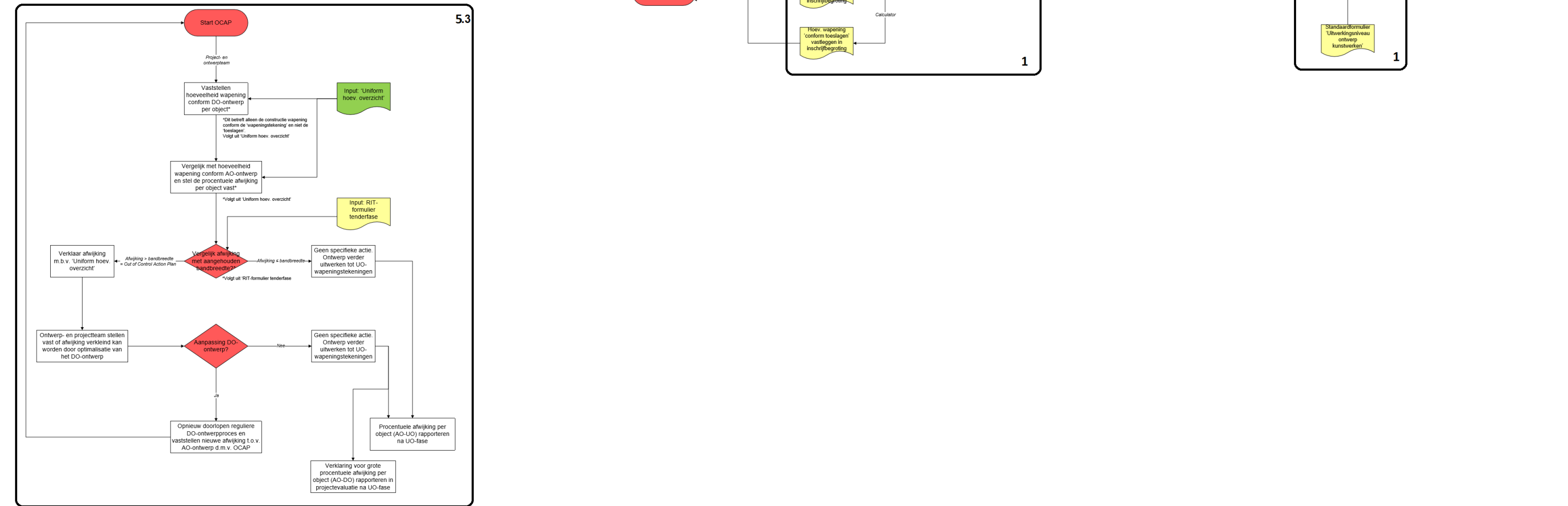
Document

Invoer/
uitvoer

Beslissing

Toevoeging Verbetermaatregelen door Amarins Kroes:

Deze omkadering staat voor een verbetermaatregel.
Het nummer in de omkadering verwijst naar het
nummer van de verbetermaatregel (1 t/m 5)



Figuur A-1: Processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' met daarin aangegeven op welke plaatsen het om een verbetermaatregel gaat door Amarins Kroes ten behoeve van dit onderzoek (Hulsen, Processchema "Beheersing hoeveelheden wapening", 2013)

Bijlage B Geïnterviewde medewerkers

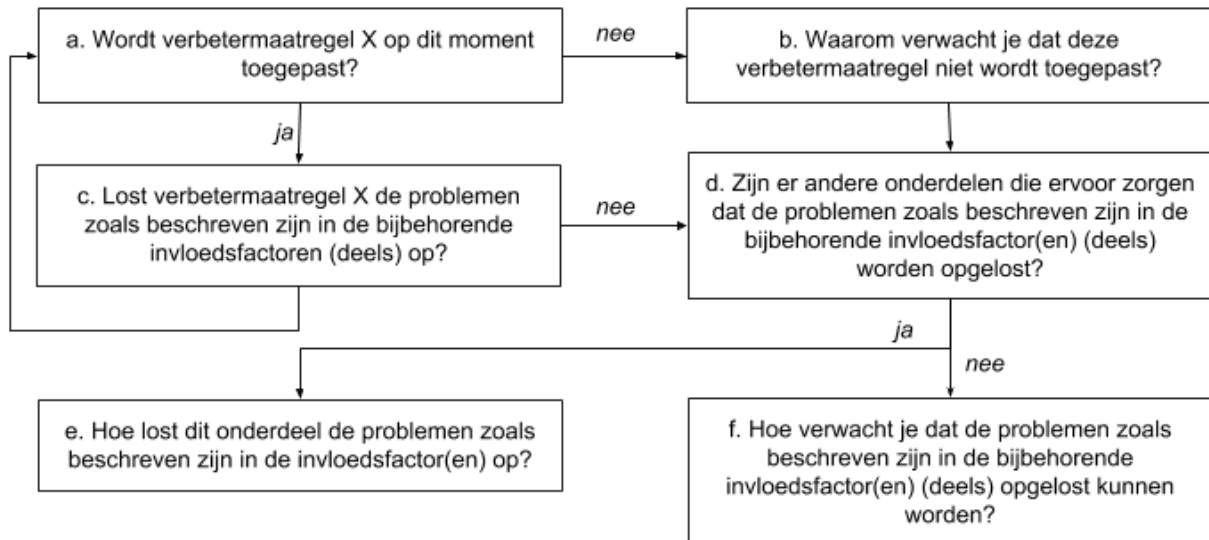
Tabel B-1: Geïnterviewde medewerkers Heijmans Infra voor dit onderzoek

Naam	Functie
Afdeling: Verwerving	
Werkzaam: Tenderfase	
Ton van Hunen	Bedrijfsleider Verwerving <i>Hij is betrokken geweest bij het Lean6Sigma onderzoek door Jacco Hulsen te helpen bij het opstellen van het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening'.</i>
Bjorn van den Brand	Projectleider Verwerving <i>Hij heeft daarnaast van 2010 tot en met 2016 als calculator bij Heijmans gewerkt en hij was hoofdcalculator bij de N23 Westfrisiaweg.</i>
Afdeling: Ontwerp	
Werkzaam: Tenderfase tot en met realisatiefase	
Jaap van Lier	Bedrijfsleider Ontwerp <i>Hij houdt zich bezig met de planning en indeling van medewerkers bij projecten.</i>
Leo Molenbroek	Raadgevend adviseur constructies
Dennis Haveman	Lead engineer <i>Hij werkt als (hoofd)constructeur bij verschillende projecten.</i>
Roland Snelders	Lead engineer <i>Hij werkt als (hoofd)constructeur bij verschillende projecten. Hij heeft de afgelopen jaren met name aan kleine projecten gewerkt. Eerder heeft hij ook aan grotere projecten gewerkt.</i>
Ivor Zonderwijk	Lead Engineer <i>Hij werkt als (hoofd)constructeur bij verschillende projecten.</i>
Ruud van Bakel	Tekenaar <i>Als tekenaar is hij vanaf het VO betrokken bij projecten. Bij de N23 Westfrisiaweg heeft hij ook als tekenaar gewerkt.</i>
Afdeling: Civiel	
Werkzaam: Verschilt per project, maar over het algemeen vanaf de VO-fase	
René Spanjers	Teamleider Civiel <i>In zijn werk houdt hij zich voornamelijk bezig met het werk van de werkvoorbereiding.</i>
Martijn Ilbrink	Projectcoördinator <i>Hij heeft van 2010 tot en met 2017 als werkvoorbereider bij Heijmans gewerkt. Tegenwoordig werkt hij als projectcoördinator voornamelijk aan kleine projecten.</i>
Jack Geerlings	Projectleider <i>Hij is de huidige projectleider van de N23 Westfrisiaweg – West. Hij is betrokken geweest bij het Lean6Sigma onderzoek door input te leveren vanuit zijn kennis van de N201.</i>

Bijlage C Opzet van de interviews

Van tevoren wordt er naar elke geïnterviewde medewerker achtergrondinformatie gestuurd. Deze achtergrondinformatie leidt in waar het onderzoek om draait, wat het doel van het interview is en geeft uitleg over het processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' (zie 0) met de invloedsfactoren en verbetermaatregelen (zie figuur 2-1). Bij het interview wordt deze informatie besproken.

In Figuur C-1 staat weergegeven wat de opzet van het interview is. Deze opzet wordt per verbetermaatregel besproken (X = 1, 2, 3, 4, 5 uit figuur 2-1). De letter die voor elke vraag staat, wordt bij de uitgewerkte interviews gebruikt om overzichtelijk aan te geven om welke vraag het gaat.



Figuur C-1: Opzet interview over processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' (1)

Aan het eind van het interview wordt het gehele processchema 'Beheersing hoeveelheden wapening' besproken. Hierbij wordt de volgende slotvraag gesteld:

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Bijlage D Interview resultaten

In deze bijlage zijn de interviewresultaten met alle geïnterviewde medewerkers opgeschreven. Niet elke geïnterviewde medewerker is bij elke stap in het processchema betrokken of betrokken geweest, daarom komt het bij de interviewresultaten voor dat sommige geïnterviewde medewerkers bepaalde vragen niet beantwoord hebben.

Bijlage D - 1 Interview resultaten: Ton van Hunen (Bedrijfsleider Verwerving)

Datum interview: 23 april 2018

Tijdens het voorstellen vertelt Ton van Hunen het volgende: Het processchema wordt gebruikt bij het ontwerpen van kunstwerken. In de tenderfase wordt het processchema onbewust gebruikt, zo is het tenderteam is zich niet bewust van het processchema. De stappen die in het processchema in de tenderfase genomen worden, worden namelijk inmiddels als normaal gezien.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja. Ten eerste wordt het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' gebruikt om een ontwerpbandbreedte vast te stellen. De ontwerpbandbreedte omvat de materiaalhoeveelheden van een kunstwerk. In het begin van de tender wordt er tussen het tenderteam en de ontwerpafdeling afgestemd welk uitwerkingsniveau met bijbehorende ontwerpbandbreedte er aangehouden moet worden.

Ten tweede is het contact verbeterd. Destijds werkte iedereen die bij de tender betrokken was op zijn eigen afdeling. Tegenwoordig werkt een tenderteam op één afdeling. Hierdoor verloopt het contact veel beter dan vroeger. Met name het contact tussen constructeur en calculator is enorm van belang. De constructeur en calculator bepalen welke onderdelen er wel en welke onderdelen er niet in het ontwerp meegenomen worden, wat de ontwerpbandbreedte wordt (met behulp van het standaardformulier) en de materiaalhoeveelheden. Een ander voordeel aan het feit dat het tenderteam op één afdeling werkt, is dat fouten sneller gesignaleerd kunnen worden. Vervolgens kan ook gemakkelijk het gesprek aan worden gegaan om deze fouten te verbeteren en aan te passen.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

VM 1 heeft er deels voor gezorgd dat IF 1 en 2 niet meer bestaan. IF 3 wordt niet opgelost door VM 1.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

De problemen zoals beschreven staan in de invloedsfactoren 1 en 2 bestaan deels niet meer door het invoeren van ontwerpreviews en toetsing van berekeningen in de tenderfase.

IF 3 wordt opgelost door medewerkers die wel ervaring hebben met een vergelijkbaar kunstwerk in de tenderfase te betrekken en door in de tenderfase ontwerpreviews en toetsing van berekeningen in te voeren.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Nee, niet dat hij weet.

Bijlage D - 2 Interview resultaten: Bjorn van den Brand (Projectleider Verwerving)

Datum interview: 2 mei 2018

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja. Dit is verbeterd ten opzichte van de oude situatie.

Afspraken over het contact binnen het tenderteam zijn gestandaardiseerd binnen Heijmans. Als er met een externe partij samengewerkt wordt, worden deze afspraken van tevoren besproken.

Bij de N23 heeft de disciplineleider contact gehad met de ontwerpafdeling, maar de calculators niet direct met de ontwerpers.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

Invloedsfactor 1:

Ja. Er wordt een inventarisatie van de scope gedaan en de risicovolle en/of kostenbepalende onderdelen worden bepaald. Dit wordt gedaan door de constructeurs en calculators van het tenderteam. Van hieruit wordt er bepaald welke inspanning er geleverd moet worden voor het AO (dus wat er wel en wat er niet nodig is in het AO). Van daaruit wordt het uitwerkingsniveau vastgesteld, inclusief de te hanteren ontwerpbandbreedte.

Bij de N23 hebben de disciplineleider en de ontwerpers het uitwerkingsniveau per kunstwerk bepaald op basis van het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken'. Het tekenwerk is in niveau 1 uitgewerkt en het rekenwerk in niveau 2.

Invloedsfactor 2:

Ja, deels door het contact tussen constructeurs en calculators en deels door gestandaardiseerde afspraken over wat er in een AO-advies moet komen te staan.

Ja, het AO-advies is volledig. Aan het begin van de tender is er overleg tussen de constructeurs en calculators over hoe de wapening aangeleverd moet worden, inclusief de verdeling per onderdeel (bijvoorbeeld vloer, wand, dek). Vervolgens geeft de constructeur de wapeningshoeveelheid op inclusief de las- en verankeringslengte (dit is een standaardafpraak). De hulpwapening en knip- en buigverlies wordt door calculatie zelf bepaald, hier wordt standaard 6% voor gerekend.

Bij de N23 is dit ook gebeurt. De calculators hebben de hoeveelheden in de begroting met 6% verhoogd ten behoeve van de hulpwapening. Daarnaast is het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' aangehouden, dus de wapening is door de constructeurs opgegeven inclusief las- en verankeringslengte.

Invloedsfactor 3:

Nee, niet door het contact tussen constructeur en calculator. Geen ervaring binnen het tenderteam wordt ondervangen door extern kennis binnen te halen. Er wordt contact gezocht met medewerkers die wel ervaring hebben met een bepaald type kunstwerk. Zo vinden er reviewsessies plaats tussen het tenderteam en de ontwerpafdeling (met ervaren constructeurs en geotechnici) en er vinden reviewsessies plaats tussen het tenderteam en de uitvoeringsafdeling (met ervaren hoofdvoerders en projectcoördinatoren).

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

Zie uitleg bij vraag c bij invloedsfactor 2 en 3.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Weet hij niet.

c. Lost VM 2 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

Invloedsfactor 4:

Hij denkt dat het nog steeds bestaat, wellicht vindt er terugkoppeling plaats over nacalculatiegegevens ontwerpfouten, maar deze terugkoppeling komt niet bij het tenderteam terecht. Het zou wel beter zijn als dat wel zou gebeuren, daar kan het tenderteam van leren.

Waarom het niet gedaan wordt, weet hij niet. Met veel twijfel benoemt hij dat het wellicht door tijdgebrek komt.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost?

Zie uitleg bij vraag c bij invloedsfactor 3.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Weet hij niet.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast? d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

Weet hij niet, maar slim ontwerpen in de tenderfase kan hier al problemen bij voorkomen. Zo wordt er in de tenderfase al gekeken wordt naar de maakbaarheid van het ontwerp door een wisselwerking tussen calculatie en de ontwerpafdeling over de maakbaarheid van het ontwerp: in de tenderfase worden de wapeningsdetails en wapeningshoeveelheden besproken met de ontwerpafdeling.

Bij de N23 is de uitvoering betrokken bij de tender. Ze heeft toen namelijk een ontwerppreview plaatsgevonden door uitvoeringsdeskundigen.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Weet hij niet.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactor op?

Het gebeurt steeds vaker dat er na gunning een aantal sleutelfunctionarissen vanuit de tenderfase ook mee gaan werken in de volgende fasen (maar nog niet altijd gebeurt dit). Hierdoor is er geen document nodig waarin de kennis vanuit de tender wordt vergaard, maar weten deze sleutelfunctionarissen hoe het ontwerp opgesteld is in de tenderfase. Dit levert veel voordelen op voor het ontwerpen in de volgende fasen.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Ja, het RIT-formulier in de tenderfase wordt niet meer gebruikt, omdat het RIT-formulier geen toegevoegde waarde in het proces had. Nu worden er andere documenten gebruikt waarin keuzes die gemaakt zijn in worden vastgelegd. Deze huidige manier van werken werkt een stuk gemakkelijker dan toen het RIT-formulier werd gebruikt.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja, maar of het altijd gebeurt weet hij niet.

Met het contact verbeteren denkt Jaap vooral aan dat de constructeur en calculator dezelfde taal spreken. Het contact is verbeterd door het gebruik van het hulpmiddel standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken'. Hij vraagt zich hierbij wel af of dit standaardformulier bij elk project gebruikt wordt. Als het niet gebruikt wordt, heeft dat waarschijnlijk te maken met het feit dat er externen en/of nieuwe werknemers meewerken aan dat project. Zij kennen dit hulpmiddel namelijk niet.

Daarnaast verloopt het contact goed als dit op een laagdrempelige manier kan plaatsvinden. Het samenwerken van het tenderteam op één afdeling is bevorderlijk voor het contact onderling. Als medewerkers op afstand werken, belemmert dit het contact enorm. Gelukkig gebeurt dit normaal gesproken niet.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

Hij vindt het moeilijk om in te schatten of de Invloedsfactoren door VM 1 daadwerkelijk zijn opgelost.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de Invloedsfactoren op?

Hij ziet wel dat bij IF 3 de invloed van andere medewerkers die wel ervaring hebben met een vergelijkbaar kunstwerk een belangrijk onderdeel is om de problemen zoals beschreven bij IF 3 op te lossen. Medewerkers die wel ervaring hebben met een vergelijkbaar kunstwerk worden in de tenderfase betrokken om deze ervaring te kunnen gebruiken.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Jaap weet niet zeker of VM 1 toegepast wordt. Indien dit niet gebeurt, ziet hij het belang ervan om dit zeker wel te doen.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Deels, de database kunstwerken is opgesteld. Deze is echter onvoldoende geactualiseerd.

c. Lost VM 2 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

De database kunstwerken wordt gebruikt tijdens de tenderfase en lost daarmee deels IF 3 op.

IF 4 is deels opgelost door VM 2. In de huidige situatie vindt er wel terugkoppeling plaats over nacalculatiegegevens en ontwerpfouten, maar er wordt vervolgens te weinig mee gedaan.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

IF 3 wordt deels opgelost door medewerkers te betrekken bij de tender die wel ervaring hebben met een bepaald type kunstwerk. Hierdoor wordt het tenderteam geholpen door mensen met ervaring en kan het probleem zoals beschreven in IF 3 overbrugd worden.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Op dit moment bevat de database kunstwerken alleen losstaande data. Er komt steeds meer data bij en het is ingewikkeld om hier conclusies uit te trekken. Een verbetering van de database kunstwerken is gewenst, bijvoorbeeld door de data te visualiseren. Hij vraagt zich hierbij af hoe de data goed gepresenteerd kunnen worden. Een voorbeeld dat hij noemt is de data vergelijken met de data van voorgaande projecten.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Bij sommige projecten wordt VM 3 toegepast, maar bij het merendeel van de projecten wordt de wapening nog steeds in 2D opgesteld. Over het algemeen geldt dat bij projecten met repeterende wapening of complexe wapening, de wapening in 3D opgesteld wordt.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 deels niet wordt toegepast?

Het kost veel tijd om wapening in 3D op te stellen. Als er in een project veel verschillende type wapening voorkomt, kost dit erg veel tijd.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor deels op?

Dat weet hij niet.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactor op?

Hij verwacht dat het in 3D opstellen van de wapening geen toegevoegde waarde heeft als er al ervaring is met dit type wapening. De kans op het maken van fouten is dan namelijk klein.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Jaap weet niet of bij elk project de uitvoering echt direct na het DO betrokken wordt. Wel weet hij dat de ontwerpafdeling samen met de uitvoerder naar de wapening om de maakbaarheid te achterhalen. Dit contact is zeker beter dan vroeger.

Daarnaast wordt de vlechtwerker op tijd betrokken. Op tijd betrokken betekent in dit geval voor de inkoop van de wapening, dus na het DO. Indien er nog geen partij gekozen is voor het vlechtwerk, wordt er een adviseur/specialist op het gebied van vlechtwerken betrokken om hierin een rol te spelen.

c. Lost VM 4 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

De uitvoering is beter betrokken. Of dit beter kan, kan Jaap slecht inschatten, omdat hij niet direct bij dit werk betrokken is.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Hij verwacht niet dat het Uniform hoeveelheden overzicht bijgehouden wordt, maar hij weet hier verder niets over. Wel weet hij dat er afspraken zijn over het opgeven van data, namelijk in de volgende fasen:

- AO
- Na DO in berekeningsrapporten
- Tijdens de realisatiefase bij de opgave van de buigstaten

Hij vraagt zich wel af of deze data bij elk project opgegeven wordt.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

De volgende stappen worden niet op deze manier uitgevoerd: DO-berekening en theoretisch ontwerp concept (wapeningsschetsen) --> Keuren, optimaliseren en praktisch invullen theoretische wapeningsschetsen --> DO-berekening en ontwerp definitief (wapeningsschetsen). Deze stappen impliceren dat het DO al volledig is, maar dit is niet realistisch en niet haalbaar. Het is ook niet nodig, aangezien in het UO de wapening verder uitgedacht kan worden. Wat er daadwerkelijk gebeurt is dat er tijdens het DO wordt er een indicatie van de wapening gemaakt en tijdens het UO worden er eerst wapeningsschetsen gemaakt en vervolgens wordt de wapening en het ontwerp uitgetekend.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja, maar niet bij elk project. De afstemming tussen constructeur en calculator vindt in sommige projecten wel plaats en in sommige projecten niet. Het zit nog niet in iedereens normale manier van werken ('in hun DNA').

In het document 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' staat voorgeschreven dat er contact moet zijn tussen de ontwerpafdeling (constructeurs) en de calculatieafdeling over het uitwerkingsniveau en de bandbreedte van het ontwerp, maar niet bij alle projecten wordt dit document gevolgd.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF1: In het document 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' staat welke ontwerpbandbreedte er in welk geval aangehouden moet worden. Dit document staat in ons kwaliteitssysteem, dus formeel gezien moet het tenderteam zich hieraan houden. Bij veel projecten houdt het tenderteam zich hier zeker aan. Het kwaliteitssysteem is echter erg groot, waardoor een heel aantal werknemers het document niet kennen. Daarnaast vinden sommige werknemers hun eigen manier van werken beter dan de voorgeschreven manier, waardoor ze geen ontwerpbandbreedte vaststellen.

Al met al is de situatie wel verbeterd ten opzichte van voor de invoering van het document 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken'.

IF 2: Onbekend.

IF 3: Nee. Beter contact tussen constructeur en calculator is niet genoeg om IF 3 op te lossen. Ook het document 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' zorgt er niet voor dat IF 3 wordt opgelost. Welke bandbreedte er wordt aangehouden is uiteindelijk 'maar een getal', er wordt geen uitleg bij gegeven. Zonder deze uitleg kan een onervaren medewerker hier geen nuttige informatie uithalen.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost?

Nee.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Dit legt hij uit bij VM 2 (vraag c.).

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Ja, maar het effect is erg klein.

De database kunstwerken is opgezet. Het idee hier achter was dat je in deze database informatie van kunstwerken kon vinden en deze informatie met elkaar kon vergelijken en toe kon passen in een nieuw project. Deze gedachte achter de database is goed, maar het nut van de database is erg klein. Dit komt doordat elke constructie die we bouwen erg verschilt ten opzichte van de voorgaande constructies, waardoor een vergelijking maken met voorgaande projecten niet erg nuttig is. Daarnaast merk je dat constructeurs erg terughoudend zijn om zomaar gegevens van andere projecten over te nemen.

b. Waarom verwacht je dat VM 2 niet wordt toegepast?

Het blijkt erg moeilijk om gegevens van projecten te verzamelen. Het ligt erg aan het project hoe goed gegevens worden bijgehouden.

c. Lost VM 2 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF 3: Nee, de database in de huidige vorm helpt niet om het hebben van geen ervaring te overbruggen. Ervaring komt voort uit ervaring, niet uit voorbeelden van anderen. De database zou meer nut hebben als er meer gegevens over elk kunstwerk in verwerkt worden. Wat er bijvoorbeeld in de database mist,

is de slankheid van een constructie. Als er slank ontworpen is, is er meer wapening nodig dan als er een lompere constructie ontworpen is. Dit is erg van belang bij het bepalen van de wapening.

IF 4: Terugkoppeling vindt niet structureel plaats. Als het tenderteam verschilt van het ontwerpteam dat werkt aan het VO, DO en UO, vindt tussen deze teams geen terugkoppeling plaats. In sommige gevallen zit er zelfs helemaal niemand in het ontwerpteam die ook in het tenderteam gezeten heeft. Dan vindt er dus bij niemand terugkoppeling plaats. Daarnaast is het ontwerpteam vaak veel te druk om zich bezig te houden met terugkoppeling tijdens het VO, DO, UO en AB. Hierdoor gebeurt dit eigenlijk nooit.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost?

Nee.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Hij refereert hier weer naar wat hij gezegd heeft bij vraag c: Ervaring komt voort uit ervaring.

IF 4: De database heeft voor zijn gevoel alleen nut als er heel veel data beschikbaar is: van heel veel verschillende kunstwerken en van elk kunstwerk heel veel data. Dit is echter zo veel werk, waardoor hij zich afvraagt of het iets toevoegt.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Weet hij niet, met name de uitvoering houdt zich daar mee bezig namelijk.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven in IF 5 (deels) op?

Hij denkt wel dat 3D wapenen helpt om IF 5 te verbeteren. Hij verwacht dat als er een 3D wapeningstekening gemaakt wordt, het buiten sneller gemaakt kan worden. Of je er ook de hoeveelheid wapening mee bespaart vraagt hij zich af. Indien je er wel wapening mee bespaart, zal het maar een lage hoeveelheid zijn verwacht hij.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Ja, bij grote projecten. Nee, bij kleine projecten.

Bij een groot project wordt er voor het inkooptraject een vlechter ingekocht. Voor het wapeningsontwerp hangt het ervan af met welke vlechter er wordt samengewerkt, omdat elke vlechter zijn eigen specialisme heeft. Bij de start van het inkooptraject wordt de vlechter betrokken bij het wapeningsontwerp (soms in combinatie met een ZZP'er met verstand van wapening). Bij sommige projecten wordt er al voor de start van het inkooptraject een ZZP'er met verstand van wapening ingehuurd die de wapeningsdetailering beoordeelt.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 niet wordt toegepast?

Bij een klein project zijn de gevolgen wat betreft hoeveelheid wapening niet erg groot. Hierdoor is het minder van belang om al in een vroeg stadium de uitvoering en vlechter te betrekken bij het ontwerpproces, zodat hun kennis ingebracht wordt in het ontwerp.

c. Lost VM 4 het probleem zoals beschreven in IF 6 (deels) op?

Ja, maar de vlechter kan nog wel meer betrokken worden bij grote projecten. Bij een groot project is het belang om de uitvoering en de vlechter vroeg te betrekken groot. Ten eerste gaat het hierbij vaak om grote wapeningshoeveelheden. Ten tweede gaat het hier vaak om complexe wapening waar weinig ervaring mee is en snel fouten gemaakt kunnen worden. Ten derde is er vaak maar weinig tijd in het bouwproces en moeten de wapeningstekeningen goed zijn om dit zo snel mogelijk te laten verlopen.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost?

Nee, want het is niet nodig (zie het antwoord op vraag b.)

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Het vastleggen van hoeveelheden moet formeel gezien gedaan worden, maar het gebeurt lang niet altijd.

OCAP: Formeel gezien moet het DO vergeleken worden met het AO. Dit staat in het Kwaliteitssysteem en wordt gerefereerd naar als het opstellen van een werkbegroting van elke fase. Leo ziet dat het maar weinig gebeurt. Deze stap zou erg goed zijn om uit te voeren, maar in de praktijk gebeurt het te weinig. Vaak wordt er pas gekeken naar de hoeveelheden wapening als het buigstatenoverzicht binnenkomt, als het UO af is. Dit is veel te laat om hier nog iets bij aan te passen.

Go/No Go formulier: Dit vindt plaats. Als er gekeken wordt naar een ontwerpwijziging invoeren, moet er eerst worden gekeken naar wat het oplevert.

b. Waarom verwacht je dat VM 5 niet wordt toegepast?

OCAP: Ten eerste maken constructeurs liever berekeningen dan dat ze ontwerpen met elkaar vergelijken. Ten tweede is er veel tijdsdruk voor andere zaken die nog gedaan moeten worden. Ten derde voelen constructeurs hierbij geen verantwoordelijkheidsgevoel om het op te pakken, vaak hebben zij namelijk niet het AO gemaakt.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Het Go/No Go formulier helpt hierbij (door kritisch te kijken naar ontwerpwijzigingen). Bij veel projecten blijkt na gunning dat er een aantal verbeteringen mogelijk zijn (ontwerpwijzigingen), maar vaak blijkt dat deze verbeteringen uiteindelijk erg tegenvallen. Daarom kunnen ontwerpwijzigingen het beste zo min mogelijk plaatsvinden.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost?

Nee.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Nee

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

Ja, alle drie de invloedsfactoren zijn opgelost door het invoeren van VM 1.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

Er is nog een ander onderdeel die ervoor zorgt dat de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactoren 1, 2 en 3 verminderd worden. Er wordt namelijk in de tenderfase veel tijd gestoken in het maken van een goed ontwerp. Hoeveel budget er beschikbaar is, is wel erg wisselend per project. Of dit anders was voordat het Lean6Sigma onderzoek uitgevoerd is, kan hij niet zeggen, omdat hij toen nog niet bij Heijmans werkte.

Daarnaast wordt IF 3 op twee andere manieren nog opgelost. Ten eerste worden de medewerkers van een tenderteam uitgekozen op basis van de eerdere ervaringen die zij hebben. Het doel bij het samenstellen van het tenderteam is dat het tenderteam ervaring heeft met een bepaald type kunstwerk. Ten tweede zorgt het tenderteam, indien zij specifieke ervaringen missen, er zelf voor dat zij andere medewerkers opzoeken die ervaring hebben met een bepaald type kunstwerk, zodat specifieke kennis vergaart kan worden.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Ja, de database Kunstwerken bestaat, maar deze database is niet up-to-date en niet volledig.

b. Waarom verwacht je dat VM 2 deels niet wordt toegepast?

Het vullen van de database gebeurt nu door één verantwoordelijke. Voor één persoon kost het vullen van de database te veel tijd.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

Ja, hij geeft hierbij dezelfde uitleg als bij VM 1 over hoe IF 3 verder wordt opgelost.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Dennis denkt dat het veel beter werkt als het projectteam aan het einde van elke fase verplicht data moet vastleggen. Hier moet tijd (en dus geld) in geïnvesteerd worden, anders is de kans erg groot dat het projectteam er ook geen tijd voor heeft.

Hij ziet wel de voordelen in van het invoeren van de database. Indien de database up-to-date en volledig is, verwacht hij dat het de invloedsfactoren nog meer opgelost kunnen worden.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

In de basis niet, alleen onder bepaalde omstandigheden wordt de wapening in 3D opgesteld.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 deels niet wordt toegepast?

Tegenwoordig wordt over het algemeen al vanaf de tenderfase het ontwerp in 3D opgesteld. Hier zitten namelijk veel voordelen aan vast en het kost niet veel meer moeite dan als het ontwerp in 2D opgesteld wordt. Op wapeningsgebied is het een ander verhaal. Wapening in 3D opstellen kost te veel tijd. Alleen

als de wapening ingewikkeld is of als er heel veel wapening in een project zit, wordt de wapening in 3D opgesteld. Als er problemen bij de wapening ontstaan, wordt de wapening soms ook in 3D opgesteld.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor deels op?

Indien wapening in 3D opgesteld wordt, heeft dit zeker wel voordelen ten opzichte van 2D wapening. Problemen kunnen namelijk gemakkelijker vastgesteld worden.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactor op?

Ervaring met bepaald type wapening (meestal gaat het om niet erg ingewikkelde wapening), hierdoor vinden er niet zo snel fouten in de wapening plaats.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Deels, tijdens het inkooptraject worden de uitvoering en vlechters betrokken, maar niet daarvoor.

c. Lost VM 4 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Ja. Met name in de DO-fase is het van belang dat er contact is, dan worden namelijk de wapeningsschetsen opgesteld. De uitvoering en wapeningsleverancier kunnen hierin bepalen of deze schetsen maakbaar zijn. In de UO-fase is het contact minder van belang, omdat dan alle ontwerpen al besproken zijn.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Nee, hij kent het Uniform hoeveelheden overzicht in ieder geval niet.

De OCAP stap uit het processchema wordt niet uitgevoerd.

Go/No Go formulier kent hij wel. Hij geeft aan dat bij elke significante ontwerpwijziging moet het Go/No Go formulier gebruikt worden. Dit gebeurt niet altijd.

b. Waarom verwacht je dat VM 5 niet wordt toegepast?

Dennis verwacht dat dat komt doordat naar voren kijken als belangrijker wordt gezien dan terugkijken en evalueren. De OCAP stap uit het processchema wordt niet uitgevoerd. Hij ziet er wel het voordeel van in om deze stap wel uit te voeren (vergelijken van het DO met het AO).

Het Go/No Go formulier wordt niet altijd gevolgd. Soms vindt het plaats dat de uitvoering denkt dat er een verbetering mogelijk is en dit uit zichzelf doorvoert en niet overlegt met de Ontwerpafdeling.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Het Go/No Go formulier helpt voor ontwerpwijzigingen, er wordt namelijk streng gekeken naar wat de ontwerpwijziging kost en oplevert. Als het niet genoeg oplevert, wordt de ontwerpwijziging niet doorgevoerd.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor worden opgelost?

Nee, ontwerpwijzigingen vinden nog steeds plaats. Of dit minder is dan vroeger weet Dennis niet.

e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactor op?

Wel verwacht hij dat door invoering van VM 1 t/m 4 ontwerpwijzigingen minder snel voorkomen. Als dat waar is, is dat al een grote stap in de goede richting, omdat een ontwerpwijziging namelijk vaak de overschrijding van de hoeveelheid wapening veroorzaakt.

Daarnaast geeft hij aan dat de uitvoering zo vroeg mogelijk te betrekken (in het VO geeft hij aan dat gebeurt) ervoor zorgt dat er minder kans op een ontwerpwijziging is.

f. Hoe verwacht je dat het probleem zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) opgelost kan worden?

Dennis ziet het belang van de invoering van VM 5. Door deze verbetermaatregel beter te handhaven, kunnen ontwerpwijzigingen gemakkelijker voorkomen worden.

Daarnaast raadt hij aan om een overdrachtsmoment tussen het tenderteam en het VO/DO-team in te plannen. Ten eerste omdat er vaak verschillende mensen beide teams zitten. Dat zorgt ervoor dat het VO/DO-team onvoldoende bekend is met de zaken die besproken en vastgelegd zijn in de AO-fase. Ten tweede zit er een aantal maanden tussen de afronding van het AO en de start van het VO, wat het contact tussen beide teams vermoeilijkt.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Nee, hij vindt dat het processchema redelijk klopt met het huidige proces dat doorlopen wordt.

Bijlage D - 6 Interview resultaten: Roland Snelders (Lead engineer)

Datum interview: 26 april 2018

Aan het begin van het interview geeft Roland aan dat hij het schema herkent, doordat Jacco Hulsen het schema toen het net af was gepresenteerd heeft. Echter volgt hij dit schema niet stap voor stap.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Ja, over het algemeen. Er vindt overdracht plaats tussen constructeur en calculator. Ze hebben regelmatig overleg over de voortgang. Daarin worden de stand van zaken en de resultaten besproken. Hij raadt ook altijd aan dat er op de tekening voor de calculator de aanbevolen hoeveelheden wapening vermeld staan. Er bestaat een standaard sheet waarin duidelijk vastgelegd wordt wat er wel en wat er niet in het ontwerp moet zitten. Constructeurs en calculators kennen deze sheet en houden zich daaraan.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op? Zo nee: d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren worden opgelost? Zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

IF 1: Te weinig. Met IF 1 wordt te weinig gedaan, waardoor het effect erg klein is. Nu berekent of bepaalt (meestal bepaalt, omdat berekenen te veel werk kost) de constructeur de hoeveelheid wapening. Vervolgens wordt er door de calculator een bandbreedte aangekoppeld, maar niet elke calculator houdt daadwerkelijk de bandbreedte aan. Als je namelijk op een simpele manier daarnaar kijkt en een bandbreedte hebt tussen -20% en +20%, dan kun je er ook voor kiezen om daar het gemiddelde, namelijk 0% van te nemen. Het lijkt hem een verbetering als de constructeur direct de hoeveelheid wapening met een bepaalde bandbreedte opgeeft, in plaats van dat de calculator daar iets mee te maken krijgt.

IF 2: Ja. IF 2 is opgelost. Er is contact tussen constructeur en calculator.

IF 3: Nee. IF 3 wordt opgelost doordat Jaap van Lier bepaalt wie er voor welk project uitgekozen wordt. Als iemand geen ervaring heeft met een bepaald type kunstwerk, wordt hij/zij daarin begeleid.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Deels, het zit er niet ingebakken bij de manier van werken om nacalculatiegegevens op te slaan.

b. Waarom verwacht je dat VM 2 niet wordt toegepast?

Het is heel erg persoonsafhankelijk. Als je niet om bepaalde informatie vraagt, krijg je het niet, behalve als je met iemand samenwerkt die dat uit zichzelf opstuurt.

c. Lost VM 2 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren op?

Nacalculatiegegevens bestaan, maar het kan beter en gestructureerder opgeschreven worden.

Volgens Roland zorgen nacalculatiegegevens niet voor minder ontwerpfouten. Evaluaties vinden namelijk wel plaats. Als er een ontwerpfout plaatsvindt, de vlechter een andere oplossing ziet dan er op de wapeningsschets is weergegeven of er een aanpassing gedaan op het ontwerp wordt door de uitvoerder, wordt dit wel beoordeeld door de constructeur in een afwijklingsrapport (ondanks dat er geen gegevens over de hoeveelheden vastgelegd worden).

Voor IF 3: Zie voorgaande vraag.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Nee, er wordt maar bij weinig projecten wapening in 3D opgesteld.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 deels niet wordt toegepast?

Het kost veel tijd, de meeste medewerkers hebben er geen ervaring mee en er zijn medewerkers die er een slechte ervaring mee hebben en om die reden liever wapening in 2D opstellen. Doordat er weinig ervaring mee is, kost het veel tijd om een wapening in 3D op te stellen. De uitvoerder verwacht ook een 2D tekening. Als je ervoor kiest om een 3D wapeningstekening op te stellen, moet je ook nog een 2D wapeningstekening opstellen. Dit kost veel tijd. Alleen als de uitvoering voldoende informatie uit een 3D tekening kan en wil halen, kan dit overbrugd worden. Echter is het in beweging krijgen van een gehele organisatie erg moeilijk.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Uitvoering wordt voldoende betrokken: ze worden vanaf het VO namelijk al betrokken.

Vlechtwerker wordt laat betrokken, namelijk als ze de buigstaat moeten maken (dus na het UO). In de projecten waaraan hij meegewerkt heeft, was het niet eerder dan het UO. In het DO is er namelijk nog geen vlechter uitgekozen. Hij heeft weleens gehoord dat bij sommige projecten in zo'n geval een specialist bij betrokken wordt, maar bij zijn projecten heeft dit nog niet plaatsgevonden. Hij denkt dat dit te maken heeft met de omvang en complexiteit van een project en met de kennis en ervaring van de uitvoerder.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 deels niet wordt toegepast?

Met een ervaren uitvoerder is het niet nodig om de vlechtwerker ook vroeg te betrekken. Als de uitvoerder goed weet wat er vanuit de vlechtwerker van hem verwacht wordt, kan hij daar goed op inspelen en kunnen problemen worden voorkomen).

c. Lost VM 4 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Bij de projecten die hij gedaan heeft, gaat het betrekken goed.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactor op?

Hoe noemt dat hij het erg belangrijk vindt om ook buiten te kijken naar het project waarin hij de wapening ontworpen heeft om de vergelijking te maken met het ontwerp en wat er gerealiseerd wordt. Als er een fout of ontwerpwijziging plaatsvindt, is het erg belangrijk om de oorzaak hiervan te achterhalen en te bepalen hoe hij de fout of ontwerpwijzigingen de volgende keer kan voorkomen.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Weet hij niet, maar hij neemt aan dat dit door de uitvoering uitgevoerd wordt.

Wel weet hij te benoemen dat er tegenwoordig een aantal zaken vastgelegd worden tijdens een project:

- Indicatie van de hoeveelheid wapening na het DO wordt voorgelegd aan de uitvoering.
- In het UO wordt de wapening uitgewerkt en vastgelegd.
- Buigstaten weergeven wat er uiteindelijk in het project zit.

Over het OCAP geeft hij het volgende aan: Terugkoppeling tussen AO en DO vindt plaats. Ondanks dat er een verschil is tussen het AO en DO heeft er binnen zijn projecten nog nooit een ontwerpaanpassing plaatsgevonden.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Nee, alles staat wel redelijk goed vastgelegd in het schema.

Bijlage D - 7 Interview resultaten: Ivor Zonderwijk (Lead engineer)

Datum interview: 8 mei 2018

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken': Nee, hij kent het gebruik hier niet van, maar er is tijdens de tender van de A27-A1 wel een bandbreedte aangehouden. Er is vastgesteld dat de bandbreedte tussen -10% en +10% lag. Hij denkt dat dit de maximaal haalbare bandbreedte was dat paste binnen het tijdsbestek van de tender. Hij vertelt tijdens het interview dat het mogelijk was dat de ontwerpleider het formulier wel kende en op basis daarvan de bandbreedte is gekozen.

Contact constructeur/calculator: Nee, niet direct. Hij heeft veel contact gehad met de ontwerpleiding over het AO-advies.

b. Waarom verwacht je dat VM 1 niet wordt toegepast?

Het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken' kent hij niet en hij heeft het daarom ook nog nooit gebruikt. *Ik laat het formulier aan hem zien, ook dan herkent hij het niet.* Hij is in 2015 bij Heijmans komen werken, maar het formulier bestaat al sinds 2012. Misschien dat het eraan ligt dat de nieuwigheid van het formulier er toen al af was en niemand hem daarom over het bestaan van het formulier heeft verteld.

Over het contact tussen constructeur en calculator zegt hij: Omdat de hoeveelheden wapening al met de ontwerpleider besproken werden bij de A27-A1 heeft hij als constructeur geen contact gehad met een calculator. Hij gaat ervanuit dat de ontwerpleider wel contact hierover had met de calculator.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

Contact constructeur/calculator: Hij heeft bij de A27-A1 een opgave gegeven waarin duidelijk de hoeveelheden wapening staan, inclusief een uitleg met welke onderdelen er onder vallen (bijv. exclusief hulpwapening). Hierdoor is invloedsfactor 2 volledig opgelost. Echter heeft hij niet samen met de calculator besproken of die persoon hier voldoende informatie uit kon halen voor de calculatie. Mogelijk is het vanuit de calculator gezien niet opgelost.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactoren op?

Het standaardformulier 'Uitwerkingsniveau ontwerp kunstwerken': Er is wel een bandbreedte aangehouden tijdens de tender van de A27-A1. Er is vastgesteld dat de bandbreedte tussen -10% en +10% lag. Hij denkt dat dit de maximaal haalbare bandbreedte was dat paste binnen het tijdsbestek van de tender.

Contact constructeur/calculator: Ivor heeft bij de tender van de A27-A1 intensief contact gehad met de werkvoorbereiders. Dit helpt om IF 2 en 3 op te lossen. Ivor heeft tijdens dit project het contact met de calculators niet gemist doordat het contact met de werkvoorbereiders goed was. De werkvoorbereiders weten hoe het ontwerp gebouwd moet worden en of onderdelen maakbaar zijn. Zij hadden daarnaast ook een idee van de kosten, wel minder dan de calculator heeft, maar het was voor Ivor genoeg informatie om bepaalde keuzes op te baseren.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

De database heeft Ivor tijdens de tenderfase weleens bekeken. Ivor vindt de database met name nuttig als je iets wilt zeggen over hoeveelheden, daarom is deze database alleen van belang in de tenderfase. Het nadeel van de database is dat je de projecten die erin staan niet kent en daardoor slecht kunt beoordelen of het vergelijkbare projecten zijn.

c. Lost VM 2 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF 3: Nee, VM 2 helpt hier niet bij. Wapeningshoeveelheden zijn erg projectafhankelijk. Uit de database blijkt niet welke achterliggende keuzes er gemaakt zijn bij het ontwerp. Als er bijvoorbeeld wordt

gekozen voor een slanker dek, verandert de hoeveelheid wapening hier ook. Waar de database wel erg geschikt voor is, is het duidelijk weergegeven van voorgaande projecten. Zeker als je nog maar kort bij Heijmans werkt, weet je dit niet goed en dan is het een gemakkelijk opstapje om te gebruiken. Naar aanleiding van de database kun je contact zoeken met personen die aan een bepaald project gewerkt hebben om hieruit ervaringen te halen. De database helpt als het ware als wegwijzer voor projecten (en indirect als wegwijzer voor personen die aan deze projecten hebben gewerkt).

IF 4: Ongeacht van de database vindt er terugkoppeling plaats. Bij de A27-A1 was er de ontwerpleider in de tender anders dan de ontwerpleider die vervolgens aan de slag ging met het VO, maar heeft er wel de volgende terugkoppeling plaatsgevonden. Na het AO en na het DO zijn de wapeningshoeveelheden opgegeven. Over deze hoeveelheden heeft er bij de ontwerpleiding terugkoppeling plaatsgevonden. Ivor, als constructeur, heeft hier zelf niets van meegekregen.

Volgens Ivor vindt er naast deze terugkoppeling geen andere terugkoppeling over hoeveelheden wapening plaats. Na het DO verandert er voor de ontwerpafdeling nagenoeg niets meer, de constructieberekeningen zijn dan al gemaakt. Er vinden wel optimalisaties plaats na het DO (dit zijn vaak maar kleine zaken die wel besproken worden), maar hierover vindt geen nacalculatie plaats, omdat het bijna geen invloed heeft op het grote geheel.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactoren op?

IF 3: Persoonlijke terugkoppeling van iemand die aan een bepaald project heeft gewerkt (vergelijkbaar met het project waar je zelf mee bezig bent op dat moment) om erachter te komen wat er gedaan is tijdens dat project.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Bij de A27-A1 is er bij een kunstwerk de wapening in 3D getekend. Dit ging om een complex kunstwerk met complexe wapening die erg afweek van wat er normaal gesproken gedaan werd. Het ging om veel en zware wapening en daarnaast zaten er een aantal gekke vormen in de wapening.

Bij de andere vier kunstwerken is de wapening in 2D getekend.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 niet wordt toegepast?

Bij de A27-A1 waren er een aantal redenen dat er vier kunstwerken niet in 3D getekend zijn. Bij de bovenbouw werd het dek deels prefab gebouwd (de leverancier ontwerpt dat zelf) en deels in situ (de ontwerpafdeling ontwerpt dat, maar dit wordt verder uitgewerkt door de leverancier). Doordat er hier weinig ontwerp mogelijkheden bij zijn, heeft het weinig zin om de wapening in 3D uit te tekenen.

De onderbouw was vrij standaard opgebouwd. Het was vaak genoeg ontworpen door het ontwerpteam en vaak genoeg gevlochten door de vlechter, dat het voldoende was om dit ontwerp in 2D te maken.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

3D wapenen levert voordelen op:

- Je kunt in het DO de hoeveelheden erg nauwkeurig uit het ontwerp bepalen. In het AO zou dit ook al mogelijk moeten zijn, maar het kost te veel uitzoekwerk om dat in dat stadium al te bepalen.
- Buiten is het beter maakbaar, omdat het als het ware al een keer gebouwd is in het 3D model. Door het 3D model weet je wat handig is en wat mogelijk is.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel de problemen zoals beschreven zijn in de invloedsfactor op?

Ja, zie het antwoord op vraag b. Het ligt aan het type beton (prefab, in situ) en aan hoe standaard een bepaalde constructie is om te ontwerpen.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Uitvoering: Ja, onder uitvoering ziet hij de werkvoorbereider en de uitvoering. Bij het kleine project waar hij aan gewerkt heeft, werkte hij in een klein team. Daarbinnen was er zelfs volledige afstemming tussen het ontwerpteam en de uitvoering (alle onderdelen werden met elkaar besproken).

Vlechter: Nee, niet voordat het inkooptraject begint, omdat er in dat stadium nog geen vlechter ingekocht is. Bij de A27-A1 is de vlechter intensief betrokken toen de constructieberekening al klaar was en toen de tekenaar begon aan de wapeningstekening. Ivor geeft aan dat hij dit te laat vindt om iets aan het contact te hebben. Bij beantwoording van de vragen over VM 3 geeft hij het volgende aan: Bij de A27-A1 was er bij het 3D ontwerp van een van de kunstwerken nauw overleg met de vlechter. De vlechter heeft meegekeken en meegedacht over het 3D wapeningsontwerp en heeft uiteindelijk het 3D model gebruikt om buigstaten mee te maken.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 niet wordt toegepast?

Vlechter: De bereidheid van de vlechter om voor de start van het inkooptraject mee te denken is beperkt, omdat ze er niet zeker van zijn dat ze vervolgens het werk krijgen.

Hoe complexer de constructie, hoe groter de constructie, hoe meer repetitie er plaatsvindt bij een constructie en hoe sneller de constructie uiteindelijk gerealiseerd moet worden, hoe eerder de vlechter betrokken moet worden. Bij wapening die erg standaard is, is het minder belangrijk om de vlechter al vroeg te betrekken. Als er dan later een wijziging moet plaatsvinden, is dit niet zo erg (omdat het dankzij de ervaring waarschijnlijk geen grote wijziging is).

c. Lost VM 4 het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Uitvoering: De werkvoorbereiding was bij de A27-A1 al bij de tender betrokken. Ze zijn ook in latere stadia actief betrokken. Ze zijn bij verschillende overleggen aanwezig om te bespreken wat handig is bij het wapenen, daarna worden ze actief betrokken bij het keuren van de tekeningen.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo nee: f. Hoe verwacht je dat het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) opgelost kan worden?

Ivor vindt dat het te laat bekend is met welke vlechter er samengewerkt gaat worden bij een project. Hij denkt dat Heijmans de inkoop wil uitstellen om partijen tegen elkaar uit te spelen en een gunstigere prijs voor het vlechtwerk te behalen. Het zou erg nuttig zijn om een vlechter voor het DO al te betrekken om erachter te komen wat de vlechter wil.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Vastleggen van hoeveelheden: Weet Ivor niet

Go/No Go: Ja.

OCAP: Ja, maar de stap "Aanpassing DO-ontwerp?" vindt eigenlijk nooit plaats. De projectplanning is erg strak en het is niet haalbaar om hier binnen een ontwerpwijziging door te voeren nadat je DO al af is. Je hebt dan namelijk al veel tijd besteed aan het maken van het DO en het kost veel tijd om een nieuw DO op te stellen.

b. Waarom verwacht je dat VM 5 niet wordt toegepast?

De laatste stap van OCAP: zie het antwoord op vraag a.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Go/No Go: Ja, ontwerpwijzigingen kunnen niet zomaar doorgevoerd worden. Als de uitvoerder een optimalisatie ziet of denkt te zien, mag dat niet zondermeer doorgevoerd worden. Er moet een trade off gemaakt worden waarin de plussen en de minnen afgewogen worden (hier vallen bijvoorbeeld hoeveelheid wapening en kosten onder) om te bepalen of er een ontwerpwijziging plaats kan vinden. Over het algemeen geldt: Stick with the plan en als er een mogelijkheid is tot afwijken, moet er onderbouwd worden dat dit een verbetering is.

Vroeger gebeurde het nog weleens dat een uitvoerder dacht dat hij het ontwerp kon verbeteren op het gebied van maakbaarheid, maar dat er daardoor fouten in de constructie ontstonden. Tegenwoordig

mag een uitvoerder niet eigenhandig een ontwerpwijziging doorvoeren, maar moet dit in overleg met de ontwerpafdeling gebeuren.

OCAP: Nee, zie het antwoord op vraag a.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost?

Nee, want zie de uitleg bij vraag a.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

De hoofdlijnen van het schema worden gevolgd, maar Ivor is zich niet bewust van het bestaan van het schema. Hij vertelt dat hij dit schema dankzij het interview heeft leren kennen en daardoor bij een volgend project dit schema erbij zal pakken.

Het processchema zit ook verweven in het zogenaamde Eén Ontwikkelp proces wat binnen Heijmans geldt. Hier gaat het om dat het vanaf de tender tot en met de realisatie van een project er een integrale organisatie bestaat waar de verantwoordelijkheid samen op zich genomen wordt. Een voorbeeld hiervan is het betrekken van de uitvoering bij de tender.

Bijlage D - 8 Interview resultaten: Ruud van Bakel (Tekenaar)

Datum interview: 3 mei 2018

Over VM 1, 2 en 5 weet hij niet in hoeverre het wordt toegepast, omdat hij hier niet bij betrokken is.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Ja, meestal wordt de wapening in 2D getekend. De intentie is om steeds vaker wapening in 3D te tekenen.

Hij werkt nu aan een onderdoorgang bij Hurdegaryp waarbij er 3D gewapend wordt. Hiervoor heeft hij voor een van de projecten bij de N23 gewerkt, daar was het idee om een kunstwerk door een externe partij 3D te laten wapenen. Bij gebrek aan capaciteit bij de externe partij is er uiteindelijk door Heijmans in een 2D wapeningstekening gemaakt.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 niet wordt toegepast?

In 2D wapenen is wat er normaal gesproken gedaan wordt. Hierdoor werk je sneller en handiger met 2D modellen dan met 3D modellen.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Als er 3D gewapend wordt levert dat de volgende voordelen op:

- Je weet precies waar welke wapening zit.
- Je ziet direct of de wapening past.
- Rare hoekjes in de wapening zijn direct zichtbaar.
- Buigstaten kunnen eenvoudig opgesteld worden en de staafvormen zijn direct duidelijk.
- Hij schat in dat er minder knipverlies is bij 3D wapenen dan bij 2D wapenen.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Tijdens het DO wordt de uitvoering betrokken, maar wordt de vlechter nog niet betrokken.

Bij de keuring van de wapeningstekeningen (na UO) worden de uitvoering en de vlechter beide betrokken.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 niet wordt toegepast?

Bij de vormtekening is nog geen wapening ingetekend, dus kan de vlechter er nog niet zoveel over zeggen. Hij ziet wel de toegevoegde waarde van de vlechter betrekken, omdat hij weet wat maakbaar is.

Ik vertel hem dat ik van Leo Molenbroek tijdens het interview begrepen heb dat er bij sommige grote projecten een ZZP'er ingehuurd wordt die deze kennis heeft.

Hij vertelt dat dit waarschijnlijk om Eric Rietveld gaat. Hij is bij de N23 niet betrokken, maar bij de A4 wel. Hierbij heeft hij wapeningstekeningen bekeken en beoordeeld voordat de vlechter dat deed.

c. Lost VM 4 het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Uitvoering betrekken: Ja.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Het principe van het processchema wordt gevolgd, maar in hoeverre specifieke onderdelen worden gevolgd weet hij niet.

Bijlage D - 9 Interview resultaten: René Spanjers (Teamleider Heijmans Infra Projecten – Civiele Betonbouw)

Datum interview: 26 april 2018

René Spanjers houdt zich bezig met de werkvoorbereiding en weet daarom met name wat er gebeurt bij VM 3, 4 en 5.

Algemene punten over het processchema:

- Nacalculatie wordt te weinig gedaan, omdat dit veel tijd (en dus geld) kost.
- Gegevens worden niet altijd even goed geregistreerd, waardoor het een zoekfeestje wordt. Vooraf bepalen wat er na afloop gecalculeerd dient te worden, is een must.
- Medewerkers weten niet wat er met hun data gedaan wordt, daardoor zien zij het belang hiervan niet of minder. Dit is ook deels te danken aan het feit dat medewerkers het processchema niet kennen. Het is beter als er expliciet bij de start van een project nadruk gelegd wordt op het gebruik van het schema en waarom het schema gebruikt dient te worden.
- Verder was het eigenlijk beter geweest als het processchema alleen voor bepaalde projecten toegepast moesten worden, nu is het voor sommige projecten niet handig en dat zorgt ervoor dat medewerkers het schema niet snel willen gebruiken. Een voorbeeld van een erg geschikt project voor het gebruik van het processchema is de N23, hier is het processchema dan ook goed gevolgd.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

De calculatie heeft de input van ontwerp (kg/m³ met bandbreedte) nodig ten behoeve van de prijsbepaling. Dit gebeurt volgens zijn inziens.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF 1 en 2 zijn opgelost, maar hij weet dit niet zeker, omdat hij zich hier niet mee bezighoudt tijdens zijn werk. IF 3 is niet opgelost door VM 1.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren worden opgelost? En zo ja. e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactoren op?

IF 3 wordt voorkomen door goed contact tussen werknemers. Er worden collegiale checks of reviews ingepland. Zij kunnen dan op een laagdrempelige manier aan andere werknemers vragen over hun expertise en ervaringen. Dit overbrugt het probleem dat een tenderteam geen ervaring heeft met een bepaald type kunstwerk. Zijn inschatting is dat als er binnen een projectteam alleen werknemers van Heijmans zitten, het ontwerp beter wordt opgesteld dan als er een externe partij bij betrokken is. Mede omdat het ontwerp team dan 'dichter bij het vuur' zit. Er kan sneller worden geschakeld. Tevens zijn de verwachtingen duidelijker aangezien er vaker met elkaar wordt gewerkt (bijvoorbeeld wat betreft het detailniveau en wat er op een tekening dient te staan).

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

René heeft hier geen zicht op. Hij weet wel dat de database niet frequent geüpdatet wordt.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Indien wapening complex is en/of er veel repetitie plaatsvindt, wordt de wapening in 3D opgesteld, maar over het algemeen wordt er de wapening in 2D opgesteld. Een voorbeeld van het toepassen van 3D is het maken van hoogspanningsmasten samen met Tennet. De wapeningsconfiguratie is voorafgaand aan inkoop wapeningsleverancier bepaald. Tevens wordt er een wapeningsleverancier gecontracteerd die kan werken met het programma Allplan, waarmee een 3D wapeningsontwerp gemaakt wordt.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 deels niet wordt toegepast?

Er is veel ervaring met het opstellen van wapening en er komen niet veel fouten voor bij de 'normale' wapening. Daarnaast geeft hij het volgende aan:

- Vlechtbedrijven en/of wapeningsleveranciers kunnen (nog) niet met 3D wapeningsgegevens werken. Bij bedrijven die er wel mee kunnen werken, wordt het mondjesmaat vaker toegepast;
- Het vraagt een grotere inspanning van onze ontwerpers (desalniettemin kost het een minder grote inspanning voor de werkvoorbereiding en leveranciers).

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor deels op?

René weet niet of er minder fouten gemaakt worden door het opstellen van 3D wapening. Wel ziet hij andere voordelen van 3D wapenen:

- Er is veel controle;
- Kosten kunnen vanuit het 3D ontwerp gemakkelijk ingeschat worden;
- Voor vlechtbedrijven is het erg handig als er een 3D model bestaat;
- Het proces kan beter gevolgd worden;
- Voor de werkvoorbereiding is het een kleinere inspanning, in relatie tot het controleren, vrijgeven van producties;
- Clashdetecties zijn inzichtelijker;
- De maakbaarheid is inzichtelijker.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor worden opgelost? e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven in de invloedsfactor op?

Ja, zie b. Er is veel ervaring bij het opstellen van de wapening.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Uitvoering betrekken: Ja, de uitvoering wordt steeds meer en steeds eerder in het ontwerpproces betrokken. Vroeger werd de uitvoering in het UO betrokken, tegenwoordig over het algemeen in de VO, DO en UO (en vaak ook al in de tender). Daarnaast worden bij sommige projecten wapeningsspecialisten vanuit Heijmans al vroeg in het proces betrokken, dit gebeurt alleen als het vlechtbedrijf nog niet is ingekocht.

Vlechter betrekken: Het inkooptraject vlechtwerk start na de DO (vroeger startte het inkooptraject na de UO). Dan wordt de vlechter betrokken bij het wapeningsontwerp.

c. Lost VM 4 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Het kan nog beter. De uitvoering wordt al eerder betrokken, maar het zou nog beter zijn als de uitvoerders altijd al in de tender worden betrokken. De uitvoering gaat het immers uiteindelijk bouwen en kan het beste inschatten of een ontwerp maakbaar is.

Wat betreft betrekken van de vlechtwerkers gaat het prima zoals het nu gaat. Het heeft geen zin om ze eerder te betrekken.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Vastleggen van hoeveelheden: Op dit moment geldt het volgende over de vastlegging van hoeveelheden:

- In het AO wordt een inschatting gemaakt over de hoeveelheid wapening in kg/m³ en dit wordt vastgelegd;
- In de DO wordt de hoeveelheid wapening in kg/m³ vastgelegd;
- In het UO wordt de wapeningsconfiguratie vastgesteld;
- In het UO worden de merktekeningen en buigstaten opgesteld;
- Als de buigstaat definitief is, wordt de hoeveelheid wapening in tonnen per onderdeel vastgelegd;
- Om na te calculeren, dient het aantal m³ per onderdeel te worden gekoppeld aan het gewicht van de wapening om zo de kg/m³ te kunnen bepalen.

Go/No Go: Ja, het Go/No Go formulier wordt gevolgd. Hier was altijd al wel aandacht voor binnen Heijmans, maar met name het afgelopen jaar is hier bij de hele organisatie aandacht voor.

OCAP:

- Een ander onderdeel van VM 5 is de OCAP. Dit vindt wel plaats:
- De stap "Vaststellen hoeveelheid wapening conform DO-ontwerp per object" gebeurt.
- De stap "Input Uniform hoeveelheden overzicht" gebeurt bij sommige projecten (bij N23 wel). Bij sommige projecten wordt er een verschillennotitie opgesteld. Dit houdt in dat de projectkoepel geld reserveert voor risico's die de werkmaatschappijen die onder de projectkoepel vallen. Een van de risico's van een werkmaatschappij is de overschrijding van de hoeveelheid wapening. Indien er ten opzichte van het AO meer wapening nodig is, moet dit teruggekoppeld worden naar de projectkoepel en moet dit vervolgens door de projectkoepel betaald worden vanuit het risicobudget. Deze laatste stappen zijn onderdeel van OCAP ("Vergelijk met hoeveelheid wapening conform AO" en "Stel de procentuele afwijking per object vast").
- Ook de stap "Verklaar afwijking m.b.v. Uniform hoeveelheden overzicht" wordt uitgevoerd.
- De rest van de stappen uit het OCAP weet hij niet van of die uitgevoerd worden, dat valt namelijk niet onder de uitvoering, maar meer onder de ontwerptak.

b. Waarom verwacht je dat VM 5 niet wordt toegepast?

De noodzaak om het Uniform hoeveelheden overzicht te gebruiken is verkleind ten opzichte van vroeger. Vroeger kwam er uit het buigstatenoverzicht een bedrijfsleiderbon. Deze werd overgedragen aan de projectleider, die het weer overdroeg aan de onderaannemer. Voor deze stappen had men het Uniform hoeveelheden overzicht nodig. De bedrijfsleiderbon wordt tegenwoordig opgesteld vanuit SAP (het huidige betalingssysteem binnen Heijmans) en is het Uniform hoeveelheden overzicht hier niet meer voor nodig.

Daarnaast gebeurt het vastleggen van hoeveelheden niet altijd even goed. Dit ligt aan het volgende:

- Of Heijmans alleen verantwoordelijk is of samen met een andere partij
- Of het project zich ervoor leent

Over het algemeen geldt dat er indien er met een andere partij samengewerkt wordt, de processen die binnen Heijmans normaal gesproken gevolgd worden, op een andere manier of niet gevolgd worden. Dit geldt ook voor VM 5. Een voorbeeld van een combinatiewerk met twee andere partijen is het project A1-A27. Hoewel er tijdens dit project geen gebruik is gemaakt van VM 5, heeft het projectteam de wapeningsoverschrijding wel geanalyseerd.

Sommige projecten zijn geschikter om het processchema bij te volgen. Een voorbeeld van een erg geschikt project is de N23. Heijmans ontwerpt ook veel hoogspanningsmasten, bij dat soort werken leent het processchema zich minder goed. Het proces is daarbij heel anders ingericht, bij deze hoogspanningsmasten wordt er namelijk heel veel in 3D gewapend.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

René weet niet of er minder ontwerpwijzigingen zich voordoen. Hij weet ook niet of tegenwoordig de hoeveelheid wapening in kg/m³ beter ingeschat wordt. Hij verwacht van wel, mits het geëvalueerd wordt en de redenen van fouten vastgelegd worden.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor worden opgelost? En zo nee: f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor opgelost kunnen worden?

Zie het antwoord bij vraag b.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Het schema geeft weer hoe het proces zou moeten verlopen. Echter is de bekendheid van het schema klein bij medewerkers van Heijmans. Heel veel onderdelen vanuit het schema worden uitgevoerd, maar zullen niet exact op de manier verlopen zoals in het schema is aangegeven. Bij sommige projecten is dit te danken aan het feit dat het schema speciaal voor een project wordt aangepast.

Bijlage D - 10 Interview resultaten: Martijn Ilbrink (Projectcoördinator)

Datum interview: 3 mei 2018

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Voordat het processchema was opgesteld, heeft hij aan tenders meegewerkt. Hij vertelt dat het contact tussen constructeur en calculator destijds niet goed verliep. Voor zijn gevoel is er nu meer contact tussen constructeur en calculator, maar hij is zelf niet meer zoveel betrokken bij tenders, dus zeker weten doet hij het niet.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF 1: Weet hij niet.

IF 2: Hij weet hier niet veel van, maar hij denkt van wel. Als de constructeur en calculator op dezelfde lijn liggen, helpt dat om betrouwbaardere hoeveelheden wapening te verkrijgen.

IF 3: Weet hij niet.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Het is inzichtelijk hoeveel wapening er bij een project gebruikt wordt, maar er wordt geen uitgebreide vergelijking gemaakt met de tenderhoeveelheden. Er wordt nooit een volledige nacalculatie uitgevoerd, dat wil zeggen dat er nooit wordt gekeken naar de reden waarom er verschillen in hoeveelheid wapening ontstaan.

b. Waarom verwacht je dat VM 2 niet wordt toegepast?

Martijn noemt 3 redenen hiervoor. Ten eerste zolang het kunstwerk binnen budget gebleven is, is er geen belang om nacalculatiegegevens te verwerken. Ten tweede is er weinig tijd na afloop van het project, er ligt namelijk al weer een nieuw project klaar om aan te gaan werken. Hij vindt dat we te snel doorgaan naar een volgend project. Ten derde is nacalculatie minder leuk werk, waardoor mensen hier minder prioriteit aan geven.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) worden opgelost?

Nee. Hij ervaart bij de projecten die hij gedaan heeft dat IF 4 nog steeds bestaat.

f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende Invloedsfactoren (deels) opgelost kunnen worden?

Er moet meer tijd en energie gestoken worden in nacalculatie. Er vindt nu al wel een overdracht tussen het tenderteam en het team dat verder gaat met het VO, DO en UO, maar alleen de hoofdlijnen worden geëvalueerd. Wat er op dit moment ook nog mist in de nacalculatie is het bekijken van de verloren kilogrammen wapening: hieronder valt wapening die wel ontworpen en ingekocht is, maar wat uiteindelijk niet gebruikt is bij de bouw. Aan het einde van een project wordt er vaak veel wapening weggegooid. We weten op dit moment niet hoe veel en hoe vaak dit gebeurt en als het gebeurt, wat de reden ervoor is.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Deels. Bij complexe wapening wordt er vaak in 3D ontworpen, maar bij eenvoudige wapening wordt dit in 2D ontworpen.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 niet wordt toegepast?

Bij eenvoudige wapening is het uittekenen van de wapening niet moeilijk om uit te voeren, dan heeft het geen toegevoegde waarde om in 3D de wapening uit te tekenen. Daarnaast heeft het bij complexere wapening ook niet altijd even veel toegevoegde waarde. Ten eerste kost het veel tijd om de wapening

in 3D te tekenen. Ten tweede beperk je jezelf in het aantal wapeningsleveranciers waar je mee kunt werken. De meeste wapeningsleveranciers trekken de wapening namelijk nog in 2D uit.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Nee, de IF bestaat nog steeds. Hij ziet zeker voordelen in van 3D wapenen. Hij vindt dat het helpt om IF 5 op te lossen. Hij ziet wel een risico bij 3D wapenen: Er bestaat een kans dat bij 3D wapening geen extra controle op het wapeningsontwerp plaatsvindt door de wapeningsleverancier. Als in 2D gewapend wordt, moet de wapeningsleverancier zelf de tekening nalezen om te controleren of het maakbaar is en of het klopt. Bij 3D gaat het vanaf ontwerp rechtstreeks naar de buigcentrale en wordt maakbaarheid wellicht niet gecontroleerd.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost?

Nee, want de IF bestaat nog steeds doordat er over het algemeen 2D gewapend wordt.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Uitvoering betrekken: Dit gebeurt en gaat goed. Zeker bij de projecten waar hij aan heeft gewerkt, omdat het daarbij om een klein team ging.

Vlechter betrekken: Dit gebeurt niet erg veel en gebeurt bij kleine projecten zeker niet voor de start van het inkooptraject vlechtwerk, maar pas als het UO af is.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 niet wordt toegepast?

Actief betrekken van de vlechter: De vlechter verdient meer als er meer kilogram wapening geproduceerd moet worden. Hij neemt aan dat de vlechter daarom geen belang bij het helpen van een aannemer om deze hoeveelheid wapening zo veel mogelijk te reduceren. Hij geeft ook aan dat dit niet bij alle vlechters het geval is. Wat betreft het betrekken van de vlechter vóór het inkooptraject, geeft hij het volgende aan. Hij heeft ervaren dat het betrekken van de vlechter vóór het inkooptraject zinloos is. De vlechters waarmee hij samengewerkt heeft, waren met name erop uit om geld te verdienen. Als hij er nog niet zeker van is dat Heijmans met hem in zee gaat, wil hij ook niet meehelpen in het denkproces. "Ze voeren geen vrijwilligerswerk uit." Desondanks geeft hij ook aan dat hij om zich heen wel positievere verhalen hoort over het samenwerken met de vlechter en dat het dus wel mogelijk is.

c. Lost VM 4 het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Actief betrekken van de uitvoering: Ja, maar nog steeds gaan hier wel dingen mis. De uitvoering heeft niet alle kennis over vlechtwerk, waardoor er bij het keuren van de wapeningstekeningen nog steeds fouten gemaakt worden.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? Zo nee: f. Hoe verwacht je dat het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) opgelost kan worden?

Het lijkt hem een goed idee om een iemand in dienst te nemen bij Heijmans die ervaring heeft met vlechtwerk of het opstellen van buigstaten. Hij kan de wapeningstekeningen controleren op een manier zoals de wapeningsleverancier dat ook doet. Daarnaast kan hij helpen in de uitvoering bij problemen die ontstaan met de wapening.

Ik vertel hem dat ik van Leo Molenbroek tijdens het interview begrepen heb dat er bij sommige grote projecten een ZZP'er ingehuurd wordt die deze kennis heeft. Hij schrijft dit op en vertelt hierbij dat dat goede inspiratie is voor de kleinere projecten.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Het overzichtelijk vastleggen van gegevens: Gegevens over hoeveelheden wapening die in de tender ingeschat zijn en die uiteindelijk gebruikt zijn bestaan, maar het vergelijken met de eerdere bouwfasen en de tenderhoeveelheden gebeurt niet.

Go/No Go formulier: Of het formulier wordt gevolgd weet hij niet, maar het principe wordt wel gevolgd.

OCAP: Nee.

b. Waarom verwacht je dat VM 5 niet wordt toegepast?

Overzichtelijk vastleggen van gegevens:

Er is geen belang bij vanuit de uitvoering. Je kunt na afloop niks met gegevens waaruit blijkt dat er een verschil bestaat tussen het AO en UO, maar om elke stap (AO, VO, DO, UO, AB) de gegevens vast te leggen wordt geen prioriteit aan gegeven.

Bij grote projecten wordt het Beton- en Wapeningsoverzicht gebruikt om gegevens overzichtelijk vast te leggen. Martijn kent dit overzicht niet en gebruikt het dus ook niet. Ik laat tijdens het interview dit overzicht aan hem zien. Tijdens het interview zoekt hij het Beton- en Wapeningsoverzicht op de team site en vindt het overzicht, waarbij aangegeven wordt dat er geadviseerd wordt dat de uitvoering het Beton- en Wapeningsoverzicht gebruikt. Dit geeft volgens hem aan dat er anderen zijn die het overzicht wel in hun werk gebruiken, maar dat het blijkbaar nog niet algemeen bekend is.

OCAP:

De OCAP-stap kan alleen uitgevoerd worden als er data beschikbaar is. Het overzichtelijk vastleggen van gegevens gebeurt niet volledig, dus kan deze stap niet uitgevoerd worden. Daarnaast doet deze stap vermoeden dat je wapening kunt besparen. Dit is altijd het doel van een ontwerp, dus het zou niet mogelijk moeten zijn dat er nog meer wapening bespaard kan worden.

In het begin vinden er veel ontwerpwijzigingen plaats, maar hoe verder het ontwerp gevorderd is, hoe minder ontwerpwijzigingen plaats vinden. Je bent vaak al te ver in het ontwerpproces om je ontwerp te veranderen. Een ontwerpwijziging zorgt er dan voor dat er onderdelen die in het huidige ontwerp al uitgevoerd zijn nogmaals uitgevoerd moeten worden, dit kost extra tijd en geld. Het begrip Stick to the plan is in zijn ogen erg belangrijk gedurende de uitvoering.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Go/No Go formulier: Ja. Als er mogelijk een ontwerpwijziging plaats moet vinden, wordt er eerst gekeken of het wel nut heeft.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo nee: f. Hoe verwacht je dat de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) opgelost kunnen worden?

Overzichtelijk vastleggen van gegevens:

Het invoeren van een overzicht met gegevens van een kunstwerk ziet hij het nut wel van in. Hij denkt dat er eerst via een pilot geprobeerd moet worden of er een verschil is tussen AO, VO, DO, UO en AB. Als er een significant verschil is, is het nuttig om dit in de projecten die volgen ook te doen. Na het Beton- en Wapeningsoverzicht gezien te hebben geeft hij aan dat het hem een praktisch overzicht lijkt.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Het processchema lijkt erg gericht op het ontwerp, waardoor de invloed van de realisatiefase beperkt lijkt. Voor zijn gevoel valt er in deze fase wel nog meer uit te halen dan er op dit moment gedaan wordt. Zoals eerder al genoemd bij vraag 2.F vindt hij dat er meer controle moet komen op restwapening: waar komt dit vandaan en hoe kan dit overblijven?

Daarnaast vindt hij dat er meer controle op het verschil tussen de buigstaten en de tekening moet komen door een specialist, een werkvoorbereider heeft hier niet voldoende kennis van om echt een verschil te maken.

Bijlage D - 11 Interview resultaten: Jack Geerlings (Projectleider)

Datum interview: 24 mei 2018

N23

Jack Geerlings is op dit moment projectleider van Civiel aan de westzijde van de N23. Aan het begin van het interview legt hij een aantal zaken uit over de N23.

Het project de N23 Westfriisiaweg is opgedeeld in tracédeel west en oost met bijbehorende uitvoeringsteams. Projectteam west werkt vanuit de keet die is gesitueerd in Obdam en keet oost is gesitueerd in Hoogkarspel. Tussen beide is er nog een centrale keet gebouwd voor overkoepelende afdelingen en wordt door de uitvoeringsteams gebruikt om het contact tussen team west en oost te vergemakkelijken, deze is gesitueerd in Zwaag. In west en oost zijn verschillende teams verantwoordelijk voor de bouw van de kunstwerken. Echter is het wel een overkoepelende organisatie en is er minstens een keer per week contact over de gang van zaken.

Project N23 Westfriisiaweg is een Best Value Procurement project. Tijdens de tender is hierbij alleen een aanbestedingsontwerp op basis van het basisontwerp opgesteld, er zijn hoeveelheden materiaal afgeprijsd in een hoeveelheden staat en er is een tenderbegroting opgesteld. Toen het project aan Heijmans gegund werd, is in overleg met de opdrachtgever het ontwerp geoptimaliseerd. Tijdens deze optimalisatiefase zijn het VO, het DO en een bouwsom opgesteld. Pas als de bouwsom goedgekeurd is door de opdrachtgever, mag de opdrachtnemer starten met de bouw van het project. Deze optimalisatie heeft van maart 2014 tot en met april 2015 geduurd. Het komt er dus op neer dat er twee keer een begroting opgesteld wordt: bij de tender en na het DO. Met beide moet de opdrachtgever akkoord gaan voordat er verder gegaan wordt.

Heijmans heeft bij de bouw van de N23 heeft een contractuele discussie gehad met de opdrachtgever. In eerste instantie moest het project in 2017 gereed zijn. Door de lopende discussie heeft het project een halfjaar stilgelegen en is er vervolgens afgesproken dat het project eind 2018 gereed moet zijn. De westzijde is wat betreft het betonwerk al bijna klaar, de oostzijde moet in december 2018 opgeleverd worden.

a. Wordt VM 1 op dit moment toegepast?

Jack Geerlings is niet bij de tender betrokken geweest. Wel weet hij dat in de optimalisatiefase (tijdens het VO en DO) de uitvoering- en calculatieafdeling veel samengewerkt met de ontwerpafdeling. Zo hebben ze drie keer de wapeningshoeveelheden van diverse onderdelen geoptimaliseerd voordat de bouwsom opgesteld is.

c. Lost VM 1 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactoren (deels) op?

IF 2: Tijdens de optimalisatiefase van de N23 is het AO-advies volledig opgegeven. Welke invloed verbetermaatregel 1 hierop had, weet hij niet.

IF 3: Bij de N23 was een heel groot team aan het werk, waar veel contact tussen werknemers was. Dit helpt als er ervaring mist bij werknemers.

a. Wordt VM 2 op dit moment toegepast?

Ja, hij heeft bij Reza Rasooli, die verantwoordelijk is voor de databases waarin ervaringsgetallen in vast worden gelegd, de hoeveelheden wapening voor het DO aangeleverd voor de N201. Wat hier verder mee gebeurt, weet hij niet.

Hij geeft wel aan dat dit niet ingevoerd is na het Lean6Sigma onderzoek, het bestond namelijk 8 jaar geleden ook al.

a. Wordt VM 3 op dit moment toegepast?

Bij de N23 is het VO en het DO in 3D opgesteld. Uit deze ontwerpen konden de betonhoeveelheden gemakkelijk bepaald worden. Bij het UO is ervoor gekozen om toch een 2D ontwerp op te stellen, omdat het minder tijd kost en het goedkoper is. In het contract met de wapeningsleverancier Van Noordenne stond dat er in ieder geval een pilot gedraaid moest worden met 3D ontwerpen, zodat zij de wapening ook in 3D op konden stellen. Uiteindelijk is er maar een kunstwerk in 3D gewapend (KW06B), bij een ander kunstwerk was het ook de bedoeling geweest, maar door de stillegging van het project was dit niet meer haalbaar (het ging hier om KW05F).

Bij KW06B is het 3D wapenen erg moeizaam verlopen, het kostte namelijk veel tijd, omdat Van Noordenne nog niet ervaren was in het maken van wapening in 3D. Daarnaast was het UO in 2D opgesteld, wat ook voor extra tijd heeft gezorgd, omdat er een 3D UO opgesteld moest worden. Met name het nummeren (voorzien van merken) en het juist zetten van de maatvoering vroeg veel tijd van de ontwerper.

b. Waarom verwacht je dat VM 3 niet wordt toegepast?

Bij simpele werken is het niet nodig om wapening in 3D op te stellen, er worden dan weinig fouten gemaakt door de uitvoering en de wapeningsleverancier. Bij de N23 zaten veel verschillende kunstwerken, maar deze waren technisch niet erg complex, dus is het niet nodig bevonden om alle kunstwerken in 3D te ontwerpen.

c. Lost VM 3 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Als het om een complex werk gaat, is het wel nuttig om in 3D te wapenen, omdat er dan sneller fouten gemaakt worden door de uitvoering en de wapeningsleverancier. Het helpt dan dus om IF 5 op te lossen.

a. Wordt VM 4 op dit moment toegepast?

Uitvoering: Ja, wordt hierbij betrokken.

Wapeningsleverancier: Niet voor de start van het inkooptraject vlechtwerk. Eventueel wordt er contract gezocht met een betonstaalvlechter waar eerder mee is samengewerkt om zijn kennis te raadplegen. Bij de N23 waren er twee hoofduitvoerders met 15 jaar ervaring, dus zij weten veel over wapening en kunnen daarom de wapeningsschetsen en wapeningsontwerpen goed beoordelen. Ze beoordelen op hoe optimaal het ontwerp is en hoe praktisch het ontwerp is.

b. Waarom verwacht je dat VM 4 niet wordt toegepast?

Wapeningsleverancier: Er is geen belang van de wapeningsleverancier om te helpen, als ze niet weten dat ze mee zullen werken.

c. Lost VM 4 het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Het opstellen van de wapening is goed verlopen bij de N23.

Wapeningsleverancier:

De wapeningsleverancier heeft toen het inkooptraject afgerond was meegekeken bij de wapening. Ze geven dan aan waar verbeterpunten te vinden zijn aan de uitvoering. De uitvoering geeft dit vervolgens door aan de ontwerper. Er is weinig input gekomen vanuit de wapeningsleverancier, Jack geeft aan dat dit komt omdat de wapening door de uitvoering al vrij goed opgesteld was en er daardoor weinig commentaar over was. Anderen hebben in het project wel aangegeven dat ze de input (te) weinig vonden.

d. Zijn er andere onderdelen die ervoor zorgen dat het probleem zoals beschreven is in de bijbehorende invloedsfactor (deels) worden opgelost? En zo ja: e. Hoe lost dit onderdeel het probleem zoals beschreven is in de invloedsfactor op?

Zie vraag a en vraag c.

a. Wordt VM 5 op dit moment toegepast?

Go/No Go:

Ja

Vastleggen van hoeveelheden:

Ja, in het Beton- en Wapeningsoverzicht. Dit overzicht wordt door Heijmans Infra bij elk project gebruikt. *Ik geef aan dat ik met Martijn Ilbrink gesproken heb, die het document niet gebruikte.* Hij geeft aan dat hij daar erg verbaasd over is en dat het een groot gemis is dat hij het Beton- en Wapeningsoverzicht niet gebruikt. Het moet en het zou goed zijn als elk project dit document gebruikt voor het vastleggen van hoeveelheden. Bij de N23 is het enorm van belang dat er data opgeschreven wordt, omdat het heel veel data is en je het overzicht gemakkelijk verliest.

Aan het eind van het project wordt het Beton- en Wapeningsoverzicht gebruikt om de contractueel vastgelegde afspraken met de wapeningsleverancier bij te houden. Dan kan er aan het eind van het project bijvoorbeeld gekeken worden naar de gemiddelde diameter en het percentage hulpwapening die gebruikt is in het project. Ook kun je bijhouden wat je betaalt aan wapening en beton, wat er al aan wapening en beton betaald is en wat er nog aan wapening en beton betaald moet worden.

c. Lost VM 5 de problemen zoals beschreven zijn in de bijbehorende invloedsfactor (deels) op?

Go/No Go:

Het is goed om te doen. Middels het proces wat eraan vooraf gaat los je IF 7 op, je wordt namelijk gedwongen om een afweging te maken wat betreft een ontwerpwijziging. Dit is het 'TOM', dat is een bijlage van het Go/No Go en hierin worden afwegingen gemaakt. Hij geeft hierbij wel aan dat het met name om 'Wat gaan we bouwen?' en 'Hoe gaan we het faseren' gaat. Zeker bij een groot project als de N23 is het erg lastig om de faseringen in te schatten, met name omdat de weg open voor verkeer moet blijven.

Vastleggen van hoeveelheden:

Niet per se. Er kan wel een terugkoppeling aan de ontwerpafdeling gegeven worden door het overzichtelijk vastleggen. Of dit ook gebeurt is een tweede, daar twijfelt hij aan. Het zou wel helpen, want dan kan Ontwerp bepalen waardoor de verschillen zijn ontstaan en hoe de verschillen bij een volgend project voorkomen kunnen worden.

g. Zijn er andere onderdelen van het processchema die op dit moment niet worden toegepast?

Hij vindt het schema erg herkenbaar voor het huidige proces, maar hij vraagt zich wel af of de halfjaarlijkse evaluatie plaatsvindt en of er data terug wordt gekoppeld aan de calculatie- en ontwerpafdeling.

Bijlage E Data-analyse dekken

Tabel E-1: Hoeveelheid wapening in dekken van de geanalyseerde kunstwerken per fase (afgerond op 2 decimalen)

Nr.	Naam kunstwerk	AO: Wapening [ton] Uit AO-begroting	DO: Wapening [ton] Uit DO-begroting	UO: Wapening [ton] Uit buigstaten
1	KW05A	33,80	33,20	17,58
2	KW05B	28,40	65,40	22,11
3	KW05F	43,90	42,90	27,31
4	KW05H	27,40	48,70	22,47
5	KW05I	28,40	54,10	20,62
6	KW22	33,20	38,30	36,04
7	K11	-	22,30	29,35
8	K20	-	42,30	30,98
9	KW05C	30,31	36,20	30,70
10	KW05E	8,60	6,75	9,00
11	KW05G	-	6,75	9,00
12	KW07	86,17	83,00	73,54
13	KW08	51,40	66,00	61,40
14	KW09	39,20	48,00	44,40
15	KW11	29,00	35,60	32,50
16	KW12	64,92	56,63	48,56
17	KW13	34,30	41,00	39,74
18	KW14	61,29	50,35	49,67
19	KW16	39,06	34,60	29,91
20	KW18	42,90	50,60	48,35
21	KW19	37,34	23,60	21,21

Tabel E-2: Bandbreedte en gewogen rekenkundig gemiddelde per analysevorm (afgerond op gehele getallen)

Analyse	Δ AO-UO	Δ DO-UO
Alle dekken	Bandbreedte: -48% ↔ +19% Gew. rek. gem.: -7%	Bandbreedte: -66% ↔ +33% Gew. rek. gem.: -13%
Type kunstwerk		
<i>Brug</i>	Bandbreedte: +1% ↔ +5% Gew. rek. gem.: +2%	Bandbreedte: -15% ↔ +33% Gew. rek. gem.: +3%
<i>Onderdoorgang</i>	Bandbreedte: -48% ↔ +9% Gew. rek. gem.: -20%	Bandbreedte: -66% ↔ -6% Gew. rek. gem.: -41%
<i>Viaduct</i>	Bandbreedte: -43% ↔ +19% Gew. rek. gem.: -3%	Bandbreedte: -14% ↔ -1% Gew. rek. gem.: -8%
<i>Overkluizing</i>	Geen data bekend.	Bandbreedte: -27% ↔ +32% Gew. rek. gem.: +2%
<i>Brug + Viaduct</i>	Bandbreedte: -43% ↔ +19% Gew. rek. gem.: -3%	Bandbreedte: -15% ↔ +33% Gew. rek. gem.: -7%
Type gebruiker		
<i>Voetgangers + Fietsverkeer</i>	Bandbreedte: +1% ↔ +5% Gew. rek. gem.: +2%	Bandbreedte: -27% ↔ +33% Gew. rek. gem.: -9%
<i>Autoverkeer</i>	Bandbreedte: -48% ↔ +19% Gew. rek. gem.: -10%	Bandbreedte: -66% ↔ +32% Gew. rek. gem.: -14%
Type dek		
<i>In situ</i>	Bandbreedte: -48% ↔ +9% Gew. rek. gem.: -21%	Bandbreedte: -66% ↔ +32% Gew. rek. gem.: -28%
<i>Druklaag</i>	Bandbreedte: -43% ↔ +19% Gew. rek. gem.: -3%	Bandbreedte: -15% ↔ +33% Gew. rek. gem.: -7%

Bijlage F Data-analyse U-bakken

Tabel F-1: Hoeveelheid wapening in U-bakken van de geanalyseerde kunstwerken per fase (afgerond op 2 decimalen)

Nr.	Naam kunstwerk	AO: Wapening [ton] Uit AO-begroting	DO: Wapening [ton] Uit DO-begroting	UO: Wapening [ton] Uit buigstaten
1	KW05A	98,80	69,20	61,14
2	KW05B	105,80	109,40	104,28
3	KW05F	155,50	148,70	129,00
4	KW05H	103,20	96,40	89,70
5	KW05I	101,00	109,30	88,59
6	KW22	109,60	84,70	94,73

Tabel F-2: Bandbreedte en gewogen rekenkundig gemiddelde per analysevorm (afgerond op gehele getallen)

Analyse	Δ AO-UO	Δ DO-UO
Alle U-bakken	Bandbreedte: -38% ↔ -1% Gew. rek. gem.: -14%	Bandbreedte: -19% ↔ +12% Gew. rek. gem.: -7%
Onderdeel van U-bak		
<i>Wand</i>	Bandbreedte: -57% ↔ +3% Gew. rek. gem.: -17%	Bandbreedte: -56% ↔ +11% Gew. rek. gem.: -17%
<i>Vloer</i>	Bandbreedte: -43% ↔ +6% Gew. rek. gem.: -8%	Bandbreedte: -23% ↔ +20% Gew. rek. gem.: -1%
Locatie in U-bak		
<i>Open deel</i>	Bandbreedte: -57% ↔ +6% Gew. rek. gem.: -10%	Bandbreedte: -52% ↔ +9% Gew. rek. gem.: -5%
<i>Gesloten deel</i>	Bandbreedte: -52% ↔ +9% Gew. rek. gem.: -16%	Bandbreedte: -23% ↔ +27% Gew. rek. gem.: -7%