

# *Improving cost estimating and cost monitoring by the contractor during the design stage in Design & Build contracts*

**A CASE STUDY RESEARCH**

M.W.R. (Marnix) van der Donk



---

MASTER THESIS

*MSc Construction, Management & Engineering*

---

# *Improving cost estimating and cost monitoring by the contractor during the design stage in Design & Build contracts*

**A CASE STUDY RESEARCH**

by

M.W.R. (Marnix) van der Donk

*This thesis is written in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science (MSc) for the master program Construction, Management and Engineering (CME) at the Faculty of Civil Engineering & Geosciences at Delft University of Technology.*

## **Graduation Committee**

Chairman	Prof. Dr. H.L.M. (Hans) Bakker
1 <sup>st</sup> Supervisor	Ir. G. (Guus) Keusters
2 <sup>nd</sup> Supervisor	Dr. Ir. L.H.M.J. (Louis) Lousberg
External Supervisor	P. (Paul) Bleijenberg
External Co-supervisor	Ir. P. (Pim) van Veen



## Preface

This thesis marks the end of my master thesis of the master Construction Management & Engineering at the faculty of Civil Engineering & Geosciences.

I would like to sincerely thank my graduation committee from the TU Delft for their guidance throughout the process conducting my master thesis. Firstly, I would like to show my gratitude to Hans Bakker, the chairman of my committee. Throughout the process it was challenging to keep focus on the scope of my research. Fortunately, Hans always brought me back on track. I also highly appreciate the many hours Hans spent on correcting every detail of my report. Secondly, I am very grateful for the assistance of Guus Keusters, my first supervisor as well as manager of the design department at Dura Vermeer. Guus carefully directed me by assessing my work from both an academic and a business point of view. Moreover, I am grateful for all his advice with regards to doing academic research, based on his experience writing his PhD. Thirdly, I would like to thank Louis Lousberg for his support as my second supervisor. Louis carefully directed me on how to conduct a meaningful academic case study. I always gained renewed positive energy from my conversations with Louis because of his ability to energize.

I have had the opportunity to execute my graduation thesis in collaboration with Dura Vermeer Infrastructuur Landelijke Projecten (DVILP). I would like to thank Dura Vermeer and its numerous employees who helped me gain knowledge through all the interesting and enjoyable conversations with them. Furthermore, I highly enjoyed the on-site project visitations which made this research more tangible. Unfortunately, the COVID-19 measures disabled me to perform all my interviews face-to-face and working from the office in Hoofddorp was not option anymore.

I would like to especially thank Paul Bleijenberg, Guus Keusters and Pim van Veen for their extensive time and effort. Paul has always been available for discussions and advice from the moment I walked into the office of Dura Vermeer. One of the key factors for successfully bringing this research to an end, was Paul's ability to help me visualize the actual problem and solution of my research from a practical point. Furthermore, I'm grateful for Paul's willingness to always connect me key actors within Dura Vermeer. Lastly, I would like to thank Pim van Veen for his enthusiasm and his weekly guidance during this thesis. Especially in the period of writing my case study reports, Pim considerably supported me in obtaining structure in the chaos of the quantitative data.

Last but not least, I wish to thank all the people that supported me during this graduation process and my study career. I am privileged to have been able to pursue my study goals whilst also having had the possibility to obtain both meaningful and enjoyable experiences besides my study. I am grateful for the support of my parents throughout my study. Furthermore, I would like to thank my girlfriend Claire for the support on improving my report in a goal-oriented and structured way.

Enjoy reading!



# Executive Summary

Many construction projects experience cost overruns (Flyvbjerg & Holm, 2002). A cost overrun is the difference between the estimated cost and the final costs of a project. Construction projects are executed through (contractual) collaboration between a client and a contractor. In Design & Build procured projects, the contractor is responsible for both designing and constructing the project (De Ridder, 2009). During the tender phase, the contractor creates a very schematic design and a corresponding cost estimate (De Ridder, 2009), based on functional requirements formulated by the client (see figure a). Only after the contractor is awarded the contract, the contractor elaborates the schematic design into a detail design, based on the contract price. Thus, even though this detail design yet has to be created, the budget for the project is already fixed. To stay within the budget and also create a design that is constructible to execute on-site, the contractor therefore needs to ensure proper interoperability and cooperation between its different internal actors.

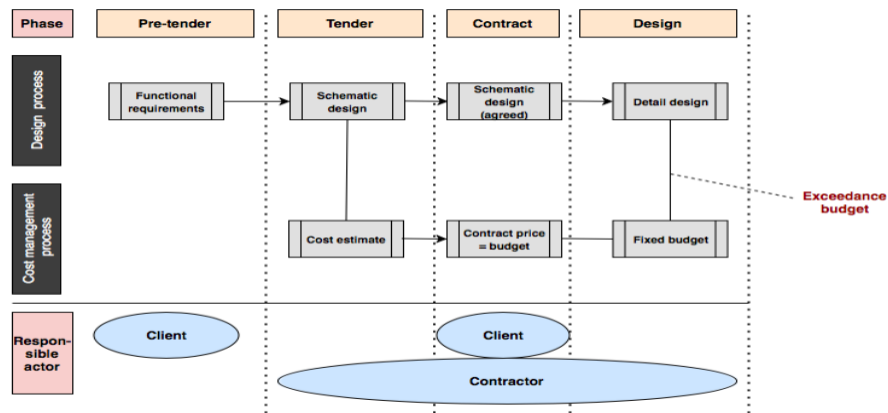


Figure a: Interaction between design and cost management process in Design & Build procured projects

However, it is often difficult for the contractor to keep track of the current cost position relative to the cost baseline (budget) during the design stage because of inadequate interaction between designers and actors with practical on-site expertise. In this design-cost interaction, cost is not the decisive measure for the design but merely the output (Ballard, 2006). This often leads to exceedances of the budget, detected at a later point in the design stage (Kim & Park, 2016)

The goal of this research was to improve cost estimation and cost monitoring of the contractor during the design stage in Design & Build procured projects to enable the contractor to keep track of the current cost position of the design, relative to the cost baseline (budget). To pursue this goal the following research question was formulated and needs to be answered:

*How can the design and cost estimation processes of the contractor in Design & Build procured projects be organized from contract award until start construction to provide accurate cost estimates of the design to be able to keep track of the cost status relative to the fixed contract price?*

Firstly, a literature study provided the following insight into the structure of both the design and cost management processes (cost management covers cost estimation and cost monitoring) of the contractor and their dependencies in Design & Build procured projects (visualized in figure b):

Within the tender both the design and the cost estimation converge into a tender design with a corresponding price estimate in a dynamic way (orange line). After contract award, the design is further elaborated upon through a dynamic and iterative process (blue line) while the budget (similar to contracted price) to build the design 'outside' is fixed (red line). Potential differences between the fixed budget and the cost estimate of the developing design occur at different timepoints in the design stage. These potential cost differences decrease when through time as uncertainty of the cost for the design decreases. After the detail design is created the working budget is revised, based on a far more accurate estimate of the cost of the detail design.

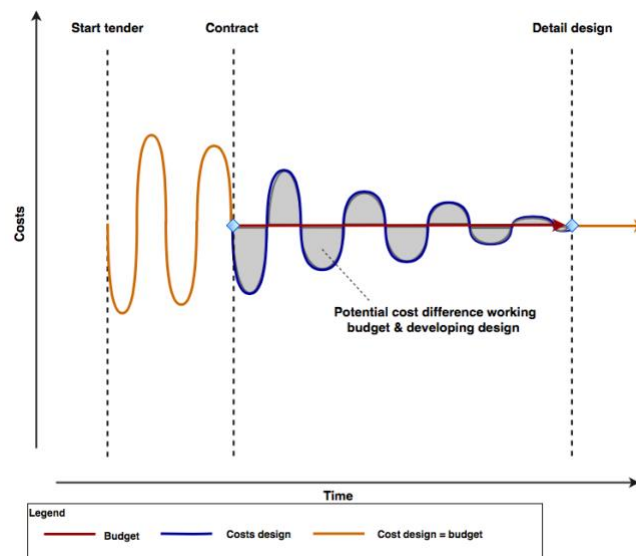


Figure 3.14: Combined design process and cost management from tender until detail design (own illustration)

Furthermore, the literature study provided insight on the actors and information dependencies between the design and cost management processes. Based on these insights and the visualization above two propositions were formulated:

**Proposition I:** *Structured communication of background information of the tender cost estimate and tender material quantities, increases the possibility to detect differences from the baselines in the design stage and thus improves cost insights.*

**Proposition II:** *Integrity between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, simplifies cost estimation in the design stage and thereby simplifies updating the working budget.*

In the multiple case the literature findings and propositions were compared to practical observations at three separate ongoing construction projects of Dura Vermeer infra landelijke



projecten: project A, project B and project C. Per project, four main project team members (a total of twelve interviewees) were asked on the deficiencies of the cost estimation and cost monitoring processes during design stage on their project in terms of responsibilities and information sharing in practice. The individual case findings were compared in a cross-case analysis which led to the following general findings.

- The difference between the costs of the design and the budget, is often inaccurate and incomplete as the responsible actors are not perfectly capable to make accurate estimates of the ever-changing costs for the design, neither to they make them for all design changes.
- The responsibility for communicating the difference between the costs of the design and the budget is unclear within the project team in terms of initiative and frequency.
- Designers lack background information of the material quantity's that support the tender design even though monitoring material quantities is key for designers to keep their design within budget.

The findings from the cross-case analysis were thereafter compared to the literature study findings. The following conclusions were drawn regarding the propositions:

**Proposition I:** *Structured communication of background information of **tender material quantities** does increase the possibility to detect differences from the baselines in the design stage and thus improves cost insights. This is not explicitly proved for the **tender cost estimate***

**Proposition II:** *Integrity between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, does simplify cost estimation in the design stage and thereby simplifies updating the working budget.*

Although proposition II is confirmed by practice, perfect integration between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget proved to be very hard to reach without the use of Building Information Systems (BIM). Since research to these systems is currently explorative and unfinished, this research proposed a framework that aims at improving alignment between the design, and cost estimation and cost monitoring processes by structuring actor responsibility and information sharing, to approach perfect integration of the structures. The created framework has been validated by four employees of Dura Vermeer that had similar professions as the interviewees from the case studies. Based on these validations the revised framework was formed on a macro-level (figure b) and micro-level (figure c).

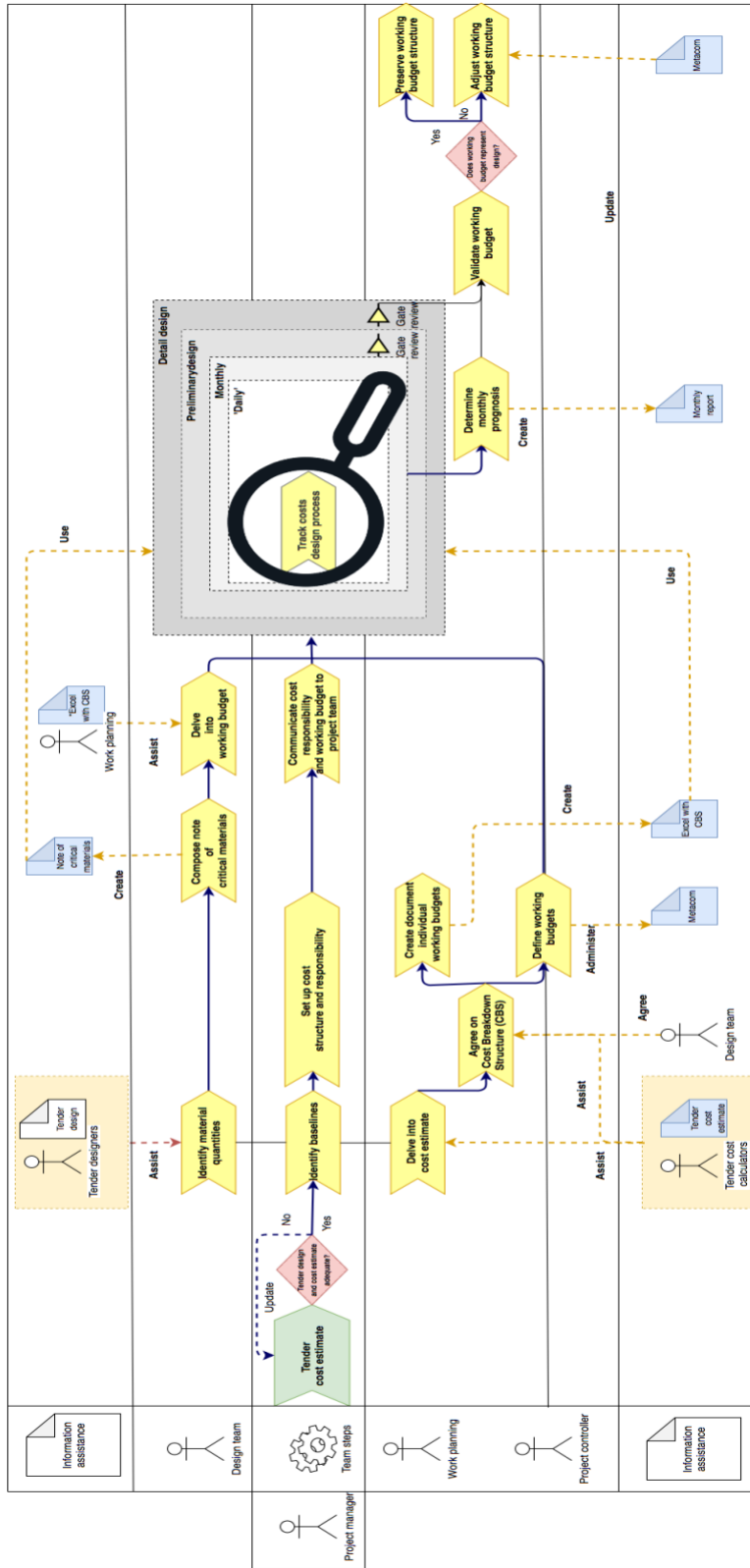


Figure b: Improved Proposed design and cost management process on abstract level



## Tabel of Contents

<b>1. Introduction .....</b>	<b>16 -</b>
1.1. <i>The changed role of the contractor in Design &amp; Build procured projects .....</i>	<i>16 -</i>
1.2. <i>Interoperability cost management-design process .....</i>	<i>17 -</i>
1.3. <i>Problem statement.....</i>	<i>18 -</i>
1.4. <i>Research goal .....</i>	<i>18 -</i>
1.5. <i>Research demarcation.....</i>	<i>18 -</i>
1.6. <i>Research questions.....</i>	<i>20 -</i>
1.7. <i>Research relevance.....</i>	<i>20 -</i>
1.8. <i>Reading guide.....</i>	<i>21 -</i>
<b>2. Research approach .....</b>	<b>22 -</b>
2.1. <i>Research strategy.....</i>	<i>22 -</i>
2.2. <i>Research framework.....</i>	<i>22 -</i>
2.2.1. <i>Literature study .....</i>	<i>22 -</i>
2.2.2. <i>Multiple case study.....</i>	<i>23 -</i>
2.2.3. <i>Validation, conclusion and recommendations .....</i>	<i>23 -</i>
<b>3. Literature study: theoretical framework .....</b>	<b>25 -</b>
3.1. <i>The design process.....</i>	<i>25 -</i>
3.1.1. <i>Project lifecycle stages .....</i>	<i>25 -</i>
3.1.2. <i>System breakdown structure .....</i>	<i>26 -</i>
3.1.3. <i>Design process of the contractor in Design &amp; Build projects .....</i>	<i>27 -</i>
3.1.4. <i>Different types of iterations .....</i>	<i>29 -</i>
3.1.5. <i>Simplified design process .....</i>	<i>30 -</i>
3.2. <i>Cost management process in construction projects.....</i>	<i>30 -</i>
3.2.1. <i>The role of costs throughout the project .....</i>	<i>30 -</i>
3.2.2. <i>Cost estimation .....</i>	<i>31 -</i>
3.2.3. <i>Budgeting.....</i>	<i>32 -</i>
3.2.4. <i>Cost control.....</i>	<i>33 -</i>
3.2.5. <i>Cost management process in Design &amp; Build projects.....</i>	<i>33 -</i>
3.2.6. <i>Simplified cost management process in Design &amp; Build projects .....</i>	<i>34 -</i>
3.3. <i>Simplified interaction between design and cost management in Design &amp; Build projects.....</i>	<i>34 -</i>
3.4. <i>Advanced interaction between design and cost management processes in Design &amp; Build projects ..</i>	<i>35 -</i>
3.4.1. <i>Organizational aspect of interaction .....</i>	<i>35 -</i>
3.4.2. <i>Technical aspect of interaction.....</i>	<i>37 -</i>
<b>4. Case study research .....</b>	<b>38 -</b>
4.1. <i>Case study design .....</i>	<i>38 -</i>
4.2. <i>Phase I: Design.....</i>	<i>39 -</i>

4.2.1.	Case study selection process .....	- 39 -
4.2.2.	Selected cases.....	- 41 -
4.2.3.	Data collection .....	- 41 -
4.2.4.	Semi-structured interviews .....	- 42 -
4.2.5.	Interview protocol .....	- 42 -
4.2.6.	Validation of interview data .....	- 43 -
4.3.	<i>Phase II and Phase III: Individual and cross-case analyses</i> .....	- 43 -
<b>5.</b>	<b>Case study findings .....</b>	<b>- 44 -</b>
5.1.	<i>Project A</i> .....	- 44 -
5.1.1.	Tender information hand-over .....	- 44 -
5.1.2.	(Cost) knowledge designers.....	- 45 -
5.1.3.	Interaction design & work planning .....	- 45 -
5.1.4.	Cost estimation and monitoring responsibility .....	- 46 -
5.1.5.	Conclusions .....	- 47 -
5.2.	<i>Project B</i> .....	50
5.2.1.	Tender information hand-over .....	50
5.2.2.	(Cost) knowledge designers.....	51
5.2.3.	Interaction design & work planning .....	51
5.2.4.	Cost estimation and monitoring responsibility .....	52
5.2.5.	Conclusions .....	53
5.3.	<i>Project C</i> .....	55
5.3.1.	Tender information hand-over .....	55
5.3.2.	(Cost) knowledge designers.....	56
5.3.3.	Interaction design & work planning .....	56
5.3.4.	Cost estimation and monitoring responsibility .....	57
5.3.5.	Conclusions .....	58
5.4.	<i>Cross-case analysis</i> .....	61
5.4.1.	Baselines tender cost estimate and material quantities tender .....	61
5.4.2.	Cost-conscious designing: optimizing material quantities .....	61
5.4.3.	Designer's awareness of working budget structure.....	61
5.4.4.	Work allocation and formal meetings .....	61
5.4.5.	Responsibility and dependency of cost estimation and cost monitoring .....	61
5.4.6.	Focus and ability to estimate costs of developing design .....	62
5.4.7.	Influence of project character on cost consequences of design decisions .....	62
5.4.8.	Issues for cost estimation and monitoring costs of design .....	62
5.5.	<i>Comparison of practice versus theory</i> .....	65
5.6.	<i>Suggestions from practice</i> .....	66
<b>6.</b>	<b>Framework for improving cost estimation and cost monitoring .....</b>	<b>67</b>
6.1.	<i>Step 1 macro-level: baseline identification</i> .....	67
6.2.	<i>Step 2 macro-level: alignment SBS, WBS and CBS</i> .....	68
6.3.	<i>Step 3 macro-level: structuring actor responsibilities</i> .....	68
6.4.	<i>Micro-level: checks in 'daily' design process</i> .....	71
6.4.1.	Check 1: deviation from material quantities .....	71
6.4.2.	Check 2: integral consequences .....	71
6.4.3.	Check 3: cost estimate versus budget .....	71

6.5.	<i>Validation and revision of framework</i> .....	73
6.5.1.	Macro-level conclusions validation .....	74
6.5.2.	Micro-level conclusions validation .....	75
<b>7.</b>	<b>Conclusions</b> .....	<b>79</b>
7.1.	<i>Conclusion</i> .....	79
<b>8.</b>	<b>Discussion, reflection &amp; recommendations</b> .....	<b>82</b>
8.1.	<i>Discussion</i> .....	82
8.1.1.	Relevance of main literature study findings.....	82
8.1.2.	Relevance of the proposition findings.....	82
8.1.3.	Relevance of the framework .....	83
8.2.	<i>Reflection</i> .....	84
8.2.1.	Literature study .....	84
8.2.2.	Multiple case study.....	84
8.2.1.	Framework and validation.....	84
8.3.	<i>Recommendations</i> .....	85
8.3.1.	Recommendations for further research.....	85
8.3.1.	Recommendations for Dura Vermeer .....	85
	<b>References</b> .....	<b>87</b>
	<b>Appendix A – Cost elements structure at Dura Vermeer</b> .....	<b>89</b>
	<b>Appendix B – Interview protocol case study</b> .....	<b>91</b>
	<i>Appendix B:1.1 – Interview questions designers</i> .....	92
	<i>Appendix B:1.2 – Interview questions project controllers</i> .....	94
	<i>Appendix B:1.3 – Interview questions project managers</i> .....	96
	<i>Appendix B:1.4 – Interview questions work planners</i> .....	98
	<b>Appendix C – Explorative interviews</b> .....	<b>100</b>
	<b>Appendix D – Full transcripts case study interviews</b> .....	<b>101</b>
	<i>Appendix D:1.1 – Interview project A - interviewee 1</i> .....	101
	<i>Appendix D:1.2 – Interview project A – interviewee 2</i> .....	106
	<i>Appendix D:1.3 – Interview project A – interviewee 3</i> .....	111
	<i>Appendix D:1.4 – Interview project A – interviewee 4</i> .....	117
	<i>Appendix D:2.1 – Interview project B – interviewee 5</i> .....	124
	<i>Appendix D:2.2 – Interview project B – interviewee 6</i> .....	129
	<i>Appendix D:2.3 – Interview project B – interviewee 7</i> .....	134
	<i>Appendix D:2.4 – Interview project B – interviewee 8</i> .....	139
	<i>Appendix D:3.1 – Interview project Project C – interviewee 9</i> .....	144
	<i>Appendix D:3.2 – Interview project Project C – interviewee 10</i> .....	151
	<i>Appendix D:3.3 – Interview project project C – interviewee 11</i> .....	156

<i>Appendix D:3.4 – Interview project C – interviewee 12</i> .....	162
<b>Appendix E: Short summaries interviews case study</b> .....	<b>168</b>
<i>Appendix E:1.1 – Summary interview project A – interviewee 1</i> .....	168
<i>Appendix E:1.2 – Summary interview project A – interviewee 2</i> .....	170
<i>Appendix E:1.3 – Summary interview project A – interviewee 3</i> .....	172
<i>Appendix E:1.4 – Summary interview project A – interviewee 4</i> .....	174
<i>Appendix E:2.1 – Summary interview project B- interviewee 5</i> .....	175
<i>Appendix E:2.2 – Summary interview project B - interviewee 6</i> .....	177
<i>Appendix E:2.3 – Summary interview project B - interviewee 7</i> .....	178
<i>Appendix E:2.4 – Summary interview project B - interviewee 8</i> .....	179
<i>Appendix E:3.1 – Summary interview project C -interviewee 9</i> .....	181
<i>Appendix E:3.2 – Summary interview project C - interviewee 10</i> .....	183
<i>Appendix E:3.3 – Summary interview project C - interviewee 11</i> .....	185
<i>Appendix E:3.4 – Summary interview project C - interviewee 12</i> .....	187
<b>Appendix F: Validaton interview protocol</b> .....	<b>188</b>

## 1. Introduction

Historically, many construction projects have experienced cost overruns (Flyvbjerg & Holm, 2002). These cost overruns have become a common practice of building and infrastructure projects and are often substantial in terms of money (Rosenfeld, 2014; Cantarelli & van Wee, 2012). Although cost overruns mostly appear during the construction stage, the main factors causing these overruns have their roots in the pre-building phase (Cantarelli & van Wee, 2012). Nevertheless, the majority of the research focuses on the factors contributing to overruns in the construction stage whilst limited research has been conducted on factors in the pre-building phase (Flyvbjerg, Skamris Holm, & Buhl, 2004).

A cost overrun is the difference between the estimated and actual costs made in an investment, measured in absolute or relative terms (Flyvbjerg et al., 2018). Cost estimates are established at different milestones – time points – in the project lifecycle. The milestone that is most frequently used to determine cost overruns is the cost estimate made by the client when deciding to build a project. The cost estimate made by the contractor at the moment of contracting between client and contractor is also an important milestone but less frequently used when calculating cost overruns.

Thus, the second paragraph of the introduction demonstrates that besides the limited research on factors in the pre-build that contribute to cost overruns described in the first paragraph, the cost estimate made by the contractor at the moment of contracting between client and contractor has rarely been taken as cost baseline to determine cost overruns in research. When using this baseline for calculation, cost overruns often represent a net loss of money for the contractor at delivery of the construction project whilst cost underruns typically lead to profit for the contractor, depending on the terms of the contract (Akinci, Flscher, & Member, 1998).

### 1.1. The changed role of the contractor in Design & Build procured projects

Within the traditional delivery model, the client is responsible for the project design whilst the contractor is responsible for the project construction. Contractors compose their bid based on a RAW-bestek, issued by the client during the tender (De Ridder, 2009). This RAW-bestek contains a detail design which has been created by the client. This detail design is highly specified, and the contractors are obliged to meet these detailed requirements exactly. Therefore, contractors have limited possibilities in cutting costs leading to fierce competition (Lenferink, Tillema, & Arts, 2013).

Nowadays, the integrative Design & Build delivery method is the most common project delivery method applied in the Dutch public infrastructure market (Rijkswaterstaat, 2019). In the Design & Build model, the responsibility for both design and construction is in the hands of the contractor (De Ridder, 2009). The client only formulates functional requirements and communicates these during the tender. It is the contractor's responsibility to conduct a schematic design with a corresponding cost estimate based on these functional requirements (De Ridder, 2009). Based on



the schematic design and the cost estimate composed by the contractor, the contract is awarded. After the contract is awarded, the contractor creates the detail design based upon the agreed upon contract price: the budget. Since the contractor can use its practical expertise in creating the detail design, more integrated and cheaper solutions are possible (De Ridder, 2009).

## 1.2. Interoperability cost management-design process

As mentioned in section 1.1, centralizing design and construction at the contractor using the Design & Build project delivery method enables the development of more integrated and cheaper solutions.

The contracted price in a Design & Build project is fixed. This budget serves as the baseline for cost management of the contractor throughout the designing and constructing phases. Alignment with this baseline prevents cost overrun and enables profit for the contractor. Therefore, even though the budget for the project is fixed, the final design has not yet been created. To stay within the budget and also create a constructible design, the contractor needs to ensure good interoperability and cooperation between its different actors such as designers, work planners and constructors.

However, in practice, designers, and actors with practical on-site expertise, are often not correctly interacting (Pulaski & Horman, 2005). There is limited practical input incorporated in the design as well as an inadequate focus and capability of the designers to translate design choices into costs throughout the design process (Cheung, Rihan, Tah, Duce, & Kurul, 2012; Ballard & Reiser, 2004) Therefore, the cost status of the design is often unclear.

Thus, even though the Design & Build project delivery model provides the opportunity for cheaper solutions, in the design stage it is often difficult to keep track of the current position relative to the cost baseline, frequently leading to exceedance of the budget (Lam, Wong, & Chan, 2006). This results in the need for redesign and re-estimation until fitting with the budget. It implies a design-cost interaction where cost is not the decisive measure for the design but merely the output of the design process (Ballard, 2006).

Figure 1.1. shows that the possibility to influence the design decreases as the design matures whilst the costs of changing the design increases. Exceedances of the budget are often detected at a later point in the design stage (Kim & Park, 2016). As a consequence, it is more difficult to change the design to fit the budget as well as higher costs to make those changes than if detected earlier. Therefore, making cost-conscious design decisions throughout the design process is of utmost importance. However, the current difficulty to keep track of the cost status complicates cost-conscious decision making.

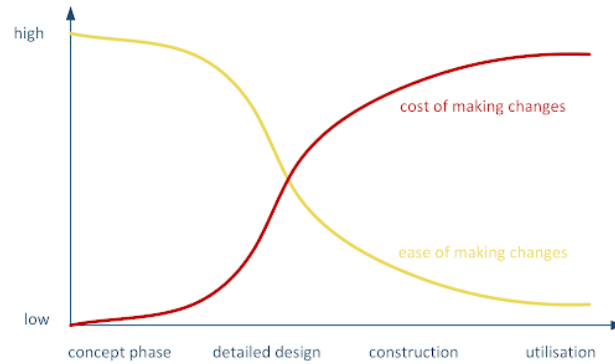


Figure 1.1: Potential to add value/cost of change (Burke & Wiley, 2003) (Zou & Tang, 2012)

### 1.3. Problem statement

Within Design & Build procured projects, the contractor is responsible for the design and construction of the project. The fixed contract price is the budget for the contractor and is agreed upon before the contractor has started the design. Alignment with this budget during design and construction prevents cost overrun and results in profit for the contractor.

However, it is often difficult for the contractor to keep track of the current cost position during the design stage because cost is not a key factor of the design process, often leading to exceedance of the budget. This in turn results in unnecessary and costly redesigning later on.

### 1.4. Research goal

The research goal is to improve cost estimation and cost monitoring during the design stage of the contractor in Design & Build procured projects by providing insights into the structure of both the design and cost management processes and their interaction.

Based on these insights, a process framework will be developed to improve alignment between the design process, and the cost estimation process and cost monitoring processes. Better alignment will enable the contractor to provide accurate and timely cost estimates during the design stage.

### 1.5. Research demarcation

To make the research manageable for the researcher to conduct, it is demarcated (Verschuren & Doorewaard, 2010) (figure 1.2). The factors that isolate this research are described hereafter.

Firstly, in the majority of the research, the pre-building phase of a construction project is considered as the moment when the client decides to perform a project (Cantarelli & van Wee, 2012). This research focuses on the pre-building phase of the contractor, the time between contract award until the start of construction. The design stage of the contractor from contract award to final design in Design & Build projects is an interactive and dynamic process with many interrelations between internal and external disciplines that influence this process

Secondly, various types of integrative project delivery methods are used within the Dutch infrastructure construction sector (Lenferink, Tillema, & Arts, 2013). The focus of this research is on the cost estimation process of the contractor during the design stage, after a fixed contract price has been agreed upon. This is the case in the Design & Build procured delivery models.

Lastly, project success of construction projects is traditionally monitored using the criteria of the 'Iron Triangle': cost, time and quality. This research aims to improve the cost estimation process for the contractor. Therefore, the main focus will be on the criterion 'costs'.

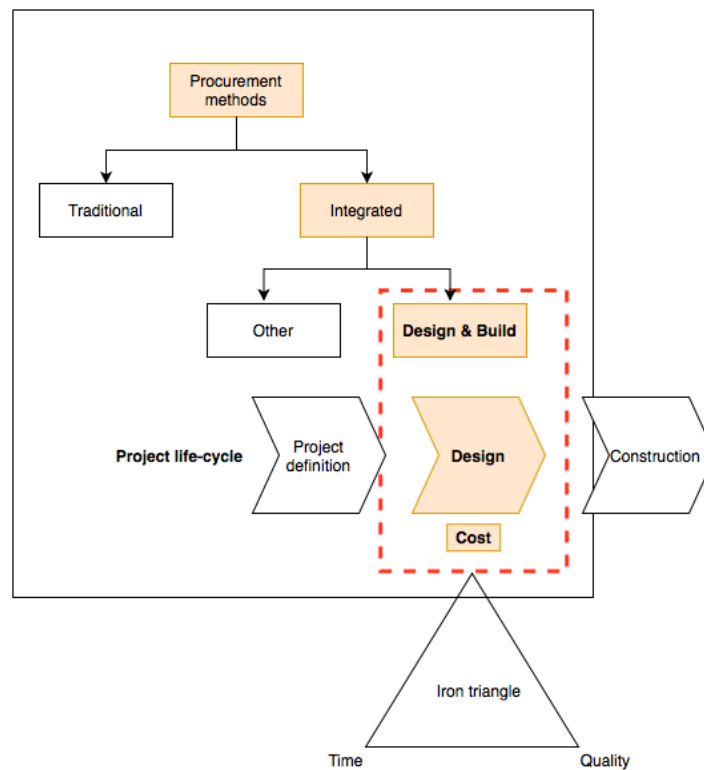


Figure 1.2: Research demarcation (own illustration)

## 1.6. Research questions

The research goal is to improve the cost estimation and cost monitoring processes during the design stage of the contractor in Design & Build procured projects. To achieve this goal the following research question will be addressed in this research.

### **Main research question**

*How can the design process, and cost estimation and cost monitoring processes of the contractor in Design & Build projects be organized from contract award until start construction to provide accurate cost estimates of the design to be able to keep track of the cost status relative to the fixed contract price?*

The following sub-questions are addressed in this research to answer the main research question:

### **Sub-questions**

- 1. What does the design process of a contractor in a Design & Build procured project look like from contract award until start construction in terms of dynamics, actors involved and information dependencies?*
- 2. What does the cost management process of a contractor in a Design & Build procured project look like until the start of construction?*
- 3. How do the design process and the cost management process of a contractor in a Design & Build procured project interact until the start of construction in theory?*
- 4. How do the cost estimation and monitoring processes of the contractor look like during the design stage of Design & Build procured projects in practice?*
- 5. What are the deficiencies of the cost estimation and cost monitoring process during design stage in terms of responsibilities and information sharing in practice?*
- 6. How can information sharing, and actor responsibilities of the cost estimation and cost monitoring processes be structured to provide accurate cost estimates and to be able to detect the difference between the cost estimate and the total budget throughout the design stage?*

## 1.7. Research relevance

The main goal of shifting design responsibility from client towards contractor through more integrative contracts was to reduce the total projects costs. Contractors that are granted a contract through the Design & Build delivery method can include their practical expertise in their design, which enables more integrated and cheaper design solutions (De Ridder, 2009).

However, Dutch infrastructure contractors often experience cost overruns relative to the fixed contract price, in Design & Build procured projects. The margins of projects in the infrastructure sector are very low. Cost overruns further stress these contractor's profit and are a hazard for contractors to stay financially healthy. Therefore, research on factors that contribute to the cost overruns of contractors during the design stage of the contractors in Design & Build projects is highly desirable. The recommendations of this research will provide contractors a more cost-conscious and cost insightful design process.

## 1.8. Reading guide

Chapter one introduced the research topic and provided the research questions that will be answered throughout this research. Furthermore, the project context and the research relevance were elaborated upon in this chapter. Chapter two clarifies the research approach, followed throughout this research. Chapter three contains a literature review on both the design and the cost management process and their interaction, of the contractor in Design & Build procured projects. Sub-question 1, 2 and 3 are answered in this chapter. Chapter four emphasizes how the case study research method is executed and explains how the cases for this case study are selected. Chapter five provides the individual case study results, based on the interview data. This chapter ends with a comparison between the individual cases to acquire cross-case and generalizable findings to answer sub-questions 4 and 5. Chapter six presents the proposed framework for improving the possibility to estimate costs of the design and compare these estimates with the budget, to obtain an accurate cost status. Later in chapter six, the framework is adjusted based on validation interviews with employees of Dur Vermeer. Sub-question 6 is answered within this chapter. Chapter seven presents the conclusions of this research based on content of earlier chapter. In chapter 8, the relevance of this findings of this research is discusses and the chapter reflects upon the performed methodologies. Chapter 8 ends with recommendations for further research and for Dura Vermeer

## 2. Research approach

This research consists of several steps to achieve the research goal. section 2.1. clarifies the research strategy used to guide this research. The concrete actions that are performed in this research using this research strategy are explained in section 2.2.

### 2.1. Research strategy

This research is characterized by both a deductive and an inductive line of reasoning, described by the Wheel of Science (Wallace, 1971), see figure 2.1. The first step within this research is generate propositions based on literature exploration on both the design and cost management processes in construction projects. These propositions aim at providing directions on how both processes could be better aligned to improve the cost estimation and cost monitoring of the contractor during the design stage of Design & Build procured projects. After this deduction, the theoretical propositions are tested and validated by conducting a multiple case study research in practice. Based on the induction, conclusions and recommendations are presented that include combined findings from both theory and practice. As very little research has been performed specifically on the cost estimation of the contractor in Design & Build procured projects, the expectation is that the results of the empirical generalizations will extend the literature on this topic.

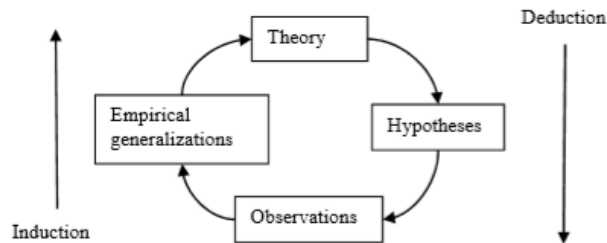


Figure 2.1: The Wheel of Science (Wallace, 1971)

### 2.2. Research framework

Several concrete steps are performed throughout this research to answer the research question(s). These are described in the following sections.

#### 2.2.1. Literature study

The literature study contains desk research on the design and cost management processes of the contractor in Design & Build procured projects. Both processes are investigated in parallel by consulting scientific sources (Verschuren & Doorewaard, 2010). The design and cost management processes take place in a highly dynamic environment with many interdependencies and unclear boundaries. Furthermore, it is expected that the amount of research on both processes is extensive, whilst minimal studies have been done on this specific topic. Purely consulting literature in this phase would limit the value of the desk research. Therefore, explorative research is also executed to guide the researcher in his focus. The explorative research consists of open interviews with experts on design and cost management topics that are working at Dura Vermeer.

The literature study will provide answers to sub-questions 1, 2 and 3, which is clarified by a theoretical framework.

### 2.2.2. Multiple case study

After performing the literature study, the second phase of this research consists of a multiple case study. The multiple case study evaluates the findings from the literature study by assessing them with ongoing projects of Dura Vermeer in practice.

The design and cost management processes of the contractor are real-world and are contemporary phenomena that appear in major construction projects which cannot be manipulated by the researcher (Yin, 2014). The multiple case study enables an in-depth investigation of such phenomena through intensive data generation from several cases to provide qualitative results (Verschuren & Doorewaard, 2010).

The performance of a single case study is prone to skepticism on the generalizability of the results in case no proof can be given that the single case is unique or universal, compared to other cases (Yin, 2014). Since the normal process of design and cost management of a project in the construction industry is not an extreme or critical situation, a multiple case study research is preferred over a single case-study (Yin, 2014). Moreover, a multiple case study will be performed to be able to draw more powerful and robust conclusions as compared to the single case study (Yin, 2014). To be able to generalize the case study findings, selection criteria have been created to select three comparable cases. The selection criteria and the selection process are further elaborated upon in chapter four. The multiple case study will provide answers to sub-questions 4 and 5. After the multiple case study a comparison is made between the propositions found in theory and the observations from the multiple case study.

### 2.2.3. Validation, conclusion and recommendations

Based on the findings from the comparison between theory and practice a recommended framework is created for improving the design, and cost estimation and cost monitoring processes of the contractor in Design & Build procured projects. This framework will be validated through interviews with a focus group, containing employees within Dura Vermeer that are specialized in the field of design and cost management. Based on these validations, overall conclusions and recommendations are drawn, answering sub-question 6.

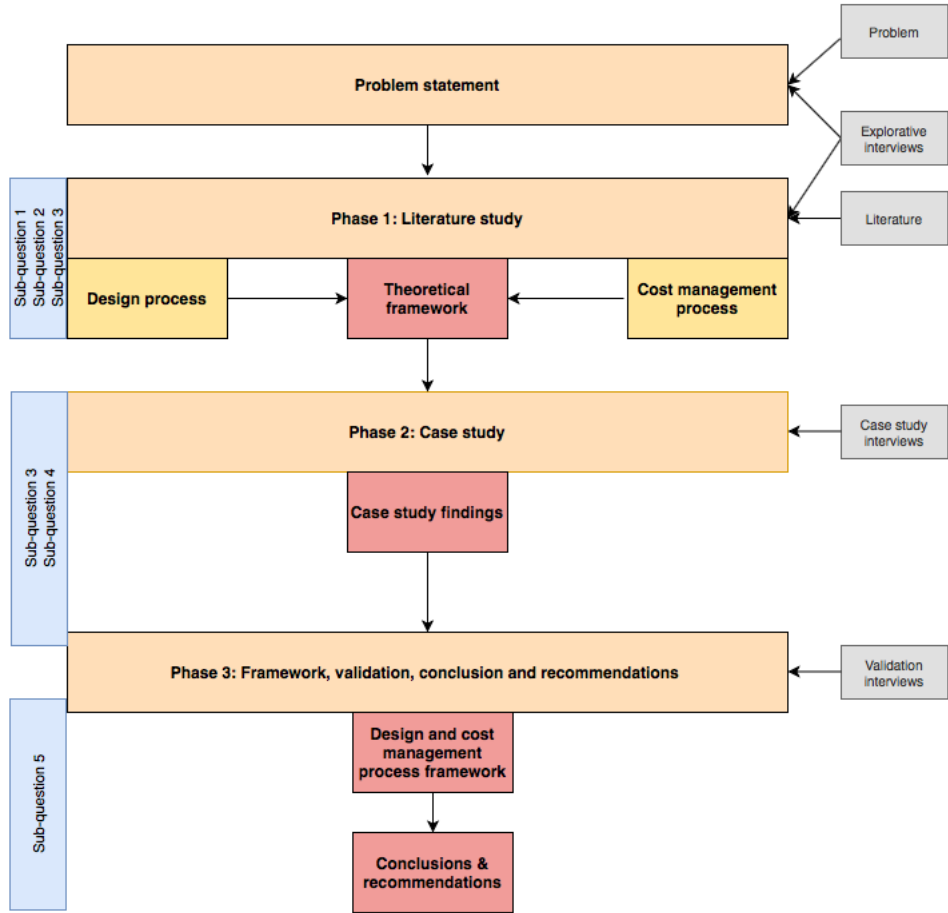


Figure 2.2: Research approach (own illustration)



### 3. Literature study: theoretical framework

This chapter contains a literature review of both the design and cost management process in construction projects. The order and dynamics of both processes differ from the described literature, in Design & Build procured projects. Therefore, this chapter also clarifies the design and cost management processes in Design & Build projects using data from explorative interviews with employees of Dura Vermeer. Based on both the literature review and the explorative interviews, a theoretical framework is created to illustrate how both design and cost management processes of the contractor interact in Design & Build procured projects.

The first section (3.1.) describes the design process in construction projects from tender until the start of construction, using literature. The second section (3.2) describes the cost management process from tender until the start of construction, using literature. The third section (3.3.) describes the perceived interaction between the design and cost management processes from literature through a simplified visualization. The fourth section (3.4) further elaborates on the interaction and dependencies between both processes, using data from explorative interviews with employees of Dura Vermeer. The fourth section concludes with a theoretical framework which describes the organizational and technical field of the interaction between the design and cost management processes in Design & Build projects.

#### 3.1. The design process

This section contains the literature review of the design process of the contractor.

##### 3.1.1. Project lifecycle stages

Public procured construction projects typically contain several sequential stages with underlying phases during their project lifecycle (Macmillan, Steele, Austin, Spence, & Kirby, 1999; NEN, 1993; BNA, 2014; De Ridder, 2009).

A construction project starts with the **'program stage'**, the orientation part of the project. The product of this stage is a project definition including the client's requirements and expectations of the project (Macmillan, 1999). Next is the **'design stage'** of which the end product is the detail design. In the last stage, the **'construction stage'**, the project is physically built.

The project lifecycle also contains a **'contract stage'**. However, where this stage is positioned differs between the traditional procurement method and the Design & Build method. In the traditional procurement method, the contract stage succeeds the design stage (NEN, 1993; BNA, 2014). In this case, the predeveloped detail design is put to tender together with a 'RAW-bestek' which contains strict design requirements (De Ridder, 2009). Contractors place their bid based on their cost estimate for the project and the winning contractor is thereafter responsible for building the predeveloped detail design during the construction stage (NEN, 1993), see figure 3.1.

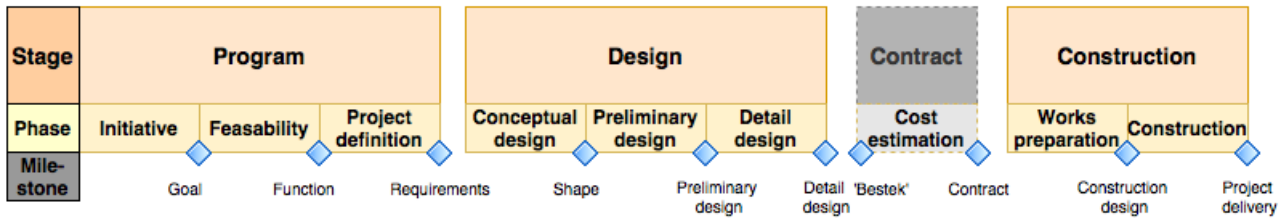


Figure 3.1: Stages and phases project lifecycle traditional procurement model (own illustration)

Within the Design & Build procurement method, the contract stage precedes the design stage. In this case, the contractor estimates his bid based on the functional requirements written by the client in the 'Programma van Eisen en vraagspecificatie'. The winning contractor later converts the functional requirements into a detail design, ready for construction, see figure 3.2.

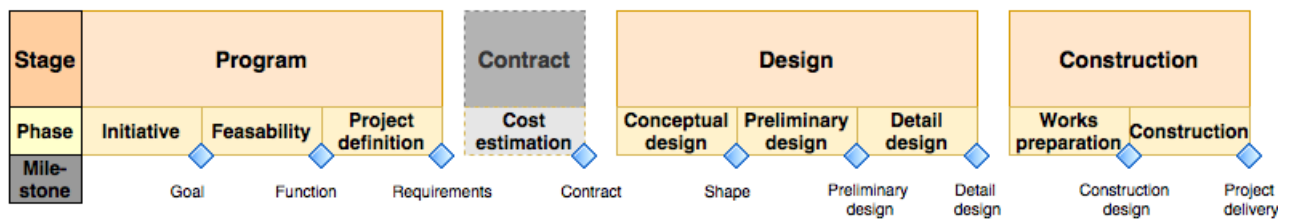


Figure 3.2: Stages and phases project lifecycle Design & Build procurement model (own illustration)

The differences in task allocation and responsibilities for both client and contractor between the traditional (Bid-Build) and the Design & Build procurement methods are sketched in figure 3.3 (De Ridder, 2009).

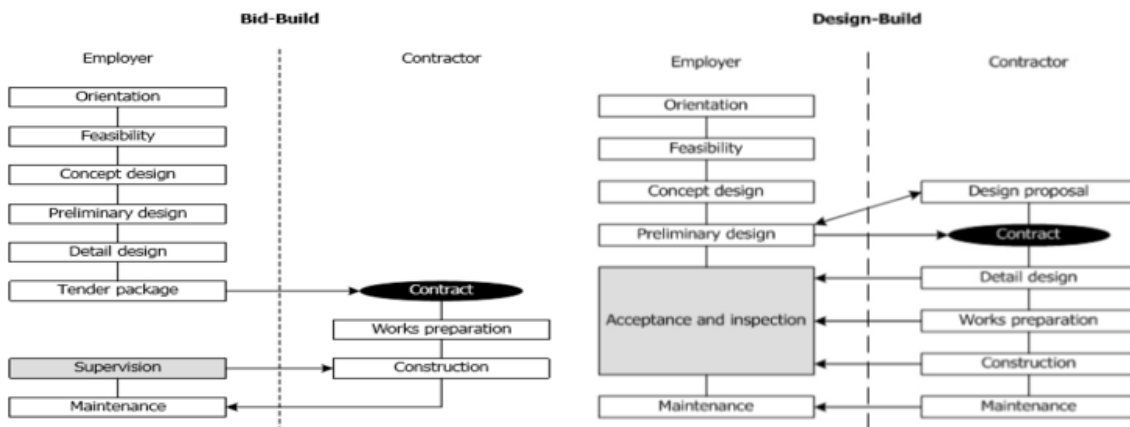


Figure 3.3: The process of Design-Bid-Build vs Design & Build (De Ridder, 2009)

### 3.1.2. System breakdown structure

During the design stage, designers decompose the total scope of the project into a system breakdown structure (figure 3.4). This is a decomposition of the physical end-product into physical sub-products on a more detailed level which enables proper coordination and provides structure by emphasizing the scope demarcation between different physical objects of the design

(Lester, 2014). Furthermore, the system breakdown structure, as can be seen in figure 3.4, allows designers to easily assess material quantities needed.

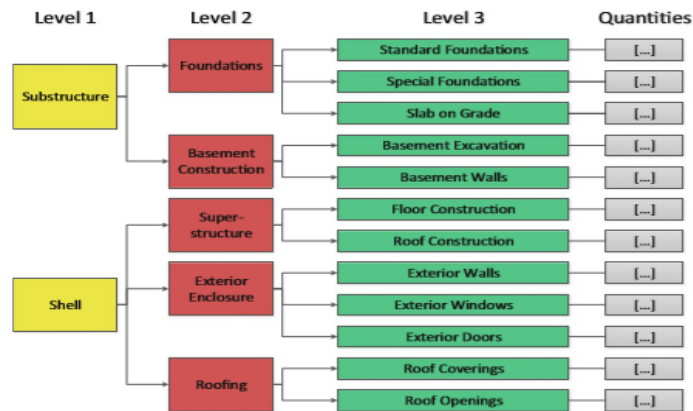


Figure 3.4: System breakdown structure with quantities (Mattern, Scheffer, & König, 2018, p.385)

### 3.1.3. Design process of the contractor in Design & Build projects

In Design & Build projects, the contractor goes through several phases to create a detail design based on the client’s functional requirements (Parraguez, Eppinger, & Maier, 2015; D. Wynn & Clarkson, 2005; Parraguez et al., 2015). The design team(s) use their expertise and skills to reach an optimal design solution within the predefined requirements and constraints (Pahl & Beitz, 2013). This is often a difficult task since the client’s requirements may include an ill-structured problem definition and uncertainty in goals, as clients find it difficult to translate their problem into representative requirements (M Kamara, Anumba, & O Evbuomwan, 1999).

The design team needs to clarify the underlying problem of the client’s functional requirements to be able to create an acceptable and desirable design solution for the client. This process is a creative and iterative process and contains several design phases (Dorst & Cross, 2001). Throughout these phases, the level of abstractness decreases and the focus on detail increases (Parraguez et al., 2015), shown in figure 3.5.

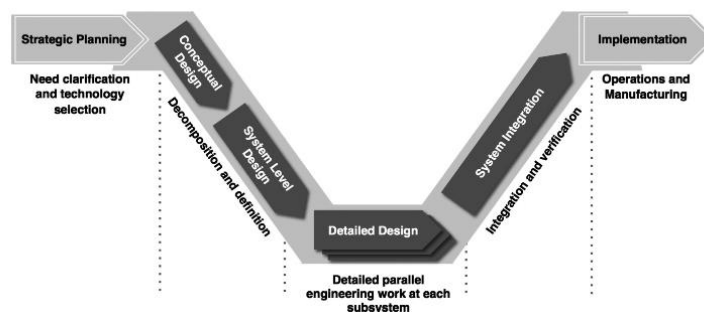


Figure 3.5: Stages of the engineering design process through the V-model (Parraguez et al. 2015)

The first design phase is the creation of a **conceptual design** (CO). This often has the starting point in the tender period, before the contract award. Driven by the short time frame of the tender, the design team decides which requirements are important to consider on a more detailed level,

which is called risk-driven designing. Based on these judgments, a very schematic and abstract conceptual design is created (Pahl & Beitz, 2013).

After contract award, the design team modifies its submitted conceptual design into a **preliminary design** (VO) (Pahl & Beitz, 2013). The preliminary design generally emphasizes the global layout and contains the positioning, functionalities, dimensions and guidelines on integrating the several demarcated sub-designs (BNA, 2014). Thus, the abstraction level has decreased slightly whilst focus on detail has increased compared to the conceptual design.

Hereafter, the contractor converts this preliminary design into a **detail design** (DO). This low-abstract design integrates the different demarcated sub-designs into an integral design on a detailed level. The last milestone of the design stage is the **working design** (UO). However, this research concentrates on the design stage until detail design. The period from detail design until working design, the working design phase, is a conversion of the theoretical outline of the detail design into practical drawing for construction on-site. The design itself is already shaped at the detail design milestone.

Throughout the design phases, interdependent activities of different design disciplines are necessary to align physical, organizational and technical elements within the project (Parraguez et al., 2015). These interdependent activities increase with higher interdependency between elements and larger project sizes (D. C. Wynn & Eckert, 2017; Williams, 1999). The result of these interdependent activities is a cyclic and iterative design process that converges over time into a final design ready for construction, shown in figure 3.6 (D. C. Wynn & Eckert, 2017; D. Wynn & Clarkson, 2005).

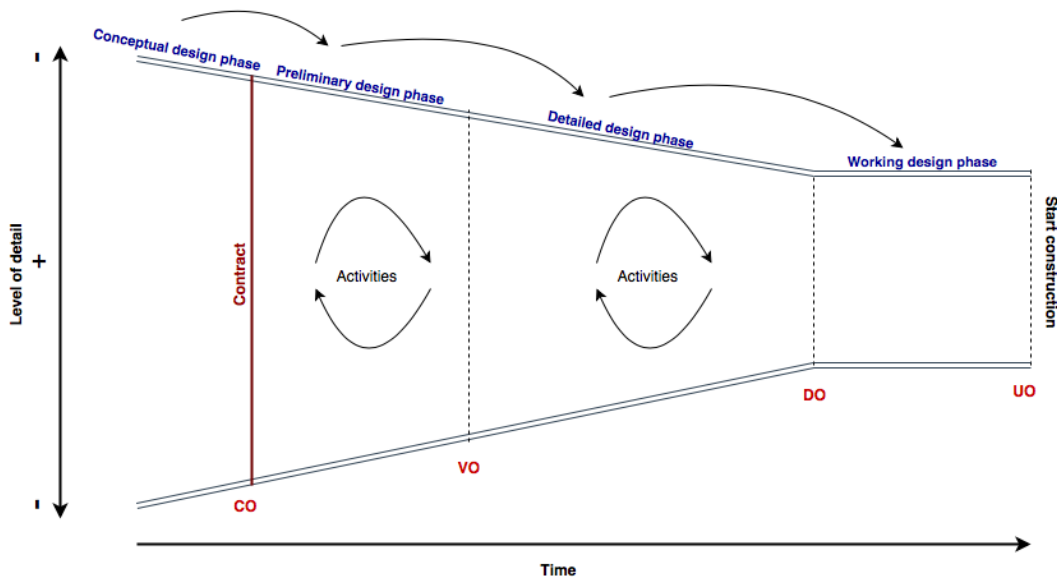


Figure 3.6: Maturing design process with phases and activities (own illustration)

### 3.1.4. Different types of iterations

There are two types of iterations caused by interdependencies: micro-level iterations and macro-level iterations. Macro-level iterations embody large-scale iterative processes on a 'managerial' level (D. C. Wynn & Eckert, 2017). Micro-level iterations represent design iterations done within a design discipline that do not specifically have integral consequences, also called intra-disciplinary iterations (figure 3.7). Mujumdar & Maheswari (2018) and Wang et al. (2006) further differentiate the macro-level iterations into inter-disciplinary and cross-disciplinary iterations. Inter-disciplinary iterations are iterations between different disciplines of the same organization and cross-disciplinary iterations represent iterations between disciplines of different organizations such as sub-contractors and external architects, shown in figure 3.7 (Mujumdar & Maheswari, 2018).

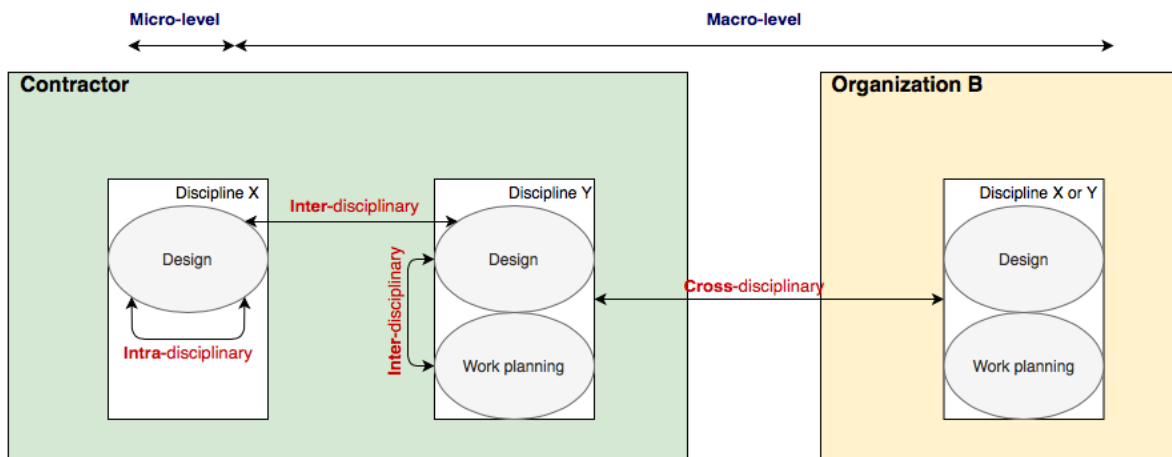


Figure 3.7: Types of iterations (own illustration)

Inter-disciplinary iterations between interdependent design disciplines such as civil, infrastructure and technical installations require coordination of information exchange by discipline managers (Wang, Liu, & Liao, 2006; D. C. Wynn & Eckert, 2017). Supervision is needed since individual designers and design disciplines often focus on their own scope while ignoring the holistic and integral view of the project and its critical interfaces (Mujumdar & Maheswari, 2018).

Another type of inter-disciplinary iterations occurs between the upstream design discipline, and the downstream construction disciplines (Evbuomwan & Anumba, 1998). Although tasks of the construction disciplines are mainly concentrated later in the project lifecycle, compared to the design discipline, coordination between these disciplines is very much needed to ensure both a feasible and constructible design (D. C. Wynn & Eckert, 2017).

### 3.1.5. Simplified design process

The design process of the contractor is highly dynamic and iterative. During the tender, the tender team converges the client's requirements into a tender design. After contract award, the client's requirements finally converge into a detail design solution, which is fixed. The dynamic nature of this process is illustrated in figure 3.8.

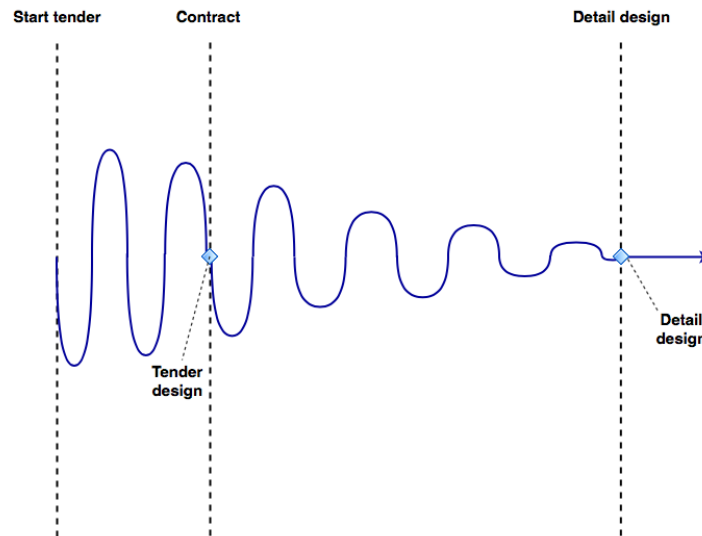


Figure 3.8: The dynamic process of designing towards a solution (own illustration)

## 3.2. Cost management process in construction projects

This section contains the literature review of the cost management process of the contractor in construction projects.

### 3.2.1. The role of costs throughout the project

Cost is one of the key performance indicators of construction projects (Hedeman & Riepma, 2019). Accurately estimating these costs early on in the project lifecycle, and aligning expenses with this estimate, keeps the total expenses within prescribed costs (Del Pico, 2013a). However, predicting the total project costs early on proves to be difficult, especially when the size and complexity of projects increase (Ansah & Bamfo-Agyei, 2012; Jung & Woo, 2004). Therefore, is effective cost management in construction projects is essential (Fleming & Koppelman, 1994).

During the project lifecycle, three cost management processes can be distinguished (Vasista, 2017):

- Cost estimation
- Budgeting
- Cost control

The individual cost management processes are described in the following sections. However, the sequence in which the contractor performs these differs in Design & Build projects compared to what is found in the literature.

### 3.2.2. Cost estimation

Cost estimation is the first step of the cost management process. This results in a cost estimate, which is a prediction of the total cost for designing and constructing the project, while taking into account available resources. The total project scope is decomposed into sub-elements to make the estimation process more manageable (PMI, 2001; Nicholas & Steyn, 2012). Cost calculators calculate the total project cost by adding up all the cost estimates of the sub-elements (Golany & Shtub, 2001). Furthermore, cost calculators need input from the design and construction disciplines to determine the required resources. These two disciplines use a different decomposition breakdown structure to determine their required resources for the project. Designers use the product-oriented system breakdown structure as described earlier in section 3.1.2, which decomposes the project into physical (sub)-objects. The construction discipline uses the activity-oriented work breakdown structure. Here, the project is decomposed into sub-activities needed to realize the end-product (Nicholas & Steyn, 2012; Lester, 2014b).

Even though both breakdown structures are needed to calculate the total cost estimate, the work breakdown structure serves as a leading guideline for creating the cost breakdown structure (Del Pico, 2013b).

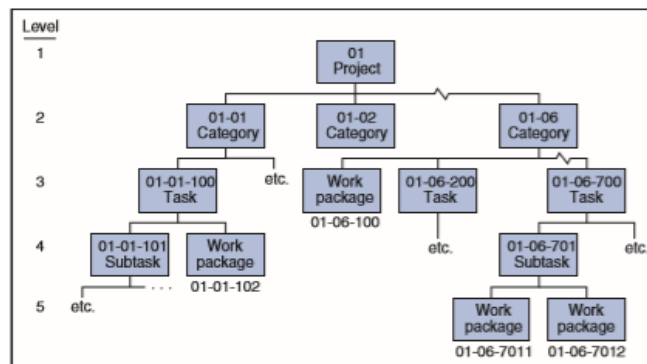


Figure 3.9: Top-down project decomposition through a work-breakdown structure (Nicholas & Steyn, 2012)

In figure 3.9, an illustration of a work breakdown structure is shown. Where the work breakdown structure was decomposed in a top-down manner, the cost breakdown structure is created bottom-up by starting at the lowest level of the work breakdown structure: at the level of individual tasks or work packages (Lester, 2014b; Nicholas & Steyn, 2012).

To actually estimate the costs for all the different elements of the cost breakdown structure, the “standaardsystematiek voor kostenramingen (SSK)” (CROW, 2010) is often used. The SSK distinguishes direct and indirect costs, named cost groups. Direct costs are directly linked to the

production or delivery of a product or service whilst indirect costs are more overarching. The SSK further subdivides the cost groups into 'cost elements' (Del Pico, 2013a), as shown in figure 3.10.

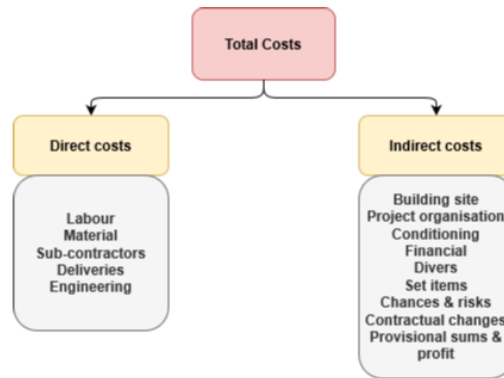


Figure 3.10: Cost breakdown structure (own illustration)

**Work planner:** “An example of a work package is the driving of concrete piles as part of a civil structure. This work package might contain direct costs for the cost elements: man-labour, materials, deliveries and engineering.”

The summation of the direct and indirect costs of all elements make a final estimate summary, which is the contractor’s bid during the tender (Del Pico, 2013b). The process of the decomposition of the total scope of the project through a work breakdown structure was previously described and illustrate in figure 3.9. The bottom-up estimation from work packages unto total project costs is sketched in figure 3.11.

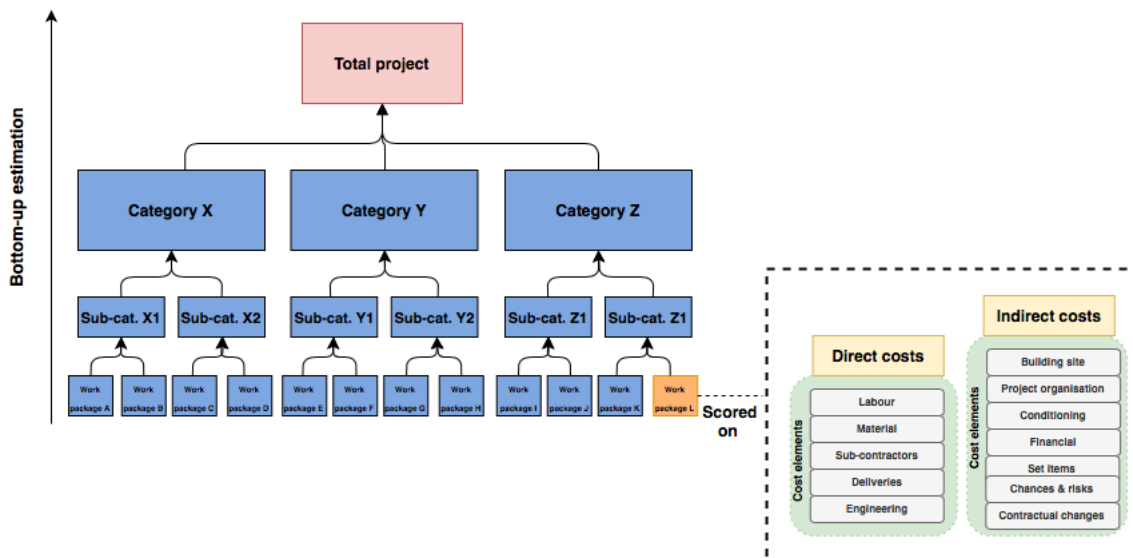


Figure 3.11: Bottom-up cost estimation (own illustration)

### 3.2.3. Budgeting

The next step in the cost management process is budgeting. The budgeting process starts with allocating the estimate summary into individual working budgets for responsible budget holders



of different cost elements and sub-elements. This is a top-down process (Hedeman & Riepma, 2019). Whether the working budgets are allocated to cost elements or cost sub-elements depends on the desired level of detail to monitor the costs. The following considerations are generally used to define the desired level of detail (Del Pico, 2013b):

- Tasks with a long duration require a higher level of detail/control
- Extremely labor-intensive tasks require a higher level of detail/control
- Tasks that are complex in construction require a higher level of detail/control

The types of cost elements distinguished within SSK are often standardized across projects. However, depending on the project type and project team preferences, the cost elements can be extended both vertically and horizontally. An example of the division of working budgets by using cost elements and cost sub-elements is shown in figure 3.12. A more detailed document of the standardized cost elements and cost sub-elements applied at projects of Dura Vermeer is described in Appendix A.

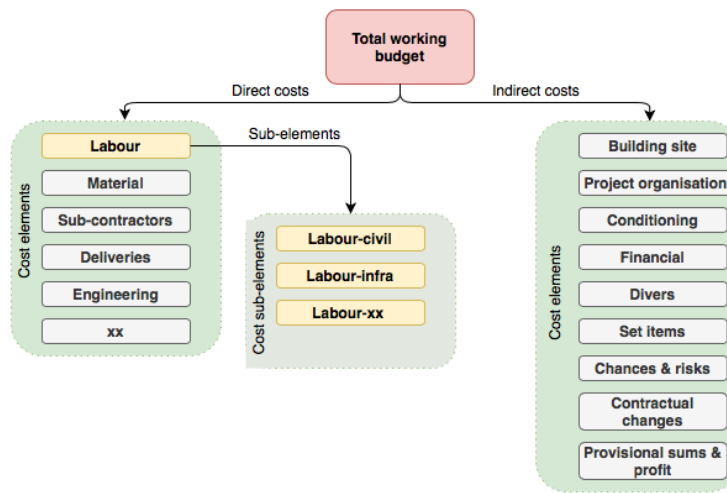


Figure 3.12: From total working budget to individual working budgets on cost elements and sub-elements (own illustration)

### 3.2.4. Cost control

After the budgets have been allocated, the next step in the cost management process is cost control. Cost control entails monitoring the costs that are made as well as undertaking action when the costs variate from the budgets (Olaoluwa, 2013; Nicolas & Steyn, 2012).

### 3.2.5. Cost management process in Design & Build projects

The steps of the cost management process described above assume a traditional contract agreement between client and contractor. Within Design & Build procured projects, this process is different. The first step, the cost estimation, is executed similarly. The contractor calculates the cost estimate in the tender as previously described (section 3.2.2.). Unlike in the traditional procured projects however, there is no design available to base this the cost estimate on (Ndekugri & Turner, 1994). This higher level of solution uncertainty goes hand in hand with a

lower cost estimate accuracy (Thompson & Perry, 1992; Flyvbjerg et al., 2018). Cost calculators or quantity surveyors of the contractor take this lower accuracy in consideration and consequently apply bandwidths.

After contract award, based on the fixed contract price, the contractor executes the budgeting step as described previously (section 3.2.3.). Thus, budgets are allocated to the responsible budget holders. However, different from the traditional procurement method, the next step is not cost control since the expenses required for constructing the design are unclear as the design is not yet detailed and finalized. The design keeps changing over time until it is finalized whilst the total project budget is fixed. Therefore, ongoing internal cost estimation is needed to keep track of the cost status of the developing design relative to the fixed budget.

### 3.2.6. Simplified cost management process in Design & Build projects

Within Design & Build procured projects, the cost estimate is calculated during the dynamic tender. The outcome is a tender cost estimate with an exact price. After contract award this cost estimate is converted into a working budget which serves as the fixed budget for the contractor to execute the project. After the detail design is created, the structure of the working budget is revised for construction purposes (see figure 3.13).

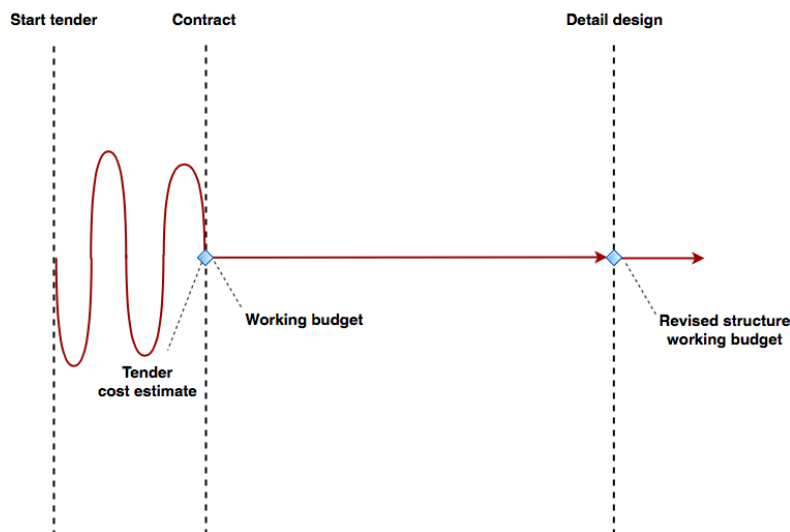


Figure 3.13: Cost management process of the contractor from tender until detail design (own illustration)

### 3.3. Simplified interaction between design and cost management in Design & Build projects

The design and cost management processes of the contractor in Design & Build projects are interdependent. Within the tender both the design and the cost estimation converge into a tender design with a corresponding price estimate in a dynamic way. After contract award, the project team further defines the design through a dynamic and iterative process, see the blue line in figure 3.14. The available budget, however, is fixed (red line). The grey surfaces represent the potential differences between the fixed working budget and the cost estimate of the developing

design at different timepoints in the design stage. Close interaction between both processes is required to determine these cost differences (grey surfaces) between both processes. After the detail design is created the working budget is revised, based on a far more accurate estimate of the cost of the design.

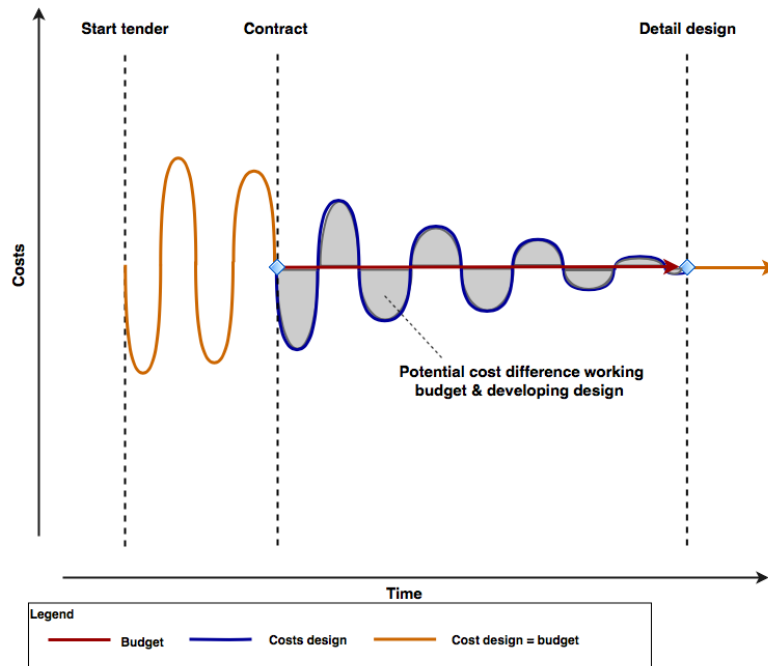


Figure 3.14: Combined design process and cost management from tender until detail design (own illustration)

To enable ongoing cost estimation and cost monitoring of the cost differences between the design and cost management processes in Design & Build projects, a more in-depth understanding is needed on the interaction between both processes.

### 3.4. Advanced interaction between design and cost management processes in Design & Build projects

In this section, the organizational and technical aspects of the interaction between the design and cost management processes of the contractor in Design & Build procured projects are described. Besides what has been described in earlier sections, very limited literature is available on the organizational and technical aspects of the interaction between the design and cost management processes. Therefore, data from the explorative interviews is utilized in the next section to provide extensive background information. Based on this literature and the explorative interviews, the theoretical framework is drawn up (figure 3.15).

#### 3.4.1. Organizational aspect of interaction

In earlier sections, the literature mostly focused on describing the different processes of designing and cost management. In this section, the emphasis is placed on the actors involved in the design and cost management processes in the organizational context.

The grey components in figure 3.15 represent the different actors who play a role during the tender and the design stage in the design and cost management processes.

**Cost calculators** and **tender designers** collaborate to propose a tender design with a corresponding cost estimate (interviewees, A, B, E, F, J). After contract award, the contractor's **project controller** converts the cost estimate into working budgets (interviewees A, B, C, E, H, I, J, K,). He provides the **work planners** with individual working budgets for their own discipline (interviewees A, B, C, E, H, I, J, K).

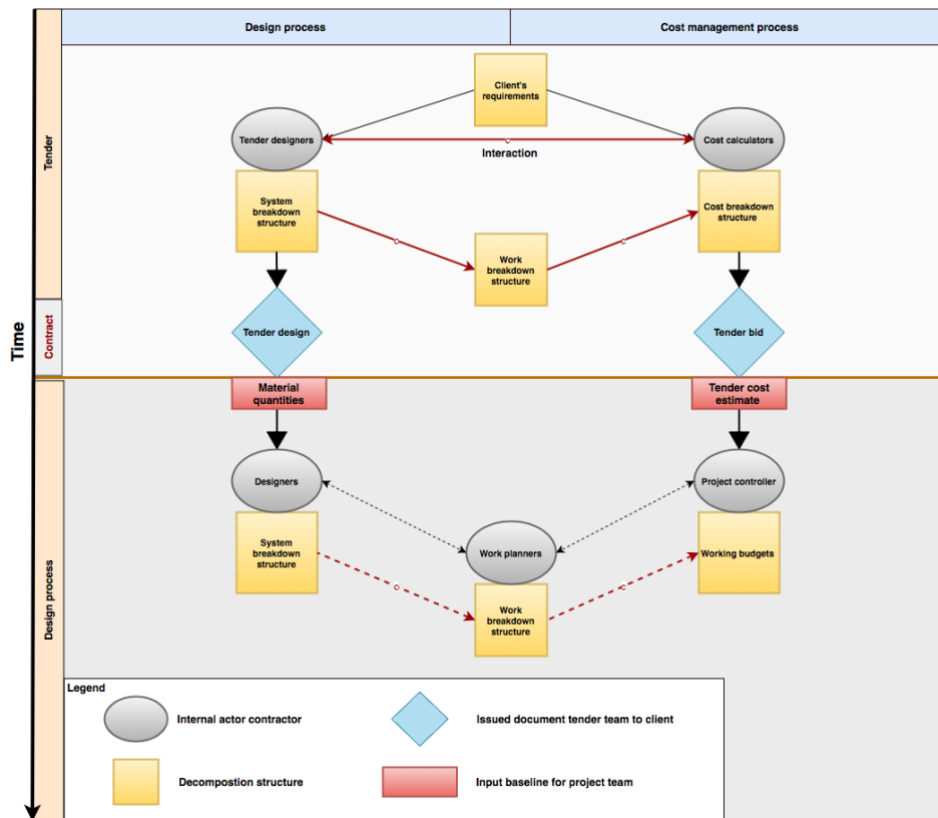


Figure 3.15: Actor and information dependencies contract Design & Build projects (own illustration)

The literature does not describe a standard structure to communicate background information between the cost and design actors of the tender and the cost and design actors of the design stage. It indicates that it is project dependent to what extent background information of the cost estimate is communicated from the cost calculator to the project controller. Neither is there a general guideline described in literature for communicating background information on material quantities from tender designers onto the design disciplines after contract award. A lack of background information on the cost estimate and material quantity baselines might complicate the detection of variations from these baselines in the design stage.

**Proposition I:** *Structured communication of background information of the tender cost estimate and tender material quantities, increases the possibility to detect differences from the baselines in the design stage and thus improves cost insights.*

### 3.4.2. Technical aspect of interaction

In this section, the emphasis is placed on the technical aspects of the interaction between the design and cost management actors in more depth. The yellow blocks in figure 3.15 represent the breakdown structures that are used by the different actors within their profession.

Cost calculators and tender designers interact before contract award to develop a tender design that meets the client's requirements (interviewees, A, B, E, F, J). Designers assess the required material quantities of their design by decomposing the project, a system breakdown structure (Lester, 2014). Cost calculators take these required resources as input for the composition of their cost breakdown structure, which is similar to the work breakdown structure previously described (section 3.2.2.) (interviewees A, B, G, J). During this process, Cost calculators advise the tender designers on adjusting their design, and thus the use of certain materials, when they see opportunities for reducing costs (interviewees A, B, G, J).

After contract award, changes from the tender design appear during the process of creating the detail design. These changes inevitably lead to consequences for the content of the system breakdown structure, possibly at several decomposition levels. These modifications also have consequences for content of the work breakdown structure as the required activities for constructing the 'object', also change (Williams, 1999; Nicholas & Steyn, 2012). As previously described (section 3.2.2.), the cost breakdown structure is built bottom-up, using the work packages of the work breakdown structure as the lowest level foundation. Thus, adjustments of the work breakdown structure unavoidably have consequences on the content of the cost breakdown structure, and thus having an impact on the foundation of the cost estimate (Nicholas & Steyn, 2012). The extent and the position of these cost consequences are hard to determine as the modifications of the system breakdown structure do not necessarily mean modifications of single work packages of the work breakdown structure. Thus, consequences for the cost breakdown structure cannot be easily determined.

Moreover, the cost consequences of a changing system breakdown structure are also difficult to determine, as costs of the cost breakdown structure are bundled in cost elements, often on a high abstraction level, when creating the working budget after contract award (Nicholas & Steyn, 2012).

**Proposition II:** *Integrity between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, simplifies cost estimation in the design stage and thereby simplifies updating the working budget.*

## 4. Case study research

The literature study indicated the different complications between the design and cost management process of the contractor that frustrate accurate cost estimation and cost monitoring during the design stage. Structured communication of background information of the tender cost estimate and the material quantities, as well as integrality between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the cost breakdown structure has been proposed as solutions to solve these complications.

Currently, knowledge about the cost estimation and cost monitoring of the contractor in practice is limited. Moreover, there is unclarity on the misalignments between the design process, and cost estimation and cost monitoring processes in terms of actors' responsibilities and information sharing in practice. To provide clarity on these topics and answer research sub-questions 4 and 5, a case study research is executed. The findings from the case study will serve as the foundation of the recommended framework, which has as goal to improve the alignment between the design and cost management process and thereby provide increased cost transparency during the design stage.

As previously described (section 2.2.2), this research features a multiple case study in comparison to a single case study to increase robustness of conclusions (Yin, 2014). The cases are selected based on predefined criteria to guarantee comparability and reach robust conclusions (section 4.2.1).

### 4.1. Case study design

The case study is executed in three phases (figure 3.16):

1. Design phase
2. Individual case analysis phase
3. Cross-case analysis and conclusion phase

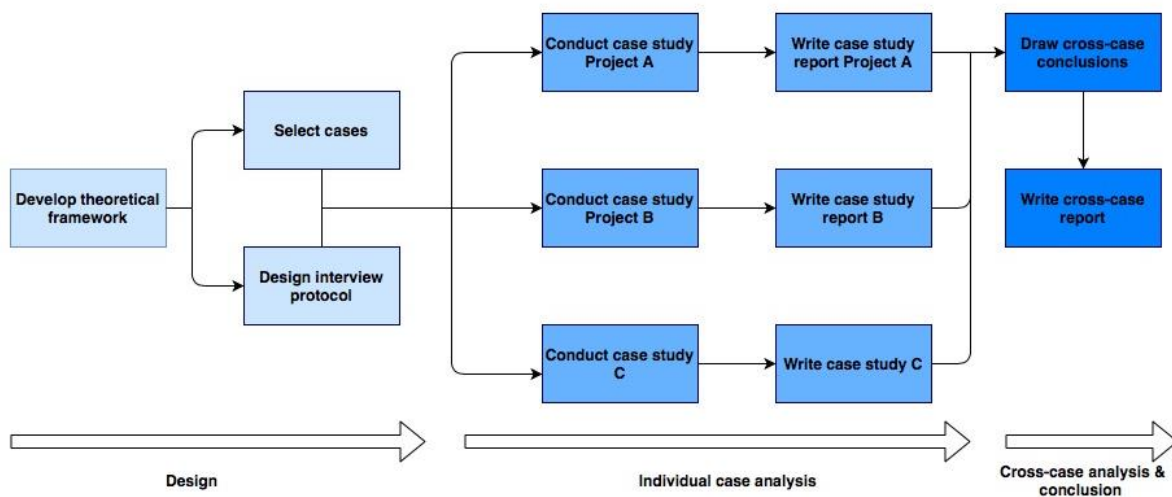


Figure 3.16: Case study set-up (own illustration)

## **Phase I: Design**

The findings of the literature study serve as the foundation of the case study design phase. The first step in the design phase is the selection of appropriate cases. Employees of Dura Vermeer proposed suitable projects of which three are selected through a selection process described in section 4.2.1. Simultaneously, the interview protocol for the case study is developed.

## **Phase II: Individual case analysis**

The individual case analysis phase consists of two steps. Firstly, individual case studies are conducted for the three selected projects by interviewing key actors of these projects, using the interview protocol (Appendix B). Secondly, based on the gathered data from the interviews, individual case study analyses are performed. The findings are described in three individual case study reports.

## **Phase III: Cross-case analysis and conclusion**

In the third phase, all three individual case study findings are compared in the cross-case analysis. The main goal of the cross-case analysis is converting the individual case study findings into generalized conclusions. The individual cases are systematically compared on similarities and differences (Yin, 2011) by scoring them individually on different themes (see table 5.5).

## **4.2. Phase I: Design**

In this section the first phase of the case study is described. The two main activities are the case study selection (4.2.2. and 4.2.1.) and the context for data collection using an interview protocol (4.2.3. until 4.2.6).

### **4.2.1. Case study selection process**

This research is performed in conjunction with Dura Vermeer Infrastructure Landelijke Projecten (DVILP). DVILP is specialized in executing Dutch national infrastructure projects.

Participating in a tender requires significant financial and physical resources of DVILP. Although losing tenderers are often partly compensated financially, in the likely event that DVILP does not get awarded the contract, DVILP still suffers from substantial losses. Furthermore, if DVILP does get awarded the contract, executing a project also requires major financial and physical resources. Thus, DVILP carefully considers before participating in tenders. Employees of Dura Vermeer advised on the suitability of the limited number of ongoing projects to include in the case study selection process. These projects are eventually reduced to three projects by scoring them on predefined criteria described hereafter.

### **Contract price**

A contract price between €10-50 million is preferred. The majority of Dutch infrastructure projects contain a contract price between €10-50 million, and cope with both internal and external dependencies. Infrastructure projects with much higher contract prices generally contain

a considerably higher influence of external dependencies (Chan & Suen, 2005). Since the goal of this research is to improve internal processes (cost estimation and cost monitoring), a large influence of external factors may lead to unnecessary complications.

### **Procurement and contract type**

The selected cases are required to be Design & Build procured projects and based on UAV-GC contract terms. The goal of this research is to improve the cost estimation and cost monitoring processes of the contractor based on an undeveloped design. This is the case for Design & Build procured projects that are based on UAV-GC contract terms.

### **Type of project**

Renovation projects are not preferred since the dynamics of cost estimating differs because the design is already partly present. Moreover, the total cost management process differs from non-renovation projects since depreciation plays an important role in renovation projects.

### **Various disciplines**

The selected cases are required to contain different disciplines. One of the factors complicating design and cost management on big infrastructure projects is the fact that proper collaboration and alignment between the various disciplines is highly challenging. The presence of various disciplines guarantees a dynamic, iterative character of the projects, representing the natural environment of construction projects.

### **Main contractor structure**

Projects with more than one main contractor who apply strict scope demarcations are undesirable as integral designing and cost management is absent. DVILP often executes projects in collaboration with other main contractors by establishing a new legal entity: a 'bouwcombinatie'. Within 'bouwcombinaties' a critical decision is made on whether all involved contractors are collaborating integrally or are responsible for their demarcated scope.

### **Design status**

The design stage should be (nearly) finished to be able to evaluate the design and cost management process.

### **Access to actors and information**

Access to key actors and documents for the researcher is required in all the selected cases.

The five proposed projects by employees of Dura Vermeer are scored on the predefined criteria, described earlier (table 4.1).

*Table 4.1: Potential projects and selection criteria for case study*



Criterion → Project ↓	Contract price (million euro)	Procurement method/ contract	Renovation project	Disciplines	Main contractor structure	Design status	Access to interviewees and information
Project A	43,3	Design & Build; UAV-GC	No	Civil, infra	Dura Vermeer	Finished	Yes
Project B	28,2	Design & Build; UAV-GC	No	Civil, Infra	Dura Vermeer	Nearly finished	Yes
Project C	83,3	Engineering & Construct; UAV-GC	No	Civil, Infra	Dura Vermeer & contractor X (no individual scope demarcation)	Finished	Yes
Project D	2,22	FIDIC Yellow	No	Civil, Infra	Dura Vermeer	Finished	Yes
Project E	35	Design & Build; UAV-GC	Partly	Civil, Infra	Dura Vermeer, contractor Y, contractor Z & contractor G (scope demarcation)	Detail design	Yes

#### 4.2.2. Selected cases

Projects A and B were the only two projects that scored perfectly on all the predefined criteria and were thus selected for the case study. Project C was selected based on the following line of reasoning:

Project C scored negative on the second criterion as it was procured through an Engineering & Construct procurement method. The client had predeveloped its design at a relatively detailed level before the ‘bouwcombinatie’ Dura Vermeer-contractor X got awarded the contract. Based on this design, Dura Vermeer-contractor X calculated its tender cost estimate.

However, after contract award, the ‘bouwcombinatie’ became fully responsible for any shortcoming and additional costs of the client’s predeveloped design. Thus, although the client issued a predeveloped design, Dura Vermeer-contractor X still had to critically assess the costs for the design to prevent cost overruns. Furthermore, the client’s design of the infrastructure aspects of project C contained many errors which were discovered after contract. Therefore, Dura Vermeer-contractor X rigorously adjusted this design and conducted a new cost estimate. Thus, one can argue that although Dura Vermeer-contractor X received a predeveloped design, their process of cost estimating and designing did not differ significantly from Design & Build procured projects as Dura Vermeer-contractor X intensively changed the design, within a fixed budget.

#### 4.2.3. Data collection

The case study data is gathered through interviews with key actors involved in the design and cost management processes in the selected projects (table 4.2). The interviews have been conducted between March and April 2020 with the following actors per project:

- 1) Project manager
- 2) Design manager/leader
- 3) Work planner
- 4) Project controller

As shown in table 4.2, the data of the individual case studies are collected independently and in parallel. This is of utmost importance to later perform a reliable cross-case analysis (Yin, 2013).

Table 4.2: List of interviewees per project

Interview number	Project	Job description	Date interview
1	Project A	Project manager	13-03-2020
2	Project A	Design manager	11-03-2020
3	Project A	Work planner	20-03-2020
4	Project A	Project controller	17-03-2020
5	Project B	Project manager	25-03-2020
6	Project B	Design manager	13-03-2020
7	Project B	Work planner	06-03-2020
8	Project B	Project controller	06-03-2020
9	Project C	Project manager	19-03-2020
10	Project C	Design leader	10-04-2020
11	Project C	Work planner	19-03-2020
12	Project C	Project controller	25-03-2020

#### 4.2.4. Semi-structured interviews

In total, twelve semi-structured interviews have been conducted (table 4.2) to obtain knowledge concerning the design and cost management processes and their interaction (Evers, 2015). The majority of the interviews were executed face-to-face, to create a confidential and safe environment for the interviewees to honestly speak their mind and provide the interviewer access to sensible information (Evers, 2015; Yin, 2014). Due to COVID-19 measures four interviews have taken place virtually. Although the interviews were semi-structured to ensure valuable data that could be compared to the findings from the literature study, the interviewees had the opportunity to openly share their thoughts related to these topics. This prevented the interviewer from missing important and valuable context. The interviewer exclusively asked open questions to avoid 'yes' or 'no' answers.

#### 4.2.5. Interview protocol

An interview protocol was used by the interviewer to guide the semi-structured interviews (full protocol in Appendix B). The protocol contained the following general facets:

- 1. Introduction**
  - Introduction interviewer
  - Introduction research
  - Goal interview and confidentiality
- 2. Introductory questions**
  - Job description interviewee
  - Role interviewee in the project
- 3. Questions on design process**
  - (Information) transfer tender
  - Formal and informal information exchange actors
  - Collaboration between interviewee and other project actors
  - Involvement interviewee in design and cost management processes
- 4. Closing questions and remarks**

#### 4.2.6. Validation of interview data

After each individual interview, the full interview transcript was sent to the interviewee in case corrections and adjustments were desired. Only after possible corrections and adjustments, the individual cases were analyzed.

### 4.3. Phase II and Phase III: Individual and cross-case analyses

Phase II contains the individual case studies. Since the findings of the individual case analyses are created through interpretation of the interviewer, the following steps were precomposed to make this process as constant and transparent possible (Yin, 2003):

**Step 1:** Based on the data of the individual interviews, an Excel scheme is composed including certain general and recurring themes.

**Step 2:** The input and observations from the individual interviews are listed per theme.

**Step 3:** Predominant findings are formulated per theme for the individual cases. These findings are generally determined by applying the following guidelines:

- In case two interviewees provide a similar answer to a question, it is reasonable that it is true: this is called 'soft' evidence.
- In case three or four interviewees provide similar answers to a question, it is highly reasonable that it is true: this is called 'hard' evidence.
- There is one exception to these guidelines: In case only one interviewee mentions something without leaving room for interpretation, it is assumed to be a fact. An example of such a statement could be:

*'Design Manager: I was only in contact with the project controller on the engineering budget'*

**Step 4:** Individual case study reports are created based on 'soft' and 'hard' evidence findings (sections 5.1.1-5.1.3.).

In phase III, the individual case study findings are compared through cross-case analysis, which is an applicable method for a multiple case study research. The similarities and differences of the individual case study findings are structurally compared in an excel scheme on the recurring themes of the individual case analyses (table 5.5.).

## 5. Case study findings

The case study contained three individual cases which were analyzed by interpreting the data from the interviews. The individual case study findings have been compared in the cross-case analysis. The following steps have been taken:

1. Individual interviews (appendix D) are analyzed based on the information per theme in Excel.
2. Individual case reports are written based on input from all interviewees per theme (tables 5.1, 5.2 and 5.4).
3. Cross-case analysis is performed by comparing individual case reports (section 5.4, table 5.5.).

### 5.1. Project A

A Dutch province publicly tendered project A based on 'functional requirements'. Contractors submitted their bid, in line with the Design & Build project delivery method. On the 22<sup>nd</sup> of December 2017, Dura Vermeer was awarded the contract for a price of approximately €42 million. Dura Vermeer became responsible for the total project costs, except for additional work and costs for client's requests of changes, not part of the contract scope.

The project consisted of the restructuring, maintenance and renovation of two connected provincial roads (road A1 and road A2) between two cities. The main activity concerning the road A2 trajectory was the renewal of the asphalt. The activities concerning the road A1 trajectory were more various and more complex. Besides the renewal of the asphalt, roundabouts and intersections have been (re-)constructed to improve the traffic flow. Two other significant activities regarding the road A1 trajectory were the renewal of two bridges, which were demolished and entirely re-build at the same geographical location. A major requirement was that both road traffic and naval traffic had to be able to pass during the demolition and re-building of the bridges. Therefore, Dura Vermeer had to place two temporary mobile bridges that enabled the traffic during demolition.

#### 5.1.1. Tender information hand-over

The project manager stated that it was essential that the project team worked within the assumptions and financial data that formed the basis of the tender cost estimate. Both the project manager and the design manager had first-hand background information of the tender as they were shifted from tender to project team (figure 5.1). Nevertheless, they have been unable to inform the project team properly on important tender assumptions such as the tender cost estimate and the tender design.

Firstly, the design manager mentioned that he was unaware of how material quantities of the tender design and tender cost estimate had been transferred to the project team after contract award. Secondly, the work planner from the project team stated that he did not receive a proper information hand-over on cost assumptions of the tender cost estimate. Thirdly, the project

controller said that the background of the tender cost estimate had not been actively communicated towards him.

### 5.1.2. (Cost) knowledge designers

The designers were entirely dependent at project A on guidance by other actors to make sure their design solution remained within the predefined construction budget.

The design manager was responsible for managing the different design disciplines in creating the design, after contract award. The primary responsibility for them was to meet the client's requirements. To structure the information, designers subdivided the total project scope into physical objects.

All interviewees stated that the designers did have an idea that costs proportionally increase when the use of materials in the design increases. However, they were not able to estimate the actual costs to construct their design on-site. The main reason was that designers could not judge costs and applicability of 'working methods' and 'phasing order' in the design. This knowledge was available at other actors such as work planners. The importance and contribution of these costs are shown in the following quote.

*Design manager: "Designers lack knowledge on 'phasing'. Optimizing a design only based on quantities will not earn money as the way the design is build the most important money factor"*

Another observation is that although the designers were not able to estimate the actual costs for constructing their design, they have also not been made aware of how the working budgets for the construction on-site were structured.

### 5.1.3. Interaction design & work planning

The work planner from the infra discipline participated from early on in the design stage to provide essential information to the design team on the constructability and 'phasing orders'. The allocation of both work planners and designers in one building (figure 5.2) enabled immediate feedback from work planner to design, and smoothed information requests from work planning to design, for purchasing and procuring purposes. Thus, having both designers and planners available from the start and at the same location have been essential to incorporate both technical robustness and practical robustness in the design.

The personalities of both the designers and the work planner have also smoothed their collaboration. The work planner at the project A was driven to reflect on the design and, the designers were open to receive and request 'practical' feedback.

Besides the 'informal' and daily interaction, design organized review rounds with work planning to judge the constructability of the design. Although these formal checks were of value, the project manager, design manager and work manager stated that these review rounds did not prevent unnecessary redesigning and said that adjusting and optimizing the design should be done daily and not solely after 'formal' checkpoints. Informal meetings have not been a proper

replacement for ongoing interaction between design and work planners. Remarkably, none of the actors has mentioned the absence of the factor 'cost' in the formal review rounds.

This lack of focus on costs revealed itself through a major cost overrun, exposed after the design of the first temporary mobile bridge was created. Although the interviewees did state that collaboration between work planning and design went well, costs were not actively tracked in this process. The design of the first temporary mobile bridge brought substantial challenges in terms of constructability. Only after the design was (nearly) finished, a cost overrun of 1 million euros was discovered, which implies that the cost status of the design had not been measured throughout the design. Two aspects have contributed to this. Firstly, cost estimates were not created for all design decisions. Secondly, the project controller stated that some project aspects were not included during tendering and budgeting, like dredging work for the temporary ship docks. This caused unclarity and inaccuracy of the budget baselines to which cost estimates could have been compared to.

#### 5.1.4. Cost estimation and monitoring responsibility

After contract award, the tender cost estimate was transferred towards the project controller and functioned as the total working budget to fulfil the project. The tender cost estimate was very detailed, and decomposed, particularly based on objects. This object-based structure was converted into individual working budgets, distributed on cost items. This was administered by the project controller in Metacom, the monitoring system of Dura Vermeer.

Although (almost) no expenses were made during designing, design decisions caused changes in cost estimates, relative to the predefined working budgets. At the project A, it was challenging to acquire accurate and integral cost estimates of the design in development and to compare these with the working budgets. The reasons are described underneath.

Work planners have agreed with the project controller take responsibility for keeping track of the costs for the design of their discipline, in Excel sheets. The work planners received the working budget for their discipline from the project controller (figure 5.3) They ought to be able to detect differences between their working budget and accurate cost estimates of the developing design. Both the project controller and project manager were under the assumption that the work planners were also responsible for providing up to date cost estimates to the project controller. Based on these estimates, the project controller would then be able to obtain awareness on where the integral design was financially heading towards. The project controller was not actively involved in the design stage, neither was he educated to estimate accurate costs of the design. Thus, to retain this overall and integral accurate cost status of the project in Metacom, the project controller was 100% dependent on correct and accurate cost information from the individual work planners.

Although work planners did mutually communicate the cost consequences of design changes for other disciplines, it is doubtful whether their cost estimates were complete, accurate and reliable. An example is the fact that the infra work planner did formally spread his budget into

several sub-budgets for monitoring purposes. However, his main concern was staying within his budget to achieve a positive result, instead of actually keeping track of reliable cost estimates and compare this with his budget, regardless of the desired outcome. Moreover, the project controller stated that work planners have mainly estimated and communicated cost consequences for bigger design changes, sometimes in collaboration with the cost calculator from the tender. An example is the cost estimation for the design of the shortened temporary bridge. This resulted in less work for constructing the bridge (civil) whilst more work was allocated for bituminizing the road towards the bridge (infra). In this case, after re-estimation of the costs, the budgets of civil and infra were integrally re-allocated by the project controller after input from work planning, without adjusting the working budget in Metacom. However, not all costs for design changes have been estimated by work planning and communicated to the project controller. This meant that only part of their cost estimates was presented to the project controller. The project controller stated that he had no reliable and overall overview of the difference between the prognosed costs and the predefined working budget.

Furthermore, designers have neither communicated all their design decisions towards work planning as they were not aware that these choices had cost consequences. Thus, it can be questioned whether the work planners could have a reliable, accurate and integral overview of the cost status of the design relative to their working budget and thus were able to provide this to the project controller.

#### 5.1.5. Conclusions

Several conclusions can be drawn from the observations of the project A. First of all, the transfer of two key actors from the tender team towards the project team has not resulted in the transfer of clear baselines from the tender to the project team. Neither has the project team been able nor actively triggered to derive these baselines from the tender cost estimate and tender design. This absence complicate comparison between the design status and the baselines.

Secondly, the designers were entirely dependent on cost steering of other actors from the project team to create a design that remained within the budget for construction. Although they were able to optimize the design by reducing material quantities, they did not know the exact costs for them. Moreover, they could not judge (changes) of construction costs and the integral cost consequences of their design decisions.

The fact that both work planning and design worked from the same building stimulated a proper and 'daily' focus on both technical and constructability requirements of the design. Although formal checks were desirable, daily interaction was the most important factor to align design and work planning. However, the focus on constantly aligning cost estimates to collaborative design decisions lacked. Big design decisions have been re-estimated and communicated to the project controller. Nevertheless, the cost estimation of small design choices was not actively performed by work planning. The work planners were not incentivized to re-estimate all design choices and they neither provided the project controller those estimates. Moreover, apparently, designers

did not feel the urge nor were incentivized to communicate all design choices to the work planners. Thus, there has not been a clear point of responsibility for monitoring the integral costs of the project during the design phase. Neither the project controller nor work planners were able to provide insights in cost developments on a higher and overall project level.

Table 5.1: Data individual case analysis Project A

Scope	Theme	Subject	Project A				Overall
			Project manager	Design Manager	Work planner	Project controller	
Tender information handover	Team composition	I have had no contact with the tender team. I have received the cost estimation 'over the fence'	A couple of actors from the tender team have been transferred to the project team, including me. We could aim for more overlap on members but that is a utopia due to availability	The tender team mainly consisted of designers and cost calculators. Little knowledge from actors of the project team with practical knowledge included in tender.	Not mentioned	Project manager and design manager were transferred from tender to project team.	
	Information transfer	Choices and decisions made in tender should steer the project team when designing. When going into detail at a certain aspect, money can be saved while it costs extra money at another aspect and results in an overall loss.	I have no clear view on how the information handover went and how baselines were transferred	Information from tender is often based on theoretical knowledge. The information we get lacks practical input from work planners	I have had no contact with the tender team. I have received the tender cost estimate 'over the fence'	Although it is important to inform the project team on tender assumptions, this has not been properly done. This leads to unclarity of baselines	
Expertise actors	Knowledge designers	1. Have no knowledge of practical building costs 2. Are not up to date on working budgets	1. Do have a general idea of material quantities of design 2. Have no knowledge of practical building costs 3. Have no knowledge on work methods and 'phasing' 4. Focus on individual physical aspects	1. Do not know the costs of materials 2. Focus on individual physical aspects	1. Have no knowledge of practical building costs 2. Have no knowledge of work methods and 'phasing' 3. Are not up to date on working budgets 4. Focus on individual physical aspects	1. Have no knowledge of practical building costs 2. Are not up to date on working budgets 3. Focus on individual physical aspects 4. Have no knowledge of work methods and 'phasing'	
	Knowledge project controllers	Not mentioned	Project controller is sort of an accountant and in my eyes cannot play a central role in cost monitoring during design	Not mentioned	Project controller is totally dependent on input from work planning.	Cost control is currently dependent on input for monitoring	
Interaction actors	Design and work planning	Informal interaction	Work planning needs to actively be involved in the design process to contribute to challenges such as detailing, constructability, time, place and provisions. This is steered per discipline. Redesigning later on is not possible so collective interaction is required	Work planning was able to provide immediate feedback and request information as both design and work planning worked from the same location. I actively communicated with the work planner.	Design need to gain input on constructability from work planning so it is better when work planning participates early on in the process to provide feedback on the design	Almost all design decisions are done through collaboration between design and work planning	Input from work planning is essential early on in the design process and on a daily basis to ensure the constructability of the design.
		Formal interaction	The integral interaction is steered through project meetings where we look at aligning interfaces	Design send a work planning a design nota after detail design. Only doing this after detail design is not enough as redesigning is not an option	Not mentioned	Not mentioned	Several formal meetings were organized to align disciplines and interfaces
		Physical allocation	Work planning and design should sit next to each other to interact constantly	Daily interaction stimulated constant interaction which is harder when working with an external design company	Daily interaction is not required but frequent meeting are. This is stimulated by the fact that we were working from the same building	Not mentioned	Frequent (preferably daily) interaction smoothens collaboration between work planning and design
	Design and project controller	Overall interaction	Not mentioned	I only had contact with the project controller on the engineering budget	The project controller only controls the engineering budget	Only interaction on engineering budget	Project controller and design manager only had contact about engineering budget
	Work planning and project controller	1. Cost control communicated with work planning to know delta and to keep an overview 2. Request of changes are constantly updated in working budget, but internal changes are only updated after detail design	1. Cost communication always goes from cost control through work planning. 2. In my eyes project controller is sort of an accountant 3. Work planning was calculating design choices on this project	1. Only after we have the design is finished and we have purchased materials the project controller started participating and control budgets. 2. I do not know how project controller controls cost in design phase. I think he only does this on the engineering budget	I am 100% dependent on work planning to determine delta's from working budgets. Only big design changes have been communicated to me and not smaller design changes. Metacom is not friendly in use to adjust budgets on a daily basis	1. Work planning calculated design choices during design process 2. Role of project controller in acquiring cost status not clear 3. Metacom is not friendly for adjusting working budget on a daily basis	
Cost estimation and monitoring	Working budgets	Structure	Tender budgets are converted in working budgets. This is not updated until detail design is finished	Not mentioned	I have agreed with project controller to encrypt the working budget. We have not actively adjusted this during the design process	Calculation estimate is based on aspects which we have converted into working budgets on cost items. These working budgets are encrypted. For civil we have made the decision to rearrange this working budget during the design phase as we made a major design decision.	Working budget after contract award were encrypted in Metacom for the infra discipline.
		Responsibility	Project controller communicated with work planning what the deltas are compared to the working budgets but does not mutate. Work planning monitor in Excel sheets per discipline.	Not mentioned	I have been responsible during the design process for monitoring my discipline based on the encrypted working budget. The project controller in my eyes participates when execution starts	Work planning is responsible for monitoring cost consequences during the design process and to update me when costs need to be adjusted. They have informed me on this when the bridge A became smaller. However, they have not informed me actively during smaller design choices.	Work planner has monitored cost of design during design process. There has not been uniformity on when and how he provided cost estimate updates to project controller



		<b>Integrity</b>	Work planning monitors per discipline and communicated this to project controller who has the overall view. Input however needs to be 100% correct and which is questionable.	Designers do not communicate all their choices as they are not cost conscious on this, this is dangerous.	I have communicated with the other disciplines to adjust budgets through excel. It does not really matter how the costs are divided, as long as the final amount is right.	The working budget in Metacom represents the integral cost overview. I can mutate working budgets in Metacom based on recalculation input from work planning. I generally determine delta's.	<b>Project controller is dependent on input to determine integral cost status. Integral cost estimates are not always communicated nor reliable</b>
		<b>Focus on cost estimation during designing</b>	The first temporary bridge was difficult to design due to the strict requirement that it had to be mobile. During designing we were mainly focused on the technical and constructible part. Only after the design was ready a cost overrun of around 1 million euro for this project part became visible. After this financial disaster we decided to optimize the second bridge and constantly align costs to the design.	Not mentioned	We often experience that the design is not yet ready whilst we have to start outside. We then miss small but very important details which can be very costly	We experience big problems when aspects have not been estimated in the tender, resulting in no budget for them. We then do not know what the loss is so the monitoring baseline(s) is not clear.	<b>Underestimation and non-inclusion of aspects before designing have occurred, leading to no proper baseline to compare the design with. Moreover, the design of the bridge has not been re-estimated on costs during the design process.</b>

## 5.2. Project B

A Dutch Province publicly tendered the infrastructure project B. Based on 'functional requirements' and a reference design, contractors placed their price bid through a Design & Build project delivery method. On the 3<sup>rd</sup> of May 2019, Dura Vermeer was awarded the contract for a price of approximately 28 million. After being awarded, Dura Vermeer became responsible for the total project costs except for additional work and for costs of client's requests of changes, not part of the contracted scope. Project B consists of the development of a high-quality public transportation connection between cities A, B and C. Several main activities are distinguished in this project:

- The N-B trajectory is downgraded from 2 private lanes to 1 private lane per driving direction. The released space between both driving directions is restructured into an isolated lane for public bus transport. Moreover, several roundabouts within this trajectory are arranged to enable the direct crossing of public busses without hindrance from the private traffic.
- The local infrastructure around cities B and C is renovated to improve the livability, accessibility and safety.
- Several civil objects were renovated or newly constructed.

### 5.2.1. Tender information hand-over

No one from the tender team was transferred to the project team after contract award, thus no members of the project team had first-hand tender background information (figure 5.4). On top of that, they did not receive a proper informal hand-over and were mainly dependent on transferred documents, including the tender cost estimate and the reference design.

During the tender, the summary of the costs for all the project's aspects was summarized in an end sheet. This summary was the end-product of all bottom-up calculated individual and detailed calculation sheets. Some parts of the end sheet were very hard to interpret for the project team as alignment between the end sheet and the individual sheets was unclear. For example, certain cost items were divided or merged between these sheets without clarification. Another reason for the ambiguity of the end sheet was because certain costs for project aspects were added to the end sheet at the end of the design period. These costs were not supported by the detailed individual sheet, which confused. Both causes resulted in unclarity on tender assumptions and trade-offs for the project team.

*Design manager: During the end of the tender an optimization has been done of 200.000 euro, steered by the management. However, we were not able to track where these optimizations were originated from.*

The civil part of the tender cost estimate was easier to interpret because quantities were easier to derive from these 'point objects' with relatively straightforward unit measures.

Also, material quantities from the tender cost estimate of the infra part were hard to derive for the design team. This meant that they lacked baselines for material quantities. Thus, material

quantities derived from design decisions after contract award could hardly be compared to the tender 'baseline' as this was missing.

The project manager stated that the minimal information transfer from the tender manager to him, did not provide him with enough background on choices made, to steer the project team on baselines. Also, the work planner mentioned that he was inadequately able to compare cost fluctuations between the tender and the design as he was not sufficiently aware of tender background and baselines.

### 5.2.2. (Cost) knowledge designers

Designers at project B were unable to adequately determine the financial consequences of design choices. At the civil discipline, designers were able to define changing material quantities corresponding with their design choices. However, they were not able to estimate cost consequences for these changes as they did not know the prices of materials nor the costs for constructing their design on-site.

Moreover, at project B, designers were not aware of the working budget structure as they have not been informed, neither have they actively asked for this. The design manager's opinion was that designers had been more cost-responsible during designing when they had been informed on the working budgets. An additional factor that complicated the involvement of costs in the design, was the outsourcing of the design for the civil discipline to an external company. The work planner of the civil discipline's task was to steer these external designers, based on his know-how on expenses required to construct their design.

### 5.2.3. Interaction design & work planning

The work planner from the civil discipline participated from the start of the design to steer the design team on practical issues such as 'phasing orders'. One of project manager's motivations to include the work planner from early on was because he expected the external company to be less focused on costs. It is important to note that the external company worked from the same building as the project team (figure 5.5), which facilitate the work planner to daily steer on both constructability and costs (see example quote)

***Work planner:** We have requested quotes for both sloping and perpendicular diving constructions to choose the cheapest option. However, design pointed out that the requirements from the client stated that we had to construct a sloping diving construction.*

#### 5.2.4. Cost estimation and monitoring responsibility

After contract award, the tender cost estimate was shifted onto the project controller for monitoring purposes in Metacom.

The civil work planner has been assigned the working budget for his discipline, after agreeing with the project controller (figure 5.6) This personal budget was his baseline to which he had to compare cost estimates of the design, in Excel. The main concern of the work planner was staying within his budget. Contrary to the work planners, the project controller did not participate in the design stage, neither was he involved in (re)calculating costs of the design. The project controller had no belief that accurate cost estimates could be established during the dynamic design process, until detail design. The project controller, therefore, consciously kept a distance from monitoring until the detail design was created.

The work planner tried to compensate expected overruns on certain aspects by optimizing on other aspects. Remarkably, the work planner stated that he did not actively focus on determining accurate cost estimate and compare these with the (individual) working budget baselines. He expected the project manager to retain this overview. However, the project manager mentioned that although the management of Dura Vermeer was pushing on receiving accurate cost estimates, he was having a hard time to deliver these, neither was it his priority. The project manager's opinion was that putting effort in motivating project team members to include cost-consciousness in all their decisions, was more cost-effective and does not demand critical time and costs for constantly estimating and comparing costs for design decisions with the baselines. Thus, although the project team at project B was stimulated to incorporate costs in their decisions, accurate cost estimates of these decisions were not frequently nor integrally made.

The shortcoming and difficulty of constantly aligning costs to design decisions was exposed during the performed gate reviews at project B. These were organized at several major milestones throughout the design stage. During these reviews, the status of the project was discussed on several aspects, including costs. After the first gate review, the overall conclusion was that the reference design of the client had to be critically assessed for 3 months because as the client's strict requirements were to be constructible in practice. After the assessment, the material quantities were re-estimated and updated by the design teams.

However, during the next gate review on the 6<sup>th</sup> of March, after the detail design was finished, it came to light that the costs for the design were not properly re-estimated during the design stage. Thus, an accurate cost status was missing. After this conclusion, the design of the project was put on hold for nearly three weeks to estimate both the direct and indirect costs status of the design. According to the project manager, it was the first time that they had officially and integrally compared the costs of the design with tender cost estimate. It was a major step in obtaining insights on where the project was financially heading compared to the working budget.

### 5.2.5. Conclusions

Several conclusions can be drawn from the observations of project B. First of all, the tender cost estimate was tough to interpret for all project team members, and they have not received a proper hand-over from the tender team. Especially for the infra design team, the material quantities were hard to derive from the tender documents. Work planners also had a hard time to derive proper cost information to use as baselines throughout the design phase.

Secondly, the collaboration on both big and small design decisions between design and work planning went well although an external company was responsible for the design of the civil part. An explanation that the interaction went well was that the external design company was working from the same building, which enabled daily interaction.

An important observation is that, after contract award, there was inadequate focus on cost estimation during the design stage. Although the project team has made a big accomplishment in assessing the reference design into a constructible design, the costs for this adjusted design have not been estimated. This has been detected during a formal gate review. It is remarkable that although it was possible to determine the cost estimates of the detail design, there has not been an incentive to do this throughout the process.

Lastly, the project controller shifted the responsibility to monitor the costs for the design during the design stage towards the work planners. However, this has not resulted in an up to date, reliable and integral overview of the costs.

Table 5.2: Data individual case analysis project B

Scope	Theme	Subject	Project B				Overall
			Project manager	Design Manager	Work planner	Project controller	
Tender information handover	Team composition		1. Practical experience was missing in tender. 2. Designers and work planning had a hard time determining the baselines of the tender as they were not involved.	Not mentioned	Work planner did not participate in tender.	The cost calculator from tender has created the tender budget estimation. He also calculated the working budget after the detail design.	Entire project team was different, meaning that project team members were not directly aware of baselines. The cost calculator from the tender both the tender budget and the working budget after detail design
	Information transfer		1. The tender transfer was not good enough to become well aware of financial and design baselines. This complicates on 'sticking to the plan' 2. The structure of the tender cost estimate in end sheet and underlying sheets was unclear and ambiguous so it took us a lot of time to get the financial part of the tender straight. It took us a lot of time to get the financial part of the tender straight	1. The tender cost estimate of the infra part was hard to interpret so we had no clear baselines on material quantities 2. The tender cost estimate of civil was quite easy to interpret and this gave proper material quantity baselines	1. Work planning was not informed on baselines and assumptions tender so decisions could not properly be compared to tender.	1. The tender cost estimate was put in Metacom just how it has been built up	Transfer sessions were not sufficient to provide proper baselines for budgets and for design. Civil was easier to derive quantities than infra
Expertise actors	Knowledge designers		1. Designers are able to estimate direct hard costs as they are quantity driven 2. Designers are not able to calculate practical costs 3. Our internal design manager from infra is cost conscious but the designers of RHDHV for civil are less cost conscious	1. Working budgets were not provided to designers which would have made them more cost-conscious during design choices 2. Designers do not know the costs for realizing their design 3. Designers are able to calculate quantities	1. Designers work from requirements and lack knowledge on constructability, costs to build outside and 'phasing'. 2. Design is too far from realization and to know costs for materials as they do not procure.	1. Design had nearly no knowledge on working budgets as they did not ask neither received this information. 2. Designers know that costs of their design increase when material quantities increase but they cannot align this to the budgets 3. Designers are not able to know integral cost consequences.	1. Designers are able to determine material quantities but do not know the costs for materials 2. Designers lack knowledge of construction costs and techniques 3. Designers are not well aware of working budgets
	Knowledge project controllers		Not mentioned	Not mentioned	Not mentioned	Not able to estimate costs of design	No overall conclusion
	Design and work planning	Informal interaction	The interaction between design and work planning is crucial as design needs to know whether design is constructible on site.	Designers need input from work planning on the constructability part of their design, this. Sometimes design choices save some money somewhere while costing increase somewhere else.	Work planner participated from start of design to steer on constructability to make it easier to construct on site. Collaboration is essential to incorporate both requirements and constructability (phasing) into account.	Work planners have been participating request of designers to provide details. The real influence of work planning is not big during design.	Interaction between design and work planning is essential to include both technical and constructible feasibility. It is important that this is steered constantly/frequently

Interaction actors		Physical allocation	We want daily interaction and not a design thrown over the fence which needs to be revised afterwards. Therefore, I have involved the civil work planner early on	The interaction is stimulated when work planning and design are working from the same physical place.	We are able to see each other on a daily basis at this project which is good as interaction is essential.	Not mentioned	Daily interaction is important and is stimulated by working from the same place
	Design and project controller		Not mentioned	No interaction except for engineering budget	Not mentioned	There is no communication between the design team and me before DO except for engineering costs.	No interaction except for engineering budget
	Work planning and project controller		Not mentioned	Not mentioned	Not mentioned	There is not much interaction after the working budgets have been set.	Project controller did not have an active role in cost monitoring until the detail design was created. Rare interaction between work planning and project controller until that point
Cost estimation and monitoring	Working budgets	Structure	At project B we mainly steered the project team to make cost-conscious design decisions. I am not in favor of constantly estimating these decisions.	Not mentioned	Work planning received their work budget which they are expected to stay within. When aspect become more expensive, they try to compensate this somewhere else. Only after DO the whole design is ready, and a realistic cost estimate can be calculated. The work planners questioned whether constantly estimating is possible	The tender cost estimate is converted into working budgets in Metacom. Only after DO the project controller receives a cost update. In the meantime, he rarely receives cost updates and he neither pays much attention to it	tender cost estimate was transferred and converted into working budgets in Metacom and was updated after the cost for the detail design was calculated Work planning became responsible for the budgets but have not actively compared cost estimates to the tender baselines.
		Responsibility	I am not a proponent of constantly estimating design decisions.	Not mentioned	Work planner have not constantly compared cost estimates with working budget. He is unaware who did this but thought project management did this.	Project controller had very little influence nor information on the cost developments during the design process.	Real responsibility for keeping track of accurate cost estimates and compare these with the tender cost estimate was not clear. Main focus was to reduce costs, but an insight has not been tracked
		Integrity	The financial status has been estimated at several time points. However only after the detail design was created, an integral check was performed.	Not mentioned	Work planner of civil did know how infra has structured their monitoring, which indicates that integral cost estimates where not of priority.	During the design process the project controller had very little insight on where the costs are integrally heading towards.	Integral cost monitoring was not done in a structured way. The main opinion was that the project team did not know how to do this.
	Cost check/Gate review		The project team organized a gate review after detail design at the 6th of March. At the DO it came to light that both direct and indirect cost estimates were absent. These have been estimated integrally after this gate review. The project controller been participated in this process.	Not mentioned	Civil part was financially checked after detail design. Work planners' questions whether constantly re-budgeting is a good thing to do.	The project controller was not involved during the gate review but received the estimate after this.	The calculation of the detail design provided an accurate integral cost status for the first time. Apparently, it is possible to determine the costs.

### 5.3. Project C

Enterprise X BV privately tendered the project C, based on functional requirements and a reference design. A combination of the contractors' Dura Vermeer and contractor X placed their first bid on the 14<sup>th</sup> of November 2018. It was nominated as preferred bidder to develop a final bid during a tender period of approximately 4 months. The contract between enterprise X and Dura Vermeer-contractor X was signed on the 24<sup>th</sup> of April 2018 for a price of approximately 83 million.

This project contains three discipline areas:

- **Civil:** the foundations are constructed to support the weight of the wind turbines that were installed by an energy supplier, later on.
- **Infra:** the roads are constructed to provide access for vehicles during the construction of both the foundations and the wind turbines. Furthermore, these roads will be used to provide access for maintenance purposes after project completion.
- **Technical installations:** The technical installations support the whole system.

Although the reference design was predeveloped by the client to a certain extent, Dura Vermeer-contractor X became fully responsible for any shortcomings of the design, after contract award. Costs for any wrongly interpreted or overlooked aspects were the responsibility of Dura Vermeer-contractor X. However, the supplier, which was responsible for the delivery and installation of the wind turbines, was not yet selected at contract award. The contract contained a price arrangement which stated that the costs for material quantities for the civil part of the project, were deductible. This meant that Dura Vermeer-contractor X was financially compensated in case more materials were required to achieve a robust design because Dura Vermeer-contractor X could not yet define the required weight the foundation had to carry for the type of wind turbine placed on top of the foundations. Price deductibility was included for the infra part.

#### 5.3.1. Tender information hand-over

The project manager and the civil design leader from the project team both participated in the tender, thus they had first-hand background information of the tender to steer the project team (figure 5.7)

The role of the integral design manager changed from integral tender design manager to being primary responsible for the design of the civil discipline, after contract award.

The integral design manager from the tender said that the client's reference design was the primary information transfer from the tender onto the design team. His opinion was that enough accurate information was transferred to the project team. However, the work planner of the civil discipline mentioned that he was not sufficiently notified on background, assumptions and requirements of the tender, especially on practical constructability factors. Also, the project manager stated that the two-day hand-over of tender background information was insufficient. A reason for this was the fact that 6 months had passed by between tender bid and contract

award. In conclusion, the actors participating in the tender had not been able to provide a proper and detailed hand-over to the project team on the tender baselines.

### 5.3.2. (Cost) knowledge designers

The designers had minimal knowledge about the financial consequences of their design decisions. At Project C the designers were aware that increasing material quantities of changing design resulted in higher costs, though they did not know the exact cost consequences. An important reason for this is that the exact costs of materials constantly fluctuate, which designers have not accurate knowledge of as they are not involved in procuring. Nevertheless, their rule of the thumb is to optimize the design by minimizing quantities. This was exposed when designers of the civil part were having a hard time optimizing because it was unclear which load the foundations had to carry. As Dura Vermeer-contractor X was financially compensated through the deductibility, optimal material quantities to minimize costs, could not be determined until later on.

Also, designers at Project C were not able to determine the costs to build their design on-site because they lacked knowledge on on-site construction challenges. The fact that the designers were unaware of how these construction activities were financially supported by the working budgets did not stimulate consciousness on the construction costs to build their design. Designers did not actively ask for information on working budgets; neither have they actively received this.

Moreover, designers have not been able to judge the cost consequences of their design decisions for other project's design disciplines. They were dependent on work planning to detect and determine integral cost consequences.

### 5.3.3. Interaction design & work planning

All interviewees stated that frequent and ongoing interaction between work planning and design was an essential trade-off of practical working methods during the design by aligning costs to them, with the work planner's expertise. Both the work planner and the designers from the infra discipline did daily interact since they were working from the same building (figure 5.8)

Although the project manager stated that the collaboration between design and work planning at infra went very well, a significant miscalculation did occur during the design of the roads. Only after the design was created, it turned out that the thickness of the roads was too small and thus lacked robustness to carry the loads of the vehicles. This thickness has been reduced in the tender to reduce costs for construction. Apparently, the collaboration between design and work planning has not guaranteed a critical focus on technical feasibility of the design, after the tender.

The biggest design decision for the civil discipline was whether to implement vibro or prefab piles. This decision was made through proper interaction between work planning and design. However, both the project manager and the design leader mentioned that the civil design process discipline was quite hard to manage because the design was outsourced to an external company located somewhere else. Especially smaller (micro) design decisions were difficult to make through sufficient and continuous interaction. Although the civil work planner stated that constantly



attaching material quantities to design decisions was important to keep track of the cost status, the physical barrier between design and work planner complicated this. Moreover, apparently, there has been no natural incentive for the designer to communicate all their design choices to work planning despite the physical barrier. This could originate from the fact that designers are not able to assess the financial impact of their design choices.

Furthermore, differences in personalities, and the way designers and work planners approached the design process, also complicated alignment. Design preferred to 'stick to the tender plan' and minimize optimization attempts as this would hinder the design process. Work planning though was eager to search for optimizations to cut costs. Both actors were driven by other factors in their interpretation of the design process.

A positive aspect was that design choices with discipline transcending (cost) consequences were relatively easy for the work planners to mutually trade-off as this project had a highly repetitive character and was easy to decompose into different individual aspects. Consequences of most decisions only had to be judged within the disciplines as there had been little influence on the other disciplines.

#### 5.3.4. Cost estimation and monitoring responsibility

After contract award, the tender cost estimate was transferred to the project controller for monitoring purposes. This tender cost estimate was composed by cost calculators in the tender, and was decomposed, based on the geographical location of the aspects.

Two different decisions were made for monitoring the costs of the design after the tender cost estimate was transferred. The civil budget estimate was directly converted into a working budget by bundling it on cost items, in Metacom. The idea was that financial consequences would be made insightful by comparing this with the working budget. When the design changed from the tender, the consequence was that budgets and cost items had to be mutated to retain an accurate cost status in Metacom.

The design of the infra discipline has however been firstly sharply adjusted before converting the tender cost estimate into a working budget, because the project team expected that many requests of changes and internal changes/optimizations would occur. The adjusted design has been re-estimated and updated by a cost calculator in Metacom. This decision provided a more reliable working budget aligned with the design. The downside of this decision was that during the adjustment of the design, the project team had very little insights in where the costs were heading as the costs for the developing design did not align with the baselines of the working budget.

Although (almost) no expenses were made during the design stage, changes and optimizations of the design caused changes in the costs for construction, on different cost items. In compliance with the project controller, work planners individually monitored the budgets of their discipline during the design stage, in Excel (figure 5.9). Their baselines were the budgets from the tender cost estimate. This was easier for the civil work planner than for the infra discipline as civil unit measures are more straightforward and less prone to change than infra unit measures. The

project controller on this project did not continuously adjust the working budget during the design stage when cost estimates were changing due to design decisions. This meant the project controller did not have a general and accurate overview of the costs for the project until the design process was finished. The up to date status of the cost for the design were monitored by work planners, and integral alignment was also managed between work planners of the disciplines. The fact that this entailed a small project resulted in the fact that work planners were able to communicate this integrally.

It appeared that work planners were mainly focused on their own budget. Although they had divided this budget into sub-budgets, their main focus was to stay within their budget on headlines. Work planners were not really concerned whether this budget was spent on, for example concrete or reinforcement, as long as they stayed within budget. Moreover, the civil work planner did not actively communicate signals of potential overruns or underruns to the project controller neither to the management of Dura Vermeer to prevent undesirable chaos.

*Work planner: Intermediate cost updates of the design are very hard to monitor as costs fluctuate constantly. When this is constantly communicated within the project team and towards management, this creates uncertainty. Key is to know the final costs for the design as much as possible, but I do not see a way to do this.*

An activity that did provide accurate cost insights during the design stage was the recalculation of requests of changes from the client, by the cost calculator from the tender. This cost calculator has estimated the consequences of these design changes in collaboration with the work planner. The new estimates were administered in the individual Excel sheet of the work planner (see table 5.3)

Table 5.3: Individual work budget work planner

leiwakingscodes	Benaming	Omschrijving	Budget (inschr)	VTW's	Budget Annex 12 & 13	Nieuw Budget (WB)
i9100	Manuren	Versdelen per WTG / lijnstuk (zie excel overzicht man- en kraanurenplanning)	€ 806.216,22	€ -51.250,00		€ 754.966,22
i9111	Koppensnellen	All-in voor koppensnellen	€ 317.684,00			€ 317.684,00
i9141	Heiwerk (all-in)	Incl leverantie palen, kalendering, akoestisch doorn en transporten	€ 5.930.550,25		€ 14.500,00	€ 5.945.050,25
i9142	Leverantie beton	Lev beton (all-in= incl toeslagen, spramex ed)	€ 4.961.077,32		€ -100.500,00	€ 4.860.577,32
i9143	Wapeningsstaal	Leveren en aanbrengen (alles tav Holterman)	€ 6.671.153,11		€ -755.950,00	€ 5.915.203,11
i9144	Koop & Huur bekisting	Alles tav stalen bekisting. Koop & Huur (separaat begroot)	€ 292.345,83	€ 115.000,00		€ 407.345,83
i9221	Betonstorten/ verpompen en Afwerken	Totaal uitbesteden en/of inzet pompen (separaat pompen begroot)	€ 872.712,76			€ 872.712,76
i9222	Rijpheid/ Kubus/ Sensoren	Huur rijpheidcomputer, instorten sensoren evt drukken van kubussen	€ 30.544,00			€ 30.544,00
i9223	Afdekking beton	Aanschaf van kleden, zeil, doeken of folie	€ 16.507,20			€ 16.507,20
i9278	Aarding	Leveren en aanbrengen en doormeten van de aarding (excl aanbrengen doen we zelf) (aanbrengen aarding nog naar manuren overboeken)	€ 69.680,00			€ 69.680,00
i9910	Materiaal diversen	Klein materiaal (PVC, piketten, bekist olie, dekkingblokje)	€ 14.804,69			€ 14.804,69
i9942	Kraankosten	Alle in te zetten kranen (mobiel en rubs) (zie excel overzicht man- en kraanurenplanning)	€ 832.106,78			€ 832.106,78
i9950	Algemeen / Diversen	Kleine kosten voor algemeen & diversen (vertaling/ locatie kick off ed)	€ -			€ -
i9960	Koop verbruiksartikelen	Handschoenen, brillen, zeep, etc etc.	€ -			€ -
i9977	Wijziging 77 Stagnatie kosten	Stagnatie kosten tbv uitstel FC	€ -			€ -

### 5.3.5. Conclusions

Several conclusions can be drawn from the observations of project C. First of all, the transfer of two key actors from the tender team towards the project team did not result in the transfer of clear baselines from the tender. Neither has the project team been able nor actively triggered to derive these baselines from the tender cost estimate and tender design.

Secondly, the designers of the civil discipline had a hard time to optimize based on material quantities as the price was deductible. The rule of thumb that costs generally decrease when less

materials are used was not applicable at Project C. Thus, material quantities was the main variable designers can consciously influence to optimize the design with.

Thirdly, the fact that the civil design was outsourced to an external company, located somewhere else, frustrated the collaboration between work planning and design, especially on small design choices. One of the consequences was that this complicated the constant attachment of costs to all design choices. Moreover, attaching costs to the infra design was harder than for the civil design as the unit measures of infra were more variable and less straightforward.

Fourthly, the decision to fully recalculate the highly adjusted infra design has provided a much more reliable baseline, and more insights on where and how the costs for this design were developing. It is worthwhile to keep track of the costs to provide accurate cost information and cost calculators from the tender are able to perform this calculation. However, during the recalculation it was hard to provide the project team a baseline to which they can hold.

Moreover, the project controller shifted the responsibility to monitor the costs for the design during the design stage towards the work planners. However, this has not resulted in an up to date, reliable and integral overview of the costs.

Lastly, the repetitive and easy decomposable project characteristic eased the judgement of (cost) consequences for other disciplines and aspects of the project.

Table 5.4: Data individual case analysis project C

Scope	Theme	Subject	Project C				
			Project manager	Design Manager/leader	Work planner	Project controller	Overall
Tender information handover	Team composition		1. Project manager participated in tender which was of use to steer the project team by tender assumptions. 2. Cost calculator did the whole tender cost estimate but did not provide background to project team because much time was between bid and contract.	I participated in the tender design After I become responsible for the civil part until now. Cost calculator sometimes supported work planners and execution after contract award to provide them information on the deductible structure.	Work planner was not aware of financial tender assumptions because he had not been made aware	The tender team consisted of calculator and designers who look per product. The calculator has been involved in recalculating vtw's after contract award.	Project manager and design manager were transferred to project team. Cost calculators were rarely helping in cost estimations after contract award, although this was desirable
	Information transfer		1. Project manager had certain knowledge of tender assumptions as he participated in tender. 2. In ideal world designers knows the tender assumptions to detect when deviations occur. However, designers are not used to work from baselines. 3. In ideal world, the designers who participated in the tender design also create the Detail design as they know the tender assumptions. Otherwise a proper transfer should be organized between tender designers, cost calculators and designers DO. 4. At project C we took 1 afternoon to transfer to whole team, but did not provide project team enough information	The reference design was the biggest information transfer was the reference design. Besides, there was an internal transfer to transfer the tender, which took 2 days.	Work planner has not been made aware of tender assumptions and requirements, partly due to the fact that 6 months passed between bid and contract. Work planner have based his knowledge partially on average prices that the calculators used in tender	I received tender cost estimate in the structure how it was made during the tender. I have aligned cost items to this estimate in collaboration with work planners. The budgets for these cost items are very rough and high-level numbers.	Although it is important to inform the project team on tender assumptions by actors that were responsible for the design and cost estimates in the tender. This has not been properly done. This led to unclarity of baselines.
Expertise actors	Knowledge designers		1. Designers are not used compare the tender with the current status. 2. Are able determine material quantities but cannot determine quantity and practical costs align with it. 3. Designers are unaware of the working budgets for realization	1. Not up to date on working budgets 2. No knowledge of practical building costs 3. Design usually optimizes quantities, however due to deductibility this was hard at civil. 4. 4. Focus on individual physical aspects, not integral trade-offs	1. Does not know the costs of materials also because this fluctuates, and they are not responsible for purchasing. 2. No knowledge of practical building costs	1. Designers think in products/physical aspects	1. Not up to date on working budgets 2. No knowledge on practical building costs 3. Are used to optimize on material quantities but cannot align exact costs of them 4. Focus on individual products/physical aspects
	Knowledge project controllers		Project controller is responsible for structuring and observing the project to know where difference from the budget occur. Remain integrality and keep track that aspects do not get forgotten in the costs monitoring	Project controller was more of an accountant	Not mentioned	I can mutate budgets when I get the right input on new estimates.	Project controller can compare accurate cost estimate with budgeted costs of metacom, only with right input
		Informal interaction	Collaboration between design and realization is crucial as the power of the 'ontwerpende bouwer' is a design that is constructable, safe, within budget and within planning which is expertise of work planning. Design needs work planning and execution to provide insights in financial consequences of costs corresponding with the quantity input of their design.	The interaction went well, though some friction occurred at infra as work planning wanted to optimize while design mainly wanted to stick to meet the time schedule. Work planning have been well involved in big design choices; however micro-decisions have not always been collaboratively made.	Fast and constant interaction is necessary to align costs to design choices. It is not possible to do it well in once. Design and work planning have to iteratively collaborate as there is not time to review later on.	Not mentioned	Fast and constant interaction is necessary. Some friction occurred in the infra discipline as design and work planning did not agree on how the design process should be approached. Moreover, micro-design choices have not always been made collaboratively

Interaction actors	Design and work planning	Physical allocation	Collaboration in civil discipline went less good as the external engineering company did not work from the same place. This was a problem for especially micro- choices	We have to prevent that we determine all micro-choices. We have to stick to the plan	Not mentioned	Not mentioned	Collaboration on micro-choices was more difficult with the external design company
		Attitude/behaviour	Design managers and work planners collaboration has to do with openness and respect. Furthermore, the design manager needs to be extravert and wants to know how something is being built while the work planner/execution need to realize that his is able to influence the design.	GMB had less experience with Design & Construct contracts and wanted to optimize and look for many alternatives while there was no time. In my opinion there is no guarantee for constantly optimizing this might lead to the whole design being under pressure due to time constraints.	Not mentioned	Not mentioned	Personalities and attitude towards the design process are important on how the process is steered
	Design and project controller		Not mentioned	I only had contact with the project controller on the engineering budget, not on the realization budget	Not mentioned	I aimed to communicate with the design manager on how he remains having cost insights on the design but no actual communication on costs have been taken place	No real information hand-over on the costs for realizing the design has been taken place.
	Work planning and project controller		There is not one way of cost controlling. When we work with a 'verschillennotitie' the information can directly go to the project controller. When it lays more at the work planner work planning should be in touch with the project controller.	Not mentioned	Cost control participates and controls budgets when the design is ready, during design I am the one that is controlling the budgets for my discipline and I feel it is my responsibility to do this and report what happens.	I do not exactly know how work planning works as they are working in their own phase, but I can imagine that they are sort of working as cost calculators.	Cost control is not actively participating in estimating and keeping track of the costs of the design. Work planners were doing this
Cost estimation and monitoring	Working budgets	Structure	1. The tender cost estimate for the civil discipline has been converted directly in a working budget in Metacom. 2. The infra design has been adjusted and re-estimated before putting in in Metacom as working budget as many changes from the tender were expected. This gave us a much more accurate working budget. However, before having a working budget we totally missed a baseline.	Not mentioned	The working budget from the tender and Metacom was subdivided between the individual work planners. They monitored the costs in excel. After the design was finished 'reliable' working budgets were put in Metacom,	The tender cost estimate is converted into working budgets in Metacom by aligning cost items, in collaboration with the work planners. These budgets for the cost items were on a very rough and high-level. Requests of changes were updated but internal changes were not, until detail design was ready.	The tender budget of the infra discipline has been put in Metacom after big adjustments were made and the design was re-calculated. This provided an overview. Requests of changes were updated but internal changes were not. Work planners kept track of these changes
		Responsibility	There not been one way and responsibility for cost controlling during the design phase. In my opinion someone has to be responsible that is able to influence the costs and the project controller should be a pain ass for budget holders	not mentioned	Work planners are responsible for the costs of their discipline, so they all monitored it in their own excel sheet. In the end it did not matter on which part the costs were spend as long as we stayed within budget. To retain some insight, we spread the budget on cost items and compared internal changes and requests of changes with these baselines.	I have been participating after the detail design was ready. Before this I have not had a monitoring job.	Work planning was responsible for controlling the costs of the design as they were able to influence the costs. However, they were more concerned in staying within their own budget.
		Integrity	Not mentioned	The integrity of the windpark was not so hard as it was repetitive and easy decomposable. Work planning and execution is responsible for integrally calculating design choices with the input they get from us.	Work planners were communicating with each other to retain integral insights. This was quite easy as this was project with a repetitive and easy decomposable character	Requests of changes have been calculated and mutated by cost calculator from tender. I have no clear view on how internal changes have been estimated as I started participating in the project only after DO. When I would have participated earlier and got the right info, I could have mutated budgets	Integral cost consequences were not a big issue as this project was highly repetitive and easy decomposable.

## 5.4. Cross-case analysis

In this section, the individual case study conclusions are compared per theme in a cross-case analysis to acquire general conclusions. The individual conclusions are structured in table 5.5.

### 5.4.1. Baselines tender cost estimate and material quantities tender

Key actor involvement does not play a significant role in clarifying tender cost estimates and material quantities. At project A and project C, both the project manager and the design manager/leader of the project team participated in the tender. At project B no (key) actor(s) from the project team participated in the tender. Unlike expected, the project teams at the project A and project C did not significantly design more in line with the tender assumptions: all three project teams struggled to understand how the tender cost estimate was composed and which material quantity values supported the tender design.

### 5.4.2. Cost-conscious designing: optimizing material quantities

The cases demonstrate that clarity of the material quantities is key for designers to create cost-conscious designs. Designers look to material quantities and focus on staying within these calculated quantities as a way to stay within the budget. At project A and project B, the material quantities were fixed and therefore clearer than at project C (due to the deductibility structure for the civil foundations). Therefore, the designers at project C did not have a material quantity baseline as a tool to stay within the budget.

### 5.4.3. Designer's awareness of working budget structure

At all three cases, designers were not aware of the working budget, which contained information on the costs to construct their design on-site. It is expected that providing these working budgets and elaborating on the content would have made the designers slightly more cost-conscious in their design decisions (interviewees 1,4,6,8,9,10).

### 5.4.4. Work allocation and formal meetings

Physical allocation of the design team and the work planners in the same building proved to be essential for inclusion of both technical requirements and constructability in the design, especially for small design decisions. At project C, the design was outsourced to an external design company located elsewhere. The fact that design and work planning could not interact on a daily basis complicated collaboration on small design decisions. Moreover, at project B and project A design and work planning were located in the same building, which made daily interaction, and therefore collaboration easier.

### 5.4.5. Responsibility and dependency of cost estimation and cost monitoring

In all three cases, the tender cost estimate was converted into a working budget by the project controller in Metacom. The project controller then assigned work planners with an individual discipline budget. Their task was to stay within their budget as well as constantly monitoring the expected costs of the design compared to their budget.

In all three cases, the work planners were quite focused on staying within their individual budget but not as focused on accurately monitoring the expected costs of the design compared to this budget, especially for smaller design changes. Furthermore, the work planners also proved to not have the capability to make accurate estimates of the ever-changing costs for the design. Consequently, the work planner's estimation of the difference between the cost of the design and the budget was inaccurate and incomplete.

To obtain an accurate cost status, communication between work planners and project controllers is key. However, the cases all demonstrate that it is unclear how responsibility for this communication is divided between them. At the project A, the project controller tried to take responsibility for the differences between the cost of the design and total budget by actively requesting the work planner's cost differences on their budgets. Contrary, at project B and project C the project controllers did not actively ask for updates about the cost fluctuations from the work planners. Despite the difference in involvement of the project controller between the project A and both projects C and B, obtaining an accurate and complete cost status was just as difficult. The inaccurate and incomplete information of the work planner is the reason the involvement of the project controller did not make a difference.

#### 5.4.6. Focus and ability to estimate costs of developing design

The cases project A and project B show that costs of the design are not being monitored in an accurate way. At the project A, a major overrun was detected only after the design of the first temporary bridge was created. Similarly, at project B the (direct and indirect) costs were not evident until after the formal gate review. These cases also prove that cost calculators can play an important role in assisting the work planners in making cost estimates of the design.

In both cases, the cost calculator was able to provide the reliable cost estimate after the design. Involving the cost calculator earlier on in the design stage would have provided more reliable cost estimates during the design.

#### 5.4.7. Influence of project character on cost consequences of design decisions

Design changes have few integral consequences on projects with a higher level of repetitiveness and contain more independent disciplines. Unlike the other projects, Project C partly consisted of repetitive work; several similar civil foundations were to be build.

Because of the repetition of the civil foundations, after a change in the design, only one new cost estimate had to be made.

Moreover, unlike the other projects, at project C, the disciplines had less overlap. Therefore, design changes of one discipline had little effect on the other disciplines.

#### 5.4.8. Issues for cost estimation and monitoring costs of design

Based on the cross-case conclusions, the following issues disabled accurate cost estimation and cost monitoring during the design stage:

- Involving key actors from the design stage in the tender does not perfectly clarify background information on tender cost estimates and material quantities.

- Unclarity of the material quantities hinders designers to create cost-conscious designs since guidance on material quantities helps designers to be budget conscious.
- Designers are unaware of the working budget and were thus unaware on the costs to construct their design on-site.
- Physical allocation of the design team and the work planners in different buildings causes complications to both include technical requirements and contractibility in the design, especially for small design decisions.
- Work planners are quite focused on staying within their individual budget, but they are not focused on actually monitoring the expected costs of the design compared to this budget, especially for smaller design changes which results in inaccurate and incomplete estimates.
- The project controller receives inaccurate and incomplete information from the work planners.
- The responsibility for communicating the difference between the costs of the design and the budget between work planners and the project controller is unclear in terms of initiative and frequency.
- Work planners are not perfectly capable to make accurate estimates of the ever-changing costs for the design, neither to they make them for all design changes.
- Cost calculators are not frequently assisting the work planners in making reliable cost estimates of the design.
- Design changes have higher integral consequences on projects with a lower level of repetitiveness and contain more interdependent disciplines.

Table 5.5: Data cross-case analysis

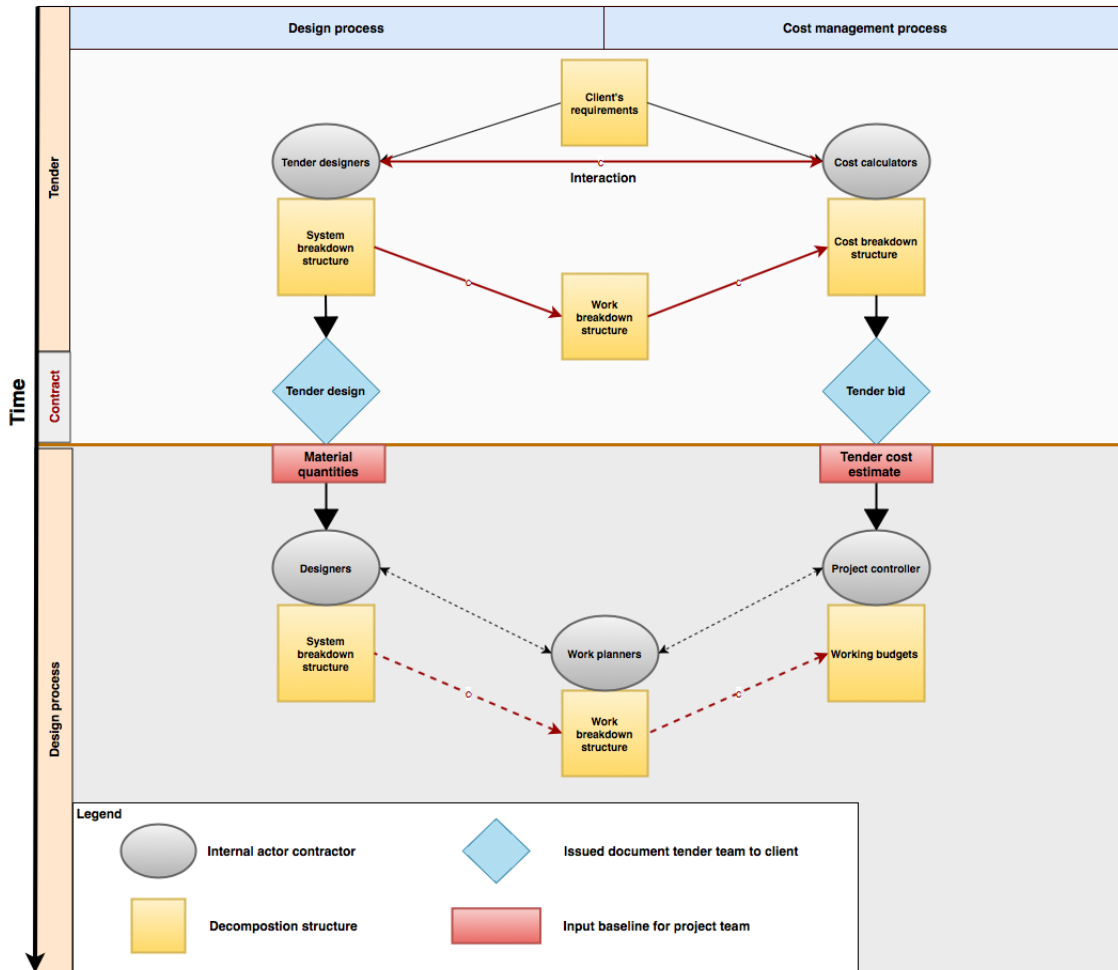
Scope	Theme	Subject	Projects			Overall
			Project A	Project B	Project C	
Tender information handover	Team composition		Project manager and design manager were transferred to project team.	Entire project team is different, meaning that project team members were not directly aware of baselines. The cost calculator from the tender estimated the new working budget after DO	Project manager and design manager were transferred to project team. Cost calculator was rarely helping in cost estimations after contract award, although this was desirable	Transfer of key actors from tender to project team has not provided the project team with accurate baselines of tender assumptions. Moreover, including the cost calculator from the tender stimulates cost insights
		Information transfer	Informing project team on tender assumptions has not been properly done. This led to unclarity of baselines	Transfer sessions were not sufficient to provide proper baselines for budgets and for design. For civil designers it was easier to derive quantities than infra	Informing project team on tender assumptions has not been done by actors that made design and cost estimate in tender. This led to unclarity of baselines. For the civil designers, it was easier to derive quantities than infra.	
Expertise actors	Knowledge designers		1. No knowledge of practical building costs 2. Not up to date on working budgets 3. Focus on individual physical aspects 4. No knowledge of work methods and 'phasing'	1. Designers are able to determine material quantities but do not know the costs for materials 2. Designers lack knowledge of construction costs and techniques 3. Designers are not well aware of working budgets	1. Designers are able to determine material quantities but do not know the costs for materials 2. Designers lack knowledge of construction costs and techniques 3. Designers are not well aware of working budgets	1. Designers are able to determine material quantities but do not know the costs for materials 2. Designers lack knowledge of construction costs and techniques 3. Designers are not well aware of working budgets 4. Focus on individual physical aspects
		Knowledge project controllers	Cost control is totally dependent on input for monitoring.	No general conclusion	Project controller can compare accurate cost estimate with budgeted costs of Metacom, only with right input	Project controller is dependent on other actors to compare cost estimate with budgets
Interaction actors	Design and work planning	Informal interaction	Input from work planning is essential early on and on a daily basis in the design process to ensure the constructability of the design.	Interaction between design and work planning is essential to include both technical and constructible feasibility. It is important that this is steered constantly	Fast and constant interaction is necessary. Some friction occurred in the infra discipline as design and work planning did not agree on how the design process should be approached. Moreover, micro-design choices have not always been made collaboratively	Interaction between work planning and design is essential and desirable on a daily basis to include both technical feasibility and constructability design
		Formal interaction	Several formal meetings were organized to align disciplines and interfaces	No general conclusion	No general conclusion	No general conclusion

		<b>Physical allocation</b>	Frequent (preferably daily) interaction smoothens collaboration between work planning and design	Daily interaction is important and is stimulated by working from the same place	-	<b>Physical allocation stimulates the daily interaction between work planning and design</b>
	<b>Design and project controller</b>	<b>Overall interaction</b>	project controller and design manager only had contact about engineering budget	No interaction except for engineering budget	No real information hand-over on the costs for realizing the design has been taken place.	<b>No interaction except for engineering budget</b>
	<b>Work planning and project controller</b>		1. Work planning calculated design choices during design process 2. Role of project controller in acquiring cost status not clear 3. Metacom is not friendly to adjust on a daily basis	No one has mentioned a role for the project controller except for project controller who confirms he did not have a role until detail design	Cost control is not actively participating in estimating and keeping track of the costs of the design. Work planners were doing this	<b>Project controller is not actively participating and collaborating with work planning until detail design</b>
<b>Cost estimation and monitoring</b>	<b>Working budgets</b>	<b>Structure</b>	Working budget after contract award were encrypted in Metacom for the infra discipline.	Tender cost estimate has been transferred and converted into working budgets in Metacom. Work planning has received their individual working budget. It has not been updated in Metacom until detail design was ready	The tender budget of the infra discipline has been put in Metacom after big adjustments were made and the design was re-calculated by the cost calculator. This provided an overview. Requests of changes were updated but internal changes were not. Work planners kept track of these changes	<b>Tender cost estimates were encrypted in Metacom and not updated until detail design. When design changes radically, filling in a more accurate working budget in Metacom provides more overview on the project.</b>
		<b>Responsibility</b>	Work planner has monitored cost of design during design process. There has not been uniformity on when and how he provided cost estimate updates to project controller	Responsibility for keeping track of accurate cost estimates is unclear. Work planner tried to stay within his own budget by optimizing different aspects.	Work planning was responsible for controlling the costs of the design as they were able to influence the costs. However, they were more concerned in staying within their own budget	<b>Work planner was mainly responsible for keeping track of the costs for the design of its own discipline. They were however, mainly concerned on staying within their budget</b>
		<b>Integrity</b>	project controller is dependent on input to determine integral cost status. Integral costs estimates are not always communicated nor reliable	Integral cost monitoring has not been done in a structured way as the main opinion was that this was impossible	Integral cost consequences were not a big issue as this project was highly repetitive and easy decomposable.	<b>Integral cost consequences have not been structurally monitored and estimated. This becomes more critical in complex and interdependent projects</b>
	<b>Focus on cost estimation during designing</b>		Underestimation and non-inclucance of aspects before designing have occurred, leading to no proper baseline to compare the design with. Moreover, the design of the bridge has not been re-estimated on costs during the design process.	After detail design and gate review it was the first time that any actor in the project team could say with confidence that he knew where the costs were heading towards.	During the design there has not been an active focus on cost estimation. Moreover, problems were experienced when budgets have not been included in tender because a baseline is then missing	<b>The estimation of costs has not been a big focus during the daily design activities. Only after 'formal' reviews, the costs were properly estimated which gave much insights in the cost status of the design. Moreover, aspects that have not been included in the tender have formed a problem as no budget had been determined at all.</b>



## 5.5. Comparison practice versus theory

In this section, the propositions from the literature study (section 3.3.1) are assessed based on the findings from the cross-case analysis. To visualize the argumentation, the theoretical framework from the literature study is shown in figure 5.10.



5.10: Actor and information dependencies contract Design & Build projects

Figure

**Proposition I:** Structured communication of background information of the tender cost estimate and tender material quantities, increases the possibility to detect differences from the baselines in the design stage and thus improves cost insights.

The case study analysis confirms that the background information of the material quantities and of the tender cost estimate were not transferred in a structured way. This was independent of key actor involvement in both the tender and the project team.

Furthermore, the case study analysis confirms that the absence of background information of material quantities lowers the possibility to detect differences from the baseline and therefore decreases cost insight. This in turn complicates the optimization process of the design team since optimizing material quantities is their only tool for cost-conscious designing.

Unstructured transfer of background information of the tender cost estimate did however not significantly impact the possibility to detect differences from the baseline since the tender cost estimate is not perfectly compatible with the working budget structure used by the work planners. Nevertheless, a structured transfer of background information of the tender cost estimate made cost decisions in the tender easier to understand.

**Proposition II:** *Integrity between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, simplifies cost estimation in the design stage and updating the working budget.*

The case analysis shows that in all cases, the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget were not sufficiently integrated for accurate cost estimation. Integration of the different structures proves to be very challenging and possibly even impossible without the use of building information systems. However, properly allocating the task of information sharing among actors based on their individual expertise might diminish this need for integration.

## 5.5. Suggestions from practice

Several suggestions were proposed by the case study interviewees to improve the ability for cost estimation and cost estimation during designing. The majority of them are very general, some of them are more specific. The suggestions are classified on the proposition and the moment in the project lifecycle they apply to. They are taken into account in the creation of the framework in the next chapter.

Table 5.6: Suggestion interviewees to improve cost estimation and monitoring

Suggestions to improve cost estimating and monitoring		Interviewees	
Proposition I	Tender stage	Probabilistically estimate in tender and detail estimate after tender	Project manager
		Include actors with practical knowledge in tender	Project manager 2x, design manager, work planner
	Tender transfer	Provide proper backgrounds by transferring tender background (financially and quantities materials)	Project manager 2x, design manager/leader 2x, work planner
		Provide the team with a reliable working budget, even when this is higher than the bid	Project manager
Proposition II	Design stage	Identify and monitor (critical; risky) material quantities (note of material differences) by designers	Project manager, design manager/leader 3x, work planner 2x, project controller 2x
		Share the working budgets with design	Project manager 2x, design manager/leader 2x, project controller
		Involve cost calculators to make detailed cost estimates of design changes	Project manager, design manager/leader 3x, work planner 2x, project controller 3x
		Use gate reviews for checking quantities and costs	Design manager
		Provide the project controller accurate estimates to enable him to define overall deltas/make explicit agreements on responsibility cost monitoring	Project manager, design manager, project controller 2x

## 6. Framework for improving cost estimation and cost monitoring

The goal of this chapter is to create a framework that both stimulates and improves the possibility for the contractor to estimate and monitor the cost during the design stage to obtain an accurate cost status. The framework is created based on the comparison between the findings from the literature study (section 3.4) and the multiple case study (section 5.4), and suggestions for improvements given by the interviewees. On a macro-level the framework consists of three general steps, described in sections 6.1-6.3. Section 6.4 further elaborates on the framework on a micro or 'daily' design level.

### 6.1. Step 1 macro-level: baseline identification

As previously stated, the literature study (section 3.4) did not describe a standard structure for communicating background information of the tender cost estimate from cost calculators to cost actors after contract award. Neither did it describe a standard structure for communicating background information on material quantities of the tender design from tender designers towards designers after contract award. It was expected that both lack of backgrounds might complicate the possibility of monitoring deviations from these baselines and would thus result in uncertainty of the costs for the developing design.

The case study demonstrated that providing the work planner background information on the tender cost estimate did not significantly increase his ability to detect cost differences compared to the tender cost estimate. One reason was that the work planner's individual working budget was structured in a different way than the tender cost estimate was composed. Furthermore, the work planners also proved to not be capable of making accurate estimates of the ever-changing costs for the design. Nevertheless, providing work planners background information on the tender cost estimate will make them more aware of the design decisions made in the tender, which are often consciously made by taking into account project wide (cost) consequences and critical (client's) requirements. Although it does not significantly increase cost awareness, informing work planners on the tender cost estimate will prevent them to make decisions that do not suit project wide purposes or (client's) requirements.

The case study did confirm that a structured communication of background information of the material quantities increases the possibility to detect differences from the baselines in the design stage and thus improves cost monitoring. A conclusion from the case study was that designers optimize their design by minimizing material quantities: clear material quantity baselines enable this. As the case study also showed that material quantities typically represent the costs of the design, designers should be provided with background information on the tender material to enable them to provide a baseline for cost monitoring. Based on the conclusions of this section the first general step of the framework is composed (figure 6.1).

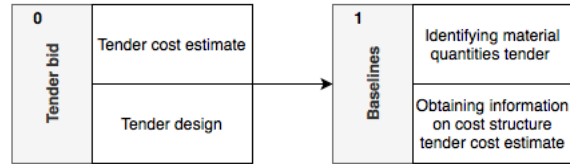


Figure 6.1: First general step design-cost management framework

## 6.2. Step 2 macro-level: alignment SBS, WBS and CBS

The second literature proposition (section 3.3.1) stated that perfect integrality between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, enables accurate and reliable cost estimation. The literature proved that changes in the system breakdown structure of designers are hard to translate in modifications of the work breakdown structure and subsequently, the cost breakdown structure (section 3.2.2.). Also, cost consequences of a changing system breakdown structure are difficult to convert into modifications of the working budgets as they are bundled in cost elements. The case study findings confirmed that it is indeed difficult to continuously estimate the costs of the design and compare these with the budget.

Perfect integration of the structures is currently very challenging, and possibly even impossible without the use of building information systems (BIM) (interviewees 1 and 8). However, proper allocation of responsibilities and relevant sharing of different types of information in time can approach perfect integration. To obtain this, the different structures the different actors are working with need to be clarified. Designers are decomposing the project through an object-based system breakdown structure (section 3.1.2.) and capture a central position in the design process regarding costs through their design decisions (interviewees 1,2,5,6,10). Work planners decompose the project into activities required for realizing the design on-site using a work breakdown structure, which is strongly related to the cost breakdown structure (section 3.2.2). Although this is challenging both structures need to be aligned as much as possible in the framework to enable work planners to modify their activities based on changes made in the system breakdown structure.

Moreover, although designers are not able to align costs for construction to their design, neither are they perfectly able to interpret the structure of the working budget, they should be provided with information on the working budget to gain some cost-consciousness on the impact of their design on the working budget (interviewees 1,4,6,8,9,10). Based on the conclusions of this section the second general step of the framework is composed (figure 6.2).

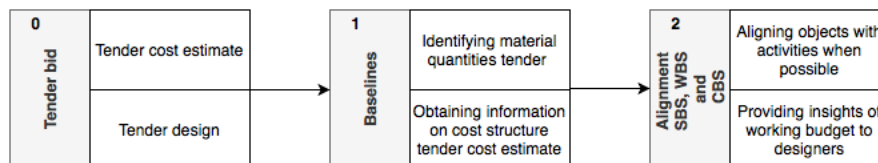


Figure 6.2: Second general step design-cost management framework

### 6.3. Step 3 macro-level: structuring actor responsibilities

After minimizing the misalignments between the system breakdown and the work breakdown structure, actor responsibilities and involvement need to be arranged, based on the abilities of the different actors observed in the case study.

- Designers are able to monitor material differences of the developing design, compared to tender material quantities.
- Work planners are able to attach accurate costs to these identified material quantities, since they are involved in procuring.
- Cost calculators are (contrary to work planners) able to estimate the direct and indirect costs of a design that still contains many uncertainties, like they did for the tender design (interviewees 4,7,8,9,12).
- The project controller is able to create integral and objective cost insights by defining the difference between the cost estimate(s) and the overall working budget (interviewees 1,4,5). To do this, project controller needs accurate cost estimates of the design for the several from the work planners of the different disciplines.

Based on the conclusions of this section the third general step of the framework is composed (figure 6.3).

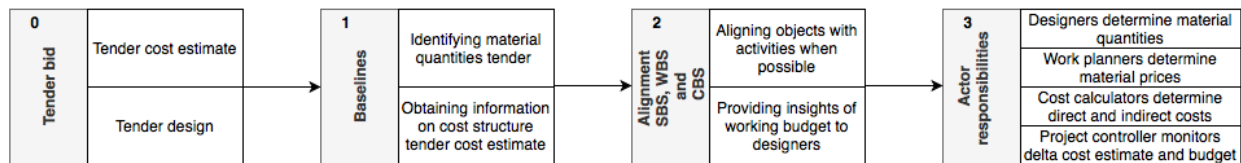


Figure 6.3: Third general step design-cost management framework

The first two general steps are described in more detail in the framework on a macro-level in figure 6.4. Figure 6.4 (except for the grey area) describes the setup of the design stage before the design process actually starts. Two important consideration in this setup are:

- During **‘identifying baselines’** it is of utmost importance that both the tender cost calculators and the tender designers are assisting the designers and work planners.
- During the second team step, **‘set up cost structure and responsibility’**, it is important that the work planners and the project controller collaboratively agree on the structure of the working budget for cost monitoring purposes. This decreases the risk that the work planners provide the work planner cost estimates in a different structure then he would like to receive for cost monitoring.

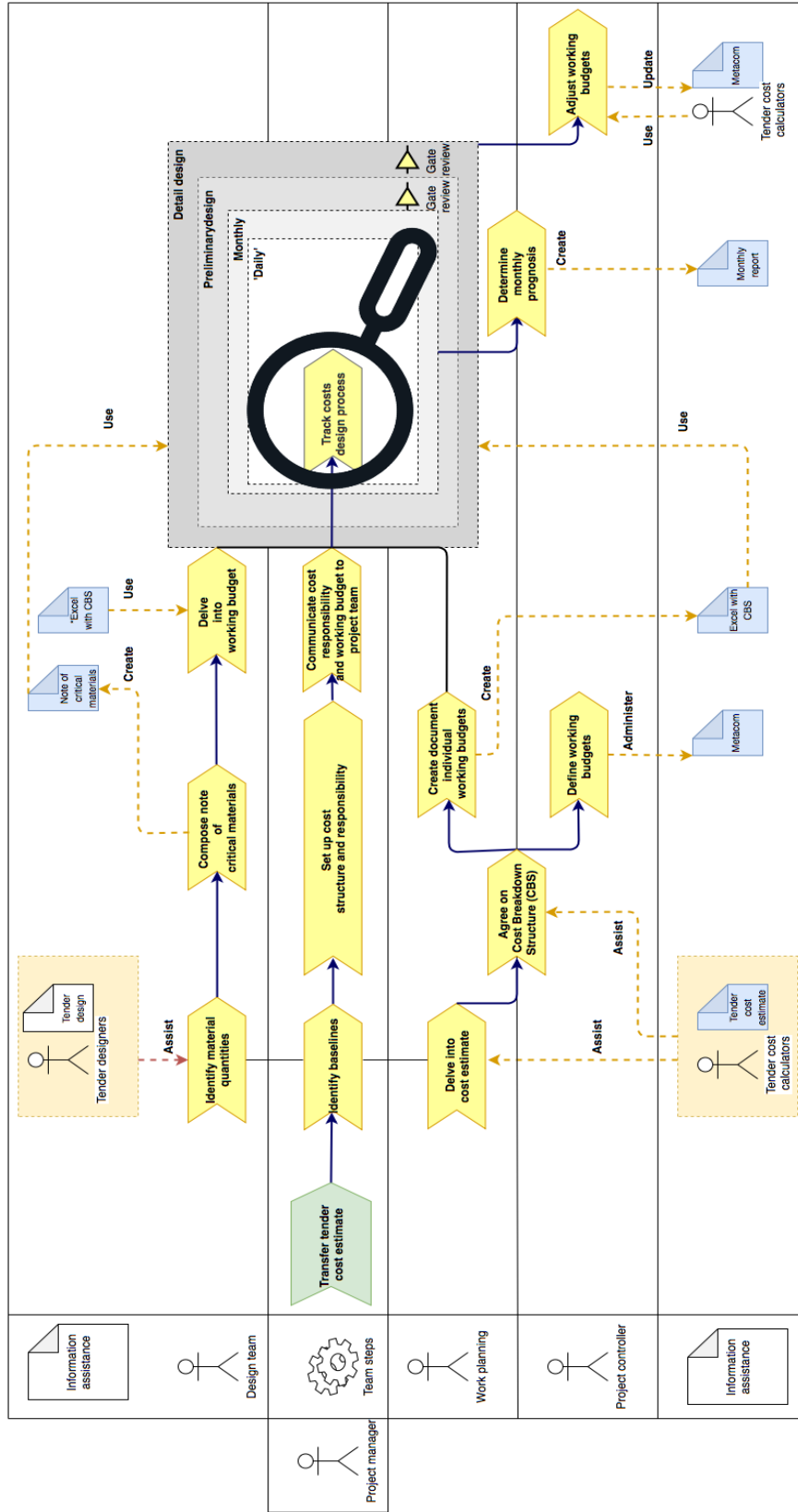


Figure 6.4: Proposed design and cost management process on abstract level

## 6.4. Micro-level: checks in 'daily' design process

Figure 6.5 is a further elaboration of the grey area in figure 6.4 and represents the required steps on a micro-level from the moment that the structure is set until the detail design is created. The actor responsibility and involvement described in step three (figure 6.3) are taken into consideration. On a micro-level, the framework contains three important in the process elaborating the tender design into the detail design.

### 6.4.1. Check 1: deviation from material quantities

Designers are required to identify differences in material quantities of the design elaboration compared to the material quantities identified earlier in the 'note of materials', which represents the assumed material quantities of the tender design. Deviation from this could have an impact on the cost of the design. The following conditions are applicable in this check.

- Deviation from material quantities  $\geq -20\%$ : proceed to next step
- Deviation from material quantities between  $-20\%$ - $0\%$ : global assessment of integral cost consequences by work planner
- Difference in material quantities  $\leq 0\%$ : Designers go back to the first step of the micro-level framework to furthermore elaborate and optimize.

### 6.4.2. Check 2: integral consequences

When material quantities of the design elaboration differ between  $-20\%$ - $0\%$ , the integral consequences for other disciplines are identified in check 2: integral consequences. The following conditions are applicable in this check.

- Integral consequences are low and certain: proceed to next step
- Integral consequences are high or uncertain: Critically assess' integral consequences by work planner

### 6.4.3. Check 3: cost estimate versus budget

In the third check the work planner compares the height of the cost estimate of the design elaboration with his discipline budget.'. The following conditions are applicable in this check.

- Estimate  $>$  budget: designers go back to the first step of the framework to further optimize.
- Estimate  $<$  budget: proceed to next step





## 6.5. Validation and revision of framework

In this section the framework is validated through four semi-structured interviews with employees of Dura Vermeer who have not been directly involved in any of the case study projects and thus are independent (table 6.1). To strengthen the content and the applicability of framework the validation interviewees had similar professions to case study interviewees (table 6.1).

Table 6.1: Interviewees validation interviews

Interview number	Profession	Date interview
13	Project management	22-06-2020
14	Design management	24-06-2020
14	Work planning	19-06-2020
16	Project control/financial management	26-06-2020

The validation interviews contained two distinctive parts:

### Part 1: General questions

The interviewees were asked on their ideal view of responsibility and capability distribution amongst all actors within design stage. These general questions were included to assess the current content of the framework without the interviewees being distracted by the complexity of the framework. Moreover, this part enabled the interviewer to critically check the uniformity with the answers given in part 2.

### Part 2: Specific questions about framework

The interviewees were walked through the framework at macro and micro-level to detect any significant uncertainties, agreements and disagreements. Their individual comments are drawn down up (table 6.3), as well as the general conclusions per subject.

In general, all interviewees agreed upon the significance of the framework and supported its general content. The conclusions of the validations are described hereafter at the macro and micro-level.

Table 6.2: Data validation interviews

Scope	Subject	Validation interviewees				Conclusion
		Project management	Design management	Work planning	Project control	
Part 1: General questions	Which actor is able to make accurate cost estimates of the design?	Cost calculators are able to provide accurate cost estimates based on the input from the triangle: design, work planning and execution	Cost calculators are in the end able to provide accurate cost estimates	The actual estimation of cost should be done by the cost calculators	Cost calculator should assist in providing reliable cost estimates	Cost calculators should do the actual cost estimation during the design process
	Which actor(s) should be mainly responsible for staying within budget?	The main responsibility to stay within budget should lay at the designers. They should do this by cooperating in the triangle: design, work planning and execution.	Staying within budget is a shared responsibility. In the end, the responsibility should be at design, but project manager and project controller should assist and steer this.	The combination of design and work planning are mainly responsible for staying within budget.	Not mentioned	Designers should be in the lead of designing within budget through collaboration with work planning
	What should be the role of the project controller in the process?	The project controller should monitor the financial status by comparing the cost estimates with the predefined budgets(s). He should be provided with these estimates.	The project controller needs proper input from other actors to provide an accurate cost status compared to the working budget	The project controller should be a reviewer, he should critically question the reliability of the cost estimates and the budgets.	The project controller should assist in providing the cost status during the design stage, based on critical material quantities and cost estimates.	The project controller is dependent on cost input and he should actively steer this to provide a project-wide status.
Part 2: Macro level framework	Transfer step from tender to design	The assumption in the framework is that the tender plan is 'perfect' and the project team should stick to this plan. This is the case in 8/10 projects, so it is a reasonable process. However, it is worth mentioning that this is the case.	Not mentioned	The transfer step from tender to design is fairly straightforward in the framework. This is indeed often the case. I agree that tender calculator should be involved in transfer which is often not the case.	Not mentioned	The transfer step correctly represents the process of the majority of the projects.
	Steps identify baselines and setup cost structure and responsibility	Not mentioned	Designers need to assist/agree on agree on cost breakdown structure. This is essential as this should fit the way they design and thus the costs structure should be composed.	I doubt whether identify cost items is really a separate step. It is not an identification but more of a proper transfer.	It is very important that the work planners are aware of the financial choices made in the tender. I would suggest to strongly involve work planning as they have to build it outside	The setup of the cost structure should be a cooperative process with design, work planning and project control involved.

Part 3: Micro-level framework	Material quantities	Material quantities are a very important factor to monitor and keep the design within budget. I would suggest involving a quantity surveyor who is specialized in this.	Material quantities are a very important factor to monitor and keep the design within budget. I would suggest calling it a note of materials and use this as the input to determine (cost) differences in the monthly prognosis.	The factor material quantities is a very important factor in your framework. I would argue to call it critical material quantities/components which are quantities/components where uncertainty exists after the tender.	It is very important to identify the critical material quantities. These quantities are essential to monitor and should be elaborated after VO, DO when more detail becomes available.	<b>Material quantities is a very most important condition in the design process to stay within budget. It is good to mention critical quantities.</b>
	Other conditions	Both the work method and the planning are as important as material quantities in the design process to stay within the budget.	Not mentioned	Material quantities is an important factor, but the importance of this factor often differs between civil and infra and between projects. Often the working method is also an important factor to monitor to stay within budget.	The integral cost consequences in the design process are also very important to monitor, besides material quantities	<b>Working method, planning and integral consequences are also important conditions to involve staying within budget.</b>
	Elaboration of design versus alternatives	Not mentioned	This framework represents a design process with design alternatives while the main process is an elaboration of the design. Besides, sometimes alternatives are determined.	In the design process often, different alternatives are compared of which not only material quantities but also working methods differ and are price steering.	The primary process is the elaboration of the design. Design alternatives can be a different route.	<b>The primary design process is an elaboration. This process includes design alternatives</b>
	Working budget	You want to prevent adjusting the working budgets many times during the process as this is very complex.	Regarding the structure of the working budgets I would suggest validating after VO and DO. If it differs a lot from what will be build outside, it should be restructured.	It is important to decide on a condition on when and how to compose the working budget. That is a difficult question.	It is very important to critically assess the way the working budget is setup. In the end it should represent how the work is being build outside. When this changes drastically it should be adjusted.	<b>The question on when and how to compose the working budget is difficult and critical. Involve a condition for this.</b>
	Project manager	I would suggest involving the project manager in agreeing at certain points as he is mainly responsible.	Not mentioned	Project manager is left out in the micro-level framework. I would suggest involving him/her in go/no go decisions.	Not mentioned	<b>The project manager should be involved more centrally in design decisions regarding the costs.</b>

### 6.5.1. Macro-level conclusions validation

Several conclusions and remarks at macro-level are drawn up based on the validation interviews:

- The framework indicates the transfer of a ‘perfect’ tender design with a corresponding tender cost estimate on a macro-level and assumes that there is no need for the project team to critically assess the direction of the decisions made in the tender. In other words, the framework proposes; stick to the (tender) plan. This is the case in the majority of the projects but not always.
  - ⇒ A minor check in framework is incorporated in the framework to confirm a ‘perfect’ tender design.
- Setting up the cost structure should be a cooperative process with design, work planning and project control actors involved since alignment between the system breakdown structure and the cost breakdown structure will further facilitate cost estimation of the design.
  - ⇒ All actors are in some way involved setting up the cost structure
- The implementation of gate reviews after the preliminary and after the detail design on the macro-level is strongly supported.
- The right time for adjusting the working budget in Metacom is highly project dependent. A general check should be incorporated on when to compose the working budget and when to restructure this working budget, instead of aligning this to certain fixed timepoints.
  - ⇒ The working budget is validated after every monthly prognosis to check its consistency with how the design will be built outside.

### 6.5.2. Micro-level conclusions validation

Several conclusions and remarks at micro-level are drawn up based on the validation interviews.

- The importance of including the check 'deviation from material quantities' in the framework for staying within budget is confirmed. An important elaboration of this check is that especially critical material quantities are essential to determine and monitor. Critical material quantities are either materials that have a high impact on the cost to execute the design on-site or their values are rather uncertain because, or both.  
⇒ This material quantities are modified into critical material quantities
- The interviewees indicated that impact of changing of material quantities on costs differ between the civil and the infra discipline.  
⇒ No specific distinction is made as the framework represents a general (non-discipline specific) design process.
- Despite material including a check on material quantities for a cost-conscious design the importance to include a check for costs for constructing the design is also essential as this could highly impact the total costs.
- The project manager mentioned that besides material quantities and construction costs, time is another important factor to include in the framework since not meeting the predefined time schedule could result in major cost overruns.  
⇒ Both construction costs and time schedule are represented by the general check 'integral cost consequences'.
- All interviewees agreed upon involving the cost calculator in the cost estimation of design changes. They were of the opinion that the current non-participation of cost calculators in the design stage is one of the reasons of the inaccurate and incomplete cost estimates.  
⇒ The cost calculator is involved at several timepoints
- The check 'estimate versus budget' should be softened. Although this condition generally applies, time constraints or the absence of a design alternative are important variables to include, as it would otherwise be a useless to follow the feedback loop.  
⇒ The check 'estimate versus budget is revised
- The project manager should have a more active role by including him/her in formal checks in time as the project manager carries end responsibility.  
⇒ The project manager is incorporated in several formal check throughout the framework
- The project controller has to continuously participate in the design stage. Although the project controller should not be concerned with estimating, he should be actively requesting the cost estimates to obtain an accurate and complete overview of the difference between the cost estimates and the total budget.  
⇒ The project controller is involved continuously as actual controller, requesting cost estimates.

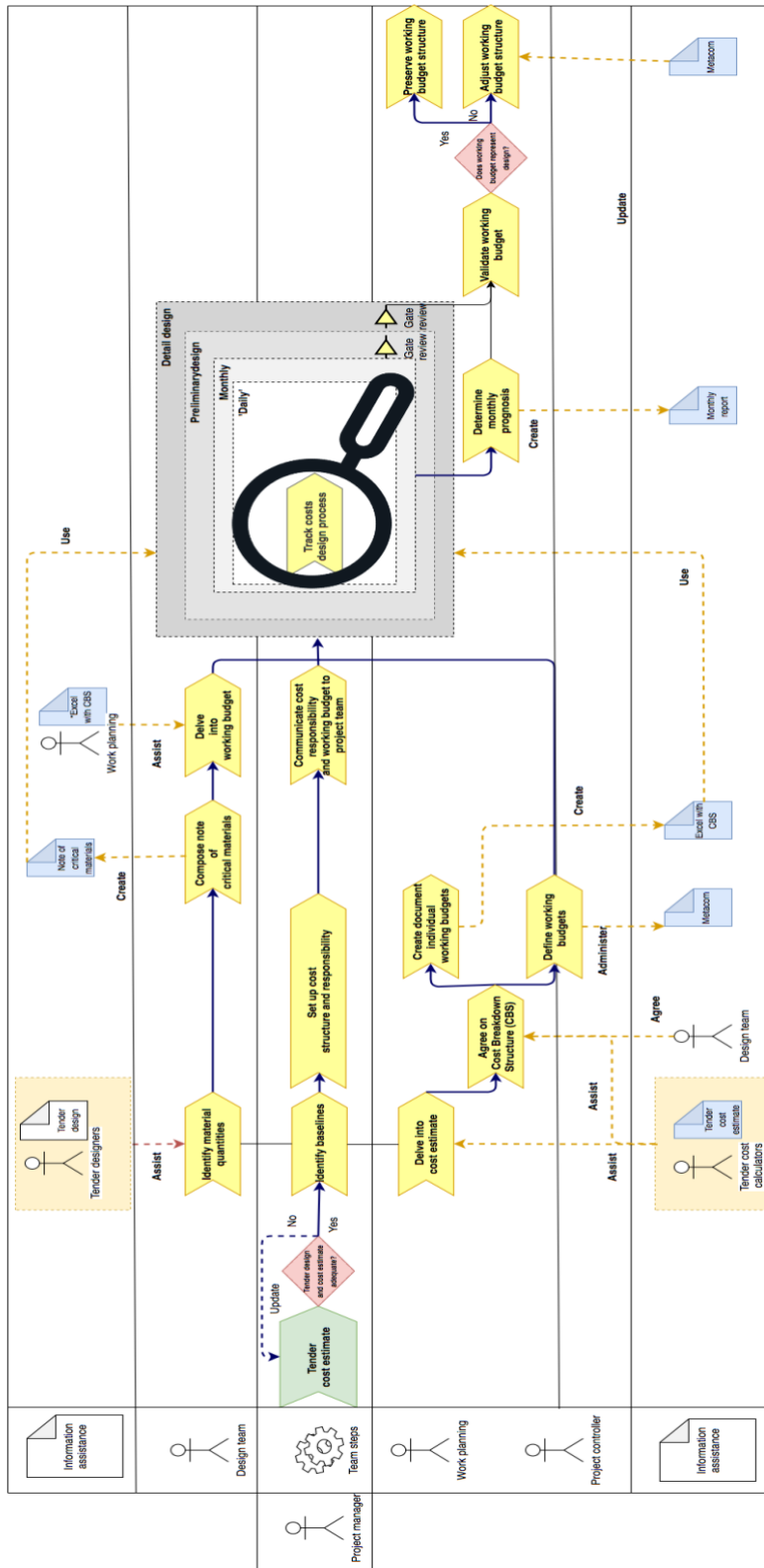


Figure 6.6: Improved proposed design and cost management process on abstract level

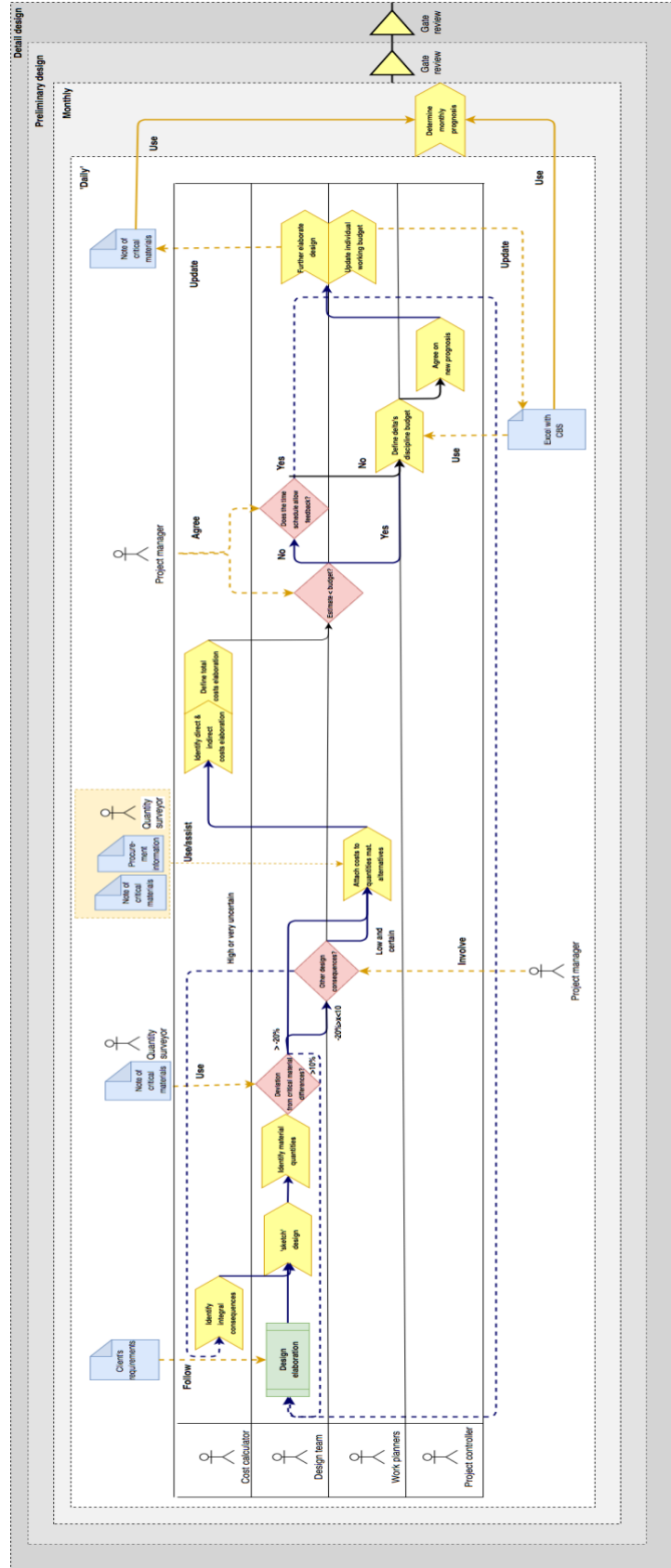


Figure 6.7: Improved design and cost management process on 'daily' design level

## 7. Conclusions

The conclusions of this research are presented in this chapter. Section 7.1. provides brief answers to the sub-questions and concludes with an answer to the main research question.

### 7.1. Conclusion

The goal of this research was to improve cost estimation and cost monitoring during the design stage of the contractor in Design & Build procured projects by providing insights into the structure of both the design and cost management processes.

The research contained three phases in which the sub-questions were answered. The **literature study**, the first phase, provided an answer to the first three sub-questions. Sub-question 4 and 5 were answered in the second phase: the **multiple case study**. Sub-question 6 was answered in the last phase: the **composition of the framework**.

*Sub-question 1: What does the design process of a contractor in a Design & Build procured project look like from contract award until start construction in terms of dynamics, actors involved and information dependencies?*

The project lifecycle of construction projects contains various subsequent stages. Within the Design & Build procurement method, the design stage succeeds the contract stage. In the contract stage, the contractor's tender team converges client's requirements into a tender design. After contract award, the contractor further converts the client's functional requirements into a detail design, which often a difficult task since the client's requirements may include an ill-structured problem definition and uncertainty in goals. To create a satisfactory design the different design disciplines of the contractor have to align their separate but interdependent activities. Moreover, collaboration between design and work planning is essential to include constructability in their design. These alignment challenges result in a cyclic and iterative design process that converges over time into the detail design: ready to use for construction on-site.

*Sub-question 2: What does the cost management process of a contractor in a Design & Build procured project look like until the start of construction?*

During the tender (contract stage), designers decompose the client's requirements into physical objects using a system breakdown structure. Meanwhile, cost calculators determine the activities required to construct these physical objects using a work breakdown structure. Based on this work breakdown structure, cost calculators eventually calculate the costs of the total project bottom-up using a cost breakdown structure. The final result is the tender cost estimate. After contract award, the total tender cost estimate is allocated into individual working budgets by bundling the costs into different cost elements and underlying cost sub-elements. Whilst the total project budget is fixed, the design keeps changing until a final design solution is created.

*Sub-question 3: How do the design process and cost management process of a contractor in a Design & Build procured project interact until the start of construction in theory?*

During the tender, the costs for the project are calculated bottom-up based on the tender design. After contract award, the costs to construct the design during execution are fixed and similar to the contract price. Meanwhile, the tender design is converted into a detailed design by elaborating and possibly modifying the tender design. The costs of the developing design possibly fluctuate throughout this process. Therefore, ongoing internal cost estimation is needed to keep track of the cost status of this developing design relative to the total working budget.

*Sub-question 4: How do the cost estimation and monitoring processes of the contractor look like during the design stage of Design & Build procured projects in practice?*

In practice, the tender cost estimate is converted into a working budget in a monitoring system by the project controller. The project controller subsequently assigns work planners with their individual discipline budget whom task it is to stay within their budget as well as constantly estimating the expected costs of the design compared to their budget. Based on all the estimates of the various work planners, the project controller ought to obtain an accurate cost status for the total project.

*Sub-question 5: What are the deficiencies of the cost estimation and cost monitoring process during design stage in terms of responsibilities and information sharing in practice?*

Firstly, the difference between the costs of the design and the budget, is often inaccurate and incomplete. Although work planners are quite focused on staying within their individual budget, they are not focused on accurately estimating the expected costs of the design compared to this budget, especially for smaller design changes. Besides, work planners are not perfectly capable to make accurate estimates of the ever-changing costs for the design, neither to they make them for all design changes. The project controller hence receives inaccurate and incomplete information from the work planners.

Secondly, the responsibility for communicating the difference between the costs of the design and the budget between work planners and the project controller is unclear in terms of initiative and frequency.

Thirdly, even though knowledge of material quantities is key for designers to create a cost-conscious design since material quantities is used by designers as a tool to stay within budget, designers lack background information of the material quantity's supporting the tender design.

*Sub-question 6: How can information sharing and actor responsibilities of the cost estimation and cost monitoring process during the design stage be structured to provide accurate cost estimates and to be able to detect the difference between the cost estimate and the total budget?*

Although perfect integration between the different breakdown structures used within the project team is key to obtain an accurate cost status of the design, perfect integration is possibly unattainable without the use of Building Information Systems. Proper allocation of responsibilities and the sharing of different types of information can however approach perfect integration and thus can enable providing insights in the cost status of the design. This allocation contains three main steps. Firstly, baseline of the tender cost estimate and the tender design need to be identified. Secondly, the system breakdown, the cost breakdown and the working budget need to be aligned as much as possible involving the project controller, work planners and designers. Besides, the designers should be provided with information on the working budget to gain some cost-consciousness on how changes of their design influence cost. Thirdly, tasks and responsibilities of the actors should be allocated using the following guidelines:

- Designers determine material quantities of a design change
- Work planners determine material prices of the determined material quantities of a design change
- Cost calculators estimate all direct and indirect costs of a design change, based on the determined material quantities and prices.
- Project controller monitors the difference between the cost estimate and the total budget

**Main research question**

*How can the design, and cost estimation and cost monitoring processes of the contractor in Design & Build projects be organized from contract award until start construction to provide accurate cost estimates of the design to be able to keep track of the cost status relative to the fixed contract price?*

Perfect integration between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, highly simplifies accurate cost estimation cost monitoring of the costs of the during the design stage. This ‘perfect’ situation is approached by a framework that contains the following general steps and allocates actor responsibilities and information sharing described in these steps. Throughout this process the tracking of variations in material quantities of the developing design, compared to the tender design is the basis.



Figure 7.1: General steps design-cost management framework



## 8. Discussion, reflection & recommendations

This chapter critically assesses the value and generalizability of the findings of this research and provides recommendations for further research and for Dura Vermeer. In section 8.1. the relevance of the main findings of this research are discussed in terms of their contribution to both literature and practice. The different methods and sequential steps that are performed throughout the research process are reflected upon in section 8.2. Section 8.3 presents the recommendations for further research and proposes practical recommendations to Dura Vermeer to (further) enhance its ability to keep track of the cost status of the design relative to the fixed contract price in their Design & Build procured projects.

### 8.1. Discussion

The relevance of the findings of this research are discussed in the following sections.

#### 8.1.1. Relevance of main literature study findings

Existing literature describes the design and cost management processes of construction projects independently from each other. Furthermore, the existing literature, typically describes these processes from either a client's or a neutral point of view. When trying to describe the interaction between the design and cost management processes from this point of view, cost estimation is seen as merely a matter of calculating the costs for a design that is already developed. Furthermore, from this point of view, cost monitoring is seen as roughly a matter of keeping track of the expenses during project's execution on-site, when the design is already developed. However, in Design & Build procured projects, the cost estimation and cost monitoring processes are partly executed whilst the design is still developing. This is further complicated by the fact that the cost for the design is fixed.

This study contributes to academic literature by providing a description and a basic visualization of the **interaction** between both processes from a **contractor's** point of view in **Design & Build** procured projects. Furthermore, this study shows the importance of improving the alignment between the design and cost management processes in Design & Build procured projects as well as other often used integrative building types of projects like DBFM.

#### 8.1.2. Relevance of the proposition findings

The multiple case study validated the importance of communicating background information of the **tender material quantities**, as proposed in proposition I, as material quantities is an important tool for designers to create a cost-conscious design and to stay within the budget.

When interpreting the relevance of this conclusion it is important to consider that proposition I was not exclusively based on theory. Although the consulted studies did illustrate that designers decompose a construction project using a material-based system breakdown structure (section 3.1.2), none of them elaborated on the possibility and opportunity to link costs to components of this system breakdown structure and thereby use material quantities as a means for improving cost insights. However, the importance of material quantities to create a cost-conscious design

and to stay within the budget, was often mentioned in the explorative interviews with employees of Dura Vermeer. Nevertheless, other non-consulted studies on Building Information Systems (BIM) do show that object-based components are important for cost-conscious designing. These studies show that correctly linking object-based components from the system breakdown structure to work packages of the work breakdown structure will also enable the linkage of object-based components to the costs, and thus working budgets (Lawrence, Pottinger, Staub-French & Nepal, 2014; Mattern, Scheffer & König, 2018).

Proposition II was confirmed by the multiple case study: integrality between the system breakdown structure, the work breakdown structure and the working budget, simplifies cost estimation in the design stage and updating the working budget. However, this research does not academically contribute towards improving integrality between the different structures and the working budget: individual case study interviewees explicitly stated that integration of the different structures is very challenging without the use of Building Information Systems.

Although the conclusion regarding proposition II does not provide a tangible solution for integrating the different structures, it emphasizes the importance of investigating and developing Building Information Systems. Furthermore, the conclusion regarding proposition I indicates that material quantities should be given a central position in Building Information Systems.

### 8.1.3. Relevance of the framework

Although the objects which had to be constructed considerably differed between all three projects, their design and cost management processes can be considered as 'standard' for Dura Vermeer. Therefore, the framework is generalizable and applicable to improve the processes of cost estimation and cost monitoring for most future Design & Build procured projects by Dura Vermeer or similar contractors. This was supported by positive attitudes of the validation interviewees.

Nevertheless, because of its general structure, the framework cannot be directly applied to every project. Firstly, material quantities play a central role in this framework to obtain cost insights. However, numerous interviewees indicated that the importance of material quantities in relation to costs might vary between projects and disciplines. Secondly, the validation interviewees indicated that other variables besides material quantities also highly influence both the design process and the cost of the design such as working methods and time.

## 8.2. Reflection

The overall research process contained several phases which are reflected upon their difficulties and limitations in this section: 1) literature study, 2) multiple case study and 3) composition and validation of the framework.

### 8.2.1. Literature study

Since existing literature described the design and cost management processes of construction projects independently from each other and from either a client's or a neutral point of view, many explorative interviews were conducted to convert the literature findings to Design & Build procured projects. Despite valuable insights, the explorative interviewees greatly focused on the significant potential for improvements in the tender period regarding the design and cost management processes. Therefore, the researcher experienced difficulties to formulate and focus on demarcating the research problem and research goal, which slowed down the research process.

### 8.2.2. Multiple case study

The data that was analyzed in the multiple case study was exclusively based on the semi-structured interviews. There was some other data available, however the difficulty and time to interpret this data into valuable findings did not outweigh the possible added benefit. Nonetheless, if time would have not been a constraint, careful interpretation of these documents would unarguably have resulted in additional valuable insights.

Secondly, the data from the three assessed cases are sufficient to make general conclusions. However, the reliability and generalizability of the findings would have been higher with more cases assessed since three cases is the bare minimum for a multiple case study (Yin, 2013).

Thirdly, the national measures for COVID-19 disabled face-to-face interviews with four interviewees, distributed amongst the three cases. Although it is hard to identify the loss of reliability and extensiveness of the interview data, the virtual environment disabled to fully create a confidential and safe environment for the interviewees to honestly speak their mind. This might have reduced the amount of valuable and sensible information disclosed to the interviewer.

### 8.2.1. Framework and validation

The framework was created based on the conclusions from both theory and the multiple case study. The validation interviews were conducted under a bit of time pressure (right before the greenlight meeting). Consequently, the framework was not completely finished when conducting the first two validation interviews. The third and fourth validation interviewees did receive the more comprehensive and a complete framework. However, all validation interviewees clearly validated the general content of the framework. Strictly academically speaking, the inconsistency of the validation interviews is not acceptable. To reduce possible shortcomings, the researcher added several general questions at the start of the validation interviews to strengthen comparability and of the validation interviews (see appendix F).

### 8.3. Recommendations

In this section the recommendations for further research and for Dura Vermeer are presented, based on the discussion of the results.

#### 8.3.1. Recommendations for further research

This research concluded that non-alignment between the different breakdown structures is one of the main complicating deficiencies for keeping track of the cost status of the design. Perfect integration is observed to be very hard to realize without the use of Building Information Systems. Nevertheless, this research did conclude that material quantities for **materials in general** play a central role in providing accurate cost estimates and to keep track of the cost status. More research is recommended on how specific categories of materials relate to activities of the working breakdown structure and working budgets, and thus how changes in materials in the system breakdown structure influence costs real-time. By acquiring these insights, the system breakdown structure could be smartly structured by grouping elements (materials) that align with the work breakdown structure. This could be a good start towards structuring the content of BIM.

Moreover, further research is highly recommended on the interaction between design and cost management processes in Design & Build procured projects. Currently, existing literature mainly focuses on both processes separately and from a neutral point of view while the use of the Design & Build project delivery method is increasing. Besides, would be of value to do further research on the similarity of the interaction between both processes amongst other integrative contracts.

#### 8.3.1. Recommendations for Dura Vermeer

The framework proved to be quite applicable to on projects. However, some slight adjustments and considerations are necessary before Dura Vermeer should apply the current framework on projects. First of all, the hard conditions applied in the checks (such as for material quantities) on the daily design level should be internally elaborated upon by using reliable data of previous projects. Secondly, it is recommended for Dura Vermeer to critically asses if other variables should be included besides material quantities, such as construction method and time. These variables could have a big impact on costs during the design but are currently generalized by a check 'integral cost consequences'. When assessing these other variables together with the role of material quantities, it recommended for Dura Vermeer to also consider that their impact could differ amongst the different design disciplines.

Moreover, it is recommended for Dura Vermeer to educate or attract employees specialized in material quantity surveying. This research proved that material quantities is an often a decisive cost parameter and a reliable measure for keeping track of the costs of the design. The case study proved that designers are not fully able nor focused on constantly checking the material quantities of their design. Making one (or more) 'quantity surveyors responsible will guarantee up to date numbers of material quantities for the design.

Also, it is highly recommended for Dura Vermeer to actively involve cost calculators during the design stage by making them create accurate and reliable cost estimates of the design in

development frequently. Of course, involving more cost calculators in the design stage will lead to additional costs. Therefore, it is recommended to track the (cost) benefits of actively involving cost calculators compared the current situation in terms of the final costs made for the project.

Another recommendation for Dura Vermeer is to map deficiencies between the design and cost management process in the tender of Design & Build procured projects. After this, it is recommended to create a similar framework for the tender. Eventually, both frameworks are ideally integrated to align the information structures and structure information exchange from tender to design.

Even more, this research recommends Dura Vermeer to more actively involve practical actors in the tender team. Almost all interviewees mentioned that the absence of actors with practical knowledge in the tender often results in a tender design and thus tender cost estimate that does not properly consider constructability on-site. Revisions of major tender design directions (which often result in variations from the tender cost estimate) after contract award often occur. Although no direct benefit is observed in this research regarding cost tracking, involving practical actors (such as work planners and executors) in the tender will stimulate constructability trade-offs in the tender and prevents necessary adjustments later on.

Lastly, a side observation within this research was that many interviewees mentioned large cost overruns on the engineering budget, during the design stage of projects. Although the researcher questions the relative impact of these cost overruns in relation to cost overruns on other cost elements, it recommends Dura Vermeer to investigate the reasons and actual heights of cost overruns and provide transparency on the impact of cost overruns on the engineering budget in its organization.

## References

- Akinci, B., Flscher, M., & Member, A. (1998). *FACTORS AFFECTING CONTRACTORS' RISK OF CoST OVERBURDEN*.
- Ansah, S. K., & Bamfo-Agyei, E. (2012). *Effectiveness of Monitoring Systems for Controlling Project Cost in the Construction Industry*.
- Ballard, G. (2006). RETHINKING PROJECT DEFINITION IN TERMS OF TARGET COSTING INTRODUCTION 2. In *Proceedings IGLC-14*.
- Ballard, G., & Reiser, P. (2004). *The\_St.\_Olaf\_College\_Fieldhouse\_project (1)*.
- BNA, & Nli. (2014). *Standaardtaakbeschrijving DNR-STB 2014 Toelichting*.
- Bovsunovskaya, M. (2016). Document Support of Cost Management in Underground Construction Projects. *Procedia Engineering*, 165, 960–964. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.806>
- Cantarelli, C. C., & van Wee, B. (2012). *Kostenoverschrijdingen in Transportinfrastructuurprojecten in Nederland: Implicaties voor Besluitvorming*. (2), 38–50.
- Cheung, F. K. T., Rihan, J., Tah, J., Duce, D., & Kurul, E. (2012). Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. *Automation in Construction*, 27, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.008>
- , A. J. (2009). *Design and Construct in Civil Engineering Lecture Notes CT5981 CT5981 Section Design and Construction Management*.
- Del Pico, W. (2013a). Project control : integrating cost and schedule in construction. In *Project control : integrating cost and schedule in construction* (pp. 93–102). Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/delft/detail.action?docID=1332519>.
- Del Pico, W. (2013b). Project control : integrating cost and schedule in construction. In *Project control : integrating cost and schedule in construction* (pp. 19–34). Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/delft/detail.action?docID=1332519>.
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution. In *Design Studies* (Vol. 22).
- Evbuomwan, N. F. O., & Anumba, C. J. (1998). *An integrated framework for concurrent lifecycle design and construction*.
- Flyvbjerg, B., Ansar, A., Budzier, A., Buhl, S., Cantarelli, C., Garbuio, M., ... van Wee, B. (2018). Five things you should know about cost overrun. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 174–190. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.013>
- Flyvbjerg, B., & Holm, M. S. (2002). Underestimating cost in public works. Error or Lie? *Journal of the American Planning Association*, 68(3), 279–295.
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 24(1), 3–18. <https://doi.org/10.1080/0144164032000080494a>
- Golany, B., & Shtub, A. (2001). *Work Breakdown Structure*.
- Ibrahim, Y. M., Kaka, A. P., Trucco, E., Kagioglou, M., & Aouad, G. (2009). *SEMI-AUTOMATIC DEVELOPMENT OF THE WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS) FOR CONSTRUCTION PROJECTS*.
- Jung, Y., & Woo, S. (2004). Flexible work breakdown structure for integrated cost and schedule control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(5), 616–625. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2004\)130:5\(616\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2004)130:5(616))
- Kim, K. P., & Park, K. S. (2016). *IMPLICATION OF QUANTITY SURVEYING PRACTICE IN A BIM-ENABLED ENVIRONMENT*.
- Lam, P. T. I., Wong, F. W. H., & Chan, A. P. C. (2006). Contributions of designers to improving buildability

- and constructability. *Design Studies*, 27(4), 457–479. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.10.003>
- Lawrence, M., Pottinger, R., Staub-French, S., & Nepal, M.P. (2014). Creating flexible mappings between Building Information Models and cost information. *Automation in Construction*, 45, 106–119.
- Lenferink, S., Tillema, T., & Arts, J. (2013). Towards sustainable infrastructure development through integrated contracts: Experiences with inclusiveness in Dutch infrastructure projects. *International Journal of Project Management*, Vol. 31, pp. 615–627. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.09.014>
- Lester, E. I. A. (2014a). Cost Control and EVA. In *Project Management, Planning and Control* (pp. 255–267). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-098324-0.00032-9>
- Lester, E. I. A. (2014b). Work Breakdown Structures. In *Project Management, Planning and Control* (pp. 51–57). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-098324-0.00012-3>
- M Kamara, B. J., Anumba, C. J., & O Evbuomwan, N. F. (1999). *CLIENT REQUIREMENTS PROCESSING IN CONSTRUCTION: A NEW APPROACH USING QFD a*.
- Macmillan, S., Steele, J., Austin, S., Spence, R., & Kirby, P. (1999). *MAPPING THE EARLY STAGES OF THE DESIGN PROCESS-A COMPARISON BETWEEN ENGINEERING AND CONSTRUCTION*.
- Mattern, H., Scheffer, M., & Konig, M. (2018). BIM-Based Quantity Take-Off. in *Building Information Modelling* (pp. 382–392). Springer, Cham.
- Mujumdar, P., & Maheswari, J. U. (2018). Design iteration in construction projects – Review and directions. *Alexandria Engineering Journal*, 57(1), 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.12.004>
- NEN. (1993). *Tekeningen in de bouw Indeling van gegevens op tekeningen voor gebouwen*.
- Pahl, G., & Beitz, W. (2013). Engineering design. In *Engineering design* (pp. 27–60).
- Parraguez, P., Eppinger, S. D., & Maier, A. M. (2015). Information Flow Through Stages of Complex Engineering Design Projects: A Dynamic Network Analysis Approach. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62(4), 604–617. <https://doi.org/10.1109/TEM.2015.2469680>
- Pulaski, M. H., & Horman, M. J. (2005). Organizing Constructability Knowledge for Design. *Journal of Construction Engineering and Management*. <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-93642005131:8911>
- Rijkswaterstaat. (2019). *Toekomstige Opgave Rijkswaterstaat: Perspectief op de uitdagingen en verbetermogelijkheden in de GWW-sector*. 1–46.
- Rosenfeld, Y. (2014). *Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns*. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO)
- Vasista, T. G. K. (2017). Strategic Cost Management for Construction Project Success : A Systematic Study. *Civil Engineering and Urban Planning: An International Journal (CIVEJ)*, 4(1), 41–52. <https://doi.org/10.5121/civej.2017.4105>
- Verschuren, P., & Doorewaard, H. (2010). *Designing a research project*. <https://doi.org/10.1075/btl.99.05rus>
- Wang, W. C., Liu, J. J., & Liao, T. S. (2006). Modeling of design iterations through simulation. *Automation in Construction*, 15(5), 589–603. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.07.010>
- Whelton, M., & Ballard, G. (2002). *WICKED PROBLEMS IN PROJECT DEFINITION*.
- Williams, T. M. (1999). *The need for new paradigms for complex projects*.
- Wynn, D. C., & Eckert, C. M. (2017). Perspectives on iteration in design and development. *Research in Engineering Design*, 28(2), 153–184. <https://doi.org/10.1007/s00163-016-0226-3>
- Wynn, D., & Clarkson, J. (2005). *Models of designing*.
- Yin, R. K. (2011). *Applications of case study research*. Sage
- Yin, R.K. (2014). *Case study research: design and methods* 5<sup>th</sup> ed. *Thousand Oaks*.
- Zou, R., & Tang, L. (2012). Optimizing design management process by assessment of information maturity at design stage. In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction* (pp. 685–699). <https://doi.org/10.1201/b12516-109>

## Appendix A – Cost elements structure at Dura Vermeer

WERKINSTRUCTIE



**DURA VERMEER**

*Waarmaken van ambities*

G-WI-04 Standaard codering werkbegroting - DVI LP

Directe kosten			
Codering	Betreft	Codering	Betreft
<b>10</b>	<b>Arbeid</b>	<b>40</b>	<b>Leveranties</b>
1010	CAO-Civiel	4010	Leverantie zand, grond, grind, klei
1020	CAO-Infra	4020	Leverantie funderingsmateriaal wegen (granulaat)
1030	Social Return	4030	Leverantie straatwerk
1040	Verkeersregelaars	4040	Leverantie rioolwerk (beton & PVC)
		4050	Leverantie damwanden
<b>20</b>	<b>Materieel</b>	<b>4060</b>	<b>Leverantie tijdelijke constructies</b>
2010	(Rups)kranen en shovels	4070	Leverantie beton
2020	Asfaltmaterieel	4080	Leverantie betonstaal
2030	Freesmaterieel	4090	Leverantie bekisting
2040	Transport asfalt	4100	Leverantie in te storten onderdelen
2050	Transport	4110	Leverantie prefab beton
2060	Torenkranen, telekranen en verreikers	4120	Leverantie staalwerk
2070	Betonpompen	4130	Leverantie tijdelijke constructies
2080	Materieel waterbouwkundig	4140	Leverantie asfalt
		4150	Leverantie klein
<b>30</b>	<b>Onderzanneming</b>		
3010	OA asfalt	<b>50</b>	<b>Engineering</b>
3020	OA grondwerk	5010	Engineering
3030	OA sanering	5020	Engineering hulpconstructies
3040	OA groenwerk	5030	Site-engineering
3050	OA straatwerk	5040	Onderzoeken/rapportages
3060	OA rioolwerk		
3070	OA verkeersmaatregelen	<b>60</b>	<b>Vrije sectie</b>
3080	OA freeswerk		
3090	OA markering	<b>70</b>	<b>Vrije sectie</b>
3100	OA stortkosten		
3110	OA sloopwerk	<b>80</b>	<b>Vrije sectie</b>
3120	OA bemaling		
3130	OA fundatietechnieken		
3140	OA onderwaterbeton en duikwerk		
3150	OA verplaatsingstechnieken		
3160	OA hulpwerk en steigerwerk		
3170	OA bekisting en ondersteuning		
3180	OA wapening		
3190	OA voorspanning		
3200	OA betonwerk		
3210	OA prefab beton		
3220	OA conservering		
3230	OA voegovergangen		
3240	OA staalwerk		
3250	OA geluidschermen		
3260	OA bouwkundig		
3270	OA installaties E/W		
3280	OA OV/VRI		
3290	OA maatvoering		
3300	OA spoorwerk		





<b>Indirecte kosten</b>			
<b>Codering</b>	<b>Betreft</b>	<b>Codering</b>	<b>Betreft</b>
<b>90</b>	<b>Indirect: bouwplaatskosten</b>	<b>96</b>	<b>Kans- en risico</b>
9010	Hekwerk & beveiliging	9610	Kansen tender
9020	Tijdelijke verhardingen	9620	Risico's tender
9030	NUTS-voorzieningen incl. verbruik	9630	Kansen uitvoering
9040	Keten, loodsen en projectkantoor	9640	Risico's uitvoering
9050	Ver-/gebruiken, klein materieel / materiaal	9650	Correcties / targets
9060	Onbemand groot materieel		
9070	Veiligheid	<b>97</b>	<b>Contractwijzigingen</b>
9080	ICT	9710	Contractwijzigingen
<b>91</b>	<b>Projectorganisatie / UTA</b>	<b>99</b>	<b>AK, Winst en inkoopkorting</b>
9110	UTA-personeel	INK	Inkoopresultaat
9120	Ontwerpmanagement	AK	Algemene Kosten
9130	Maatvoering	WRR	Winst
9140	Spoorveiligheid		
<b>92</b>	<b>Conditionering</b>		
9210	Legeskosten, precario		
9220	Archeologie		
9230	Niet Gesprongen Explosieven		
9240	Flora en Fauna		
9250	Voorzieningen K&L		
9260	Monitoring		
<b>93</b>	<b>Financieel</b>		
9310	Bankgarantie(s)		
9320	Verzekeringen CAR, AVB, PI, WAM		
9330	Indexatie		
9340	Financiering		
9350	Facturatie		
9360	Tenderkosten		
<b>94</b>	<b>Diversen</b>		
9410	EMVI-maatregelen		
9420	Samenwerking / PSU / PFU / teambuilding		
9430	Werkkostenregeling		
<b>95</b>	<b>Stelposten</b>		
9510	Stelposten		

## Appendix B – Interview protocol case study

Onderzoek naar interactie tussen ontwerp en kostenbewaking tijdens de fase tussen gunning contract en start uitvoering in Design & Construct contracten

Datum interview	
Interview nummer	
Project	
Naam respondent	
Organisatie	
Functie respondent	

### **Introductie**

#### Informatie over mijzelf

- Masterstudent Construction Management & Engineering, Technische Universiteit Delft.
- Afstudeerstagair bij Dura Vermeer Infrastructuur Landelijke Projecten onder begeleiding van Paul Bleijenberg, Guus Keusters & Pim van Veen.

#### Doel afstudeeronderzoek

- Het doel van mijn afstudeeronderzoek is het inzichtelijk maken van aanwezige problemen in de interactie tussen het ontwerpproces en het kostenbewakingsproces van een aannemer in Design & Build contracten.

#### Vertrouwelijkheid

Omwille van de vertrouwelijkheid van uw antwoorden zou ik graag willen weten hoe u geciteerd mag worden in mijn onderzoeksrapport

- Met naam, functie en instelling
- Zonder naam of instelling

#### Opname interview

Gaat u ermee akkoord dat dit interview wordt opgenomen? Het opnemen van het interview wordt gebruikt om het interview te kunnen samenvatten op papier. Zodra het interview is samengevat zal de opnamen direct worden verwijderd.

#### Samenvatting interview opsturen

Na afloop van dit interview zal ik de samenvatting naar u opsturen zodat u akkoord kunt geven voor de documentatie van het interview. Indien ik geen reactie betreffende akkoord hoor binnen twee weken zal het document alsnog worden gepubliceerd. Gaat u hiermee akkoord?

#### Start interview

Voordat we beginnen met het interview wil ik vooropstellen dat u geen verplichting heeft tot het antwoorden van de vragen. Als een vraag onduidelijk is kunt u dit aangeven en zal ik deze nader toelichten.

## Appendix B:1.1 – Interview questions designers

### **Ontwerpproces**

1. In welke fase van het ontwerpproces bent u bij het project betrokken?
2. Hoe verloopt een ontwerpproces en is er een algemene leidraad die op elk project wordt doorlopen?
3. Hoe wordt de integraliteit van het totale ontwerp gewaarborgd tijdens het ontwerpproces?
4. Wat is uw rol als ontwerpleider binnen het project tijdens het ontwerp?

### **Overdracht tenderinformatie**

5. Heeft er een informatieoverdracht plaatsgevonden na de tender naar de ontwerpdisciplines?
6. Hoe heeft deze informatieoverdracht plaatsgevonden en wie coördineert dit?
7. Welke informatie wordt overgedragen vanuit de tender?
8. In hoeverre helpt het hebben van achtergrondkennis van de gemaakte keuzes in de tender u later in het project? Waarom?

### **Documentatie**

9. Hoe vindt de demarcatie van het totale project plaats door de ontwerpdisciplines?
10. Kunt u uitleggen wat de rol van de system breakdown structure/objectenboom is binnen het ontwerpproces?
11. Worden veranderingen gedurende het ontwerpproces aangepast in de system breakdown structure? Waarom niet/wel?
12. Worden werkvoorbereiding en uitvoering meegenomen tijdens het ontwerpproces en hoe wordt dit gestuurd?
13. Bent u bekend met de work breakdown structure en zo ja, hoe verhoudt deze zich tot de system breakdown structure?

### **Ontwerp veranderingen**

14. Vinden er veranderingen in het ontwerp plaats t.o.v. het tender ontwerp?
15. Wanneer vinden tijdens het ontwerpen de meeste veranderingen plaats?
16. Waardoor vinden er veranderingen plaats t.o.v. het ontwerp?

### **Bandbreedtes en hoeveelheden**

17. Bent u na de tender bewust gemaakt van de producthoeveelheden die als basis fungeren voor het tenderontwerp? Zo ja, hoe wordt hierop gestuurd?
18. In hoeverre bent u op de hoogte wat de financiële consequenties zijn op het moment dat er wordt afgeweken van deze producthoeveelheden?
19. Is het mogelijk om het ontwerpproces te sturen op basis van producthoeveelheden? Zo ja, hoe ziet u dit voor u?
20. Wat zijn uitdagingen met betrekking tot het sturen van het ontwerp op producthoeveelheden?

### **Relatie ontwerp met kosten**

21. Hoe ziet de samenwerking tussen ontwerp en kosten calculatoren eruit tijdens de tender?
22. Wat voor informatie afhankelijkheden bestaan er tussen kosten calculatoren en ontwerper bij de totstandkoming van het tenderontwerp en tenderraming?
23. Bent u bekend met de cost breakdown structure? Zo ja, wat is de relatie met de system breakdown structure?
24. Wordt de ontwerpdiscipline na het winnen van het contract op de hoogte gebracht van de contractprijzen per ontwerponderdeel?
25. Hoe ziet de samenwerking tussen ontwerp en cost control eruit na gunning contract? Is hier een algemene leidraad voor?
26. Wordt op kosten van het eindproduct gestuurd tijdens het ontwerpen naar definitief ontwerp?  
Zo ja, hoe gebeurt dit?  
Zo nee, waarom gebeurt dit niet?
27. Zijn kosten een belangrijke criteria voor u tijdens het ontwerpen?
28. In hoeverre denkt u dat veranderingen in het ontwerp de kosten van het eindproduct beïnvloeden?
29. Hoe worden veranderingen in het ontwerp gecommuniceerd naar cost control?

### **Overig**

30. Heeft u een suggestie hoe de interactie tussen ontwerp en cost control kan worden verbeterd?

## Appendix B:1.2 – Interview questions project controllers

### Cost management process

1. Hoe en wanneer bent u betrokken geraakt bij het project?
2. Wat is uw rol als project controller binnen het project tijdens de ontwerpfase?

### Overdracht tenderinformatie

3. Heeft er een informatieoverdracht plaatsgevonden na de tender naar cost control?
4. Hoe vindt deze informatieoverdracht plaats en wie coördineert dit?
5. Welke informatie wordt overgedragen vanuit de tender?
6. Bent u op de hoogte gebracht van de inhoud en gemaakte keuzes binnen de kostenraming nadat u bij het project wordt betrokken? In welke vorm vindt dit plaats en wie stuurt dit?
7. Heeft u achtergrondkennis van scopedemarcaties en toegepaste bandbreedtes die zijn bepaald tijdens de tender?
8. In hoeverre helpt het hebben van achtergrondkennis van de kostenraming u later in het project? Waarom?

### Documentatie

9. In wat voor een structuur krijgt u de kostenraming binnen na tender?
10. Hoe wordt de kostenraming omgezet naar werkbudgetten en wat voor een structuur wordt hierbij gehanteerd?
11. Bent u bekend met de work breakdown structure en zo ja, hoe verhoudt deze zich tot de structuur van de werkbudgetten?
12. Op welke niveau worden werkbudgetten tijdens de ontwerpfase bewaakt? Is dit een bewuste keuze en zo ja waarom?
13. Zit er een verschil in bewaking tussen verschillende kostenposten, en zo ja wat is hiervoor de reden?
14. Wat is het verschil tussen werkbudgetten en kostenposten?
15. Hoe verloopt de interactie met werkvoorbereiding en uitvoering m.b.t. het opstellen van werkbudgetten?

### Bandbreedtes en hoeveelheden

16. Bent u na de tender bewust gemaakt van de producthoeveelheden die als basis fungeren voor het tenderontwerp? Zo ja, hoe wordt hierop gestuurd?
17. In hoeverre bent u op de hoogte gebracht wat de financiële consequenties zijn op het moment dat er wordt afgeweken van deze producthoeveelheden?
18. Is het mogelijk om het ontwerpproces te sturen op basis van producthoeveelheden? Zo ja, hoe ziet u dit voor u?
19. Wat zijn de uitdagingen met betrekking tot het sturen van het ontwerp op producthoeveelheden?

### Relatie ontwerp met kosten

20. Wat is de relatie tussen ontwerp en cost control tijdens de ontwerpfase na gunning contract?
21. Waarom vindt er communicatie plaats tussen ontwerp en cost control?
22. Welke moeilijkheden ondervindt u tijdens het bewaken van de werkbudgetten in de ontwerpfase, waardoor komt dit?
23. In hoeverre worden kosten van het eindproduct meegenomen tijdens het ontwerpproces? Wat is de reden hiervoor?
24. Bent u gedurende het ontwerpproces op de hoogte wat de financiële consequenties zijn van ontwerpkeuzes op de werkbudgetten?
25. Worden veranderingen in het ontwerp naar u gecommuniceerd?
26. In wat voor een vorm worden deze veranderingen naar u gecommuniceerd?
27. Kunnen deze keuzes/veranderingen in het ontwerp worden vertaald naar verandering in werkbudgetten?
28. Worden werkbudgetten bijgewerkt tijdens het ontwerpproces? Waarom niet?

**Overig**

29. Heeft u een suggestie hoe de interactie tussen ontwerp en cost control kan worden verbeterd?

## Appendix B:1.3 – Interview questions project managers

### **Project management proces**

1. In welke fase van het project bent u betrokken geraakt bij het project?
2. Wat is uw rol als project manager tijdens het ontwerpproces?
3. Hoe verloopt het ontwerpproces en is er een algemene leidraad die op elk project wordt doorlopen?

### **Overdracht tenderinformatie**

4. Heeft er een informatieoverdracht plaatsgevonden na de tender naar u als project manager?
5. Hoe vindt deze informatieoverdracht plaats en wie coördineert dit?
6. Welke informatie wordt er overgedragen vanuit de tender?
7. Bent u op de hoogte gebracht van de inhoud en gemaakte keuzes binnen de kostenraming nadat u bij het project bent betrokken? In welke vorm gebeurt dit en wie stuurt dit?
8. Heeft u achtergrondkennis van scopedemarcaties en toegepaste bandbreedtes gemaakt tijdens de tender?
9. In hoeverre helpt het hebben van achtergrondkennis van gemaakte keuzes t.o.v. de kostenraming en het ontwerp u later in het project? Waarom?

### **Documentatie**

10. Hoe verhouden ontwerp, werkvoorbereiding en uitvoering zich tot elkaar en wat is uw rol binnen deze disciplines?
11. In welke documentenvorm communiceren de ontwerpdisciplines binnen het project?
12. In welke documentenvorm communiceren werkvoorbereiding en uitvoering binnen het project?
13. Denkt u dat er problemen/uitdagingen zitten tussen beide vormen van documentatie tijdens communicatie tussen de disciplines?
14. Is er een geïntegreerde vorm van informatieoverdracht tussen de disciplines?
15. Bent u bekend met de system breakdown structure, en zo ja wat is de relatie met de work breakdown structure?
16. Op welke niveau worden werkbudgetten tijdens de ontwerpfase bewaakt? Is dit een bewuste keuze en zo ja waarom?
17. Zit er een verschil in bewaking tussen verschillende kostenposten, en zo ja wat is hiervoor de reden?
18. Wat is uw rol binnen de bewaking van de werkbudgetten?

### **Ontwerp veranderingen**

19. Vinden er veranderingen in het ontwerp plaats t.o.v. het tender ontwerp?
20. Wanneer vinden tijdens het ontwerpen de meeste veranderingen plaats?
21. Waardoor vinden er veranderingen plaats t.o.v. het ontwerp?

### **Bandbreedtes en hoeveelheden**

22. Bent u er na de tender op bewust gemaakt van de producthoeveelheden waarbinnen het ontwerp moet werken? Zo ja, hoe wordt hierop gestuurd?
23. In hoeverre bent u op de hoogte gebracht wat de financiële consequenties zijn op het moment wordt afgeweken van deze producthoeveelheden?
24. Bent u van mening dat het mogelijk is om het ontwerp te sturen op basis van producthoeveelheden? Zo ja, hoe ziet u dit voor u?
25. Wat zijn de uitdagingen met betrekking tot het sturen van het ontwerp op producthoeveelheden?

### **Relatie ontwerp met kosten**

26. Wat is de relatie tussen ontwerp en cost control tijdens de ontwerpfase na gunning contract?
27. Waarom vindt er communicatie plaats tussen ontwerp en cost control?
28. Welke moeilijkheden ondervindt u in het coördineren van de bewaking van werkbudgetten tijdens de ontwerpfase, waardoor komt dit?
29. In hoeverre worden kosten van het eindproduct meegenomen tijdens het ontwerpproces? Wat is de reden hiervoor?
30. Bent u gedurende het ontwerpproces op de hoogte wat de financiële consequenties zijn van ontwerpkeuzes op de werkbudgetten?
31. Worden veranderingen in het ontwerp naar u gecommuniceerd?
32. In wat voor een vorm worden deze veranderingen naar u gecommuniceerd?
33. Kunnen deze keuzes/veranderingen in het ontwerp worden vertaald naar verandering in werkbudgetten?
34. Worden de werkbudgetten bijgewerkt tijdens het ontwerpproces? Waarom niet?

### **Overig**

35. Heeft u een suggestie hoe de interactie tussen ontwerp en cost control kan worden verbeterd?



## Appendix B:1.4 – Interview questions work planners

### **Project management proces**

1. In welke fase van het project bent u betrokken geraakt bij het project?
2. Wat is uw rol als werkvoorbereider/uitvoering tijdens het ontwerpproces?

### **Overdracht tenderinformatie**

3. Heeft er een informatieoverdracht plaatsgevonden na de tender naar u als werkvoorbereiding/uitvoering?
4. Hoe vindt deze informatieoverdracht plaats en wie coördineert dit?
5. Welke informatie wordt overgedragen vanuit de tender?
6. Heeft u achtergrondkennis van scopedemarcaties en toegepaste bandbreedtes gemaakt tijdens de tender?
7. In hoeverre helpt het hebben van achtergrond van gemaakte keuzes t.o.v. de kostenraming en het ontwerp u later in het project? Waarom?

### **Documentatie**

8. Hoe verhouden ontwerp, werkvoorbereiding en uitvoering zich tot elkaar en wat is uw rol binnen deze disciplines?
9. Hoe vindt de demarcatie van het totale project plaats door werkvoorbereiding en uitvoering?
10. Kunt u uitleggen wat de rol van de work breakdown structure is binnen het de werkvoorbereiding en uitvoering?
11. Kunt aangeven wat de relatie is tussen de work breakdown structure en de system breakdown structure gebruikt door ontwerp?
12. Worden veranderingen van het ontwerp gedurende het ontwerpproces aangepast in de work breakdown structure? Waarom niet/wel?
13. Denkt u dat er problemen/uitdagingen zitten tussen beide vormen van documentatie tijdens communicatie tussen de disciplines?
14. Is er een geïntegreerde vorm van informatieoverdracht tussen de disciplines?

### **Bandbreedtes en hoeveelheden**

15. Bent u er na de tender op bewust gemaakt van de producthoeveelheden waarbinnen het ontwerp moet werken? Zo ja, hoe wordt hierop gestuurd?
16. In hoeverre bent u op de hoogte gebracht wat de financiële consequenties zijn op het moment dat er wordt afgeweken van de producthoeveelheden?
17. Bent u van mening dat het mogelijk is om het ontwerp te sturen op basis van producthoeveelheden? Zo ja, hoe ziet u dit voor u?
18. Wat zijn de uitdagingen met betrekking tot het sturen van het ontwerp op producthoeveelheden?

### **Relatie ontwerp met kosten**

19. Wat is de relatie tussen ontwerp en werkvoorbereiding/uitvoering tijdens de ontwerpfase na gunning contract?
20. Waarom is er communicatie nodig tussen ontwerp en werkvoorbereiding/uitvoering
21. Wat is uw rol in het coördineren van de bewaking van werkbudgetten tijdens de ontwerpfase?
22. In hoeverre worden kosten van het eindproduct meegenomen tijdens het ontwerpproces? Wat is de reden hiervoor?
23. Bent u gedurende het ontwerpproces op de hoogte wat de financiële consequenties zijn van ontwerpkeuzes op de werkbudgetten?
24. Worden veranderingen in het ontwerp naar u gecommuniceerd?
25. In wat voor een vorm worden deze veranderingen naar u gecommuniceerd?
26. Hebben veranderingen in het ontwerp invloed op werkzaamheden van werkvoorbereiding/uitvoering?
27. Kunnen deze keuzes/veranderingen in het ontwerp worden vertaald naar verandering in werkbudgetten?
28. Worden de werkbudgetten bijgewerkt tijdens het ontwerpproces? Waarom niet?

### **Overig**

29. Heeft u een suggestie hoe de interactie tussen ontwerp en cost control kan worden verbeterd?

## Appendix C – Explorative interviews

Job	Date	Interview letter
Project manager	12-02-2020	A
Project manager	13-02-2020	B
Project manager	09-12-2019	C
Design leader infra	07-02-2020	D
Design leader	09-12-2019	E
Design leader	04-02-2020	F
Design manager	07-10-2019	G
Project controller	10-01-2020	E
Project controller	20-11-2019	H
Project controller	13-01-2020	I
Cost calculator	01-10-2019	J
Financial manager rail	06-01-2020	K
Contract manager	24-02-2020	L

## Appendix D – Full transcripts case study interviews

### Appendix D:1.1 – Interview project A - interviewee 1

#### **Interview project manager 13-03-2020**

##### **In welke fase ben je betrokken bij dit project?**

Bij de tender en bij de realisatie. Bij de tender ben je dan adviseur op alle onderdelen. Tenderen is gewoon een vak met een manier van vragen stellen. De hoofdverantwoordelijke moet een tendermanager zijn omdat deze veel ervaring heeft met tenderen. Hij moet hierbij worden geassisteerd door mensen uit de praktijk om de goede dingen te doen. Als projectmanager ga je daarna een project maken wat hier 2 jaar duurt. Daarom kan als je projectmanager niet zomaar tenderen omdat je dit continue moet doen omdat tender strategieën zich ook ontwikkelen.

##### **Waarom ben je tijdens de tender al betrokken geraakt?**

Omdat het erg belangrijk is dat datgene wat is bedacht in de tender en waar geld aan wordt gehangen, ook zo wordt uitgevoerd. En niet dat we werk gaan aannemen wat vervolgens nog een keer wordt bekeken door het team wat het gaat uitvoeren. Datgene wat is bedacht in de tender moet door het projectteam worden gezien als richtlijn en verder worden uitgewerkt op detailniveau, met optimalisaties etc. Dat fijn slijpen wordt gedaan over de hele lijn van de tijd omdat je niet alle informatie hebt tijdens tender. Tijdens de tender bepaal je de kostprijs met faseringen en methoden maar dat is op hoog niveau.

In de tender wordt bedacht in een plan hoe het wordt gedaan waarbij een van de spelregels daarna is stick tot to the fucking plan. Als je er 1 ding uithaalt en het anders doet kan dat ene aspect efficiënter en beter zijn maar in de hele keten kan de rest daar last van hebben. Als je afbouwt op een bepaald detailniveau kan je soms uit het oog verliezen waarom bepaalde dingen ooit zijn bedacht en dat is het risico als je heel ver afdaalt op het detailniveau, je verliest het gehele overzicht waardoor je op detailniveau op iets kan verdienen maar ergens anders kan verliezen. Als je wijzigt is het belangrijk om de raakvlakken heel goed te beschouwen wat de impact is voor de ander.

Als ik niet bij de tender betrokken zou zijn gevraagd komen er veel meer vragen om het anders te doen vanuit het projectteam. Het is belangrijk dat een aantal mensen die in de tender het plan hebben bedacht dat later weer uit te rollen omdat het ook is begroot hoe men het plan in de tender heeft bedacht.

##### **Wat is jouw rol als projectmanager?**

Om al die disciplines die er zijn aan elkaar gekoppeld te houden. Om de voortgang bespreekbaar te maken, om de totale voortgang van het project te bewaken op alle fronten; kwaliteit, proces, euro's omgeving, ontwerp. Alle mensen bij elkaar zijn het project en dat zijn allemaal disciplines die met elkaar het project maken. Dat betekent ook de onderaannemers waar contracten mee moet worden afgesloten (inkoop). Alle stukjes disciplines kijk je mee en doe je mee.

### **Hoe zie jij de interactie tussen ontwerp en werkvoorbereiding?**

Werkvoorbereiding moet met alles wat het ontwerp maakt in worden meegenomen. Ze moeten naast elkaar zitten omdat het gaat over detaillering, maakbaarheid, tijd en plaats, en welke voorzieningen er nodig zijn. Het kan aan de ene kant zijn dat gebruik van prefab palen het goedkoopste is maar als er logistiek niet kan worden gekomen op de bouwlocatie komen met de prefab paal dan is het misschien wel de duurste optie. Het naast elkaar zetten van de verschillende opties voordat er een keuze wordt gemaakt is erg belangrijk. Die kennis zit niet bij de ontwerper maar bij de werkvoorbereiding omdat die een werkplan maken hoe het moet worden gemaakt worden. De ontwerper is daar minder mee bezig terwijl werkvoorbereiding weet waar hij allemaal tegenaan is gelopen buiten. Al deze stapjes en kennis heb je nodig om het ontwerp maakbaar te maken. Als het op tekening niet klopt dat klopt het buiten 2x zoveel niet.

Een heel goed ontwerp daar is de maakbaarheid optimaal en dat zoek je met elkaar. Wat er ook gebeurt m.b.t. calculatie. Er is bijvoorbeeld in de tender bedacht om iets te maken waarbij er met fasering wordt bedacht om het prefab te maken. Er is geld in de tender begroot voor sito (arbeid, materiaal etc.). Tijdens je calculatie is er echter niet op alle details het ontwerp uitgerekend en als er vervolgens aan de slag wordt gegaan en er optimalisaties worden gedaan moet je eigenlijk alle nuances/onderdelen opnieuw begroten. Je zou eigenlijk bij elke keer als er een fase wordt afgerond (tijdens het ontwerpen) de begroting moet herijken. Dan zie je ook de delta die er dan ontstaat. Maar daar moet tijdens het ontwerp al worden nagedacht of het duurder of goedkoper moet. Soms kan het zijn dat onderdelen meer kosten maar je wel een week eerder klaar bent. Dit moet ook financieel worden meegenomen. Je moet dus alle componenten doorrekenen bij het herijken en dat gebeurt nog niet altijd.

### **Waarom is dat lastig?**

Daar moet je tijd en capaciteit voor hebben. De nut en noodzaak die ziet men wel maar doet men nog niet. We hebben nu het fenomeen gatereviews. 1 onderdeel uit de vragenlijst van de gatereviews is of je werkbegroting is aangepast/up to date aan wat je gaat maken. Als je iets aanpast na de tender moet dit ook worden aangepast in de werkbegroting omdat je budgetten anders niet kloppen. Als je de kostenbewaking strak wilt hebben dan moet het kloppen met de beslissing die zijn bedacht in het ontwerpproces en, dus bijgewerkt t.o.v. de tenderbegroting.

### **Hoe worden keuzes binnen het ontwerp gecommuniceerd met het projectteam?**

We hebben kernteam en we hebben projectteam overleg waar iedereen met iedereen overlegd. Daarnaast hebben we binnen de disciplines interne overleggen en overkoepelende overleggen met raakvlakken. De disciplines infra en civiel komen elkaar tijdens dit hele project 2 x tegen, 2x bij een brug. Daarom maak je ook een geïntegreerde planning die je met elkaar afstemt. Door het gesprek met elkaar te hebben tussen verschillende disciplines kom je op de raakvlakken. We hebben BIM civiel en wegen afzonderlijk gedaan en vervolgens op de raakvlakken op detailniveau integreren omdat het buiten de raakvlakken niet belangrijk is van elkaar. Die fijn afstemming op die raakvlakken is belangrijk. Tijdens een tender heb je dat allemaal niet bedacht. Daar heeft men bijvoorbeeld bedacht hoeveel het kost op een stukje te maken met

bijbehorende kosten maar als je tijdens het ontwerp bedenkt dat er bijvoorbeeld andere afvoer nodig is dan moet er bijvoorbeeld een ander budget tegenaan gehangen worden. Dat moet worden overeengekomen.

### **Wat is het verschil hoe wordt begroot in tender en hoe werkbegroting?**

Budgetten gaan over in werkbegroting. Door mutaties door opdrachtgever worden werkbudgetten verhoogd of verlaagd maar dat is vanuit wat we van de klant krijgen en dan moet er meer geld bij die posten komen door mutatieslagen. Mutatieslag maken we als we een VO en we gaan naar een DO, dat doen we nog niet. Dat zou eigenlijk wel moeten. Dat wordt veel op gedaan op Excel lijsten per discipline.

### **Waarom gebeurt dit niet?**

Als je mutaties niet zo inricht dan gebeurt het niet. Je hebt hier kennis voor nodig hoe kosten zouden kunnen worden bijgehouden. Dat het vanuit BIM zou je dit kunnen koppelen. De wens ligt er maar ik weet niet hoe het kan worden ingevuld.

Er is een nieuwe hoofd werkvoorbereiding gekomen om dat stukje in de werkvoorbereiding eigen te worden. Het implementeren van zo een systematiek moet bottom-up komen vanuit werkvoorbereiding. Als je er op een project niet gedaan hebt dan betekent het dat je het 2 jaar niet doet, de doorlooptijd is best lang. Als we het in de tender er al een stukje inzetten met 3D dan heb je het al staan en kan je daarop doorbouwen. Als je praat over kostenbewaking en veranderingen dan kan je veranderingen in details gelijk aanpassen en je hebt het gelijk doorberekend zodat je weet waar je staat. Als ook het geld er tegenaan hangt kan je daarmee aan de slag. We zijn bezig met een app voor windmolens waarmee we kunnen kijken hoe krachten van een windmolens van invloed zijn op bepaalde ondergronden. Hij rekent uit wat het slimste ontwerp is door middel van duizenden berekeningen. Als je dan ook bij die componenten geld kan gooien dan is dat niet 100% de waarheid maar bij de verschillende opties hoort een prijs met bandbreedtes. Je kan in dit model ook andere componenten instoppen zoals bereikbaarheid, ontwerpkosten etc. zodat het model dit ook kan afwegen.

De engineeringkosten worden tijdens de tender overigens altijd te laag begroot, net zoals de stafkosten. Misschien moeten we hoger durven te schrijven. Hetzelfde geldt voor het risicoprofiel. Tijdens tender doen we niet alles op detailniveau terwijl details vaak geldt kosten. Daarnaast kosten alle kleine stukjes buiten het grote werk ook veel geld wat we niet durven te schrijven. We zetten vaak een risicoprofiel op aan de hand van een lijst. Vervolgens zeggen we dat het risicoprofiel te hoog is en dat stellen we bij om de tender te winnen. Dit is nodig door de hevige concurrentie.

Ik vind dat als we weten dat het kost, schrijf dat dan op en doe trek er daarna een x bedrag af van de contractprijs maar ga dat niet in de posten aanpassen want dan verandert de hele dynamiek en dus minder overzicht over de kostenbewaking. We hebben vaak niet alles meegenomen in de begroting omdat we moeten inkorten om de tender te winnen. Als je iets niet begroot heb je er namelijk 0 voor staan. Als je er iets voor begroot heb je er tenminste iets voor staan en kom je een stukje te kort. De ene kant van de begroting is het uitrekenen van de

producthoeveelheden en andere kant is de fasering en maakbaarheid waar we vaak veel op verliezen. Dat ziet de calculator vaak niet in de calculatie. De calculator gaat uit van standaardwaardes van bijvoorbeeld kranen maar hoe de kraan ergens gaat staan weet ie niet. De werkvoorbereider weet dat wel maar die gaat vaak pas meekijken later in het ontwerp. Het maakt uit met de manier van bouwen. Als de ontwerper niet weet hoe we bouwen met fasering (misschien moeten we eerst slopen) dan is er te weinig voor begroot.

In ons geval is de calculatrice bij de werkvoorbereiding geweest om haar begroting te spiegelen aan de maakbaarheid. Ze weet heel veel maar als je niet buitenkomt weet je niet alle stapjes. Met foto's kunnen je wel heel veel uitleggen omdat je dan ziet wat er allemaal benodigd is om werk te maken. Het is goed dat er tijdens de tender mensen van werkvoorbereiding meekijken. De bijkomende kosten is een post waar de calculatie kennis van zou moeten hebben.

### **Hoe zie dat voor je dat dit wordt meegenomen?**

Wat calculatie niet weet daar gaan ze aan voorbij. Dus wat calculatie berekend moet worden beoordeeld dus calculatie moeten ook buiten komen. Als er een andere werkmethode wordt aangenomen na gunning contract moet het budget waarmee is gerekend in de calculatie ook worden aangepast omdat de begroting anders niet klopt. Bepaalde posten zullen goedkoper worden en bepaalde posten kleiner. De disciplineleider doet dat voor zichzelf op een Excel maar het klopt niet in je werkbegroting. Het steeds aansluiten van je werkbegroting is belangrijk.

We hebben een VO en daarna een DO gemaakt. Je moet eigenlijk je begroting muteren zodra je een VO hebt, daar heb je de grootste mutatieslag te pakken. Dat doen we nu niet in de begroting dus dat gebeurt eigenlijk niet.

### **Wat is de rol van kostenbewaking?**

Bart overlegt met Christiaan om te weten waar plussen en minnen zijn. Je wilt eigenlijk gewoon geld kunnen muteren op posten. Als er bijvoorbeeld geen damwanden worden gebruikt maar een ander methode dan moet het geld van de damwanden worden gemuteerd naar andere kostenposten omdat anders het overzicht kwijt is. Wil je ergens iets uit kunnen generen dan moet de input wel 100% kloppen omdat je anders verkeerde conclusies trekt.

### **Heb je het idee ontwerp de werkbudgetten kent?**

Onvoldoende. Ik heb gezien bij dit werk dat we de begroting hebben gegeven voor beton en staalwerk aan vi infra zodat ze met die getallen kunnen sturen. Dus als mijn kelder een meter minder diep kan worden doordat zij meer ballast kunnen toevoegen, dan hebben ze een idee wat de kostendragers zijn en aan welke knoppen ze kunnen draaien. Ontwerper zijn bezig met een technische oplossing. Ontwerpers moeten een sommetje maken wat moet kloppen op een bepaald onderdeel. Als dit niet klopt moet hij het itereren tot een oplossing. Maar in het grote geheel zijn er wel besparingen te vinden maar dan moet je niet per onderdeel kijken. De zoektocht naar het totale gedeelte zou je willen dat ontwerpers daar meer bezig mee zijn.

In het wegennet zijn ze meer bezig met levensduur, asfaltdiktes, aanlegniveau's. Ik heb het idee dat ze daar veel meer met die getallen aan het spelen zijn dan civiele ontwerpers.

### **Kan je het faciliteren?**

De ontwerpleider zou dat veel meer moeten sturen, samen met de werkvoorbereider van die discipline. Dus de afwegingen moeten samen worden gemaakt en daar moet vroeg aan worden begonnen. Als eenmaal hebt gekozen kan niet meer terug.

### **Waarom kan je niet meer terug?**

Je hebt het ontworpen op die wijze dus als je teruggaat moet je weer opnieuw ontwerpen wat weer tijd kost. Als de keuze vastligt dan ligt ie vast. De keuzes maken met elkaar en voldoende inzicht hebben met geldcomponenten en of het technisch kan moet vroeg gebeuren. Het spel met technische haalbaarheid en kostenoptimalisatie moet meer of elkaar worden afgestemd.

We zijn ook bezig met wapening in 3d, hoe hij het slimste zijn werk kan maken met maakbaarheid in 3d. Daar zie ik een hele slag die is gemaakt. Als je nu op het werk komt dan past het dus je bouwt daarmee wel een heel stuk sneller. Door het 3d kan er in de fabriekshal onder de juiste omstandigheden prefab worden gemaakt i.p.v. buiten. Als je het daar maakt kan je het gelijktijdig maken met wat er buiten wordt gemaakt. Prefab maken scheelt je heel veel bouwtijd omdat het op andere locaties naast elkaar gebeurt. Je hebt wel een grote kraan nodig als je prefab hebt.

Dat is wat de ontwerpleider en werkvoorbereider moeten afstemmen. Dat bepaal je nog niet in de tender terwijl je wel de kosten bepaald dus je zou hier een slag kunnen maken.

### **Kritische hoeveelheden, hoe sta jij daar tegenover voor de huidige situatie?**

Dan moet je het wel breder trekken. Als je naar wapening kijkt en je kijkt naar dikte van wanden dan betekent het dat je meer beton moet gebruiken als je een kritische hoeveelheid voor wapening wordt gebruikt. Ik ken het niet maar ik vind het heel nauw om te gebruiken. Het gaat erom wat de uiteindelijke besparing is.

Er moet meer bewustzijn komen dat het een algemeen probleem is met disciplines  
We zeggen niet voor niks met elkaar op 1 locatie. Dat is om bij iemand langs te kunnen lopen om een vraag te stellen. Door even te schetsen dan kijk je allebei naar hetzelfde. We zijn allemaal visueel in dit vak ingesteld, dit moeten we gebruiken om elkaar mee te nemen. Doordat Ana langskomt bij Christiaan en buiten komt kijken in locatie. Ze heeft iets bedacht en daar euro's tegenaan gezet. Ze denkt in euro's en dat helpt haar om de vertaalslag weer te maken naar euro's wat ze buiten ziet.



## Appendix D:1.2 – Interview project A – interviewee 2

### Interview design manager 11-03-2020

#### **Wanneer bij jij bij het project betrokken geraakt?**

Ik ben nu 3,5 jaar in dienst als ontwerpmanager DURA Vermeer. Sindsdien heb ik een aantal projecten gedaan altijd in de rol als ontwerpmanager zo ook nu bij project A

#### **Wat is jouw rol als ontwerpmanager?**

Ik ben verantwoordelijk voor het gehele ontwerp met alle disciplines. Mijn taak is om te zorgen dat de ontwerpen op tijd zijn, binnen budget zijn en dat de raakvlakken zijn beheerst op een manier dat alle ontwerpdisciplines op elkaar passen. Ook ben ik verantwoordelijk voor het contact met de klant over het technische gedeelte van het project. Ik ben gedeeltelijk verantwoordelijk voor de omgeving en ik zorg daarnaast ervoor dat wijzigingen in het contract worden doorgevoerd.

#### **Wat voor een veranderingen vinden er plaats tijdens het ontwerpproces en wat zijn de redenen?**

In de tender is het budget vaak beperkt om tenderkosten laag te houden. Men zoekt waar de kosten en risico's zitten en die worden in de tender uitgewerkt. Na de tender moet alles echter daadwerkelijk worden uitgewerkt als zodat werkvoorbereiding en inkoop hun hun informatie krijgen. Dat dieper uitwerken gaat gepaard met meer contact tussen werkvoorbereiding en ontwerp.

De tenderfase gaat heel snel. De interactie hoe je gaat bouwen moet allemaal worden uitgezocht worden in de tenderfase. Daarnaast verandert ook vaak de opzet van het hele projectteam na de tenderfase. Dat is bij project A wel beperkt. De meeste mensen die er in de tenderfase aan werkten zijn doorgedaan naar de realisatiefase.

Wijzigingen treden op omdat er bijvoorbeeld andere wensen bij komen na de tender, dat het ontwerp toch goedkoper kan of wanneer er dingen tegenvallen na beter uitwerken van het ontwerp.

#### **Denk je dat zo een ontwerpproces te sturen is?**

Je kan veranderingen in het ontwerpproces wel minimaliseren maar dan moet je in de tenderfase veel meer geld uitgeven en meer/gedetailleerder uitwerken. Je kan besluiten dat iedereen die in de tenderfase betrokken is wordt doorgetrokken naar realisatiefase. Dat is echter een utopie omdat teams sowieso groter worden en andere ideeën hebben. Daarnaast kan je mensen niet beschikbaar houden voor een project wat ze hebben getenderd omdat de ze anders een tijd stil staan terwijl andere projecten ook mensen nodig hebben.

Daarnaast is het niet erg om een wijziging door te voeren zolang er tijd voor is. Wijzigingen vanuit de klant kunnen we vanuit Dura Vermeer nooit iets aan doen.

### **Heb je het idee dat er tussen de 2 verschillende teams (tender & project) een goede overdracht plaatsvindt?**

Dat gebeurt wel maar ik vind dat lastig om te beoordelen hoe goed dat is gedaan.

### **Hoe werken ontwerp en werkvoorbereiding samen?**

Bij project A is het heel goed gegaan. De technisch managers en werkvoorbereiders van de verschillende disciplines waren bij start aanwezig en zijn steeds uitgenodigd bij ontwerp overleggen. Ze weten zo direct wat er speelt qua planning en hebben kennis van de gemaakte keuzes voor technieken in het ontwerp. Zo kunnen ze ook direct input geven aan planning en aangeven wanneer ze informatie nodig hebben voor inkoop en wat voor een type informatie ze hiervoor nodig hebben.

Werkvoorbereiding heeft zich hier bemoeid met ontwerp en dat is ook hoe het hoort omdat ze dan gelijk input kunnen geven of het maakbaar is. Daarnaast houden we als het ontwerp klaar is een soort review ronde waarbij we de ontwerpnota naar werkvoorbereiding sturen om te checken of het uitvoerbaar en maakbaar is. Als je echter alleen deze laatste check zou doen ben je al te laat.

### **Waarom ben je te laat als je alleen de review check aan het einde van het ontwerp doet?**

Als je bijna klaar bent ga je niet terugwerken naar je eerste keuzes in je ontwerp. Je gaat uitgangspunten niet teruggedraaien. Het is veel belangrijker dat werkvoorbereiding input geeft hij het wil bouwen en daarmee samen met ontwerp optrekken.

### **Hoe is dit gestuurd in het project?**

Dat komt omdat en beiden werkvoorbereiders zo graag werken. Dat zijn mensen uit de praktijk die graag mee willen denken en werken. Aan de ontwerpkant ben ik gewend om heel snel de uitvoering erbij te betrekken. Als dit matched trek je samen op. Ik denk dat we ook niet anders kunnen werken. Christiaan zou gek worden als ik zeg dat ik tekeningen opstuur en hij zich daarvoor er niet mee mag bemoeien.

### **Waarom is er geen match als er (fysiek) gescheiden wordt gewerkt.**

Ten eerste is het belangrijk dat werkvoorbereiding vanaf het begin van het ontwerp beschikbaar is. Daar moet je geld voor reserveren in je stafkosten. Het is goed dat je met elkaar zit zodat je elkaar kan vinden. Dit geldt voor in ieder geval de ontwerpmanagers en het liefst ook de ontwerpleiders maar dat is soms lastig omdat je met externe bureaus werkt. Je kan hierdoor de randvoorwaarden bespreken.

Daarnaast blijft het mensenwerk. Het is erg lastig om te bepalen waarom bepaalde projecten goed gaan en andere minder. De vraag is waaraan dat ligt, aan voorwaarden, aan mensen die elkaar niet liggen of aan andere dingen? Het begint wel met een basishouding dat je respect hebt voor elkaar en interesse in elkaars vak hebt. Ik wil weten hoe ze het willen bouwen en hoe we geld kunnen verdienen en anderzijds is het belangrijk dat werkvoorbereiding weet hoe ontwerpen werkt.

Ik vind het lastig om te weten waar het nu echt aan ligt. Ik kan mij voorstellen dat je soms niet bij elkaar langs gaat als je op privégebied niet dezelfde personen bent.

**Wat is de consequentie voor het project als ontwerp geen idee heeft hoe faseringen werken?**

Dat de kosten omhooggaan. Je kan wel een ontwerp maken en zelfs optimaliseren met hoeveelheden maar daar ga je het niet mee verdienen. Het gaat er juist om dat ze het buiten kunnen bouwen. Dat heeft ook te maken met de inzet van kranen, hulpconstructies etc. Dat heeft veel meer impact dan hoeveelheden beton, wapening etc. Sturen op hoeveelheden is prima maar het gaat veel meer hoe je het makkelijk kunt bouwen. Dat hebben we goed gedaan op project A.

**Wat is de relatie tussen ontwerp en kostenbewaking.**

Voor cost control heb ik alleen contact over mijn ontwerpbudget maar niet over de kosten voor realisatie. Het budget met betrekking tot realisatie gaat altijd via werkvoorbereiding en uitvoering naar kostenbewaking. Die moeten mij informeren met 'als ik dat doe dan kost het zoveel'. Project controllers zijn voor mij ook niet hetzelfde als kostprijsdeskundige. Project controller is meer een boekhouder voor mij. Het is wel zo dat we bij wijzigingen soms kostprijsdeskundigen erbij halen. Verder gaat het veelal via werkvoorbereiding en disciplineleiders.

**Heb je het idee dat als er een ontwerpkeuze wordt gemaakt dat de ontwerpafdeling een goed beeld heeft wat voor een invloed dit heeft op de kosten van het eindproduct?**

Nee. Dat is omdat ontwerpers nooit in realisatie hebben gezeten. Die krijgen die informatie niet en daar gaan ze ook niet naar op zoek. De basis hoeveel een kuub beton kost weten ze nog wel maar andere onderdelen kennen ontwerpers niet, ook niet wat het aanbrengen kost. Het is ook niet ons specialisme om prijzen ervan te berekenen, daarom is de interactie met werkvoorbereiding en uitvoering juist zo belangrijk. Die weten wat wel wat het aanbrengen kost. Je kan natuurlijk zeggen dat je als ontwerper meer verstand van moet hebben maar als je goed contact met werkvoorbereiding en disciplineleiders los je het ook op.

Het gevaarlijkste is als er ontwerpkeuzes worden gemaakt die niet duidelijk worden uitgesproken. Dat een ontwerper ergens voor kiest en dat niemand weet welke keuzes en waarom deze keuzes worden gemaakt. Dan is het wel handig als ontwerpers dit opschrijven dat er kan worden gekeken of het duurder wordt. Niet alle keuzes worden zo bewust opgeschreven met de gevolgen eraan gehangen.

**Wat is de reden dat dat soort keuzes worden gecommuniceerd?**

Omdat het lastig is om bij elke keuze stil te staan en te communiceren. Daarnaast is er geen besef dat elke keuze een prijskaartje heeft. Het is dus wel belangrijk dat ontwerpers een beter besef krijgen wat voor een kosten elke keuze met zich mee brengen.

### **Vind je dat ontwerp meer verstand van kosten moet hebben of werkvoorbereiding meer verstand moet hebben van uitvoering?**

Ik vind dat werkvoorbereiding meer aan de ontwerpkant moet komen te zitten omdat je tegelijkertijd je ontwerp en uitvoeringsmethode moet vaststellen dus dat gaat hand in hand. Werkvoorbereiding zou naar mijn mening binnen het ontwerpteam moeten komen. Dan kan je ook kennis vanuit kosten en uitvoering meebrengen. Het lastige is natuurlijk dat werkvoorbereiding meestal op het werk zit en ontwerpbureaus niet altijd waardoor je niet bij elkaar zit. Het liefst zit je allemaal bij elkaar om erover te praten en te begrijpen.

### **Heb je het idee dat de verschillende structuren/werkwijze niet overeenkomen?**

Ontwerp werkt laatste tijd meer steeds meer met werkpakketten en activiteiten juist omdat we een ontwerp van iets maken. Bijvoorbeeld het ontwerpen van een brug hebben we in werkpakketten opgedeeld. Je zou die activiteiten heel goed kunnen matchen met activiteiten uitvoering. Ik geloof niet dat het elkaar bijt dat het andere type werkpakketten zijn dan werkvoorbereiding. Het nadeel is als je het op objecten doet dan moet je daarna nog kunnen beslissen wie de eisen gaat aantonen.

**Let op: Werkpakketten gaan over werkpakketten voor ontwerpen, niet over werkpakketten in realisatie!**

### **Kun je uitleggen wat optimaliseren van hoeveelheden inhoudt?**

Ik stuur nog niet zoveel (te weinig) op hoeveelheden. We toetsen bijna alle ontwerpen zelf. We gaan geen gedetailleerde checks doen maar checken op grotere unitchecks hoeveelheden. We hebben nog niet op dit project gestuurd naar op de hoeveelheden maar dat zou wel een verbetering zijn. Ik denk dat het een verbetering als we kritische hoeveelheden echt gaan vastleggen en op gaan sturen. Daarvoor hebben we gate reviews maar daar worden kritische hoeveelheden nog niet echt gecheckt. Je kan gate reviews juist gebruiken om te kijken van hoeveel we hebben en waar gaat het nou mis t.o.v. de tender en kunnen we daar nog wat mee.

### **Hoe zou jij kritische hoeveelheden zien sturen?**

De grootste valkuil is dat uitvoering lastiger wordt als je puur op hoeveelheden stuurt. Je kan wel heel veel beton besparen maar als je meer manuren in bijvoorbeeld kistwerk nodig hebt dat wordt het alsnog duurder. Daar moet je goede afstemming in hebben wat nou de prijs bepaalt.

### **Hoe zie jij het voor je dat het ontwerpproces beter kan worden gestuurd in de zin dat kosten inzichtelijk worden van het ontwerpproces?**

Behalve de kritische hoeveelheden, denk ik dat werkvoorbereiding onderdeel van je ontwerpteam moet worden. Misschien dat we met digitalisering een stap kunnen maken om uit ontwerp hoeveelheden te kunnen trekken real-time. Dit moet wel hand in hand gaan dat ontwerpers echt weten waar in de tender vanuit is gegaan. Het besef dat een ontwerp veel duurder uitvalt t.o.v. het tenderontwerp komt vaak pas heel laat naar aanleiding van input vanuit werkvoorbereiding.

**Waarom denk je dat projectteam na de tender niet op de hoogte is van het referentieontwerp?**

Niet dezelfde ingenieurbureaus. Het ligt ook niet zo in de werkwijze van ontwerpers om te kijken wat voor een hoeveelheden er in de tender zijn uitgegaan. Ontwerpers gaan gewoon werken en gaan beginnen met ontwerpen zonder dat een seintje krijgen/hebben dat het qua hoeveelheden niet goed gaat.

**Jij ziet niet een rol in meer interactie tussen ontwerp en kostenbewaking?**

Nee. Ik denk dat dat via werkvoorbereiding moet gaan. Niet in de wijze waarin kostenbewaking er nu in zit. Het is belangrijker dat we weten wat bepaalde keuzes kosten. Kostendeskundigen zouden dit wel kunnen narekenen maar deze heb je niet altijd op het project. Hier op project A weten beiden werkvoorbereiders dit prima ook omdat ze de inkoop regelen en contact hebben met onderaannemers.

## Appendix D:1.3 – Interview project A – interviewee 3

### Interview work planner 20-03-2020

#### **Wat is jouw rol als ontwerpleider als dit project?**

Ik ben vanaf het moment dat het project is aangenomen er vrij snel betrokken geraakt. Op een abstract niveau ben ik alvast wat hoeveelheden uit de tender gaan bepalen en heb ik gekeken of de aannames uit de tender wel kloppen. Daarna ben ik langzamerhand samen met de inkoop gaan kijken wat er moeten worden ingekocht en waar dat het handigst is, en volgens welke planning. Je moet allemaal losse eindjes aan elkaar vastknopen. Zodra het werk in uitvoering komt loop je samen op met uitvoering. Alles wat ze nodig hebben probeer je te regelen. Ik heb me in dit project ook erg met de inkoop van asfalt bemoeid.

#### **Wat is de interactie tussen ontwerp en werkvoorbereiding?**

Wij kijken met ontwerp mee met de tekeningen. Ontwerp vraag ons advies wat ze waar in het ontwerp het beste kunnen toepassen. Vragen die daarbij komen kijken zijn bijvoorbeeld of het handig is om het ontwerp zo op papier te zetten of dat er nog meer in het ontwerp nodig is voor uitvoering om het buiten te kunnen maken. Heel simpel gezegd ligt er een tekening in het platte vlak maar dat voldoet niet omdat je ook nog doorsnedes nodig hebt, daar heeft werkvoorbereiding gevoel bij. Staat alles qua maatvoering op de tekening? Met asfalt heb je allemaal verschillende soorten asfalt. Door de samenwerking tussen ontwerp en werkvoorbereiding kunnen we bijvoorbeeld kijken of we met minder asfaltsoorten uit de voeten kunnen. Dan is het misschien qua asfalt iets duurder maar wordt het voor het aanbrengen makkelijker.

#### **Heb je het idee dat het voorbeeld van asfalt dat ontwerp dat zelf zou kunnen bedenken?**

Ze krijgen natuurlijk wel meer ervaring erin. Maar ik denk wel juist dat ontwerp niet puur alleen de tekenaar en ontwerpmanager moet omvatten. Die moeten de samenwerking met andere disciplines zoeken zodat het ook maakbaar is. En natuurlijk krijgen ze het door als ze meerdere projecten hebben ontworpen waar ze aan moeten denken maar ik denk dat wij als werkvoorbereiding nodig zijn om wat sturing te geven. Dat hoeft niet elke dag te zijn maar zolang we soms overleg hebben waarin we feedback kunnen geven.

#### **Wat zijn de consequenties als jullie er niet bij betrokken zijn?**

Als je dan een UO hebt kunnen er dingen op staan die buiten niet uitvoerbaar zijn en dat kost tijd. Dan moet je de planning omgooien en de vraag is of daar tijd voor is. Heel vaak loopt ontwerp uit terwijl wij als bezig zijn en dat kan vervelend zijn.

#### **Hoe is deze samenwerking binnen dit project gestuurd?**

Ik denk dat dat deels gestuurd is maar het is ook deels natuurlijk gegaan omdat we in 1 gebouw zaten. Ik was ook nog op een ander project bezig maar we zaten wel in hetzelfde gebouw dus dat was makkelijk elkaar opzoeken.

Als je hier met de uitvoering van een project bezig bent terwijl het ontwerp in hoofddorp wordt gedaan dan leeft het niet. Als je met elkaar in een kantoor zit dan leeft zo een project veel meer en doe je het met elkaar. Het is dan niet zo dat de ontwerpmanager de ontwerpers aanstuurt die een DO maken wat vervolgens over de schutting wordt gegoid naar werkvoorbereiding en uitvoering. Zo moet het niet zijn, er moet een samenwerking in zitten. Natuurlijk is het zo dat werkvoorbereiding en uitvoering vaak in een later stadium van een project aanhaken maar het is wel lekker om dat eerder te doen.

### **Als een ontwerp over de schutting wordt gegoid, waarom is dat een probleem?**

Als het goed is, is het goed en dan is het niet erg. Maar de ervaring is vaak dat het heel vaak niet klaar is en dat we buiten moeten beginnen. Dan mis je bepaalde dingen die uitgewerkt moeten worden. Het zijn vaak details maar vaak wel hele belangrijke details. We zijn allemaal mensen dus er wordt weleens wat vergeten. Als je met meerdere disciplines ernaar kan kijken dan is dat beter. Een uitvoerder hier kijkt ook weer heel anders ernaar dan dat ik ernaar kijkt. Die weet buiten precies waar het evt. misgaat. Op die punten kijkt hij naar de tekening.

### **Wat voor een dingen denk je dat ontwerp mist wat werkvoorbereiding en uitvoering in kunnen brengen?**

Dat is heel vaak op detailniveau. Een hoogte van een bankje, een hele detaillering van een kantconstructie met berm, een stukje damwand, een ander materiaal etc. het kunnen heel veel dingen zijn. Tegenwoordig ontwerpen ontwerpers steeds meer 3d en dat ontwerp gaan vaak met hele kleine aanpassingen direct naar de kraan buiten. Dat moet wel goed zijn anders moet het terug als het buiten niet klopt. Dat de praktische mensen daarbij zijn aangesloten is het essentieel.

### **Wat mist er in de tender?**

Dat kan ook heel verschillend zijn. Dat ze bijvoorbeeld met hoeveelheden toch iets fouten hebben gedaan. Zij gaan uit van tekeningen terwijl het er buiten misschien niet precies zo bijligt als op de tekeningen staat. Wat vind je in de ondergrond. Je moet heel veel aannames doen en daarin werkvoorbereiding en/of uitvoering adviseren. Met name als je mensen uit de omgeving hebt die bij het project zijn betrokken omdat die weten hoe je een provinciewerk moet aanvliegen. Iemand uit Brabant zal er anders naar kijken dan iemand van hier omdat er bijvoorbeeld een andere ondergrond zit. Ontwerpers zijn toch vaak meer teken technisch bezig dan hoe het er buiten uitziet. In de tenderfase geldt dat ook. In de tender worden er heel veel hoeveelheden bepaald omdat je redelijk de oppervlakte kan bepalen en dingen uit het contract. Maar het verwerken (werkvolgorde) is ook heel vaak bepalend voor de prijs. Uitvoering wil bijvoorbeeld een kruising in een weekend doorpakken i.p.v. dat er in de tender dat is uitgesmeerd over een aantal dagen. Werkvoorbereiding en uitvoering kunnen die kennis heel mooi meenemen naar de tenderfase. Praktische mensen missen we soms in de tenderfase. Tegenwoordig komt er wel meer input vanuit onze disciplines.

### **Wat is de relatie tussen werkvoorbereiding en project controllers?**

We hebben hier afgesproken dat ik samen met de technisch manager de werkbegroting hebben versleuteld op een manier dat wij die het makkelijkst kunnen bewaken in overleg met de project

controller. Die heb ik helemaal versleuteld. Van daaruit kunnen we goed bewaken. Ik vul de hoeveelheden in wat er buiten is gemaakt. Dat doe ik voor een groot gedeelte aan de hand van de kosten die zijn gemaakt. We hebben hier bijvoorbeeld een werk waar veel uren worden gemaakt dus dat monitoren en bewaken we op die manier. Op het vorige project hadden we op een stukje project buiten bewaakt maar dat liep zo in elkaar over omdat het ene projectje nog niet klaar was terwijl de andere al begon er allemaal dingen door elkaar liepen. Dan is het splitsen op kostenposten eigenlijk niet te doen. Daarom hebben we hier gezegd, we zetten gewoon 1 post autokranen en wanneer die rijdt maakt het niet uit. Vervolgens hebben we in een Excel sheet in de tijd uiteengezet hoeveel uren die mag hebben gebruikt per tijdstip. Daarmee hebben we als werkvoorbereiding een coördinerende rol. Ik zit al heel lang in de werkvoorbereiding dus ik kan heel makkelijk een werkbegroting omzetten. Als het project loopt dat heb je regelmatig contact met de projectcontroller.

**Als je kijkt naar het bewaken van de budgetten tijdens het ontwerpproces. Hoe doen jullie dat en hoe is dan de interactie met de kostenbewaking?**

Dan vind ik een beetje lastiger inderdaad. Wat ik in het begin al zei. Als we erop kunnen sturen om bijvoorbeeld bepaald asfaltlagen te combineren kun je het budget wel een beetje bewaken natuurlijk. Want dat budget staat al klaar. Daar kun je niks meer mee als beginnend ontwerper. Als je daar slimigheden kunt bedenken samen met ontwerp bespaar je daar geld op.

**Heb je het idee dat ontwerp ervan op de hoogte is wat de werkbudgetten zijn?**

Dat denk ik niet. Er is een bepaald ontwerp in de tenderfase gemaakt en daar is een prijs aan gehangen. Daarna krijg je een uitwerking van het ontwerp. Ik moet zeggen dat dit in de wegebouw nog wel mee valt maar hoe het met civiel is durf ik niet te zeggen of ze bijvoorbeeld een ander soort ligger gaan toepassen of dat dan veel meer of minder gaat kosten, dat weet ik niet. In de wegebouw valt dat meestal wel mee. Dan moet je misschien slimigheden vinden waar je geld mee kan verzinnen. Meestal is zo'n begroting redelijk detaillistisch dus daar kan ontwerp wel zijn dingen uithalen.

**Denk je dat het een voordeel is als ontwerp de budgetten kent?**

Natuurlijk kunnen ze er misschien wat mee als ze het weten. Aan de andere kant is het voor infra het grootste deel wel redelijk standaard. Zand, bermen, sloot graven, stuk riolering aanleggen etc. Dat zijn al redelijk standaard parameters waar je als ontwerper niet heel veel mee kan.

Als je denkt aan de bouw van een brug of een viaduct. Die landhoofden kan je op verschillende manier ontwerpen. Er zijn bijvoorbeeld heel veel heimethodes. Dat heeft wel direct consequenties met wat er in de begroting staat en hoe de uitvoering het ziet. Maar binnen de wegebouw is dat minder denk ik. Keuzes in kunstwerken kunnen inderdaad veel kostenconsequenties hebben.

**Hoe is dat gegaan toen de brug korter is geworden tussen werkbudgetten civiel en infra?**

Dat is redelijk overzichtelijk gegaan. Vaak is zo'n begroting ook wel opgezet in delen dat je een heel deel eruit kan halen en ergens kan instoppen. De brug is korter geworden en er kwam



meer grondwerk bij. Ik kan mij voorstellen dat dat soms wat strijd levert tussen disciplines. Als je 1 bedrijf bent zoals Dura Vermeer gaat dat gewoon samen op. We werken met 1 budget. Als ik hier soms wat kosten heb die eigenlijk voor civiel zijn dan zet ik ze soms gewoon bij infa, de kosten moeten gewoon worden bepaald. Als het maar grosso modo klopt dan is het prima. Het is niet zo krampachtig als vroeger dat er moeilijk werd gedaan in kosten uiteindelijk dat iedereen zijn eigen resultaat en budget wilde nastreven, nu willen we samen gewoon een goed project neerzetten. Dat is misschien in een combinatie lastig.

**Is het lastig om tussen VO-DO te weten waar je financieel staat ten opzichte van het budget?**

Ja je zou inderdaad zeggen dat het zo zou zijn dat je tijdens het ontwerpproces niet precies weet wat de consequentie is van wat je hebt ontworpen. Daar is misschien wel inderdaad de input van inkoop, werkvoorbereiding en uitvoering helpvol om de kosten te bepalen.

**Hoe zouden die dat meer inzichtelijk kunnen maken?**

Die kunnen wel alvast in die fase een keer iemand opbellen wat iets kost en of er misschien een alternatief voor is. Wij hebben weer andere relaties dan een ontwerper. Op die manier zou je dat wel in de hand kunnen houden. Je kan alvast offertes opvragen of met een funderingsbedrijf in gesprek gaan hoe we dit zouden kunnen aanvliegen en dan kan je dat in het ontwerp nog meenemen. I.p.v. dat het ontwerp al klaar is terwijl iets eigenlijk niet uitvoerbaar is of goedkoper kan. Als je dat eerder kan signaleren dan is dat beter natuurlijk.

**Ben jij voorstander van het steeds herijken van de werkbudgetten tijdens het ontwerpproces?**

Ja en nee. Als daar iemand op zit die dat in de gaten houdt kan dat voordelen hebben zodat het beter wordt bewaakt. Aan de andere kant vraag ik mij af of daar echt een pijnpunt zit, dan weet ik niet. In de ontwerpfase heb ik niet zo heel veel ervaring met het budgetten herijken omdat de wegenbouw redelijk is gestandaardiseerd. Dat durf ik niet te zeggen. Ik weet zeker dat wij zinvolle input kunnen leveren op het ontwerp zodat wij de budgetten kunnen bewaken.

Vanuit de tenderfase qua ontwerp ligt het asfalt qua soorten wel aardig vast ook contractmatig. Waar je in ontwerpfase qua asfalt wel kan sturen is of het dunner kan. Je kan meer onderzoek doen of er een alternatieve constructie kan zijn. Uitvoering en werkvoorbereiding kan ontwerp vooral sturen qua fasering en hoeveelheden hoeveel je bijvoorbeeld in een nacht kan doen of weekend. Zo is er in de tender bijvoorbeeld bepaald hoeveel nachten het kost om een weg aan te leggen maar dat kan heel anders worden aangepakt door inzichten vanuit uitvoering en werkvoorbereiding. Dat is dan niet in relatie met betrekking tot ontwerp maar daar zou je wel iets kunnen met ontwerp maar ik weet niet zo 1,2,3 hoe.

**Denk je dat ontwerp wel een redelijk goed beeld heeft van kostenposten en op welke kostenposten hebben ontwerp geen goed beeld bij ontwerpverandering?**

Ik denk dat ontwerp wel de kosten van materialen redelijk in hun hoofd zitten, maar niet altijd hoe lang we er mee bezig zijn om iets te maken en wat er allemaal bij komt kijken. Denk aan verkeersmaatregelen, wat er in de grond zit etc. In hoeverre daar ontwerp iets mee doet of mee kan doen, vind ik heel lastig. Ik denk dat dat iets meer uitvoeringstechnisch zijn.

### **Denk je dat deze kosten wel goed worden bepaald in de tender?**

Dat ligt ook aan hoe goed de calculator is. Die gebruikt natuurlijk bepaald parameters voor aannames. Daar is natuurlijk ook altijd strijd mee met werkvoorbereiding en uitvoering. Je hebt bijvoorbeeld dit niet gerekend of dat niet gerekend of iets staat er wel heel ruim in. Maar met ontwerp vind ik dat wel lastig. Qua materialen en qua uitvoeringsmethodiek (met name de gespecialiseerde onderaannemers zoals heier, liggers) kunnen nog wel eens grote prijsverschillen zitten. Naar mijn mening kunnen ze alleen met materialen nog wel rekening houden in het ontwerp.

### **Hoe kijk jij tegen het sturen van het ontwerpteam op basis van reeds bepaalde materiaalhoeveelheden uit de tender?**

Dat vind ik vrij lastig. Je kunt wel zeggen dat we maar met 12cm dik asfalt hebben gerekend maar overal komt naar voren dat het 15cm moet zijn dan kan de uitvoerder niet 15cm op de tekening zetten omdat dan niet aan de eisen voldoet.

### **Hoe krijgt kostenbewaking de input dat ze het grote geheel in de gaten kunnen houden?**

Doordat jij je werkbegroting op een bepaalde manier hebt opgezet heb je heel veel budget ergens aan gekoppeld. Er is een budget voor manuren, voor onder aanneming, voor materieel die je weer onder kan verdelen. Dat is eigenlijk heel makkelijk te bewaken. Daar zit de interactie tussen werkvoorbereiding (als die de werkbegroting maakt). Die werkbegroting ga je inlezen in je kostenbewaking programma en daar kan je producties invullen. Dat schuurt wel heel erg nauw aan elkaar, werkvoorbereiding en kostenbewaking.

### **Schuurt dit ook nauw met elkaar tijdens het ontwerpproces?**

Dat vind ik lastiger, met name ontwerp t.o.v. kostenbewaking. Daar heb ik niet zoveel zicht op. Ontwerp verbrand natuurlijk heel veel uren. Ik kan daar weinig aan doen. Een project controller volgens mij ook niet. Je kan moeilijk zeggen dat je uren op zijn en dat ze het maar in moeten leveren.

### **En lost van de ontwerpuren, bijvoorbeeld een kostenpost materiaal? Hoe krijg een kostenbewaker een verandering door?**

Ik denk een soort standlijn. Ik heb zoveel geld inmiddels uitgegeven aan ontwerp en we staan daar. En qua materialen die ga je over het ontwerp heen zetten en komen weer bij uitvoering terecht want daar ga je inkopen en niet tijdens het ontwerp.

Op een bepaald moment als er een gedeelte van het ontwerp klaar is en er zit een kostenbesparing in dan kan je dat wel doorspelen naar de kostenbewaking. Dat hoeft niet via werkvoorbereiding te gaan maar kan ook van de ontwerpmanager direct naar de controller gaan. De controller gaat namelijk ook over kansen en risico's samen met ontwerpmanager en technisch manager. Het is wat dat betreft heel dynamisch in deze branche.

### **Kan een optimalisatie goed worden afgeprijsd als werkvoorbereiding niet wordt betrokken?**

Ja dat geloof ik wel. De technisch manager zit er namelijk ook wel bovenop.

**Recap: Hebben jullie als kostenbewaking een goed beeld van de kosten voor realisatie van het ontwerp tijdens het ontwerpproces. Waar lopen jullie tegenaan en wat is in hierbij jullie rol en samenwerking met de project controller?**

Er wordt natuurlijk in het ontwerp geoptimaliseerd. Er worden slimigheden in gebracht wat geld oplevert. Ook zullen er altijd zaken zijn die extra geld kosten omdat daar in tenderfase niet mee is gerekend. De slimigheden komen natuurlijk wel in overleggen die er zijn tussen ontwerp en uitvoering naar boven. Hierbij lopen we nog wel eens tegen de tijdfactor aan. Het ontwerp is te laat klaar en de uitvoering moet starten. Dan is er geen tijd om juist vanuit de uitvoering nog te optimaliseren. Hoe dichter ontwerp en uitvoering bij elkaar zitten, en veel overleg hebben, hoe optimaler het ontwerp wordt wat dan weer geld bespaard. Onze rol hierin is om ideeën aan te dragen, dingen door te rekenen en slimigheden te bedenken. Er wordt in dit stadium meer overleg gevoerd met de inkoper.

De projectcontroller komt vaak pas in beeld als we met de uitvoering zijn begonnen en de materialen worden ingekocht. Dan wordt er ook een prognose afgegeven waar het werk financieel naar toegaat. De rol van de projectcontroller is volgens mij hier wat kleiner.

## Appendix D:1.4 – Interview project A – interviewee 4

### Interview project controller 17-03-2020

#### **Hoe ben jij betrokken bij het project als kostenbewaker?**

Als eerste ga ik op zoek naar het eindblad waarmee Dura Vermeer zich heeft ingeschreven. Dit eindblad is inclusief winst en het moet zijn geautoriseerd door de directie. Dat is mijn vertrekpunt.

Dan is er ook een calculatie begroting die erg gedetailleerd is en op activiteiten gericht. Wij maken vervolgens een vertaling naar de werkbegroting. Ik zal specifiek voor de PROJECT A6 uitleggen hoe we dit hebben gedaan. Het hele project is 42,2 miljoen en bestaat uit 2 provinciale wegen, wegdeel A en wegdeel B. Er zitten twee kunstwerken in, de Amalia brug en kokerpolderbrug. Wegdeel B is puur een asfaltklus en in wegdeel A zitten ook rotondes en kruispunten in.

Bij wegdeel A hebben we besloten om in 4 deelbegrotingen te gaan bewaken. Koepel, civiel, infra en Spie. Waarom hebben we voor 4 gekozen? Spie is als onderaannemer bindend meegegaan en heeft een eigen begroting gemaakt, dit is dus een inkoopcontract geworden waarbij wij geen risico lopen op dit contract. Spie voert ongeveer een kwart van de totale begroting uit. Wij hebben een hele simpele werkbegroting gemaakt gebaseerd op de werkzaamheden (bruggen) van Spie, en deze is erg basaal ingericht.

#### Civiel

Voor het civiele deel is er in de tender besloten om dit in ibisstrat te begroten. Dit was ook de eerste keer dat we tegen de problematiek aanliepen dat ibsstrat niet kan communiceren met metacom en metacom cost control. In dit geval is de ibsstratbegroting na aannemen van het project overgetypt in metacom xe en vervolgens ingelezen in cost control. Dat is ook wel een dingetje binnen Dura Vermeer dat ibsstrat nog niet compatible is met metacom xe. Ibisstrat is echter veel flexibeler dus er is gekozen om dit te gebruiken door de uiteindelijke tijdswinst rekening houdende dat er ongeveer 1 op de 3 tenders wordt gewonnen.

De civiele calculatiebegroting is heel erg op activiteiten gebaseerd. Activiteiten die goed te bundelen zijn en met weinig risico's, zijn bij elkaar gezet. Bij deze begroting hebben we pas later besloten om bepaalde werkzaamheden onder te brengen bij bepaalde partijen. Dit was dus in de werkbegroting nog niet besloten maar dit is later aangepast dus hiervoor is er in de posten van de werkbegroting geschoven/herverdeeld. Waar je dus eigenlijk in het begin al bij het opstellen van de werkbegroting had moeten bepalen om dit bij onderaannemer van het 't Hek neer te leggen zie je hier dus een herverdeling later in metacom. Op sommige posten was er dus geen oorspronkelijk budget maar hier zijn later wel budgetten aan toegevoegd. In de ideale wereld had je deze posten al in de werkbegroting moeten meenemen en we hebben dat nu opgelost door het naderhand te herverdelen. De twee miljoen die bij van het 't Hek is onderverdeeld is gehaald uit andere kostenposten die eerder voor de bruggen waren gedefinieerd. ABK is wel een dingetje omdat dit een post is die lastig te bewaken is.

### **Waarom is ABK lastig te bewaken?**

Dit komt omdat wij deze heel erg uitsplitsen terwijl onze materieeldiensten vaak alles op een post boeken. Ik heb al aangegeven dat onze materiaaldiensten onze prognose eigenlijk al zouden moeten kunnen maken maar zover zijn we nog niet. Dus je bent heel gedetailleerd aan het uitsplitsen maar vervolgens wordt het allemaal gedumpt, ze boeken maar. Daarom staat hij ook apart als kostenpost. Hier is nog een slag te maken als Dura Vermeer.

Verder worden de kosten van VTW's apart geboekt tenzij deze makkelijk zijn toe te voegen aan de oorspronkelijke posten.

Op de project A is dus te zien dat er toch nog een herverdeling is geweest van de werkbegroting aan de hand van de contracten. Dat scheelt voor het bewaken omdat er risico's bij van het 't Hek zijn gelegd.

### **Wanneer heeft de herverdeling van de werkbegroting plaatsgevonden?**

De herverdeling heeft plaatsgevonden net na contractvorming met van 't Hek. Deze herverdeling loopt 1 op 1 met de informatie vanuit inkoop. Dit is besloten tijdens de ontwerpfase tussen VO en DO. Dit project heeft een ontzettende druk op de planning gehad en hier was van 't v dus al bijna vastgelegd voor het DO omdat de planning zeer onder druk zat. Eigenlijk is van het 't Hek al vastgelegd voordat ze precies wisten wat ze moeten doen. Dat bracht een risico met ons mee maar dat is niet gebeurt.

### Infra

Infrastructureel is een ander team en dus ook kleine afwijking. De gedachtegang is hetzelfde. Echter, de calculatie is wel al in metacom gemaakt waardoor het detailniveau van productieposten wat hoger ligt omdat ze het ding niet over hebben hoeven typen. Variabelen uren is in zijn geheel gepost omdat dit heel lastig is te bewaken en 9 van de 10 keer een overschrijding is. Om het echt te bewaken is er een los Excel bestand gemaakt om het te kunnen bewaken. Dit is dus een getal wat in MCC wel als 1 post staat maar los wordt bewaakt in een Excel.

Bij deze begroting hebben we besloten om de project A apart te bewaken omdat het idee was dat er al een nieuwe asfalt laag zou worden aangelegd bij wegdeel B voordat het ontwerp van wegdeel A was gemaakt zodat we deze hele sectie dicht konden zetten en wisten wat we hadden gewonnen of verloren. Echter was de onderbouw niet goed genoeg waardoor wij nog niet konden beginnen.

Je ziet dit niet vaak, maar het was uiteindelijk goed dat we dit apart hadden gedaan omdat de kosten van de wegdeel A en wegdeel B door elkaar heen geboekt zouden worden. Anders heb je het risico dat de kosten gesnipperd geboekt worden omdat je niet nauwkeurig weet hoe de verdeling is tussen de wegdeel A en wegdeel B.

Uitgangspunten zijn altijd variabele kosten apart, asfaltkosten apart en werkzaamheden die je bij onder aannemingen weg gaat zetten apart.

### **Wat is het lastige voor jou als je de werkbegroting hebt gemaakt en er veranderingen plaatsvinden in het ontwerp?**

Bij deze begroting is het D&C gecontracteerd dus het totaalbedrag verandert niet. We hebben een bedrag voor bepaalde werkzaamheden gekregen dus mocht het ontwerp iets slims bedenken dan hou je dus op die post(en) iets over t.o.v. de oorspronkelijke werkbegroting. Qua wegen is het ontwerp redelijk hetzelfde gebleven dus de productieposten zijn ook redelijk hetzelfde gebleven. Qua civiel verandert dat altijd en daarin is ons systeem behoorlijk star. We hebben bijvoorbeeld gekozen om de tijdelijke kokerpolderbrug korter te maken. Dat betekende dat civiel minder budget nodig had en infra meer. Door de brug korter te maken heb je natuurlijk meer asfalt en talud nodig om ernaartoe te komen. Daar hebben we een herverdeling gedaan die alleen op bedragen is gegaan en niet op detailniveau productie. Dus daar laat je wel je productieposten los.

De pot geld is wel in beeld en herverdeeld. Heel sec heb je dus in de productiekosten een stuk vervuiling. Om een voorbeeld te geven van deze vervuiling; als je bijvoorbeeld in de tenderfase hebt bedacht om 1000 ton asfalt te gaan draaien en de brug wordt korter dan is de productiepost nog 1000 ton terwijl we misschien 1200 ton nodig hebben. Daar is het systeem redelijk star. Ik weet dat er een mogelijkheid is om er een werkbegroting overheen te lezen maar we hebben hier gekozen om de pot geld wel te herverdelen zodat het bedrag klopt maar de hoeveelheden/productieposten in een Excel apart te bewaken. Dus als je de productiekosten van de nu bijgewerkte posten opent dat zie je de productieposten van de tender maar de werkelijke verandering hebben we bijgehouden in Excel. Je kunt er een werkbegroting overheen lezen maar dat hebben we hier niet gedaan omdat het te behappen was om het in een Excel bij te houden.

Het is een manco van het systeem dat dit niet makkelijker kan maar ook een manco van hoe we het hebben ingericht. Want als we een project hebben aangenomen willen we voordat we het ontwerp klaar hebben een werkbegroting hebben terwijl dit eigenlijk niet kan. We weten namelijk nog niet hoe we het gaan doen en wat we gaan doen. Dat is het spanningsveld wat binnen Dura Vermeer zit. Eigenlijk wil je de hele begroting pas bij het DO inlezen. Of misschien bij het VO als je weet dat er niet veel meer verandert. Maar momenteel zijn het altijd de tenderbegrotingen die worden ingelezen. Dat is denk ik ook het spanningsveld van jouw onderzoek. Bij dit project is het redelijk te overzien en zijn de bedragen herverdeeld maar ik heb ook wel eens projecten meegemaakt waarbij je de hele begroting aan de kant moet schuiven en opnieuw moet inlezen. Zeker als er heel veel variabelen veranderen. Het product wat je bouwt is ongeveer hetzelfde maar als het echt drastisch anders wordt dan ga je heel veel handwerk in de begroting krijgen waardoor het niet overzichtelijker wordt.

### **Wat is de reden om alsnog de werkbegroting op te stellen aan het begin van je ontwerpproces?**

Het systeem van Dura Vermeer is zo ingericht dat wij geen projectnummer toegankelijk hebben als er geen begroting in zit. In het ontwerpproces beginnen we wel met inkopen dus dat is het kromme. Je weet in principe wel wat je gaat doen en welke partijen je gaat vastleggen alleen

om de inkoopcontracten erin te zetten moet er een werkbegroting zijn. Dus ons eigen proces is een beetje tegenstrijdig. Ik kan dat alleen maar omzeilen door het systeem te foppen. Dat wil zeggen dat ik bijvoorbeeld infrabegroting op 1 regel inlees en alle posten leeglaat en dan de begroting erover heen lees en dan de bedragen pas ga verdelen. Hier hebben we ons wel gewoon aan het systeem gehouden en hebben we de tenderbegroting ingelezen en daarna bijgeschaafd naar het originele budget.

### **In welke opzicht verschilt de benadering van de tenderbegroting t.o.v. kostenbewaking.**

Calculatiebegroting is eigenlijk een kwart anders dan hoe we bewaken. De begroting wordt gemaakt in een ander bedrijf voordat we het contract hebben begonnen. Vanuit de calculatie is het project onderverdeeld per onderdeel/productiepost. In plaats van dat je bijvoorbeeld alle productie uren bij elkaar neemt is het onderverdeeld per productiepost (bijvoorbeeld wanden). Als je het in zou lezen naar een werkbegroting zou je als een poppetje met een onderdeel is bezig geweest die elke keer op dat onderdeel moeten boeken. Als hij 2 dagen is bezig geweest met 2 onderdelen zou hij dus deze 2 kosten moeten splitsen dat is ondoenlijk en te gedetailleerd. Daarom zie je in de transitie van calculatie naar werkbegroting dat dus die inschatting van de uren als totaal gepost wordt. Calculatie rekent het van scratch af aan. De slag van calculatie naar werkbegroting is dus eigenlijk een bundeling. In dit geval is ervoor gekozen om dat ook te bundelen op uren en dit in een losse planning bij te houden.

### **Heb je het idee dat de ontwerpafdeling als er een keuze wordt gemaakt dat ze weten dat er in de werkbegroting anders wordt omgegaan in werkbegroting dan calculatie. Wat is de koppeling tussen ontwerp en kostenbewaking en kunnen zij die omslag in hun denkwijze maken?**

Ontwerp denkt ook wel in calculatiebegroting. Het is een resultante van de calculatie. Ik vraag me alleen af of het meerwaarde heeft als ze in deze structuur denken. Ze denken juist weer in die activiteiten. Als ontwerp bijvoorbeeld een andere methode heeft gevonden om iets snellers te doen dan in de calculatie dan denken ze hetzelfde als een calculator. Dan komen we weer op wat we daarnet zeiden dat het ideaalbeeld is dat we een werkbegroting maken als het ontwerp klaar is want dan weet je pas alles per activiteit. Ik verwacht dus niet dat het noodzakelijk is dat ontwerp vanuit kostenbewaking denkt. Het is meer noodzakelijk dat een snellere transitie van calculatiebegroting naar werkbegroting gegrond kan maken, als het ontwerp dingen heeft aangepast. Het is nu een handmatige transitie, als het geautomatiseerd is zou het veel sneller kunnen doen. Het ontwerp denkt in die activiteiten. Als wij ervoor kiezen om alle activiteiten bij elkaar te zetten denken zij nog steeds per brug bijvoorbeeld. Wij zeggen we zetten alle uren bij elkaar maar ze blijven per brug ontwerpen.

### **Hoe krijgen jullie de input van bepaalde keuzes in het ontwerp en hoe vertalen jullie het naar veranderen/bijwerken kostenposten. Hoe kunnen jullie delta t.o.v. van kostenposten in de gaten houden?**

Het blijft een moeilijkheid. Een goed voorbeeld is dus de brug die korter werd gemaakt. Het ontwerp heeft hierin de keuze gemaakt. Dat scheelt ons dure elementen in het huren van een brug en daar komen goedkopere elementen terug als zijnde een talud verlengen. Die was echter zo duidelijk die hebben we als herverdeling erin gezet. Eerlijk gezegd is het niet altijd zo duidelijk

en dat is precies de vinger op de zere plek. In principe gaat die informatie altijd via de werkvoorbereiding. Dus de vraag is hoe gedetailleerd de werkvoorbereiding ernaar kijkt zodat ik het kan verwerken. Werkvoorbereiding maakt in het geval van de kortere brug een analyse van de oude budgetten en nieuwe budgetten voor veranderende brug met de bijbehorende delta's. Bij civiel houden we budget over, bij infra hebben we meer budget nodig dus dit zijn de delta's uit deze ontwerpwijziging. Het is niet zo dat we die bij elke ontwerpwijziging doen dus daar is nog veel te halen. Het is niet zo dat ze een hele begroting helemaal herrekenen naar het ontwerp. Dat zou wel de ideale situatie zijn.

### **Krijgen jullie nu de informatie van werkvoorbereiding?**

Ja dat is het werk van werkvoorbereiding en ontwerp. Ik ben wel afhankelijk van hoe zij dat aanleveren. Ik ben geen techneut dus hoe de prijzen opnieuw worden berekend ben ik van hun afhankelijk van calculatie en werkvoorbereiding. Je ziet nu dat alleen bij de hele grote wijzigingen calculatie de begroting herrekend. Kleinere wijzigingen worden dat niet echt gedaan. Ik heb voorbeelden dat het wel gebeurt maar ook voorbeelden dat het niet gebeurt. Als een begroting helemaal herrekend is dan kun je eigenlijk niets anders dan de delta's bepalen en die herverdelen in mcc tussen de oorspronkelijke begroting en de kosten van het nieuwe ontwerp. Je gaat niet de hele begroting opnieuw maken.

### **Zou je er voorstander van zijn om tijdens het ontwerpproces steeds te blijven herijken?**

Ik zou vooral voorstander zijn om de werkbegroting pas op te stellen als het VO bekend is. Dan kan de uitvoerder ook gedetailleerder productie melden als dat zou moeten en weet hij beter wat er gemaakt moet worden. Je loopt hier dus wel tegen inkoop aan. Er moet een systeem zijn dat het makkelijk weer herrekent van calculatiebegroting naar werkbegroting maar dat is er momenteel niet. In het huidige systeem zou de huidige werkbegroting later worden opgesteld wat mij betreft.

### **Jullie bewaken op een bepaald niveau. Is die vertaalslag tussen input werkvoorbereiding op gedetailleerder niveau en de bewaking lastig en waarom?**

Vergis je niet dat het bepalen van de bewaking begint voor een projectcontroller met de vraag aan de projectmanager wat voor een informatie ze eruit willen halen. Als een projectmanager per se wil weten op een specifiek onderdeel hoe het erbij staat dan wordt dat bijvoorbeeld als aparte post gedaan, dat zie je ook bij de project A. Daar geven wij als projectcontroller advies op. Ik heb ook wel begrotingen waar projectmanager zijn veto heeft uitgesproken dus die net anders zijn ingesteld. Het gaat erom dat je van tevoren nadenkt welke informatie je eruit wilt halen om het project te kunnen sturen.

### **Wat zou voor jou als kostenbewaking de ideale situatie zijn om als project controller tijdens de ontwerpfase te weten waar Dura Vermeer financieel staat?**

Op een gegeven moment zit je in de ontwerpfase. Waar ik mee begonnen ben in een ander project is dat ik de kritische hoeveelheden al in een heel vroeg stadium aan ontwerp vraag welke hoeveelheden er in hun huidige ontwerp gaan. Als je naar civiel kijkt zijn dat o.a. beton en wapening. Dat zijn je eerste tekenen of het ontwerp past binnen de tender of niet past. Ik heb een voorkeur om kritische hoeveelheden te monitoren in het begin. We hebben bijvoorbeeld in



de tender bepaald om veel staal te gaan gebruiken en staal is heel duur en met een heel goed ontwerp kan je met minder staal volstaan, dat is je eerste besparing. Dus die kritische hoeveelheden vind ik wel van belang in het begin. Dat zijn je eerste signalen of een ontwerp past.

**Hoe zou bijsturen/communiceren op kritische hoeveelheden als er wordt veranderd t.o.v. van de hoeveelheden tijdens ontwerpen?**

Dat zou je met kritische hoeveelheden continue blijven monitoren dus dat je altijd de plussen en minnen zit. Wat ook lastig is dat er vaak tenderfouten naar boven komen. Ik heb een project gedaan waar we een ontwerp hadden wat meer kostte aan budget stond. Maar in de calculatie was er wel 6 ton aan tenderfouten opgelost. Dat is altijd het spanningsveld met ontwerp. Ze hebben een aantal optimalisaties maar we hebben ook daarmee tenderfouten opgelost. Ik denk dat je dat ook goed kan bekijken met kritische hoeveelheden dat je goed kan zien wat je in de tender hebt onderschat t.o.v. van kritische hoeveelheid.

**Heb je het idee dat ontwerpers weten de eenheidsprijzen van de hoeveelheden van materialen? Weten ze wat de consequentie is van het afwijken van kritische hoeveelheid?**

Ik heb geen idee. Ik denk dat het vaak ligt aan het team. Dat is denk ik heel afhankelijk van het overleg met de calculator. Ik moet ervan uitgaan dat ze dat wel weten. Anders ontwerpen ze een Mercedes en krijgen we betaald voor een Opel. Daarom is het ook belangrijk dat het projectteam al in de beginfase aan het overleggen is met het ontwerpteam om dat te coördineren zodat we naar budget aan het ontwerpen zijn. Als een ontwerper het niet weet denk ik wel dat hij dit opzoekt bij het projectteam.

**Komt het vaak voor dat er bepaalde kosten niet zijn meegenomen en wat voor een problemen brengt het met jou met zich mee?**

Niet zo zeer voor mij. In de tender hebben ze hier bijvoorbeeld een eis in de tender over het hoofd gezien waardoor baggerwerkzaamheden niet zijn begroot. Als ze dat meteen in beeld hebben kunnen we dat in de begroting zetten met een bewakingspost. We zetten hier dan 1 euro budget voor omdat het niet is begroot en in een later stadium als we later hebben gecalculeerd wat we nodig hebben dan is het qua bewaking zuiver. Geen budget maar we weten wel wat het verlies is. Als er dingen vergeten zijn en het is keurig in beeld gebracht dat is het geen probleem. Alleen als er dingen vergeten zijn en zijn verzwegen dan sta je als projectcontroller 1-0 achter. Dingen die vergeten zijn moeten boven water komen.

**Hoe verloopt het contact van tijdens ontwerpproces met calculatie?**

Het meeste contact/communicatie via het uitvoeringsteam. Dat zijn ook de budgethouders dus die zijn mijn counterpart. Ja we zouden in het ontwerpproces meer kunnen deelnemen. Ik heb niet als projectcontroller veel contact gehad met ontwerpers, alleen met hun eigen engineeringbudget (koepelbegroting).

**Overig:**

Een ding waar ik nog aan dacht is hoe we het ontwerpbudget an sich wordt bewaakt. Wat je daar ziet is dat je 9 van de 10 keer een overschrijding hebt van het werkbudget engineering. Dat

ziet iedereen altijd te kijken dat er weer een overschrijding is maar juist het onderwerp waar jij aan de slag gaat is belangrijk. 9 van de 10 keer als een ontwerper extra tijd in ontwerp steekt is omdat hij een optimalisatie ziet dus als je kan zien wat ze voor elkaar hebben gebokst aan optimalisaties en dat naast elkaar legt is veel behoefte om inzicht te krijgen.

## Appendix D:2.1 – Interview project B – interviewee 5

### Interview project manager 25-03-2020

#### **Hoe ben jij bij project B betrokken en in welke fase?**

Ik ben als projectmanager bij dit project betrokken nadat het contract is gegund. De definitieve gunning was 3 mei 2019. Tijdens de tenderfase ben ik niet betrokken geweest.

#### **Wat is de meerwaarde om als projectmanager bij de tender betrokken te zijn?**

Het heeft 100% zeker meerwaarde. Ik ben gaan solliciteren bij Dura Vermeer en toen ik heb het een tijd gehad over de rol die ik voor mij zag. Ik denk dat er veel meerwaarde uit is te halen als de projectmanager ook betrokken is bij de tender.

#### **Op wat voor een aspecten levert dit meerwaarde?**

Sowieso om goed ingelezen te zijn in het hele werk; wat er allemaal speelt, wat voor een keuzes er op verschillende vlakken zijn gemaakt zoals financieel, technische keuzes en omgevingsmanagement. Als tendermanager ben je als je het goed doet bij alle onderdelen betrokken en al die onderdelen bij elkaar resulteren uiteindelijk in de prijs. Je bent als projectmanager ook verantwoordelijk voor al die connecties dus je zou die uit de tender kunnen doortrekken naar de realisatiefase. Het kan in de realisatiefase alsnog zo zijn dat er dingen anders zijn dan dat je in de tender had bedacht maar je weet in ieder geval 100% zeker wat er in de tender is bedacht. Je kan dan kiezen om eraan vast te houden of om een andere keuze te maken.

#### **Hoe is de overdracht bij project B gegaan?**

Moeizaam, we hebben een x aantal sessies gehad waar de tendermanager ook een aantal keer bij is betrokken om het over te dragen. Hoe goed het ook bedoeld is, het haalt het niet bij wanneer je zelf bij de tender betrokken bent geweest. Die overdracht vind ik dat vele malen beter moet. Het heeft ons veel tijd energie gekost om het financiële verhaal van de tender duidelijk te krijgen zoals wat er in de tender is bedacht, welke technische keuzes er zijn gemaakt en welke inschrijving daarbij hoort.

#### **Waarom is het zo moeilijk om een goede overdracht te krijgen van financiële keuzes?**

Als je een tender aan het doen bent en het afgesloten hebt, is er een eindblad waar alle financiële getallen opstaan, dus alles wat je moet maken op hoofdlijnen. Daar zitten nog wat onderliggende bladen bij die verwijzen naar het hoofdblad. Zo heb je redelijk eenvoudig recht toe recht aan onderdelen die makkelijk zijn te herleiden maar je hebt ook minder recht toe recht aan onderdelen en die komen wel in het eindblad terecht. Dan kun je bijvoorbeeld denken aan dat die in de onderliggende bladen in 1 post staan en in het eindblad in 2 posten of omgekeerd. Dit is een eenvoudig voorbeeld maar het kan nog ingewikkelder zijn dat het in 3 of 5 delen is onderverdeeld in het eindblad of helemaal anders dus de connectie ben je constant aan het zoeken of die klopt.

Daarnaast merk je dat een tender behoorlijk hectisch wordt vlak voor het indienen. Dan worden er keuzes gemaakt die wel in de eindprijs verwerkt worden maar niet altijd in de detailbladen. Dus dan krijg je daar een gat in. Dan is het een groot voordeel als je in de tender bent betrokken en weet waar dat vandaan komt in plaats van dat je dat moet navragen. Je probeert het zo goed mogelijk te doen maar het haalt niet het niveau van als je er zelf bij bent geweest.

**Als de tender een gegeven is, wat voor een problemen lopen jullie tegenaan als er onduidelijkheid is over de inschrijfbegroting tijdens de ontwerpfase?**

Alle rollen na de tender worden vervangen dus die zijn allemaal nieuw behalve omgevingsmanagement. Dus een ontwerpmanager moet dezelfde zoektocht doen op ontwerp en financieel. Waarop hebben we de prijs op gebaseerd? Die komt er gaandeweg de wegen achter of het helemaal klopt of dat ie onderdelen missen of dat we onderdelen te optimistisch of pessimistisch hebben begroot. Dat is een zoektocht waar ik als projectmanager tegenaan loop maar waar een ontwerpmanager ook tegenaan loopt. Hij zal tijdens dit proces toch zijn ontwerp tegen de inschrijfbegroting houden en kijken of dat ook hetgeen waar ik ook op uitkom.

**Wat is de relatie tussen ontwerp en werkvoorbereiding tijdens een ontwerpfase?**

In de tender en de realisatiefase zijn ze afhankelijk van elkaar. Dat is een kip en ei verhaal. Je gaat beginnen met een ontwerp als aanzet en betreft dan werkvoorbereiding en uitvoering om te kijken waar het ontwerp qua maakbaarheid tegenaan loopt. Dat is ook hetgeen waar we als Dura Vermeer sterker in worden, de ontwerpende bouwer. Dit houdt in dat we zo goed mogelijk de realisatie en werkvoorbereiding bij het ontwerp moeten te betrekken en niet een ontwerp maken en dan doorgeven aan realisatie om ermee aan de slag te gaan, waardoor we tegen allerlei problemen aan te lopen.

**Wat is de consequentie als een ontwerp over de schutting wordt gegooid naar werkvoorbereiding en uitvoering?**

In de meeste gevallen zal het zo zijn dat het ontwerp dan moet worden aangepast op bepaalde onderdelen. Dan kom je in de systematiek van vroeger terecht dat het ontwerp werd gedaan door een opdrachtgever, en de aannemer bepaalde de prijs. Dan kwam er veel meerwerk omdat de aannemer dan aangaf dat er veel dingen niet klopten uit het ontwerp. Dat wil je niet in je eigen organisatie hebben. Als je het ontwerpedeelte hebt wil je die gelijk koppelen aan je uitvoering. Als je dat niet doet zal je behoorlijk wat reparatieslagen krijgen in het ontwerp. Het zijn toch 2 verschillende vakgebieden. Ontwerpmanagement is een vak apart en dat geldt ook voor uitvoering. Het geldt niet zo dat mensen die in uitvoering zitten zomaar bij ontwerp aan de slag kunnen, die zullen bij 0 beginnen.

**Hoe verhouden de kosten zich tussen die twee gebieden?**

Daar heb ik geen getallen voor. Een reparatieslag van het ontwerp kost heel veel geld. Dat is niet alleen omdat je terug naar de tekentafel moet maar ook omdat je uitvoering hebt bedacht om te laten beginnen op een bepaalde datum. Er zijn onderaannemers en partijen aan gebonden dus als je erachter komt dat het ontwerp niet klopt heb je toch een uitdaging. De

kosten kunnen dan behoorlijk toenemen. De kosten zijn niet alleen de 10 man die ontwerp moeten maken maar ook andere kosten die eraan vast zitten.

**Wat is jouw rol in het sturen en wat is de rol van de kostenbewaking in het sturen en het monitoren van kosten t.o.v. de inschrijfbegroting?**

Wat wij laatst hebben gedaan. Wij hebben op 6 maart het definitieve ontwerp bij de opdrachtgever ingediend. Daarnaast hebben we voor onszelf gekeken welk bedrag daarbij hoort bij het ontwerp, zowel direct als indirecte kosten. Toen kwamen we op een x bedrag en dat hebben we vergeleken met de inschrijfbegroting. Dat is een hele belangrijke slag waar we financieel staan. Daar is Hans niet zozeer bij betrokken. Hans die heeft dat onderdeel niet bij zich.

**Waarom vergelijken jullie dit niet op meerdere punten in de tijd?**

Wij hebben van de opdrachtgever het VO aangeleverd gekregen. Dit werd opgegeven als RO maar de status hiervan was al een VO. Dus wij hebben het VO wat we hadden afgeprijsd een DO gemaakt dus het is voor mij eigenlijk een volgende fase.

**Hoe hebben jullie wel inzicht proberen te krijgen waar het ontwerp elke keer financieel staat tussen VO en DO?**

We hebben vaker een check uitgevoerd. We hebben het RO/VO gedurende 3 maanden moeten aanpassen omdat het niet op alle vlakken klopte en het te herstellen. Tijdens die fase en aan het einde van die fase hebben we ook gekeken naar het financiële deel. We doen die check dus wel op meerdere moment maar de harde check en het beschouwen van het hele werk is na DO. Tussendoor is het vooral een check op verschillende onderdelen apart.

**Kunnen jullie makkelijk en betrouwbaar rapporteren gedurende het ontwerpproces waar het ontwerp financieel heen gaat?**

Ja alleen merk je wel dat je bij elke project een rapportage met een getal hebt met een bandbreedte. Die bandbreedte wordt gaandeweg het project steeds smaller. Je moet je wel realiseren dat als je een tender indient voor 28,2 miljoen dat daar ook een bandbreedte op zit. Je probeert gaandeweg steeds die bandbreedte te vernauwen. Gedurende het ontwerp zit die bandbreedte er nog heel sterk in en nu in deze periode hebben we veel helderheid gekregen waar we heen gaan financieel. Dan ben je dus een DO-fase verder.

**Wat is de consequentie dat het lastig monitoren is met weinig nauwkeurigheid?**

Ikzelf vind het niet een probleem niet maar je merkt wel dat je je cijfers nodig om je stuurgroep te informeren. Ik vind dat je het stuur moet houden op het besef van mensen om zo minimaal financieel te ontwerpen en uit te voeren. Dat hoeft je mensen niet vaak te vertellen, dat begrijpen ze wel. Dan heb je er niet heel veel aan om elke 4 weken een plaatje voor mezelf te hebben dat het 5% meer of minder is geworden. Ik heb er dan meer aan om dat proces goed te bewaken en dat mensen mij overtuigen dat wat we aan het doen zijn nog steeds financieel goed gaat. Dan zou ik het prima vinden om 1 keer in het kwartaal dat financiële verhaal weer scherp te hebben, maar dat hoeft niet onnodig veel te worden gedaan.

### **Heb je het idee dat ontwerp genoeg kennis van kosten heeft om minimaal te ontwerpen?**

Dat is een beetje dubbel. Per persoon is dat anders. Ik denk dat we hier wel een mooie mix hebben met onze ontwerpmanager met heel veel ervaring. Er zitten mensen bij die al 20 jaar in het vak zitten. Ik heb wel heel veel vertrouwen dat we minimaal iets moois neerzetten. Dan is het voor mij de taak om werkvoorbereiding en uitvoering erbij te betrekken en hun gezamenlijk te motiveren alles eruit te halen.

### **Zijn er bepaalde onderdelen waar ontwerpers makkelijk kosten aan kunnen koppelen en waar het moeilijker is?**

Dit is een asfaltwerk voor 80%. We hebben ook de vakspecialist op asfalt op dat werk zitten. Bij kunstwerken hebben we dat ook met iemand van RHDHV. Voor het asfaltwerk weet ik wel zeker dat ik mensen daar hebben zitten die kostprijsbewust aan het ontwerpen zijn. Van RHDHV is dat lastig om in schatten omdat ze extern zijn. Daarom heb ik ook de werkvoorbereider vroegtijdig bij het project betrokken om de externen uit te dagen om. Of ze helemaal goed genoeg weten of ze specifieke onderdelen/kostenposten kunnen afprijzen? De harde directe kosten kunnen ze goed inschatten omdat dat ook er hoeveelheden gedreven is. Op het moment dat je ergens minder hoeveelheid hoeft aan te brengen is het vrij logisch dat het wat oplevert bij bijvoorbeeld dikte van asfalt. Ik denk vooral dat de inzet lastig is voor ontwerpers is. 2x honderd meter asfalt kan namelijk een heel ander getal qua materiaalinzet opleveren dan 1x 200 meter asfalt. Daar zit de grootste winst die is te behalen voor uitvoering om daarop te sturen. Dus om goed na te denken hoe deze producten in fases kunnen worden uitgewerkt. Dit is omdat bepaalde keuzes in het ontwerp waar op productniveau minder kosten aan hangen ervoor kunnen zorgen dat er andere keuzes in uitvoering moeten worden gemaakt in volgorde van belangrijkheid. Laat staan dat in de uitvoering blijkt dat sommige dingen niet leverbaar zijn en je toch het werk moet worden afgemaakt.

### **In hoeverre spelen deze type kostenposten ook in de kosten raming een rol?**

Ik denk dat in kostenposten altijd een spanningsveld is dat te veel dingen nog in detail worden uitgewerkt. Dus dat we te gedetailleerd gaan kijken wat dingen kosten. In dit geval om twee verschillende asfaltmengsels in 1 fase aan te brengen kan erg nadelig werken in te uitvoering maar dat zie je niet terug in de verschillende kostenposten. Die kostenposten zeggen gewoon dat het 50 euro per ton is en de andere 45 euro per ton en daarin schuiven kan een deel opleveren. Terwijl de uitvoering kan zeggen dat ze beter helemaal die van 50 euro per ton kunnen kiezen omdat het makkelijker is uit te voeren omdat bijvoorbeeld de machine inzet hetzelfde is. Je merkt dat degenen die de kostprijs opstelt kijkt naar de harde getallen. Dus 45 is goedkoper dan 50 dus dan gaan we die voor een klein deel aanbrenge. Je merkt dat je in dat deel ook werkvoorbereiding en uitvoering nodig hebt om dat in de tenderfase mee te nemen. Wat ik met detail bedoelde is dat we heel veel dingen in detail uitwerken om meer betrouwbaarheid te krijgen maar daar ga je heel vaak dingen zo ver uitwerken dat je dingen van je prijs af gaat halen. Dat is altijd een zoektocht naar een zo laag mogelijke inschrijving terwijl het gevaar zit in de dingen die je vergeet. Het klinkt heel makkelijk maar de dingen die je vergeet en die een x percentage op je prijs zijn, zijn veel belangrijker om in kaart te brengen. Op het moment dat 80% in detail wordt uitgewerkt en de 20% die niet wordt uitgewerkt of gemist zit veel meer risico in.

**Heb je een mening erover hoe je dat beter kan doen in de tender?**

Probabilistisch ramen. Dura Vermeer roept dat al een tijdje maar het moet een keer keihard in de werken worden doorgevoerd. Dat geeft eerst heel veel onzekerheid. Mensen zullen al heel snel naar zekere getallen vragen maar zet ze maar een keer naast elkaar in de tender. Een klein team dat gedetailleerd raamt en de kostprijs bepaald en een klein team dat probabilistisch raamt.

**Hoe kan je na gunning contract controle houden op probabilistisch ramen monitoren?**

Ik neem aan dat als je probabilistisch gaat ramen een kleiner tenderteam nodig hebt. Dus op het moment dat je probabilistisch raamt kun je wat je bespaard hebt in de tender volle bak inzetten na de tender om meer op detail naar de prijs te kijken. Dat heft zichzelf dan op. Ik denk dat al je vaak genoeg probabilistisch raamt dat het risico niet hoger wordt dan de ouderwetse methode.

**Zijn de bewakingscodes in metacom leidend geweest in de ontwerpfase op project B/wordt er op grote hoeveelheden bewaakt?**

Wij hebben vooral heel veel asfalt. De hoeveelheid asfalt hebben we wel vergeleken met het huidige hoeveelheid asfalt dat we nu hebben. Dat hebben we op meerde onderdelen gedaan en doen we op de hoofdonderdelen.

**Zijn optimalisaties makkelijk te vertalen naar die hoeveelheden in bewakingscodes?**

Het is niet heel eenvoudig. Dat blijft wel een enorme uitdaging. De uitvoering is verantwoordelijk om dat bij te houden.

**Hoe kijk jij tegenover kritische hoeveelheden werkt?**

Ja denk wel dat het van toegevoegde waarde is en het klinkt eenvoudig. Min of meer doe je dat altijd wel maar nu noem je het wat specifiek.

**Overig antwoorden.**

Ik ben heel erg tegen schijnnaauwkeurigheid wat kan gebeuren in het gedetailleerd ramen. Ik ben er meer voorstander dat alle onderdelen zijn meegenomen en dat alle disciplines hieraan mee werken dan dat er schijnnaauwkeurigheid wordt gedaan terwijl er andere dingen

## Appendix D:2.2 – Interview project B – interviewee 6

### Interview design manager 13-03-2020

#### **Wat is jouw rol als ontwerpmanager en hoe ben je betrokken geraakt bij PROJECT B?**

Ik werk 21 jaar bij Dura, daarvoor was ik constructeur bij Advin. Ik heb voornamelijk projecten gehad als ontwerpmanager. Er wordt per keer gekeken of het project bij je past en je beschikbaarheid is de eerste vereiste om op een project te komen.

#### **Wat is jouw rol al ontwerpmanager na gunning contract?**

Dat je samen met ontwerpleiders je ontwerp gaat inrichten. Dat je zorgt dat kwaliteit behaald en dat je planning goed loopt. Dat het in totaal een integraal ontwerp wordt met raakvlakken, risico's en kansen. Je probeert een soort cement te zijn tussen ontwerpleiders.

Ontwerpleider voor wegen vertrouw ik voor 100% maar ik zorg er met name voor dat de ontwerpleiders van andere bedrijven ook goed aansluiten op ons en op de snelheid van ons ontwerpproces. Het is ook erg belangrijk om opdrachtgever mee te nemen in het verhaal zodat hij niet voor verassingen later komt te staan.

#### **Wat voor een verassingen kunnen zich voordoen als jij niet stuurt tijdens het ontwerpproces?**

Dat de integraliteit niet wordt geborgd, dat de planning niet wordt gehaald en dat je een integraal ontwerp hebt wat niet integraal blijkt te zijn. Je bent voornamelijk aan het sturen naar de planning. Project B is twee jaar lang een sprint project. 1 jaar ontwerpen en 1 jaar bouwen. Dit is een strak tijdschema met de benodigde randvoorwaarden qua prijs, leveringen etc. waar rekening mee moet worden gehouden.

#### **Wat is jouw verhouding t.o.v. werkvoorbereiding?**

Ik zoek vooral contract met de technisch manager. Wat hij voor uitvoering is, ben ik voor ontwerp. Het is samen zorgen voor een integraal voorbereidingsproces. De principes van de ontwerpende bouwer toe te passen op dit project inclusief integrale planning. Uitvoering heeft zowel van ontwerp dingen nodig als ontwerp van uitvoering. Het is belangrijk dat wij als ontwerp niet zomaar uitvoering volgen maar wij hebben ook informatie nodig van uitvoering om een integraal ontwerp voor mekaar te krijgen. Dit moet direct tijdens het ontwerpproces worden opgepakt en niet te laat. Het lastige is dat er veel detailwerk in het project project B zit dat moet worden afgestemd omdat het in een binnenstedelijk gebied zit.

#### **Wat zijn moeilijkheden in dit project?**

Rotondes zijn lastig. Details in kunstwerken zijn lastig. Het is belangrijk dat daar gelijk vanaf het begin naar wordt gekeken door ontwerp en werkvoorbereiding om te komen tot een optimaal ontwerp wat al in het DO is meegenomen.

#### **Wat is jouw mening t.o.v. centraal zitten met elkaar?**



Tijdens het integrale voorbereidingsproces moet je fysiek bij elkaar zitten. Ook externe bedrijven moeten hier minimaal 3 dagen in de week zitten. We moeten met z'n allen bij elkaar zitten om tot een zo optimaal ontwerp komen. Dit betekent binnen de planning en binnen de kosten. Op elk niveau moet je elkaar kunnen vinden om te komen tot een optimaal ontwerp. De kracht van het samenzijn komt er dan uit. Toen we bij hoofddorp zaten, zaten we toch niet helemaal in een ruimte bij elkaar, dat werkte minder goed.

### **Wat is de relatie ontwerp en kostenbewaking?**

Voor kunstwerken is dat wat makkelijker. Ontwerp hier wordt door RHDHV gedaan. Het is makkelijker om een calculator tussentijds dingen te laten herijken met betrekking tot directe kosten bij kunstwerken. Ik kan met hem kijken waar nog ruimte zit om dingen te optimaliseren, het geld wat we verdienen zit voornamelijk in de eerste maanden van het ontwerpproces aan het begin van de trechter als je dingen kan heroverwegen.

We hebben besloten om niet gelijk het DO te beginnen maar eerst het ontwerpproces in te richten en het ontwerp van de tender kritisch te bekijken. We hebben hierna een herijking van het tenderontwerp gedaan t.o.v. het tenderontwerp. Voor het DO hebben we nog een keer een herijking gedaan. We hebben samen met de herijking van het ontwerp van de kunstwerken ook steeds de kosten herijkt aan de hand van het nieuwe ontwerp. Dit hebben we voor kunstwerken steeds redelijk in de hand gehad. We hebben altijd een gevoel gehad welke kant we financieel opgingen.

Het GWW-deel is lastiger. We hadden een referentieontwerp gekregen waarbij je eerst bezig bent een 2<sup>e</sup> ontwerp te maken. Je bent eerst bezig met vierkante meters maar de z-component is in het GWW-deel in het begin nog helemaal niet duidelijk. Daardoor is het lastiger om tussentijds te monitoren.

Een kunstwerk is een puntobject maar bij GWW kan een aanpassing ergens ook een aanpassing ergens heel erg anders betekenen, stralen en bogen etc. Hoe je dat kan monitoren ben ik niet over uit. Je moet ook genoeg nemen met wat voor een informatie je hebt. Wat we niet hebben gedaan maar wat wel goed kan is om te kijken hoeveel hoeveelheden erin zitten. Je kan dan een lijst met grote hoeveelheden monitoren. Echter is het dan nog lastig omdat je een bepaald aantal m<sup>2</sup> asfalt hebt, maar je weet nog niet welke diktes en soorten asfaltlagen het zijn. Voor kunstwerken hebben we het wel gedaan aan de hand van de calculatie en dit gemonitord.

### **Wat is de reden dat herijking niet real-time kan worden herijkt?**

Dat is niet te doen. We hebben niet altijd een calculator beschikbaar en zo snel gaat het ontwerpproces ook niet. Je moet ook beslissen in hoeverre je in detail wilt gaan omdat het herijken ook geld kost. Bij kunstwerken hebben op drie grote momenten herijkt. Voornamelijk tussentijds hadden we het gevoel dat we echt andere ontwerpkeuzes deden. Dan moet je dat herijken zodat je weet als je totaal uit de bocht schiet na DO. Het is ook het gevoel van een ontwerpleider qua kosten.

Het gebeurt weinig dat de begroting van het project wordt laten zien aan ontwerp. Dit heb ik wel gedaan zodat ontwerpleiders bewust zijn van de kosten. Durf gewoon een begroting te laten zien is mijn tip.

### **Wat is het voordeel van het laten zien van kosten aan ontwerpers?**

Dan wordt ontwerpers kosten bewuster. Ze kunnen dan bijvoorbeeld berekenen wat ontwerpkeuzes zijn. Ze kunnen dan ook beter een afweging maken of ze bepaalde ontwerpkeuzes maken met daarmee de uitvoerkosten meegenomen. Je geeft ze inzicht maar ook geef je ze verantwoordelijkheid waar ze de focus op moeten leggen.

### **Waarom is het belangrijk dat werkvoorbereiding ook betrokken is bij ontwerp om tot een kostenplaatje te komen?**

De wat vraag vult ontwerp in, maar de hoe vraag vult uitvoering in (hoe bouwen we het). Soms kan door een bepaalde ontwerpkeuze de wat kleiner worden terwijl de hoe groter wordt. De maakbaarheid en realiseerbaarheid moet werkvoorbereiding bekijken. Samen moet dit worden bekeken. Dit wordt extra gestimuleerd als je bij elkaar zit. Je krijgt meer afstand als je niet bij elkaar zit. Overleggen zit meer tijd tussen waardoor je soms te laat bent. Elke keer dat je overleg hebt is het een herijking welke keuzes er worden gemaakt.

### **In hoeverre zijn de werkwijzen van ontwerp en werkvoorbereiding goed op elkaar afgestemd?**

Er zijn hier niet per se problemen, het is een ander benadering die samenkomen. DO maken kunnen we wel als ontwerp maar hoe bepaalde faseringen worden gedaan moet wel worden meegenomen om het eindproduct te maken. Ik heb ook wel eens zitten denken dat we change in cost control training moeten krijgen. Dat ontwerpers changes steeds iken of het qua productkosten en qua maakbaarheid consequenties heeft. Je moet heel duidelijke afspraken maken hoe er wordt gemonitord. Vaak wordt wel afgesproken waarop maar niet vaak hoe het wordt gedaan. Je zal bijvoorbeeld aannames moeten doen maar het herijken van aannames valt nog veel te verbeteren.

### **Hoe zie jij het om te sturen op producthoeveelheden?**

Om dit te doen moet je als ontwerper inzicht krijgen in begroting. Ik heb op dit project inzage gekregen. Vanuit projectmanagement moet dit worden toegelaten, dit is een eerste vereiste. Hoeveelheden is 1 ding, prijzen maakt het totaal. De eenheidsprijzen is namelijk 1 ding maar wat het kost om iets te maken ligt bij de werkvoorbereiding. Je wilt concreet maken wat hoeveelheden zijn, wat ga je doen en hoe ga je het monitoren. Dat is ook project specifiek.

Je hebt bijvoorbeeld een weg van A tot E. Je hebt riolering, asfalt en andere objecten. Hoe ga je monitoren met een bepaalde marge/nauwkeurigheid. Je moet hiervoor inzage krijgen in de begroting.

### **Denk je dat tenderontwerp met bandbreedtes duidelijk is?**

We hebben een tenderbegroting welke voor kunstwerken makkelijk doorgrondbaar is. Voor wegen is het al lastig. Daarvoor zou je eigenlijk een samenvatting willen maken van grote hoeveelheden zodat deze leesbaarder is. In de tender van GWW zijn ook aannames gedaan. In

de calculatie staan bijvoorbeeld hoeveelheden rioolbuis maar er is geen ontwerp bij dus uitgangspunten zijn niet te herleiden. Je kan het dus niet herijken omdat je niet weet welke ontwerpkeuzes hebben geleid tot tenderontwerp? We hebben dit ook niet goed gemonitord in ontwerpfase. We hadden eigenlijk gewoon producthoeveelheden moeten opstellen met eenheidsprijzen, kosten is lastiger naast eenheidsprijzen. We hadden aan de hand hiervan een baseline moeten trekken.

Belangrijk is dat je met elkaar afspreekt wat producthoeveelheden zijn maar je moet het ook kunnen monitoren! Je kan zowel marges aanhouden op producthoeveelheden als op type product.

Ik zit te denken hoe je GWW het beste kunt regelen. Vaak is je calculatie zo onleesbaar dat je een soort samenvatting maakt en je probeert van je samenvatting hoeveelheden eruit te trekken. Die zijn het meest bepalend en dan heb je het nog niet eens over hoe deze hoeveelheden te maken. Je eenheid kan namelijk veranderen. Je begint bijvoorbeeld met een aantal m<sup>2</sup> asfalt terwijl je later met meer inzicht het hebt over tonnen asfalt. De eenheidsprijzen veranderen dan ook nog eens en daar ben je als ontwerp tussen aan het laveren. Deklaag asfalt per ton is bijvoorbeeld hele andere eenheidsprijs dan tussenlaag. Eigenlijk wil je parameters die ja achteraf gebruikt al gebruiken aan het beginnen. De tonnen asfalt kan je nog niet in het begin bepalen maar dat zou je eigenlijk wel willen zodat je het kan vergelijken. Vaak zit je al tegen je DO als de hoeveelheid bijbehorende eenheidsprijs duidelijk wordt. Je gaat bijvoorbeeld van m<sup>2</sup> asfalt totaal naar m<sup>2</sup> per laag naar tonnen. Voor kunstwerken is dat makkelijk omdat je de eenheid kan aanhouden. Bij wegen is dat veel lastiger.

### **Zou je dat niet kunnen oplossen met bandbreedtes?**

Ja, maar bandbreedte kan per eenheid verschillen. Calculatie en ontwerp moeten op elkaar rijmen na ontwerp. Vaak is calculatie niet meer traceerbaar. Persoon x maakt calculatiebladen op een ander project. Een calculatieblad is een blad met ontwerp waar daarnaast eenheden zijn aangegeven. Dit moesten wij als ontwerpers invullen voor de calculatie. Ontwerp, calculatie en werkvoorbereiding moeten eigenlijk een driehoek zijn in de tender omdat ze moeten weten wat de gedachte is achter een stukje tekening. Ontwerp kijkt naar wat, werkvoorbereiding naar de hoe en calculatie kan dan kijken hoe dat zich tot elkaar verhoudt. Calculatiesheet zou standaard moeten zijn bij Dura Vermeer. Je kan dus daarmee calculatie met ontwerp vergelijken en monitoren. Dura Vermeer moet ook durven de calculatie te delen met externen.

Je moet eigenlijk vooraf aan het DO-schema's moeten maken. Ook moet je bepalen welke hoeveelheden heb ik, hoe ga je op monitoren (eenheid) en hoe ga je om met veranderingen in eenheden.

### **Denk je dat die verandering in werkwijze invloed heeft op de taak van werkvoorbereiding?**

Nee maar je maakt het inzichtelijker. Dan kan je met elkaar bespreken welke stukken nou belangrijk zijn om te monitoren. Dan weet je ook als ontwerper dat je daar aandacht voor moet hebben.

Bij tender is er een optimalisatie gekomen van -2 ton op asfalt maar wij kunnen niet terug traceren waarom deze keuze is gemaakt. Er worden soms keuzes gemaakt niet terug zijn te

vinden. In de calculatiesheet zou dit onderbouwd moeten zijn. Je zou vanuit de tender dan een opdracht moeten meegeven waar ze kansen en risico's hebben gezien.

GWW kan je niet zo isoleren als kunstwerken omdat er zoveel raakvlakken en afhankelijkheden zijn. Die calculatielijst is niet toegepast in uitvoering. Dat vind ik heel gek, dat moet toch worden geëist.

Calculatie staat wel open om mee te werken in ontwerpproces. Wat interessant voor hun is of het klopt wat ze hebben bedacht in de tender met werkvoorbereiding. Het zijn de euro's waarmee je het in de realisatiefase moet doen. Deze koppeling kan

## Appendix D:2.3 – Interview project B – interviewee 7

### Interview work planner 06-03-2020

#### **In welke fase van het project ben je betrokken geraakt en op welke manier?**

Nadat mijn vorige project was afgelopen ben ik op dit project terecht gekomen. Soms gebeurt het dat dit vrij ver van tevoren (een aantal maanden) kan worden ingepland en soms hoor je het zeer kort van tevoren. Project B was in de opstartfase toen ze graag iemand van werkvoorbereiding erbij wilden betrekken die mee zou lopen in het ontwerpproces om daarin op praktische realisatie te sturen.

#### **Waarom is het fijn om als werkvoorbereiding mee te lopen met het ontwerpproces?**

Vanuit werkvoorbereiding en uitvoering kan je het ontwerp op een aantal zaken sturen waarmee je in de realisatie je voordeel kan doen. Als ontwerper moet je aan de eisen van het ontwerp voldoen terwijl werkvoorbereiding ook gericht is op een maakbaar ontwerp. Als beide disciplines binnen de eisen ontwerptimalisaties kunnen vinden die ook maakbaar zijn met het oogpunt op o.a. fasering is dat gunstig.

#### **Wat is jouw rol als werkvoorbereider?**

Vanuit werkvoorbereiding moeten wij zorgen dat de uitvoering soepel verloopt. Zo moeten wij ervoor zorgen dat er plannings zijn, dat er materialen en onderaannemers zijn ingekocht en dat je in overleg met uitvoering een bepaalde bouwmethode kiest die haalbaar is. Vanuit mijn achtergrond heb ik voornamelijk gekeken naar betonconstructies (civiel). Op project B is er ook een belangrijk deel van de fasering op de discipline wegen (infra) geweest.

#### **Hoe werkt interactie tussen ontwerp en werkvoorbereiding tijdens het ontwerpproces?**

Het is voor mij de eerste keer dat ik al zo vroeg in het project erbij betrokken ben geraakt. Op andere projecten lag het DO vaak al klaar wat nu niet het geval is, dat is nieuw voor mij.

In feite hebben we minimaal 1 keer per week overleg met ontwerp en werkvoorbereiding om de huidige stand van zaken door te nemen van grof naar fijn, en alles wat daartussen zit. De stand van zaken wordt doorgenomen wat betreft het ontwerp, en de problemen waar ontwerp tegenaan loopt worden behandeld. Een voorbeeld op project B was hoe de overgang van de ene asfaltsoort naar de andere asfaltsoort eruit moest komen te zien. Dit was een keuze omdat dit invloed heeft op de fasering. Dit soort type problemen hebben we ook met kunstwerken; hoe ziet het kunstwerk eruit, wat moet er sowieso gemaakt worden en hoe kunnen we hier praktisch mee omgaan?

#### **Werken ontwerp en werkvoorbereiding vanuit dezelfde werkwijze hebben?**

Op dit project wel omdat we met z'n allen bij elkaar zitten. We hebben zowel gestructureerd overleg en kunnen langslopen bij elkaar. Een voorbeeld is dat we een duiker hadden die vanuit de eisen schuin moest zijn. We hebben toen een offerte voor een schuine en voor een haakse duiker bekeken welke zou zijn. Met ontwerp hebben we goed bekeken hoe we de kosten

hiervan konden berekenen. Uiteindelijk hebben we voor de schuine duiker moeten kiezen omdat dit aan de eisen voldoet. Dit is echter wel een voorbeeld waarbij interactie goed is.

### **Wat was de consequentie t.o.v. optimalisaties als deze interactie er niet was geweest?**

Zeker bij technische oplossingen maar ook aansluitingen binnen constructies waren er minder optimalisaties en afstemmingen geweest. Door de praktische kant te bekijken nemen ontwerp de praktische kan in het DO mee terwijl er ook aan de eisen wordt voldaan. Het komt erop neer dat we met goede interactie binnen het eisenkader iets kunnen ontwerpen wat realiseerbaar is.

### **Als er veranderingen in ontwerp zijn t.o.v. de tender. Hoe worden deze gecommuniceerd naar werkvoorbereiding?**

Veranderingen t.o.v. de tender worden niet goed gecommuniceerd. Er is op een gegeven moment wel een nieuwe begroting gemaakt maar wij zijn vanuit werkvoorbereiding niet bezig om de kosten van het DO en de tender naast elkaar te leggen. Volgens mij gebeurt dit wel vanuit projectmanagement.

### **Is er een bewuste reden waarom tender niet wordt meegenomen?**

Vanuit werkvoorbereiding zoek je wel al snel naar de goedkoopste manieren. De tenderbegroting wordt hier echter niet naast gelegd.

### **Hoe kunnen ontwerp en werkvoorbereiding nog beter op elkaar aansluiten?**

Ik vind het al een hele goede stap dat we meedraaien in het ontwerpproces. Je merkt dat het wel echt werkt. Je probeert gezamenlijk een optimaal te bouwen ontwerp te maken. De grote lijnen kan je namelijk altijd wel bouwen maar de aansluitingen, overgangen etc. zie je dat dat anders vaak misgaat.

### **Wat is het verschil in hoe ontwerpers denken en hoe werkvoorbereiders denken?**

Ontwerp kijkt aan welke eisen wordt kan worden voldaan. Ontwerp kan zoiets ontwerpen en kan het zomaar aanleveren aan werkvoorbereiding. Bij werkvoorbereiding spelen er wel nog meer dingen zoals of we ergens bij kunnen tijdens het bouwen, of het verkeer kan doorstromen etc. Voor een ontwerper is het heel moeilijk te beoordelen of een ontwerp in de praktijk maakbaar is, het traject of het kan worden gebouwd is een moeilijk vraagstuk.

Zo zijn we nu bij een fietstunnel gefaseerd het dak aan het bouwen. We maken eerst het dak zodat het verkeer eroverheen kan en pas daarna gaan we eronder aan de slag. Dan moeten we rekening houden hoe het dak er eerst uit moet zien en hoe deze vervolgens in de eindsituatie eruit moet zien. Het kan namelijk voorkomen dat we een ontwerp krijgen waar een paar stappen terug moet worden gedaan om het bouwbaar te maken.

### **Hoe werkt de dynamiek tussen werkvoorbereiding en kostenbewaking?**

Vanuit voorbereiding hebben we een werkbegroting waar we alles aan toetsen. We hebben de begroting bijna in ons broekzak zitten. We kopen in en dat wordt gespiegeld aan het budget.

### **Hebben jullie door als je niet binnen budget zitten?**

Ja als er bijvoorbeeld een budget is om damwanden in te kopen en je merkt dat dat het meer kost tijdens inkoop dan kunnen er twee dingen aan de hand zijn. Of het budget is veel te laag of de prijzen zijn erg veel gestegen. Vervolgens zullen we dan moeten accepteren dat we boven het budget zitten als er geen andere mogelijkheid is. Dan moeten we kijken of we op een ander onderdeel dat kunnen compenseren

Een ander uiterste is dat er een bepaalde post niet in de tenderbegroting is meegenomen waar dus 0 euro voor is begroot. Dat is het grootste risico van de aannemerij dat je zo'n groot project moet ramen en alles moet gaan begroten, dat is lastig! In de ontwerpfase en realisatiefase zie je namelijk pas echt wat je moet doen.

### **Waar heb je het idee dat het moeilijk is om te begroten in de tender?**

Voornamelijk het detailniveau is lastig om te beoordelen omdat er bepaalde details pas later bekend worden terwijl dat lastig is om dat te begroten in tender.

### **Heb je het idee dat er een verschil in begroten zit tussen de kosten voor producten en wat het kost om een product te maken.**

De kosten weten we wel om een product te maken. Dat kun je ook allemaal begroten. Alleen kleine details zoals buisjes, gootjes etc. die nodig zijn in de praktijk zijn lastig te begroten. Als we weten wat er moet komen dan kunnen de kostprijsdeskundigen prima berekenen wat het kost. We moeten echter wel met z'n allen rekening houden dat er dus kleine details moeten komen, in de tenderfase heb je soms nog niet alle informatie

### **Hoe is ontwerp op de hoogte gebracht van de werkbudgetten?**

De ontwerpmanager is hiervan op de hoogte! Die is op de hoogte om te kunnen sturen. Kostenbewust zijn en sturen op budgetten daar zijn we wel heel bewust mee bezig.

### **Is ontwerpmanager ook op de hoogte van de werkbudgetten van het eindproduct, wat de realisatie uiteindelijk kost?**

Ik denk dat de ontwerpmanager dat wel weet. In het verleden is ooit een begroting gemaakt van kunstwerken en die is recent aangepast op basis van de huidige stand van zaken in het ontwerp in samenwerking tussen ontwerpmanager en mij ook op verandering realisatiekosten. Daar wordt dus ook gekeken of dat binnen het budget past.

### **Is dat kostenbewust zijn persoonsafhankelijk of is het deel van het proces?**

Ik kan dat niet goed beoordelen omdat ik dat nog nooit op deze manier meegemaakt

### **Welke problemen tussen werkvoorbereiding en kostenbewaking waren lastig op project B?**

Ik denk juist dat dit een goed voorbeeld is hoe het zou moeten zijn dat we integraal met elkaar optrekken. Volgens mij is dit nog niet zo vaak eerder gedaan om werkvoorbereiding en uitvoering er zo vroeg bij te betrekken. Het werkt juist in ieder zijn voordeel en komt het projectresultaat ten goede.

**Hoe ben jij op de hoogte gebracht van de uitgangspunten in het tenderontwerp en heeft dat moeilijkheden opgebracht?**

Ik ben niet op de hoogte gebracht van de uitgangspunten in de tender maar het heeft mij geen moeilijkheden gebracht. De ontwerpers zijn met het ontwerp bezig waarin ze aan bepaalde eisen moeten voldaan waarna we gezamenlijk kijken hoe we het realiseerbaar maken.

**Ben je op de hoogte van het sturen van projecten op kritisch hoeveelheden?**

Wij zoeken altijd naar een optimalisatie aangezien hoe minder hoeveelheden hoe minder je hoeft te doen om het te maken hoe goedkoper, dat zit in de natuur van de bouwers.

**Hoe kijk jij tegen het opstellen van kritische hoeveelheden als richting ontwerp tijdens de tender?**

Het is wel zo dat er intern heel goed naar laagdiktes van asfalt wordt gekeken omdat het veel duurder is om een dikkere laag asfalt te maken, we weten dat het veel goedkoper om minder asfalt te draaien. We hebben wel gekeken om bijvoorbeeld andere type asfalt te gebruiken zodat we minder nodig hebben. Het is zo dus wel bewust gestuurd.

**Denk je dat je een heel groot deel van je totale project kan sturen op hoeveelheden?**

Je zoekt altijd een optimalisatie in wat je moet bouwen. Ik weet ook dat hoe meer beton hoe meer wapening etc. Je bent automatisch aan het optimaliseren in hoeveelheden. Hoe minder hoeveelheden hoe minder je hoeft te bouwen!

**Heb je het idee dat de manier van werken tussen disciplines problematisch is?**

Ik weet van hier dat de kunstwerken op een aparte manier zijn begroot. Ik weet niet hoe daar met het wegendeel mee is omgegaan. Of het product daar ook financieel getoetst wordt als het DO klaar is. Ik heb gewoon in de begroting staan waarvoor we het moeten bouwen, punt uit. Dat is ons doel. Als er een budget is om een tunnel te bouwen zitten daar damwanden, leuning etc. in waarbij wij op allerlei manieren kijken hoe we dat kunnen maken binnen budget. Natuurlijk is ontwerp daar leidend in, als we op voorhand al zien dat dat niet kan worden gebouwd moeten we kijken op welke andere manier we het alsnog kunnen maken om binnen het budget te blijven. Dat lukt vaak wel, soms ook niet.

**Denk je dat het een groter probleem was als jullie niet in ontwerp waren betrokken?**

Ja, want je krijgt anders een DO wat je gewoon moet bouwen. Als je in het ontwerpproces al kan sturen welke aspecten duur zijn kan je dat ontwerp nog sturen.

**Waarom denk je dat jullie wel de kennis hebben wat duur is (bijvoorbeeld een leuning) en ontwerp niet?**

Goede vraag, Ontwerp zit toch te ver van de realisatie af. Wij zijn altijd heel direct aan het inkopen van producten. Ontwerpers hebben geen inzicht in die kosten. Ook zit er soms een architect bij die kiezen voor iets moois en chics maar dat kost ook meer geld.

Mijn mening is dat ontwerp niet direct zicht en/of kennis heeft van kosten die wij wel hebben. Wij hebben al snel inzicht wat de kosten zijn van bepaalde onderdelen omdat we bij inkoop



betrokken zijn. Aan de ene kant zou je dus dat kostenbewustzijn bij ontwerp willen leggen, maar ik weet niet of dat realistisch is om ontwerp zover te krijgen. Aan de ene kant wel omdat zij een goedkope leuning op papier kunnen zetten maar ik weet niet of je ze zover krijgt.

**Hoe zie jij het voor je als het niet mogelijk om met z'n alleen op 1 locatie te zitten?**

Je moet wel zeggen dat je elke week 2 uur afstemmingsoverleg hebt. Je kan elkaar met alles bereiken met digitale manier maar om op afstand een ontwerpproces te begeleiden dan moet je bewust fysiek afspreken. Je moet heel bewust dingen kunnen doorlopen waarvan een ontwerp vraagt wat je van ideeën vindt. Je moet elkaar opzoeken en de dingen door te nemen die op dat moment spelen.

**Werkbudgetten worden in een later stadium bijgewerkt. Wat is hiervan de reden?**

Je kan in ontwerpfase dingen die in tender niet zijn gezien zijn in DO veranderen. Met het DO leg je eigenlijk het hele ontwerp vast. Als je op basis van DO een begroting maakt dan heb je een realistische begroting omdat je al eigenlijk bijna alles vast legt. Bepaalde zaken zijn misschien niet eens bekend in tender dus DO-begroting is veel completer.

**Waarom zou je niet werkbegroting tussen VO-DO telkens bijstellen?**

Dat kan maar je kan je afvragen of je niet bij blijft stellen. Wat is dan het nut aangezien het steeds wordt bijgewerkt. Ben je dan niet aan het begroten om het begroten. Misschien dat je nog 1 keer opnieuw kan begroten maar dat is een keuze van het management of het nut heeft. Je moet voorkomen dat je alleen maar aan het begroten bent. Je houdt wel continue zicht op de projectkosten maar ik vraag me af wat het nut is.

## Appendix D:2.4 – Interview project B – interviewee 8

### Interview project controller 06-03-2020

#### **Wanneer ben je betrokken geraakt bij het project?**

Ik ben pas nadat het werk aangenomen betrokken geraakt, dus niet vanuit de tendersituatie maar wel voordat het daadwerkelijke budget was verdeeld onder de verschillende onderdelen.

#### **Hoe ziet de relatie/verhouding eruit tussen werkvoorbereiding en kostenbewaking tijdens het ontwerpproces?**

Tijdens het ontwerpproces is werkvoorbereiding meer op verzoek van de ontwerpers. Ze vragen details van werkvoorbereiding voor het ontwerp. De echte invloed van werkvoorbereiding zit nog niet in het ontwerptraject. Er wordt natuurlijk kennis gedeeld en informatie wordt opgehaald bij werkvoorbereiding maar eigenlijk is de rol van werkvoorbereiding in ontwerpfase niet zo groot en dus is ook de koppeling werkvoorbereiding en kostenbewaking is niet zo groot in deze fase.

#### **Werkvoorbereiding en ontwerp werken samen. Mocht er een verandering zijn in het ontwerp, hoe verloopt dan de communicatie naar kostenbewaking?**

Het volledige ontwerp wordt gemaakt, het DO-ontwerp. Als het DO-ontwerp klaar is, dan wordt er opnieuw door de calculatieafdeling beoordeeld wat de impact op de totale kostprijs is.

Als het gelukt is om te optimaliseren en de kostprijs naar beneden te brengen wordt dat voor mij achteraf een gegeven. Ik ben wel enigszins technisch aangelegd maar ik heb geen idee van ontwerp. Dus ik hoor de uitkomst zo direct vanuit calculatie als het DO klaar is. Die gaat komende weken aan de gang om te kijken of het DO goedkoper wordt dan gedacht in de tender fase qua materiaal, methode etc. De invloed van cost control is daar niet zo groot op.

#### **Wat vind jij ervan dat de invloed van kostenbewaking niet groot is in dit proces?**

De eerste indicatie eind vorig jaar was dat er 3 ton optimalisatie zou zijn en inmiddels is dat 0 geworden. Verwachting is dat kostprijs ongeveer gelijk wordt nu het DO klaar is aan de hand van het ontwerp, dat gaan we zien. Maar dat is een gegeven voor mij en ook geen probleem dat mijn invloed niet groot is.

#### **Is er dus tussen gunning contract en DO is ervan uit cost control weinig beeld van waar het ontwerp qua kosten naartoe gaat?**

Nee we hebben wel een idee wat het kost om het te maken (engineering), maar niet wat de impact is van het ontwerp op je realisatie.

#### **Wat is de reden hiervan en is dit problematisch?**

Nee het is op zich niet relevant gedurende dit proces. Een indicatie is altijd welkom maar het wordt voor mij pas waarheid als het daadwerkelijk is gecalculeerd. Ik heb niet zoveel aan kreten van ontwerpers dat er wordt bespaard door ontwerpoptimalisaties want het is niet gebaseerd op feiten van calculatie.

**Zoals je aangeeft ben jij tijdens het proces onwetende wat de kosten van het eindproduct gaan zijn. Hoe hou je een overzicht of je dan binnen het budget blijft?**

Het budget is gewoon het budget. Dat is niet globaal maar dat is de contractprijs. Tussendoor is het niet meer dan kretologie. We vragen er natuurlijk wel naar wel naar en dan krijgen we ook verwachtingen door maar ik koop niet zoveel voor als het aan het einde toch weer wordt aangepast. Het is wel een probleem als de kretologie een eigen leven gaat leiden omdat men dan denkt dat het goedkoper worden. Het gaat dan een eigen leven leiden binnen de projectorganisatie.

**Hoe komen dit soort kretologieën tot stand?**

Uit enthousiasme en met de beste bedoelingen. Als ontwerper denk je vaak dat je iets hebt gevonden waardoor je bijvoorbeeld minder damwand nodig hebt dus dat scheelt 300 duizend euro maar misschien heb je wel iets anders nodig ergens anders. Dan kan je beter wachten totdat DO klaar is en dan pas af te prijzen voordat er verwarring plaatsvindt en het een eigen leven gaat leiden.

**Kan je iets meer vertellen over de opzet van werkbudgetten en hun functie tijdens het ontwerpproces.**

De werkbudgetten zijn niet sturend maar ze worden wel elke 4 weken vergeleken met prognose, voortgang kosten en verwachte kosten per onderdeel. Maar het is zo dat er minder ontwerp wordt gemaakt omdat er minder budget beschikbaar is. Dat is goed te doen. Dit gebeurt dus op engineeringkosten.

**Waar fungeert het opzetten van de andere kostenposten buiten de engineeringpost voor tijdens de ontwerpfase?**

We stellen het vast als je inschrijft en die worden vastgeklikt en is het startmoment zoals we de opdracht hebben gekregen van de klant na de tender. Na DO is pas de eerste herijking. Tussendoor zit het geen herijking. Het werk wordt opnieuw uit gecalculeerd op basis van het nieuwe ontwerp. Globaal is de verwachting dat het ongeveer gelijk is. We gaan dat de komende weken zien.

**Wat is volgens jou het grootste probleem van het niet weten waar het eindproduct financieel op uitkomt?**

De vraag is of je gedurende dat proces in control kan blijven. Het ontwerp wordt namelijk op allerlei kleine onderdeeltjes door verschillende teams gedaan. Het is moeilijk te bepalen wat de invloed is van ontwerpkeuzes op dat niveau op het grote geheel. In feite praat je dan over BIM 5D. Dus ontwerpen via BIM met een gekoppelde kostencomponenten. Dit zou een ideale situatie kunnen zijn omdat je keuze gaat maken op basis van de kostprijs.

Je moet altijd eerst keuze maken op of het technisch kan worden gemaakt, maar dan heb je vaak nog de keuze tussen A, B of C. Dus als je de geldcomponent hierin kan verwerken dan zie je gelijk wat de gevolgen zijn. De geldcomponent zit nu niet binnen de ontwerpteams, hun enige focus is techniek. Uiteraard weten ze wel dat als ze een hele boel meer stalen damwanden

materiaal gebruiken dat het kostprijsverhogend is. Maar juist het mooie is als je BIM gebruikt is dat je het ontwerp koppelt aan de kostprijs en je gelijk het verschil ziet.

In de woningbouw is dit al veel gebruikt. Ontwerp en kosten zullen veel meer samenwerking omdat je veel sneller een indicatie krijgt.

### **Los van BIM, hoe zou jij een proces inrichten om alsnog inzicht te krijgen?**

Nee ik denk niet dat dat kan, je moet de technische consequenties kunnen vertalen naar invloed op budget, dat is erg complex om met andere tools dan BIM te doen. Als dit wel zo was zou het al eerder zijn toegepast.

### **Wat is de reden dat ontwerp en kostenbewaking niet samenwerken?**

Wat is de noodzaak ervan? Het productontwerp in het ontwerpproces is toch niet financieel te beoordelen zoals we nu werken. Dat is pas als het eindproduct er is. Uiteraard weten we als we meer gaan gebruiken dat het duurder wordt maar daar hoef ik niks van op te schrijven dat snapt iedereen.

### **Is ontwerp op de hoogte van werkbudgetten/kostprijs?**

Nee. Globaal wel maar in detail niet. Ze zouden wel informatie kunnen ophalen bij ons, dit gebeurt nu incidenteel. Dit kunnen ze doen door soms te vragen wat het budget is voor hun ontwerponderdeel en hoe dat bedacht is. Het is ook geen geheim maar het zit er bij ontwerp niet van nature in om dat te vragen.

### **Wat is de reden dat ze het niet willen/niet opvragen?**

Ze zijn in het algemeen gestuurd op techniek en niet op budget.

### **Hoe werkt kostenbewaking?**

Kostenbewaking werkt puur en alleen op budgetten. Deze zijn meer product gebonden. Natuurlijk zijn het activiteiten om het product te maken maar kostenbewaking denkt meer vanuit het totale product en niet de middelen om het product te maken. Een voorbereider denkt in zijn WBS. Als projectleider te veel in zijn WBS blijft hangen ziet hij niet het totaal. Werkbudgetten zijn gebaseerd op producten net zoals in de tender.

### **Is het een probleem dat de werkbudgetten voornamelijk op product zijn gebaseerd en niet op werkpakketten/middelen in raming?**

Eerst moet er een globaal ontwerp worden gemaakt waar een prijskaartje aan wordt gehangen. Voor een aantal onderdelen is het een component wat je koopt. Een heleboel onderdelen is wel een product maken maar wel met allemaal werkpakketjes. Op het moment dat je die combineert, dus dat je eerste een planning maakt met de werkpakketjes achter elkaar met een prijskaartje achter elk werkpakket en je gaat je planning optimaliseren, dan krijg je ook een efficiëntere kostprijs. Dat doen wij niet inderdaad. Calculator prijst product af dat we moeten maken. Daar zit op sommige onderdelen wel een tijdscomponent in een aantal onderdelen maar het is niet leidend. Terwijl als je deze gelijk integreert dan zou je door de optimalisatie van je planning aan een lagere kostprijs kunnen komen. Dat is hetzelfde waar jij naar op zoek bent

vanuit ontwerp. Als je ontwerp nou allemaal bij elkaar prijslabeltjes hebt hangen dan weet je hoe je het goedkoopste moet bouwen zo direct als je dat continue meeneemt. Ik ben van mening dat daar dus veel winst te behalen is. Dat zit op twee verschillende tijden, eerst in de tenderfase en dan in de ontwerpfase.

### **Waarom gebeurt dit niet?**

Je moet de durf hebben, het is wel een erg grote verandering. Je gaat bouwcomponenten in calculatie met de factor tijd erin maken. Als je alle componenten bij elkaar optelt kom je op een bepaald bedrag maar juist door die werkpakketten in de tijd achter elkaar zet kan je efficiëntie slagen maken doordat je met de samenhang in tijd kan schuiven. Hier moet je wel echt veel geld voor uittrekken omdat dit veel tijd en mankracht kost.

Ik heb eigenlijk de hoop dat we snel gaat doorschakelen naar de volgende fase BIM 5D zo snel mogelijk. Volgens mij is woningbouw er als verder in is dan infra tak in die manier van bouwen.

### **Hoe kan ik bepaalde werkwijze introduceren zonder BIM?**

Dan kom je weer aan de koppeling ontwerp aan planning en geld zoals eerder gezegd.

### **In hoeverre ben jij op de hoogte gebracht van uitgangspunten tender?**

Globaal. Tenderdossier is best goed onderbouwd maar dan focussen zich op de kansen en risico's. Volgens mij ben ik voldoende geïnformeerd.

### **Wat is de waarde van een tenderoverdracht?**

Dat je sneller weet waar je belangrijke stukken kan vinden. Ik ben hier later op project begonnen. Ik vraag soms een bestek op van de klant zodat ik weet wat de klant wil hebben. Daarna ga ik naar de calculatie kijken.

### **Wat voor een problemen zouden zich voordoen bij slecht overdracht?**

Weet ik niet.

### **Hoe kijk jij tegenover kritische hoeveelheden?**

Ja daar doen we het voor. Ik denk dat het goed is. Je geeft inderdaad een kapstok waaraan ze continue kunnen terugkoppelen. Het is essentieel dat het totaal is te herleiden of dat je het per onderdeel doet. Je kan namelijk de totale hoeveelheid beton als kritische hoeveelheid nemen of per onderdeel, maar dat moet wel worden gecoördineerd. Je kan het zowel op abstract of gedetailleerd niveau doen.

Er is volgens mij op de Uithoornlijn een redelijk groot budget gereserveerd voor kritische hoeveelheden, die is kostprijsverhogend geweest.

### **Heb je nog andere dingen waar je tegenaan loopt als project controller.**

We moeten als Dura Vermeer ook de hand in eigen boezem maken. We hebben ontwerpers ook nooit verteld over budgetten. We hebben ze nooit verteld en informatie gegeven over budgetten. Als je jongens het voordeel laat zien van BIM dan kan het goed zijn. Die omslag moeten wel worden geleid vanuit Dura. Voordat ontwerpers om zijn om op een ander manier te ontwerpen met koppelingen budgetten dan moeten ze eerst worden verteld wat de voordelen voor hun zijn. Zowel techniek als mindset is niet ver genoeg nog. Daarom kan het in de woningbouw wel sneller omdat het veel repeterende voorwaarden heeft en je minder afhankelijk bent van de omgeving.

**Moet kostenbewaking meer over ontwerp weten?**

Nee, ik zie het nut er niet van in. Het is dusdanig specialistisch dat het een vak apart is. Het heeft geen zin voor mij om mij te verdiepen in ontwerp. Dat stukje bewustzijn hebben ze in het weekend bij Albert Heijn wel maar van maandag tot en met vrijdag is dat uitgeschakeld. Het begint bij ontwerpmanagers om dit te sturen. Dat gaat best wel de goede kant op. In het begin waren het voornamelijk willie wortels maar nu zijn het ontwerpmanagers die ook in geld en budgetten denken.

## Appendix D:3.1 – Interview project Project C – interviewee 9

### Interview project manager 19-03-2020

#### **Wat is je rol al projectmanager en wanneer ben bij dit project betrokken geraakt?**

De tender voor het project is begonnen in augustus 2018. Er is op 14 november 2018 vanuit ons een aanbidding gedaan aan onze opdrachtgever onderneming X. In het tenderproces was er al duidelijk dat dat in twee fases zou worden doorlopen. Eerst moest er een initiële aanbidding worden gedaan waarna een aantal geselecteerde aanbieders verder met de opdrachtgever een verdieping zouden doen wat uiteindelijk resulteerde dan leiden in een final offer vanuit de aanbieders. Ik ben in december 2018 aangehaakt omdat we als combinatie in ieder geval tot het selecte groepje zaten voor de final offer. Achteraf bleek dat we de enige waren.

Ik ben dus in december aangehaakt als beoogd projectmanager. We hebben toen in april het contract getekend. Mijn rol als projectmanagers is als feite het werk zodanig organiseren dat we het werk kunnen uitvoeren naar tevredenheid van de klant binnen alle contractuele afspraken, en binnen de componenten geld, risico's kwaliteit, tijd etc. Uiteindelijk is het een teamwork waarin ik mezelf beschouw als de voetbalcoach die een opstelling maakt en vervolgens probeer iedereen probeer te coachen om zo goed mogelijk werk te verrichten. Voor de rest ben ik wat meer bezig met de opdrachtgever en onze directie aan het informeren over de voortgang. Daarnaast ben ik sowieso direct verantwoordelijk voor veiligheid, dit hoort bij de projectmanager thuis en is niet uit te besteden naar mijn mening.

Ook schuur ik erg dicht tegen kostenbewaking/project control.

#### **Wat was het voordeel dat jij tijdens de tender al betrokken ben geweest?**

Dat vergemakkelijkt de overdracht. Het is dan niet zo dat je van de een op de andere dag de tendergegevens over de schutting krijgt. Ik heb 4 maanden in dat proces meegelopen dus je hebt je al langzaam kunnen verdiepen in het project dus je hebt al bepaalde kennis als het contract er ligt.

#### **Hoe zie jij de interactie tussen ontwerp en werkvoorbereiding?**

Dat is cruciaal. Uiteindelijk maak je in het ontwerp een product dat weer doorgaat naar realisatie die dat moet gaan realiseren. De kracht is nou juist als ontwerpende bouwer dat je een ontwerp maakt dat uitvoerbaar is, veilig is, binnen budget en binnen de planning. Er moet een hele nauwe samenwerking zijn tussen realisatie, werkvoorbereiding en ontwerp om uiteindelijk tot de beste oplossing te komen.

#### **Heb je het idee dat ze qua werkstructuur goed kunnen samenwerken?**

Ik weet niet of je het zo generiek kunt zeggen. Uiteindelijk is het mensenwerk en wat je ziet is dat de ene ontwerpmanager en de ene uitvoerder elkaar makkelijker weten te vinden en beter afstemmen dan andere personen. Dat heeft ook op te maken met begrip, openheid en andere manieren van denken. Je moet ook een beetje een extraverte ontwerper hebben. Ook zijn er uitvoerders die je diepongelukkig maakt om ze een jaar voor uitvoerder op kantoor te zetten om

te kijken wat ze in de uitvoering maken. Je hebt een uitvoerder nodig die dat als een uitdaging ziet en die realiseert dat je als uitvoerder invloed hebt op het werk wat in de realisatie wordt gemaakt.

We hebben op Project C de disciplines beton, infra en bekabeling. Het is grappig om te zien dat het bij infra toch heel goed gelukt is. Daar hebben ontwerp en realisatie echt goed samengewerkt ook op 1 locatie.

Ik moet zeggen dat het voor beton wat moeizamer is verlopen. Dat had ook wel wat te maken dat we het ontwerp hebben uitbesteed aan een engineersbureau wat in Roosendaal zit. Er zat dus een fysieke barrière tussen het werk/uitvoering en het ontwerp. Daarnaast was onze constructeur een introvert type en hij vond dat verstoringen zijn ontwerpproces verstoorden. Dus je ziet wel dat dat soort factoren meewerken. Dat zijn randvoorwaarden voor succes.

### **Wat zou het probleem zijn als een introverte ontwerper zijn ontwerp naar uitvoering over de schutting gooit zonder samenwerking.**

Een probleem kan zijn dat hij iets bedacht heeft wat niet efficiënt uitvoerbaar is, waardoor het onnodig veel gaat kosten. Of dat iets niet veilig uit te voeren is. Dat moet nou juist de kracht zijn van D&C dat je een oplossing bedenkt met ook de kennis en kunde van uitvoering.

### **Hoe zie jij de interactie tussen ontwerp en kostenbewaking?**

Dat is nog wel een interessante. In de ideale wereld moet de ontwerper weten wat de tenderuitgangspunten zijn geweest. Hij moet weten als hij een viaduct ontwerpt dat er in de tender is bedacht om dat type paal toe te passen, dat er bedacht is dat het een prefab dek is zodat op het moment dat hij gaat ontwerpen hij in de smiezen heeft dat hij bezig is met een oplossing die misschien toch fors gaat afwijken van het tenderuitgangspunt. Soms is een afwijking eenmaal een gegeven als er in de tender niet goed bekeken is of onderschat. Uiteindelijk moet hij wel een ontwerp maken wat voldoet aan de eisen en richtlijnen dus je kunt niet aan een tenderuitgangspunt blijven vasthouden als het niet aan de eisen of richtlijnen voldoet. Maar hoe eerder dat de ontwerper daartegenaan loopt in het ontwerpproces hoe meer mogelijkheden je hebt om het bij te sturen.

### **Is het een probleem dat ontwerpers die uitgangspunten niet kennen?**

Ze zijn het nog niet echt gewend. Dat is een ontwikkelpunt. Ik heb op een ander project weleens aan de ontwerpers de opdracht meegegeven dat ze op het moment dat ze een VO, DO of UO leveren ook een verschillennotitie moeten bijhouden en opstellen. Hierin moesten ze opschrijven wat de verschillen zijn t.o.v. het tenderontwerp met bijbehorende ook financiële gevolgen, positief maar ook negatief.

Zo kan je het DO in vergelijking met VO en UO met DO. Het was in het begin onwennig omdat zat dit vanuit het verleden niet gewend zijn, maar op een gegeven moment vonden ontwerpers dat ook hartstikke leuk om dat op een gegeven moment vonden ontwerpers dat ook hartstikke leuk om dat te analyseren dus ze zijn het van het verleden gewoon niet gewend zeker toen ontwerp en bouwer verschillende partijen waren.



### **Denk je dat ontwerpers voldoende en juiste informatie hebben om dat af te prijzen?**

Ja en nee. Wat enorm bepalend is met welke diepgang iets in de tender is bekeken. Is er gedetailleerd een ontwerp gemaakt of is er op probabilistisch niveau geraamd met bandbreedtes. In het laatste geval heb je eigenlijk alleen een bedrag en mis je alle randvoorwaarden die ten grondslag liggen aan het bedrag. Als je een AO-aanbiedingsontwerp hebt heb je toch een bepaald beeld met wat voor een hoeveelheden ermee is gerekend en wordt het makkelijker. Het enige waar ze voor open moeten staan is dat ze zich willen verdiepen in wat er in de begroting staat.

### **Hoe denk je alle kostenposten in kaart kunnen worden gebracht?**

Ik zeg de ontwerper maar daar heb je de samenwerking tussen ontwerp, werkvoorbereiding en uitvoering nodig. In principe hoeft ontwerp niet te begroten wat de consequenties van zijn ontwerp is als hij maar afsprekt met werkvoorbereider en/of uitvoerder dat als hij de hoeveelheden inzichtelijk maakt dat de werkvoorbereiding en uitvoerder de financiële consequenties hiervan inzichtelijk maken als dat maar in ieder geval gebeurt in de ontwerpfase.

### **Heeft werkvoorbereiding voldoende kennis om dat af te prijzen?**

Als dat niet zo is moet je overwegen om de kostprijsdeskundige van de tender daarvoor aan te haken. De kostprijsdeskundige is degene die in de tender de begroting heeft gemaakt.

### **Ben jij voorstander van dat herijken om dat vaker te doen dan VO, DO, UO?**

Eigenlijk wil je het continue weten. Want zo een verschillennotitie tussen VO, DO, UO is een resultante maar de vraag is of je dan nog tijd hebt om terug te gaan. Dus je moet eigenlijk gedurende dat proces al een indicatie krijgen dat het mogelijk de verkeerde opgaat zodat je op tijd aan de knoppen kan draaien. Op het moment dat je vanuit de planning eigenlijk bij einde DO geen tijd hebt om terug te gaan dan wordt het een hele zware beslissing om dat toch te doen omdat je dan vertraging gaat oplopen waarvan je niet weet wat voor een consequenties dat heeft. In feite proberen we dat nu wel. We zijn binnen Dura Vermeer aan het oefenen met gate reviews die vraag aan de orde komt. Past je ontwerp binnen de kaders van begroting en planning en is het ontwerp ook veilig uitvoerbaar.

### **Je gaf aan dat je eigenlijk zou willen dat je dat voor je DO al weet omdat je dan nog terug kan, waarom is dat lastig om te herijken?**

Ik weet niet of dat lastig is. Waar het om gaat is dat het te maken heeft met een stukje inzicht en bewustzijn. Dat betekent dat we de ontwerper moeten vertellen en moeten helpen dat inzicht te verlenen maar dan moet hij wel weten dat dit de uitgangspunten waren in de tender. Dat op het moment dat hij een schetsontwerp dat hij zelf kan bedenken dat het wel of niet de goede kant op gaat. Dat moet een ongoing bewustwording zijn.

### **Hoe kan je dat bereiken?**

Ik zou dat toch wel zien als een soort overdracht en kennisuitwisseling. Het begint natuurlijk met de tender. In de ideale wereld gaat degene mee die in de tender het AO heeft gemaakt in het project meegaat en het DO gaat maken omdat hij de uitgangspunten van de tender weet. Wat een ontwerper vaak niet weet is omdat ze uiteindelijk alleen maar hoeveelheden bepalen,

is de financiële impact daarvan. Het zou al helpen voor de bewustwording en inzicht dat hij in ieder geval met een kostprijsdeskundige zit om te zien hoe zijn ontwerp is omgezet naar een stukje begroting. Als die ontwerper iemand anders is dan in de tenderfase dan zou ik ervoor pleiten dat er een overdrachtsmoment komt tussen degenen die het AO heeft gemaakt met de kostprijsdeskundige en de ontwerper in ontwerpfase. Vaak denken we dat we het in 1 middagje kunnen doen met het team en dan raak je nooit de diepgang die je nodig hebt. Dan heb je 1 op 1'tje nodig tussen 2 personen om elkaar mee te nemen in de details.

Het hangt ook van het type project en de keuzes of er een AO wordt gemaakt. Je gaat niet alles in detail uitzoeken. Je past de 80/20 regel toe. Je focust je op 20 procent die 80 procent van de kosten bepaald. Op sommige onderdelen (bijvoorbeeld een kleine duiker) zal je op basis van ervaringsgetallen een bedrag voor ramen en zit er nauwelijks iets aan ten grondslag.

### **Is de structuur tussen opstellen calculatie en kostenbewaking problematisch in hun match?**

Dat hangt van de keuzes af die je maakt. Voorbeeld. op project C hebben we voor beton en infra verschillende keuzes hebben gemaakt. Voor beton hebben we besloten om de inschrijfbegroting om te bouwen naar werkbegroting. Op basis van de werkbegroting gaan we de financiële consequenties inzichtelijk maken. Dat betekent dus ook wel dat als het ontwerp heel anders wordt dat je budgetten moet gaan muteren/verschuiven.

Voor infra hebben we een andere keuze gemaakt. Omdat er zoveel wijzigingen zouden zijn hebben we besloten om eerst een nieuw ontwerp te maken, vervolgens hebben we dat ontwerp opnieuw begroot en die nieuwe begroting wordt de werkbegroting. Dat heeft als voordeel dat je direct ook een werkbegroting die 1 op 1 past met het werk dat je maakt. Het nadeel is alleen dat zolang je de werkbegroting niet hebt, je eigenlijk een beetje stuurloos bent. Je moet hierbij op hele grove kengetallen het gevoel hebben welke kant het opgaat.

### **Waarom is dat zo?**

Je hebt eigenlijk geen basis op dat moment. Die tenderbegroting die zegt eigenlijk niet zo heel veel meer omdat je een andere oplossing aan het bedenken bent dan je in de tender hebt bedacht. Voorbeeld project C:Wegen hebben we in de tenderfase begroot als een laag puin met een laag asfalt erboven. De kraan opstelplaatsen voor de windmolen hebben we in de tender bedacht als een pakket zand die we gaan stabiliseren. In het voortraject is gebleken dat die oplossing voor de kraan opstelplaatsen niet voldeed waardoor een ander oplossing moest komen waar ook allemaal puin in moet. Dan ga je dus in je ontwerp sowieso meer puin gebruiken en je gaat ook op een stuk onderaanneming besparen. De hoeveelheid puin die je in je tenderbegroting hebt staan is niet meer representatief voor het ontwerp wat je hebt. Hoe ga je op dat moment monitoren of de oplossing die je bedenkt nog steeds past binnen je kaders vanuit je inschrijfbegroting.

### **Civiel; zijn veranderingen die er in het ontwerp hebt gemaakt te koppelen aan mutaties in kostenposten?**

In ons geval wel omdat we een windmolenfundatie maken. Dat blijft een windmolenfundatie waarin de variëteit zit in palen en volume. Het wordt een stuk ingewikkelder op het moment dat je een infra-project hebt en je een fietsbrug hebt bedacht wat een fietstunnel wordt. Dan is je

tenderbegroting niks meer waard. Dan moet je monitoren of de nieuwe oplossing die hebt bedacht of die uiteindelijk onderaan de streep binnen het eindbedrag past, je bent je details kwijt. Dit is een beetje vergelijkbaar met als je in de tender probabilistisch begroot en gewoon op basis van ervaringsgetallen zegt dat je fietsbrug 100.00 euro kost. Je bent dan kwijt hoe die 100.000 euro is opgebouwd. Je moet eigenlijk tijdens het ontwerp al in grote componenten gaan ramen of het nog steeds binnen die 100.00 euro pas die was bedacht.

**Fundering: was het lastig dat jullie afhankelijk waren van de leverancier van de windturbine?**

Uiteindelijk maken wij een fundering onder een windturbine. De leverancier voor de windturbine is heel bepalend hoe die fundering eruit moet komen te zien vooral met oog op de belasting die erop komt. Maar dan nog blijft een fundering een fundering. Er kunnen meer of minder palen in komen en het fundering blok kan breder worden maar voor de rest zit er niet zoveel variatie in.

**Zijn er bepaalde kostenposten die wel lastig om te monitoren. Welke kostenposten kan je redelijk makkelijk muteren en die moeilijk zijn?**

Bij de fundering kan ik het niet zo een twee drie bedenken.

**Ben je voorstander van het sturen op kritische hoeveelheden voor het ontwerp?**

Ik denk dat dat afhankelijk van het type werk en methode. Ik kan niet overzien of dat in alle gevallen zou werken maar dat is een methode.

**Heb je het idee dat er problemen tussen manieren van calculeren en werkbudgetten?**

Je moet accepteren dat je in de tenderfase een begroting op een bepaalde manier opbouwt omdat dat een efficiënte manier is om in de tenderfase tot een kostenraming te komen. En je moet accepteren dat je in de uitvoering dat op een ander manier inricht omdat je daarin ook wilt weten hoe je het gaat realiseren en hoe kan je dat bewaken. Je moet accepteren dat je inschrijfbegroting moet omschrijven naar een werkbegroting. Je maakt het jezelf wel makkelijk als je de inschrijfbegroting op een bepaalde manier codeert zodat dat opstellen van de werkbegroting makkelijker is. Dat je kan rapen en sorteren van bepaalde codes. In het verleden hadden we daar niet echt eens standaard voor maar die is er nu als het goed is wel.

**Waar zitten de fricties die kunnen plaatsvinden na de tender?**

De voornaamste fricties die zouden kunnen plaatsvinden is beschikbaarheid van mensen. De kostprijsdeskundige heeft hele calculatiebegroting in zijn hoofd met uitgangspunten. Maar zeker op het moment dat er veel tijd tussen aanbidding en gunning kan het zijn dat kostprijsdeskundige druk is met een andere aanbidding, dus het heeft te maken met beschikbaarheid.

**Heb je het idee dat er in de tender dingen niet worden meegenomen die later in het project een probleem vormen?**

Wat ik wel in zijn algemeenheid merk is dat we in de tenderfase enorm gefocust zijn op de direct kosten maar dat met name de indirecte kosten en de ABK een onderschoven kindje is terwijl de indirecte kosten op een gemiddelde projecten 25-40% van je aanneemsom uitmaken.

Je ziet dan ook vaak dat daar de eerste tegenvaller zitten. Organisatiekosten of andere kosten die zijn vergeten om mee te nemen. Een voorbeeld is dat we een project hier bouwen in 300km<sup>2</sup> aan landbouwgrond. We bouwen in het voorjaar. We weten allemaal dat we vogels die broeden niet mogen storen. Dat betekent dat je dus maatregelen moet treffen om te voorkomen dat een vogel daar gaat broeden. Als ik dan zie dat er na te tender daarvoor 10.000 euro is begroot dan is daar dus in de tenderfase niet goed over nagedacht. Dus we hebben kostprijsdeskundigen die goed weten wat een aanleggen van een weg of een viaduct kost maar de kennis met name indirecte kosten en actuele kennis vanuit de nieuwe contracten, die mis ik nog wel eens. Heel veel kennis en ervaring zit verspreid bij de mensen die de projecten realiseren. Een tendermanager en kostprijsdeskundige die alleen maar tenderen weten vaak niet (zijn zich er niet van bewust) wat voor een kosten je allemaal tegenaan loopt en mee te maken hebt in de uitvoering.

### **Hoe werkvoorbereiding hierin een rol spelen?**

Je kan het gelijk wel in een vakje voorbereiding zetten. Maar je wilt gewoon dat er projecten kennis in je tenderfase zit en met elkaar heel duidelijk benoemen wie er verantwoordelijk is voor de ABK begroting. Wie reviewed dat. Uiteindelijk zal het vaak een kostprijsdeskundige zijn die het in zijn calculatieprogramma zet maar wie geeft hem de goede informatie moet wel duidelijk zijn.

### **Denk je dat ontwerpers de werkbudgetten van uitvoering kennen?**

Ik denk in zijn algemeenheid niet. A geven we ze die informatie niet en B vragen ze die informatie niet. Er is niet echt een goed antwoord op te geven waarom we ze geen informatie geven maar in het kader van bewustzijn en budget gestuurd ontwerpen moet dat wel gebeuren. Net als dat een uitvoerder buiten goed moet weten wat er in de werkbegroting zit. Uitvoering staat daar ook vaak niet bij stil maar bezig met zijn planning halen.

### **Hoe zie je het voor je?**

Ik ben voorstander dat je de kostenbewaking neerlegt daar wel je invloed hebt op de kosten. Dus bijvoorbeeld verantwoordelijkheid voor ABK. Degenen die de kosten moet ook verantwoordelijk zijn voor het bewaken van het budget omdat diegenen weet of het in zijn budget zit. Als je iemand zonder verantwoordelijkheid laat afroepen bij de materiaaldienst zal die ook niet kijken we voor een invloed dat heeft op het budget. Als iemand anders de kostenbewaking doet is die feitelijk alleen maar achteraf aan het administreren maar is niet in staat om dat te beïnvloeden en te weten wat voor een financiële consequenties dit op het totale budget heeft.

### **Wat is volgens jou de rol van kostenbewaking?**

Vooraf het neerzetten van de structuur. Goed observeren in het project. Zien waar afwijkingen en potentiële afwijkingen kunnen optreden. En op basis daarvan de budgethouders kritisch bevragen, een soort van pain in the ass zijn naar budgethouders toe. En vooral bewaken dat de integraliteit tussen de verschillende budgetten goed zit en niet dat er dingen tussen wal en schip raken of dubbel worden geteld. Het is vooral faciliteren en regisseren.

### **Waarom vallen kosten tussen wal en schip?**

Een voorbeeld is dat iemand verantwoordelijk is voor de wegebegroting en iemand anders voor bouwplaatskosten. Wij gebruiken hier vrij veel walsen. Is nou degene die bouwplaatskosten bewaakt die de walsen in zijn begroting zitten of degene die infra bewaakt? Op dat soort aspecten kunnen dat soort dingen tussen wal en schip raken en dat moet iemand signaleren.

### **Kan kostenbewaking dat signaleren met hoe het nu is ingestoken?**

Ja, dat heeft ook te maken met een stukje ervaringen. Kostenbewaking ziet wel alle kosten die worden gemaakt tijdens het project. Hij kan wel kritisch bevragen.

### **En in de ontwerpfase?**

Goeie vraag. Over het algemeen hanteer je dan standaardnormen. Zo zijn er meer variabelen in de ontwerpfase. Je oefent in de ontwerpfase invloed uit op de hoeveelheden en niet op de eenheidsprijs. Als de staalprijzen t.o.v. de tender door het dak heen gaan kan de ontwerper een mooie oplossingen bedenken met minder beton maar het kan nog duurder uitpakken.

### **Hoe komt de informatie van ontwerper bij de kostenbewaker?**

Er is niet 1 manier voor. Met het voorbeeld van die verschillennotities komen die verschillennotities bij de kostenbewaker/projectcontroller. Als het meer bij werkvoorbereiding ligt is werkvoorbereiding die een prognose opstelt en komt het op die manier bij de kostenbewaker terecht.

### **Is dat de goede manier?**

Je moet iemand in je team hebben die verantwoordelijk is voor de kosten bij een onderdeel en dat moet iemand zijn die bij dat onderdeel het dichtste bij betrokken is en de meeste invloed op dat onderdeel kan uitoefenen.

### **Overig**

Ik denk dat moeten verbeteren/stimuleren dat de calculatie betrokken wordt in het ontwerp. Dat hebben we hier best gedaan op momenten zoals VO, DO, UO maar met namen dat tussenliggende stuk is goed om bij te kunnen sturen omdat we na VO, DO en UO al een product op tafel hebben liggen.

Waar je iets voor moeten bedenken wat de praktijk is dat op het moment dat we buiten gaan beginnen dat het ontwerp niet af is. En je moet je realiseren dat als het ontwerp klaar is dat je nog geen werkbegroting hebt, daar gaat tijd overheen. Je bent dan toch een tijdje stuurloos omdat je dan al buiten bent begonnen en kosten aan het maken hebt maar nog geen werkbegroting ingericht dus je hebt geen signaal of je binnen budget blijft. Je zou kunnen zeggen dat je pas buiten begint na het ontwerpproces en inrichten werkbegroting maar dan moet je ook zo stoer zijn om te zeggen dat als het ontwerp nog niet klaar is we buiten nog niet starten.

## Appendix D:3.2 – Interview project Project C – interviewee 10

### Interview design leader civil discipline 10-04-2020

#### **Wanneer ben je betrokken geraakt bij het project?**

Ik heb normaal gesproken een andere rol binnen Dura dus dit was een extraatje. Toen ik begon was ik integraal ontwerpmanager. Het doel was het opstarten van de organisatie om het daarna over te kunnen dragen aan de ontwerpmanager. Ik ben eigenlijk tot de dag van vandaag betrokken bij het ontwerp van beton en funderingen.

#### **Hoe is het ontwerpproces verlopen?**

Ik ben erbij betrokken geraakt nadat we preferred bidder werden. 14 November 2018 is er een aanbieding gedaan door het tenderteam. Daar waren andere mensen bij het ontwerp betrokken. Het is een D&C werk. Het is wel bijzonder omdat de fundering kon worden afgeprijsd aan de hand van een referentie ontwerp. En dit is verrekenbaar omdat de turbineleverancier nog niet bekend was. Die bepalen eigenlijk de uitwendige belastingen en daarmee de dimensies van de funderingen. Het totale ontwerp bestaat uit betonnen funderingen, de infra en de kabels.

#### **Wat voor een verschil is er als er een referentie ontwerp door de opdrachtgever is gegeven t.o.v. als dit niet is gedaan?**

In dit geval is het heel specifiek dat het ontwerp verrekenbaar was, de betonprijs en wapening. Er hoefde dus ontwerptechnisch niet naar gekeken te worden. In de tenderfase is dus alleen een inschatting gemaakt of het meer of minder beton en/of wapening werd. Want waar ben je beter mee af. Als er minder wapening komt en je hebt het te hoog afgeprijsd dan snij je je in je eigen vlees maar verwacht je dat het meer wordt dan is een hoger tarief wel van waarde. Hoe men die inschatting heeft gedaan is mij altijd wat onduidelijk geweest. Er is wel geanticipeerd op meer wapening dan het referentie ontwerp.

#### **Verrekenbare prijs, wat is dat?**

Als je van een bepaalde hoeveelheid kuub bent uitgegaan komt daar een bedrag uit. Als het vervolgens meer kuub beton wordt, wordt dat verrekend en dat wordt dan je nieuwe contractwaarde. Het is dus op hoeveelheden verrekenbaar nadat het DO/UO is afgerond. Daarin loop je als aannemer geen risico naast de uitvoerings- en tijdsrisico's. Als er vanuit het RO 10 palen vanuit is gegaan en er moeten nu 20 palen in dan is dat geen probleem omdat we per paal betaald krijgen. Maar we zijn wel twee keer zo lang bezig met die activiteit en dat risico lag wel weer bij ons.

#### **Hoe is de samenwerking tussen ontwerp, werkvoorbereiding en uitvoering geweest?**

Niet verkeerd. Het ontwerp van de wegen was wel gecontracteerd op een vaste prijs, een klassiek D&C. Daar was aangeboden met een bepaalde oplossing en daar zat uitvoering nog heel erg naar alternatieven te zoeken. Dat leverde wel spanning omdat je met een zeer strakke planning zit. Vanuit ontwerp wil je dan eigenlijk zo snel mogelijk het tenderontwerp uitwerken naar een DO en/of UO. Je wil dan niet nog allemaal alternatieven beschouwen omdat je daar

eigenlijk de tijd niet voor hebt. Uiteindelijk is tenderontwerp ook gebouwd. Je krijgt het ook niet meer voor elkaar in een periode van tijdsdruk om een goede prijs te krijgen. Dat is een klassiek spanningsveld in de beginfase. Daarin merk je dat met de combinatie met aannemer X dat aannemer X minder ervaring heeft met D&C omdat ze dachten dat ze nog echt naar alternatieven konden kijken. Daar is helemaal geen garantie voor omdat je planning van een goed ontwerp ook onder druk komt te staan. De echte keuzes moet je eigenlijk in de tender hebben gemaakt. Micro-keuzes en een enkele keuze kan nog wel maar dat moet je wel zeer weloverwogen doen en dan geld stick tot he plan. Dat hebben we redelijk in de hand weten te houden maar met de relatie met de uitvoering en noem maar op een beetje inhoud te willen geven hebben we nog wel naar 1 of 2 alternatieven gekeken. We hebben wel gecommuniceerd dat we op een bepaald tijdstip gewoon een keuze moesten hebben.

### **Was de kennis van realisatie genoeg meegenomen in de tender?**

De wijze van uitvoering was niet zo een ding, het was voornamelijk het materiaalgebruik. In de wegenbouw was het asfalt. De fundering was het vooral de variatie tussen prefab- of vibro palen. Daar speelt ook altijd de contractuele discussie een rol omdat het verrekenbaar. Dit proces liep daarom ook wat anders dan normaal.

Werkvoorbereiding en uitvoering waren volledig betrokken bij de keuze voor vibro- of prefab palen. Deze keuze kan je eigenlijk niet vanuit ontwerp maken, dit specifieke voorbeeld. Wij hebben er op ontwerp wel op aangedrongen dat het snel moest worden gekozen maar dat was meer door de tijdsdruk. Dat is waarom we als combinatie op vibro palen hebben aangestuurd omdat het bestellen erg lang duurde. Dit was ook een redelijk andere keuze omdat de opdrachtgever de meerkosten van vibro palen moest betalen.

### **Wat was de rol van de projectcontroller geweest op project C?**

Eigenlijk had deze geen rol tijdens het ontwerp. Alles is via uitvoering gelopen, de prijsvorming. Daar zat wel een calculator als ondersteuning bij. Eigenlijk is op dit project de volledige prijsvoering door werkvoorbereiding en uitvoering gegaan. De project controller was meer een boekhouder.

### **Was is de meerwaarde van een calculator om daar een rol in te spelen?**

Die kennen de uitgangspunten uit de tenderfase. Die wisten hoe de verrekenbaarheid in elkaar stak en met welke gedacht die zijn afgeprijsd. Er zijn namelijk veel dingen die verrekenbaar waren. Weten wat de basis was van je aanbieding, daar heb je de calculator voor nodig. Pas als de definitieve prijs vaststaat wordt dit overgedragen naar uitvoering.

### **In welke vorm is er een informatieoverdracht gedaan?**

Voor het grootste deel was dat het referentie ontwerp. We hebben een interne BSU gedaan en daar hebben we de tenderkennis overgedragen zo ver mogelijk naar de gehele organisatie, los van de individuele contacten Dit heeft 2 dagen geduurd en hier is ook bewust aandacht geschonken aan de hoe de tender is gegaan dus dat is wel goed gegaan.

### **Kun je iets vertellen over hoe de verschillende kosten onderverdelen?**

Een windmolenpark is relatief simpel en eenduidig op te knippen in stukjes. Daar zit niet zo een hogere gedachte achter. Hoe het project was opgedeeld dat is vanaf het begin hetzelfde gebleven zowel vanuit calculatie als uitvoering. Er zijn een x aantal molens en wegen ertussen en kabels. Veel moeilijker is het niet bottom line. Op een x aantal locaties moet je een turbine bouwen en van tevoren moet je ervoor zorgen dat de wegen goed staan. Dat zijn in basis twee losstaande zaken. Je hebt een overall idee, een systeem ontwerp maar dat heeft de opdrachtgever al gemaakt. Daar is al een vergunning op verleend dus daar is weinig verandering in.

### **Hoe werkt dat dat bij een project waar dit lastiger/complexer is?**

Bij een complexer project moet je eerst naar het systeemontwerp kijken voordat je per object het bekijkt. Dan krijg je een hele andere orde van projecten. Daar is je ontwerpproces wel degelijk anders. Het maken van een integraal ontwerp is toch een hele ander activiteit dan het ontwerp van een object zoals bijvoorbeeld een brug. Daar zie je die spanning wel altijd terug. Werkvoorbereiding en uitvoering willen bijvoorbeeld weten wat voor een brug ze moeten bouwen terwijl ontwerp nog bezig is met het integrale ontwerp. Dat zijn dus ook 2 abstractieniveaus die men niet altijd even goed weet te managen. Je moet ze ook een beetje parallel proberen te doen en dat maakt het complex.

### **Heb je het idee dat ontwerp kennis van realisatiekosten heeft?**

Ja ze hebben wel wat kennis. Tijdens de tenderfase is men absoluut prijs gedreven bezig met ontwerpen en op zoek naar de optimale oplossing. Over het algemeen is dat wel goed. Natuurlijk heb je altijd voorbeelden waar dat niet goed gaat maar generiek genomen gaat dat niet verkeerd.

### **Heb je het idee dat ontwerpers alle aspecten van de kosten kunnen meenemen?**

Nee, maar daarvoor zit je in een team met werkvoorbereiding en calculatie. De tender is niet zo geweldig verlopen omdat het ontwerp daar ontbrak. Daar is eigenlijk een niet-haalbaar ontwerp gemaakt. Dat is behoorlijk op zijn kop gegaan maar omdat het verrekenbaar was zijn we daar goed uitgekomen. Daar verdiende het tenderontwerp, voor zover dat niet gebaseerd was op het referentie ontwerp, niet de schoonheidsprijs. Dat was eigenlijk alleen maar vanuit kosten gedaan. Dus het ontwerp in de tenderfase was procesmatig gewoon slecht.

### **Wat was hiervoor de reden?**

Capaciteit en aandacht vanuit het management. Misschien wel ook een beetje de cultuurverschillen tussen aannemer X en Dura Vermeer.

### **Welke actoren zijn erbij betrokken als er bijvoorbeeld vanuit het ontwerpteam een idee is om een keuze te maken?**

Nogmaals een windmolenpark is niet zo complex. Daar kan je redelijk snel volstaan met een afweging tussen ontwerp, uitvoering en inkoop met calculatie. Ik denk met de voorbeelden met van project C heeft omgevingsmanagement nagenoeg geen rol in deze keuze. Normaal heb je uitvoering, omgevingsmanagement etc. Voor dit windmolenpark ligt de nadruk om ontwerp en



realisatie. Dat is werkvoorbereiding en inkoop. Omgevingsmanagement heeft nagenoeg geen invloed hierop.

**Denk je dat ontwerp, integraal een kostenoverweging kan maken?**

Die trade-off maakt ontwerp niet. Dat maken ze met uitvoering. In dit geval stond uitvoering aan de lat om qua kosten dit te bepalen. De kosten en bijbehorende werkmethode is de rol van werkvoorbereiding en realisatie. Daar ligt daadwerkelijk ook hun primaire taak naar mijn mening. Ontwerp moet alleen laten zien hoe het eruit ziet tussen vibro- en prefab palen. Dan moet je ook niet willen dat ontwerp nog uitgebreid de kosten gaat achterhalen in de uitvoeringsorganisatie omdat ze zich juist moeten focussen op het ontwerpproces. Dat is juist die integrale samenwerking met uitvoering. Primair is het de taak van ontwerp om uitvoering hiervoor te betrekken zodat zij de kosten kunnen bepalen.

**Heb je het idee dat ontwerp de werkbudgetten van uitvoering kent?**

In dit geval was het nogmaals wat minder relevant omdat het verrekenbaar was. Het duurde vrij lang voordat we wisten of meer of minder wapening beter was. Normaal hoe minder hoe beter maar dat wisten we in dit geval niet eens. De complexiteit van de verrekening was de reden dat dit proces zo lang duurde samen met het feit dat de mensen van werkvoorbereiding en uitvoering niet betrokken waren bij deze berekening.

**Heb jij het idee dat ontwerp weet waar Dura Vermeer tijdens het ontwerpproces staat t.o.v. de contractprijs?**

Dat had transparanter gekund op project C. Daar doet men vrij geheimzinnig over. Als ik zou doorvragen zou ik het wel te horen krijgen. Dat komt misschien ook omdat mijn betrokkenheid op een gegeven moment afnam.

**Wat is de consequentie hiervan?**

In dit geval dat het wel meevalt. Maar het is aardig om te weten waar je aan toe bent. Ik zou dat voor de motivatie wel delen omdat dat motiveert. Tegelijkertijd is het oog gedeeltelijk vertrouwelijk dus dat is een spanningsveld.

**Hoe kijk jij aan tegen kritische hoeveelheden?**

Voor mij is eerder het tenderontwerp het vertrekpunt. Dat zou je ontwerp moeten bepalen. Ik zou eerder het tenderontwerp nemen en stick to the fucking plan. Met kritische hoeveelheden kan ik niet zoveel. Uiteindelijk moet je ontwerp voldoen aan de eisen. Natuurlijk moet je kijken wat er mis is gegaan. Ik kan er alleen niet minder palen indoen dan moet. Hoeveelheden kan ik eigenlijk niks mee.

**Als er geen verrekenbaarheid zou zijn en er in het ontwerp wordt gekozen om 20 palen te gebruiken. Is er dan wel inzicht in het verschil t.o.v. het tenderontwerp?**

Ja soort verschillen weet je wel. Af en toe kan je kiezen tussen 20 korte palen of 10 lange palen maar dat zijn de kleine sub afwegingen die direct met realisatie gemaakt wordt. Maar als je in de tender ervan uit is gegaan en in ontwerp worden het er 17 dan kan je weinig met die 15 palen. Normaal gesproken zijn hoeveelheden wel duidelijk wat erin is gegaan in tender.

In principe is het altijd wel duidelijk. Sommige tender ontwerpen zijn niet zo uitgewerkt maar vaak is dat wel het geval.

Dan ga je naar verdere digitalisering. We hebben nu met windmolens het programma vector. Er ontbreekt nog de kostencomponent maar die kan je er volgens mij vrij makkelijk aankoppelen. Waarvoor je moet waken is dat om de kostprijs inzichtelijk te krijgen dat men vooral kijkt naar het ontwerp van het object i.p.v. het systeemontwerp, want dat is killing voor je ontwerpproces. Als er bijvoorbeeld vanuit uitvoering heel groot de vraag is hoeveel lampjes moeten worden opgehangen. Voor een complexer project moet je je als ontwerp ook niet gek laten maken. Soms is het een gegeven dat je even moet wachten voordat je je prijs weer kan herijken omdat je een bepaald ontwerpproces moet doorlopen. Dan is het alleen maar dom om aan je lichtjes te rekenen als je systeemontwerp nog niet af is. Dan weet je zeker dat je uit de kostprijs gaat vliegen. Dat is belangrijk in een D&C om zo goed mogelijk je proces te bewaken zodat je zo snel mogelijk kan gaan convergeren. Dat betekent dus dat je niet bij je oplossing moet beginnen maar bij je systeemontwerp. Dat betekent automatisch dat je de prijs van het object wat verder in de tijd zit. Dus het is ook een stukje geduld hebben. Tot die tijd is de tenderprijs leidend en dat moet je mee laten lopen met je ontwerpproces. Digitalisering kan je wellicht het nodige in winnen.

## Appendix D:3.3 – Interview project project C – interviewee 11

### Interview work planner 19-03-2020

#### **Wat is jouw rol binnen het project?**

Ik ben disciplineleiders fundaties op beton (civiel). Het is een project dat is opgebouwd uit drie disciplines: 1. Aanbrengen van kabels en leidingwerk, 2 infra (wegen, duikers en kraan opstelplaatsen), 3. Fundaties; palen betonwerk, bekisting, ankerkooi etc. Je hebt ook nog een onderdeel omgeving en ontwerp. De disciplines zijn uitvoerend en omgeving is overal. Wij praten heel veel met ontwerp zodat een ontwerp uitvoerbaar is en past binnen budget.

#### **Hoe werkt werkvoorbereiding samen met ontwerp?**

Je probeert zoveel mogelijk de samenwerking op te zoeken zodat wat ontworpen wordt zo snel mogelijk wordt omgezet in hoeveelheden en in euro's zodat je meteen weet wat het ontwerp kost zodat we een keuze kunnen maken aan de hand van de informatie dat iets te veel kost of dat het binnen budget is.

Bij alle keuzes die ontwerp maakt moeten wij meekijken/uitwerken wat de gevolgen zijn. De vraag is of dat altijd gebeurt. Hier gebeurt dat wel. We hebben met name een keuze gemaakt of we vibro of prefab palen wilden maken. Die worden beiden op een ander manier gemaakt en hebben andere kostencomponenten waarbij we steeds kijken wat nou goedkoper is. Dat is de belangrijkste keuze die we hier hebben moeten maken.

Ontwerp maakt ook de manier van wapeningontwerp dus we hebben meteen degene die de wapening aanbrengt en aanlevert er meteen bij betrokken zodat hij kon kijken of het wel of niet handig is, of het qua kosten handig is. Die interactie moet echt plaatsvinden, anders gaat het niet goed.

#### **Waarom kan ontwerp niet een ontwerp over de schutting gooien?**

Alles moet tegenwoordig heel snel gereed zijn. Je hebt simpelweg niet de tijd om eerst een ontwerp te maken en dan pas te kijken of het past. Je bent en heel veel tijd kwijt als je dit doet en daarnaast ook bijbehorende kosten. Idealiter is het in 1 keer goed omdat het dan de minste tijd en energie kost. Het kan echter niet in 1 keer dus je moet het stapje bij stapje doen dus zodra er een keuze gemaakt moet worden, moet gelijk opgetrokken worden zodat je weet wat de gevolgen zijn zodat je een keuze kan maken voordat de tekening af is.

#### **Waarom heeft ontwerp niet een idee wat de kosten zijn van hun ontwerp?**

Ze weten wel hoe meer materiaal erin gaat hoe meer het kost maar wat het exact kost weten ze niet, dat verandert/fluctueert ook steeds. Globaal kunnen ze het weten maar niet in detail. Wij sluiten de contracten samen met inkoop dus wij weten gewoon wat het kost. Wij weten ook wat bepaalde keuzes buiten kosten. Ontwerp zou dat wel kunnen weten als ze wat meer tijd krijgen maar inmiddels is het zo opgeknipt dat zij alleen het ontwerp maken en dat wij ze meer sturen wat het wordt.

#### **Hoe is hier ervoor gezorgd dat dit goed loopt?**

Eenzijds heeft de ontwerpmanager dit goed in het vizier. Met ontwerp kan je geld verliezen en winnen. Dat zou iedereen moeten weten. Tijdens het ontwerp kan je heel veel invloed uitoefenen dus vandaar dat ik mij er ook heel veel mee bemoei. De ontwerpmanager begrijpt dat dus dat is een gegeven dat je met elkaar optreedt.

### **Hoe jullie kosten aan bepaalde ontwerpkeuzes binnen jullie discipline en hoe gebeurt dat discipline overstijgend?**

Dat moet discipline overstijgend zijn omdat je alle consequenties in beeld moet brengen. In dit geval dus als we vibro palen i.p.v. prefab palen kiezen moet je buiten de fundaties meer zand aanbrengen zodat de shovel het beton kan aanbrengen voor de vibro paal. Dan wordt het zandpakket wat je in totaal moet aanbrengen groter dus dan zijn de vaste kosten meer. Dat moet je er dus bij optellen.

### **Is het lastig om dit discipline overstijgend te doen?**

In dit geval niet omdat we een redelijk klein werk zijn dus er zitten hier niet 300 man waarbij je iets moet afstemmen waardoor het goed te doen is. Maar als je naar hele grote projecten kijkt en elkaar aan het begin niet eens kent terwijl je van elkaar niet weet wie wat doet dan is het lastig om discipline overstijgend te kijken. Dat is de moeilijkheid bij grote projecten.

### **Weet iedereen wat de consequenties van de ontwerpkeuzes zijn?**

Dat is in dit geval relatief makkelijk omdat er ook al een basisontwerp is. Dat is overigens wel helemaal op de schop gaan. Als je een project hebt waarbij je na de tender van nul af aan begint dan is dat wel een stuk lastiger.

### **Is er een tenderontwerp gemaakt bij project C?**

Jawel, maar niet door ons zelf. De opdrachtgever heeft een tenderontwerp gemaakt en aan ons meegegeven dat we aan de hand van hun ontwerp een prijs moesten opstellen. We zijn wel nadat het contract getekend was verantwoordelijk geworden voor het ontwerp en zijn er andere dingen anders gegaan t.o.v. het tenderontwerp dus dat wordt dan ook wel verrekend. In de tender waren we niet verantwoordelijk voor het ontwerp maar dat hebben we wel overgenomen na het tekenen van het contract. Dat kan ook tricky zijn maar dat valt hier mee.

### **Wat is de interactie tussen werkvoorbereiding en kostenbewaking?**

De project controller komt er pas bij als het ontwerp af is. In de tussentijd moeten voorbereiding en ontwerp dat met elkaar inzichtelijk houden en zodra het ontwerp definitief is wordt er een budget aangehangen en komt er een controller bij die budgetten bewaakt. Daar zit ik nu steeds tussen. Als werkvoorbereider weet ik hoeveel eenheden erin gegaan zijn. We hebben dat nu voor het hele werk met ontwerp bepaald hoeveel dat is. Dan komt er een bedrag uit. Per onderdeel hou je vervolgens bij welk bedrag eruit gaat dus dan weet je aan het eind van het werk zoveel hadden we moeten besteden. Je kan pas een budget definitief maken als je weet wat je ontwerp. Zodra het budget definitief is zet je dat in een systeem en hou je het bij.

### **Hoe hanteer je dan werkbudgetten nadat het contract is gegund?**

Dat is altijd lastig. Eigenlijk hebben we dat nu met Excel bijgehouden. We hebben op basis van het tenderontwerp bijvoorbeeld bepaald hoeveel kuub beton erin gaat en bekeken hoeveel het nieuwe ontwerp heeft qua kuub beton en dan kijken wat de goedkoopste versie is om het aan te brengen. Dat is wel altijd heel lastig. Ik doe het niet met het systeem wat daarvoor is ingericht omdat dat ingewikkelder is, ik doe het gewoon met Excel. Zodra het ontwerp definitief is dan zet je hem helemaal in het systeem en ga je het bewaken.

### **Heb jij tijdens het proces van ontwerp een idee waar je financieel zit t.o.v. van de contractprijs?**

Ja dat moet je steeds hebben. Dat was in dit geval wel erg lastig omdat je een tenderontwerp had, een nieuw ontwerp en een verrekenprijs. Het was wel lastig om te bepalen wat nou je budget was, en wat we werkelijk gaan uitgeven. Dat is altijd lastig met name als je onderaannemers gaat aannemen want die willen weten omdat ze moeten gaan produceren terwijl wij dat eigenlijk pas weten als het ontwerp af is. Dat was hier lastig.

### **Hoe wordt er gemonitord of er op kostenposten op hoger abstractieniveau binnen budget wordt gebleven?**

Wat we hier hebben gedaan is dat elke disciplineleider verantwoordelijk is voor de kosten die hij buiten maakt dus dat heeft elke disciplineleider op zijn manier ingericht. Dat zijn een aantal codes waarop je bewaakt. Maar ik heb nog niks uitgegeven want er is nog niks gemaakt. Tot die tijd hou je bij wat je denkt dat er gaat worden uitgegeven op basis van het ontwerp.

De baseline is het budget wat je vanuit tender meekrijgt wat je in totaal hebt. Of je dat uitgeeft aan beton of wapening dat maakt eigenlijk niet uit als het in totaal maar binnen budget blijft. Maar om dat inzichtelijk te houden ga je het wel spreiden. In het beginstadium heb je en je ontwerp nog niet helder en daarnaast als het meer wordt dan de tender dan krijg je meer vanuit de opdrachtgever dus dat krijg je ook wel weer terug. Je moet dat wel bijhouden dat dat goed gaat tijdens je inkoopproces, dit hebben we dus in Excel gedaan. Mijn principe is nu nog geen fluctuaties in de winst opgeven. Tot en met nu is het voor gecalculeerde resultaat en pas als we wijzigingen van opdrachtgever hebben doorgekregen en ontwerp af is dan pas ga je zeggen wat er aan het einde van het werk over is en daar ga je op monitoren. We hebben eigenlijk als project ervoor gekozen om in de tussentijd geen/weinig verliezen of winsten te monitoren omdat er heel veel verandert. Dat creëert rust ook bij het management. Als je 3 weken geleden had gevraagd had ik inderdaad niet exact geweten waar we stonden.

### **Dus het is heel lastig om die kosten van het ontwerp tussentijds te weten?**

Ja dat is heel lastig. Je gaat qua kosten steeds omhoog en naar beneden en dat creëert weer onzekerheid en dat is denk ik weer niet verstandig. Het is wel zo handig/fijn om dat zo snel mogelijk te weten. Ik zie nog niet echt een methode hoe dat kan. Ja dat je z.s.m. je ontwerp af hebt, z.s.m. geschillen met de opdrachtgever duidelijk hebt en z.s.m. met leveranciers en onderaannemers aan tafel gaan maar daar heb je ook tijd voor nodig.

### **Denk je dat calculatie daar een rol bij zou kunnen spelen om inzichtelijkheid te krijgen?**

Het kan wel maar ik vraag me af of dan zin heeft. Wij hebben dat als werkvoorbereiding zelf gedaan op basis van de gemiddelde prijzen die calculatie heeft bedacht in de tender. Maar voor mijn discipline is het wat simpeler. In de infra discipline verandert er veel meer in het ontwerp dus die hebben wel besproken met een calculator om dat tussentijds te calculeren. Infra gebruikt calculatie veel maar dat bij ons (civiel) is wat het makkelijker in eenheden te om te zetten is.

### **Hoe wordt kostenbewaking tijdens het ontwerpproces betrokken?**

In het beginstadium nog niet maar nu wel. In het beginstadium zie ik het ook als mijn verantwoordelijkheid en niet zijn verantwoordelijkheid. Hij rapporteert wat er gebeurt en ik blijf ervoor verantwoordelijk of het binnen budget is of niet en hij moet eigenlijk constateren of het wel of niet binnen budget is. Dus hij is er in dit geval aan de voorkant weinig actief bij betrokken. Ik denk ook dat het in dit geval goed was. Je kan er ook voor kiezen dat je de prijs aan de hand van de tenderhoeveelheden wel gelijk in het systeem zet en dan heb je hem wel nodig maar hier heb ik ervoor gekozen om het in Excel bij te houden for the time being. Excel werkt makkelijk. Daarnaast wil ik het ook inzichtelijker hebben waar het heen gaat, dan laat ik het liever nog niet door iemand anders doen.

### **Heb je het idee dat het projectteam ook inzicht heeft?**

Nee als ik het niet communiceer weet niemand het maar dat zijn wel dingen. We hebben hier met 3 voorbereiders gezeten waarvan iedereen ook een onderdeel heeft wat hij inkoop en dan gaat hij ook eerst na wat het budget is, wat zijn de hoeveelheden en kopen we het in binnen budget. Dus voor elk onderdeel moeten we van elkaar inzicht heeft.

### **Heb je het idee dat ontwerp dat ook weet?**

Nee ontwerp heeft geen idee hoe het zit qua financiën. Daar ben ik voor dus dat hoeven ze denk ik ook niet te weten. Het zou wel fijn zijn. Ze weten wel hoe minder hoeveelheden hoe goedkoper. Op basis van dat principe zijn ze wel aan het ontwerpen.

Nu zijn er 2 type palen (vibro en prefab) waarvoor geldt hoe groter de paal wordt hoe korter die is. Nu gaan we met de onderaanneming kijken in deze situatie wat de beste manier is. Ontwerp heeft hier geen idee van. Ze weten zo goedkoop mogelijk ontwerpen is zo min mogelijk materiaal uitgeven dus dat doen ze. Maar wat een kuub beton oplevert als je het niet uitgeeft, daar hebben ze geen idee van.

### **Ontwerpers kunnen naar producthoeveelheden ontwerpen. Welke kosten vinden ze lastig om aan het ontwerp te koppelen?**

Alle randzaken, raakvlakken die je niet 1 op 1 legt kunnen ze veel moeilijker bepalen. Ze hebben een specialisme in ontwerpen maar rekenen niet door binnen een project wat het voor een invloed heeft op andere disciplines. Die kennis hebben ze niet en hoeven ze in mijn ogen ook niet te hebben. Zij moeten het ontwerp kunnen doorrekenen en de consequenties van hun ontwerp moet een voorbereiding en uitvoerig bepalen en het afstemmen tussen de disciplines ook.

### **Hoe sta jij tegenover kritische hoeveelheden?**

Ik denk wel dat het werkt. Als je zegt dat ze moeten ontwerp binnen een budget dat werkt niet want ze weten niet waar ze moeten beginnen. Dus als je met hoeveelheden werkt dan zou dat wel helpen.

### **Heb je het idee dat ontwerpers verschil in eenheidsprijzen weten?**

De ontwikkelen van nieuwe materialen gaat heel snel. Een werkvoorbereider die inkoopt zal iets eerder doorhebben wat materialen kosten en kan dus beoordelen wat voor een voordelen dit biedt. Ik denk dat ontwerpers daar steeds minder in zijn geïnteresseerd. Ik vind dat ook terecht. Ik ben van mening dat iedereen zijn eigen expertise heeft. Werkvoorbereiding koppelt al die expertises bij elkaar.

### **Zit er verschil tussen hoe een tenderontwerp wordt gemaakt met kostenraming en hoe jij je werkbudgetten opstelt in Excel?**

Daar kan ik dit project niet als uitgangspunt nemen omdat het ontwerp als door de opdrachtgever werd gegeven maar ik denk dat in een tender worden ontwerpen niet gedetailleerd gemaakt, dus op basis van hoeveelheden en aantallen. Veel minder detaillistisch dus dat is heel anders. Misschien komt daar het principe van kritische hoeveelheden wel vandaan. In de tender is het belangrijkste dat je een goede prijs maakt. Als dat kan zonder ontwerp is dat prima maar we vinden dat lastig. Het enige wat je moet weten is wat het gaat kosten dus hoe kom je daar. Ik denk dat je niet per se ontwerp nodig hebt maar een andere manier van hoeveelheden bepalen is ook goed.

### **Heb jij een manier hoe dat zou kunnen?**

Dat is dat parametrisch ontwerpen. We hebben zoveel kuub ongeveer nodig voor een tunnel. Dan zit je er vast een paar keer naast maar zowel positief als negatief. Je moet op basis van kengetallen dat dat bepalen. Voor de grote projecten heb je ook niet de tijd om alles steeds gedetailleerd te ontwerpen.

### **Denk je dat het over het algemeen een probleem is dat je niet weet of je eronder of erboven zit qua budget?**

Als je er steeds onder zit in de tender dan levert het wel problemen op want dan kunnen wij niet waarmaken wat er in de tender is afgesproken. Wel als je kan vergelijken met hoeveel kuub er in de tender is gerekend en hoeveel het nu is dan kan je dat wel inzichtelijker maken.

### **Worden jullie na een tender meegenomen in de uitgangspunten van ontwerp en calculatie?**

Nee onvoldoende. Ik denk wel dat een overdracht vanuit ontwerp, calculatie uitvoering van tender naar realisatie wel beter kan. Dat je weet wat de voorwaarden en uitgangspunten waren. Dat is hier nauwelijks gedaan. Dat komt ook omdat er niet gelijk na de aanbidding een contract is, daar heeft hier 6 maanden tussen gezeten.

### **Waar lopen jullie dan tegenaan?**

Dat je elke keer moet uitzoeken wat het uitgangspunt is. In het begin was dat niet helemaal helder.

**Denk je dat product en activiteitenbenaderingen problemen opleveren?**

Nee geen problemen maar je moet wel de verschillen weten. Daarom bouwen we ook een werkpakkettenstructuur/objectenboom zodat die te koppelen zijn. Ontwerp maakt in dit geval 4 documenten en meerdere tekeningen alleen buiten worden die types op verschillende lijnstukken gemaakt. Wij leveren per lijnstuk/object op dus daar moet je wel in het systeem rekening houden dat het anders is.

**Als er een verandering in de objectenboom van ontwerp plaatsvindt, hoe is dat makkelijk te herleiden naar verandering objectenboom werkvoorbereiding?**

Ja het object is altijd hetzelfde. Object x van ontwerp hetzelfde als object x in realisatie. Aan het begin moet je goed nadenken hoe je de budgetten gaat bewaken. Doe je dat per object of zeg je ik voeg alle objecten samen en tel de hoeveelheden samen voor het hele project. Hier hebben we voor het laatste gekozen omdat dat veel makkelijker is. Als je een project met meerdere viaducten hebt snap ik dat je dat wilt splitsen per viaduct maar dat probleem hebben we hier niet. We hebben het hier makkelijk gemaakt door te zeggen dat we alle kuubs op 1 code boeken. De getallen zijn wel groot maar het fijne is dat je niet heel veel bewakingscodes hebt waarop je bewaakt.

Het is heel moeilijk hoe je zo snel mogelijk tot een goede werkbegroting komt. Dat was in mijn vorige werk ook stoeien. De bedrijfsleider zij dat het in 1 dag moest lukken. Dat kan wel maar dan klopt die niet. De betrouwbaarheid is belangrijker dan dat er een cijfer staat. Waar wij vanuit werkvoorbereiding ook mee bezig zijn is het ontwerp in 1 model waar werkvoorbereiding meteen kan kijken en hoeveelheden eruit kan halen. Het is belangrijk dat werkvoorbereider wat meer ontwerpende kwaliteiten waardoor hij inzicht krijgt in ontwerpmodel. Als ontwerp iets uitwerkt in het model dat werkvoorbereider meteen hoeveelheden eruit kan halen.

**Ben je meer voorstander dat werkvoorbereiding richting ontwerp trekt dan andersom?**

De meeste werkvoorbereiders hebben nog niet voldoende kennis om dat nu toe te passen maar dat moet wel meer komen.



## Appendix D:3.4 – Interview project C – interviewee 12

### Interview project controller 25-03-2020

#### **Wat is jouw rol als kostenbewaker in dit een project?**

Mijn rol betreft het zo goed mogelijk inzichtelijk maken van het resultaat eind werk. Met daarbij de bandbreedtes van dit resultaat.

#### **Hoe ziet een ontwerpfase na gunning contract eruit voor jou?**

Je maakt een prijs op basis van een aantal aannames. Daar wordt een klap op gegeven en dan is het vervolgens de verantwoordelijkheid van de aannemer. Dan komt er een ontwerpfase in zo'n project en dan ga je van die wolk naar iets redelijk concreets, naar het DO. Bij het DO weet je voor 80% wat je gaat doen/uiteindelijk maken. DO is naar mijn mening ook het moment wanneer je de werkbegroting wilt vaststellen. Je hebt twee dingen in die fase. Je hebt natuurlijk een ontwerpsteam die bepaalde keuzes maakt en die houden het tegen het licht ten opzichte t.o.v. de oorspronkelijke scope. Dus elke keuze heeft waarschijnlijk ook een effect op financieel, dat kan een plus of een min zijn qua kosten. Toen ze het project aannamen staan er natuurlijk vrij grove bedragen in voor bepaalde posten. Je kunt nu twee kanten op met een keuze. 1) Je kunt een keuze wat betreft een VTW hebben en dan gaat dat verhaal naar de opdrachtgever toe dus dan verleg je dat risico weer dus dat is niet zo spannend zoals ik ertegenaan kijken. 2) Het spannende zijn de ontwerpkeuzes die voor je eigen rekening zijn, dat zijn je eigen optimalisaties t.o.v. het verhaal wat je ingediend hebt. Ik werk bij aannemer X en heb hiervoor een project gehad met een vrij lange ontwerpscope en daar was ook de vraag hoe je die ontwerpkeuzes gaat monitoren. Wij hadden een bepaald overzicht gemaakt waarin een ontwerpmanager die keuzes koppelde aan hoeveel geld iets kostte en/of opbracht op bepaalde onderdelen/kostenposten. Als je namelijk voorin de keten iets wijzigt kan er achterin de keten best wel een goedkope oplossing komen. Wij hadden hetzelfde probleem met de vraag hoe je dat nou gaat tackelen. Ik wilde hier ook al een keer met de ontwerpmanager over stoeien toen jij om de hoek kwam. Het moeilijke is dat er weinig structuur is binnen aannemer X en volgens mij Dura Vermeer hoe je dat vast gaat leggen zodat je grip hebt en weet wat er komt en dan gaat het met name over de keuzes die voor eigen rekening zijn.

Wat betreft een wijziging is het opnieuw een calculatie indienen waarin je of iets teruggeeft en iets opvoert. Je hebt bijvoorbeeld voor een onderdeel 100.000 euro begroot in de tender wat nu 300.000 euro wordt door een vtW dan geeft je 100.000 euro terug in de begroting en voer je 300.000 euro op dus dat is makkelijk en niet zo spannend. Het gaat vooral over de eigen keuzes. Ik wilde ook aan de ontwerpmanager vragen hoe hij dat nou in de grip houdt want hij is ook verantwoordelijk voor het hele budget en zit aan het stuur. Ik heb bijvoorbeeld gevraagd of hij een calculator tot zijn beschikking heeft en hier bij project C was er inderdaad telkens een 1-2 met een kostprijsdeskundige. Die kostprijsdeskundige ging dus elke keuze calculeren waardoor we telkens tot een herziende werkbegroting kwamen. Ik kwam wat later in de picture dus dit verhaal dat liep al dus ik stond eigenlijk al 5-0 achter, ik kwam eigenlijk al toen het DO zo goed als klaar was. Toen hebben we gezegd dat er begrotingen per lijnstuk moesten worden

gemaakt. Het enige wat toen een uitdaging was hoe we het onderdeel infra gingen aanpakken, dat gedeelte heb ik eigenlijk een beetje gemist wat jammer was. Maar ik heb wel telkens in mijn hoofd gehouden van dit onderdeel staat voor een bepaald bedrag in de begroting met die en die gedachtegang en we gaan nou dat onderdeel wijzigen als gevolg van. En dat verhaal, daarin moet je vastleggen wat de keuze is die je maakt t.o.v. het oorspronkelijke en wat gaat dat nou kosten en opleveren t.o.v. de oorspronkelijke begroting? Dat zal je telkens in een soort overzicht moeten verwerken en dat verhaal is natuurlijk in het DO helemaal verwerkt. Je kan ervoor kiezen om een calculator gedurende dat werk mee te laten calculeren dus dat deze calculator steeds bij een keuze door het ontwerpteam wordt ingelicht zodat hij die keuze uit gaat werken. Dat zijn 2 kanten, de calculator kan bezig zijn voor een vtw of een interne wijziging en daar zal een soort overzicht van moeten komen.

### **Wat is jouw rol als kostenbewaker in dit proces?**

In eerste instantie heb ik de begroting in de rapportage zitten zoals die oorspronkelijk is bedacht, de tenderbegroting. Ik doe daarna eigenlijk niks meer tot aan het DO, daar bedoel ik mee, het aanpassen van de begroting. Bij aannemer X is het zo dat je een begroting hebt en dat is ook de kosten einde werk, dat is eigenlijk een inschatting van een portemonnee. Nu gaat een onderdeelje van die portemonnee wijzigen doordat we bijvoorbeeld denken dat we meer kosten daarvoor gaan maken. De onderbouwing hiervan is een bepaald overzicht, de ontwerpkeuzes. Wijzigingen zijn makkelijk, dan krijg je meer budget. De moeilijke dingen zijn de interne optimalisaties. Daar zal ergens in een bepaald format iets moeten worden ingevuld denk ik. Ik zit ook te denken hoe ik dat vanuit mijn perspectief kan monitoren. Ik denk dat er een heel simpel overzicht moeten komen van een project in hoofdstukken ingedeeld zoals in een begroting. Omdat als je wilt weten wat voor een kosten of baten er komen door interne wijzigingen moet je wel weten wat daarvoor is begroot vanuit de tender. We maken nu een keuze die we laten uitrekenen door een calculator. Ik denk dat als een ontwerper een keuze maakt hij zo kan uitrekenen hoeveel kosten dat met zich meebrengt t.o.v. de begroting. Wat doe ik dan? Ik neem gewoon 200.000 extra kosten mee op die plek, dus een verlies. Het ideale plaatje zou zijn dan die keuze wordt uitgerekend door de calculator omdat je dan weet dat een bepaalde post zoveel meer gaat kosten. Er is denk ik geen overzicht nu van. Wij waren en binnen aannemer X ook aan het stoeien dus ik ben aan het meedenken hoe er een overzicht kan komen waardoor interne keuzes inzichtelijk worden.

### **Hoe zet jij de tenderbegroting om in metacom en in wat voor een structuur?**

Wij hangen daar bewakingscodes aan. We hebben gewoon de tenderbegroting. Daarnaast hebben we een standaard bak aan bewakingscodes. We kunnen daarnaast ook project specifieke bewakingscodes maken. Binnen de combinatie gelden er anderen regels maar ik kijk wel met een schuin ook hoe we dat binnen aannemer X doen. Stel je voor dat het een miljoen is die we allemaal naar staartkosten, uitvoering, wegen onderverdelen. Deze onderverdeling ligt ook aan hoe je het project maakt. Bij dit werk hebben we het in eerste instantie als koepel ingericht waaronder infra, beton deel en aan ABK-deel. Er is ook een andere projectleider per onderdeel verantwoordelijk. Sander (projectmanager) is voor de gehele koepel verantwoordelijk. In eerste instantie is die begroting ook opgedeeld in die 4 hoofdstukken. Van daaruit zijn we nog een slag dieper gegaan naar bewakingscodes.

### **Wat moet ik mij voorstellen bij de bewakingscodes?**

Een bewakingscode is een bundeling van activiteiten. Wij hebben bijvoorbeeld man en machine-uren codes. Deze zijn het meest risicovol en zijn daarom ook het meest uitgesplitst. Daarnaast hebben we het leveren van materiaal, beton, staal en daar hangen dan weer contracten onder.

### **Zijn die bewakingscodes ook jouw startpunt in de ontwerpfase?**

Het is andersom, we krijgen een tenderbegroting en die gaan we opsplitsen naar bewakingscodes. Eigenlijk worden het meer handelbare portemonnees of budgetten. Kortgezegd wordt de tenderbegroting verdeeld je naar budgetten.

### **Hoe is een verandering t.o.v. de tenderbegroting voor jou te vertalen naar verandering in bewakingscodes?**

De tenderbegroting zal ook naar een bepaald product kijken. Stel dat daar een aanpassing aankomt dan kijkt de calculator hoe dat op product verandert. Wij pakken die basisbegroting op die manier op dus als er een wijziging is dan kan ik dat ook zo oppakken. Ik spiegel dan weer dat als er optimalisatie maakt van een onderdeel van een weg dan wordt dat budget toegevoegd aan het budget asfalt. Daar zie je dan wel de verschillen in. Het is een bepaald traject van tenderbegroting naar DO. Daar is een ontwerpleider heel belangrijk in omdat hij ook in producten denkt. Die denkt ik moet iets maken en dat kosten mij zoveel. Ik kijk vervolgens waaruit dat dat product dan bestaat; machine-uren, materialen etc. Dus ik ga wat dieper dan een ontwerpleider maar dat is wel uit te komen. Dan moet je naar een bepaalde helicopterview. Je pakt een product uit een tenderbegroting en je kijkt hoe dit product verandert qua kosten en dat maakt me dan even niet hoe dat is weergegeven op een bepaalde bewakingscode want een verandering op de bewakingscode kun je altijd kwijt op een plekje in je rapportage. Het gaat erom dat je grip hebt op dat verhaal, dan kijk je maar naar het product, dan is dat maar zo.

### **Als er een grote wijziging plaatsvindt van bijvoorbeeld fietsbrug naar fietstunnel, is dat moeilijker?**

Ik denk dat dat dan makkelijker is. Je maakt dan een nieuwe begroting voor die fietstunnel, helemaal opnieuw. Als het een interne wijziging hebt, dan zet je het bedrag wat je uit hebt bedacht op 0 dus dat zet je er negatief in. Dat zeg ik ook altijd tegen een werkvoorbereider. Zet dan eerst wat je ervoor had begroot als negatief erin en dan voer je op zoals je het werkelijk gaat maken, dan weet je ook wat er gebeurt en heb je het verschil te pakken. Je moet hier niet een saldo opzetten, dan maak je het jezelf heel erg lastig. De crux zit in de monitoring van de keuzes. Dat gebeurt namelijk al bij het ontwerpteam omdat ik dan nog niet aan tafel zit. De ontwerpmanager zal heel strikt moeten bijhouden wat hij heeft gedaan t.o.v. de tender. Ik denk dat als je zo een overzicht hebt, je grip hebt op je tenderbegroting en dus op de kosten die je gaat maken in de uitvoering.

### **Welke rol speelt werkvoorbereiding in dit geheel?**

Ik denk dat die een beetje die er een beetje als kostprijsdeskundigen inzitten maar dat weet ik niet precies want die zitten in hun fase te denken. Die kijken over het algemeen naar een wat

hoger niveau want zij kijken hoe het moet worden gemaakt. Wij kijken juist wat meer op detail, al gauw op de punt komma.

Wij proberen bij aannemer X tegenwoordig zo vroeg mogelijk aangehaakt te zijn.

Het grote verschil op dit werk was dat er een kostprijsdeskundige constant op het werk zat om wijzigingen telkens te veranderen in de tenderbegroting. Hij was eigenlijk al vanaf 1 constant bezig met een werkbegroting te maken. Er zaten hier al drie wijzigingen die richting de klant gaat in een lijnstuk. Je moet het zo zien dat ik een werkbegroting op basis van DO krijg. Daar heb ik een pot met geld tegenover staan uit de tenderbegroting. In die werkbegroting van Henk fijn zitten zowel vtw's als interne wijzigingen in infradeel. Ik moest dus weten welke vtw's die richting de klant zijn gegaan hij (Henk fijn) al had meegenomen/verwerkt in de werkbegroting. Hij zei 3, dat is heel makkelijk omdat ik dan want dan weet ik precies welke ik niet mee moet nemen richting dat budget. Je weet dan precies wat er in de werkbegroting zit t.o.v. van de tender. Je wilt precies weten waar je zit. Zit je in het begin dan zijn die bedragen heel groot met een grotere bandbreedte. Naarmate je naar DO gaat dan wordt dat steeds specifieker. Je zult om overzicht te krijgen gedurende de ontwerpfase moeten weten waar je staat t.o.v. de tenderbegroting.

De bedragen in de tenderbegroting zijn een grove inschatting.

### **Heb je het idee dat kostprijsdeskundigen goed interne wijzigingen kunnen afprijzen op alle kostenposten?**

Als de wijziging goed wordt omschreven voor de kostprijsdeskundige kan hij uiteraard daar een begroting voor maken. Hij weet dat als een weg zo breed wordt dat het zoveel kost om die en die reden. Dus die kijken niet alleen naar producten maar ook hoe je het moet maken en hoe ABK worden verrekend. Maar die zitten onder auspiciën van de ontwerpleider en ik denk dat dat een voorwaarde is dat ze onderdeel zijn van het ontwerpteam. Plus de kostprijsdeskundige zal in metacom werken, dus zijn begrotingen zullen ook als historie in metacom staan. Dan blijft het verhaal niet ergens zweven in een Excel format maar dan wordt het gelijk verwerkt ergens in metacom.

Uiteindelijk wordt de werkbegroting dan ingelezen in de kostenbewaking wat belangrijk is omdat de projectleider een reële werkbegroting wil hebben. Die pot met geld die we bij de opdrachtgever vangen zal niet wijzigen. Door deze manier heb je op basis DO als de eerste financiële klappers te pakken. Die fase wordt steeds langer, en dat is een probleem wat Dura Vermeer ook kent, tussen tender en DO zit een heel ontwerpdeel en daar hebben ze nog niet echt grip op. Ik denk dat als je een soort matrixoverzicht hebt waar je het werk op producten met geld aan elkaar kan knopen of doe je dat door middel van bewakingscodes, dat is maar net hoe je dat kiest dan kan je dat neerzetten in de financiële rapportage en dat daar in eerste instantie de ontwerpleider de bewaker van is.

**In wat voor eens structuur zie jij dat voor je, hoe kan het zo makkelijk voor jou mogelijk worden gemaakt, kan rapporteren?**

Het is maar net hoe gespecificeerd die oorspronkelijk tenderbegroting is. Je kan dat ook eerst verder uitdelen na winnen contracten dus meer op detail en dat ik die tweede begroting vervolgens in de begroting plak als oorspronkelijk. Het totale bedrag onderaan de streep zal niet wijzigen, daar kan je ook wat flexibeler in zijn als je maar de kostprijs in de tender neemt als ijkpunt. De begroting is altijd op basis van product gemaakt. Ik doe het ook dat ik gelijk een plattegrond van een project vraag. Als je de financiële prognose bespreekt dan ben je ook bezig hoe je dat is onderverdeeld op producten. Hoe wij dat financieel weer opsplitsen is iets standaards. Ik heb per lijnstuk op de kaart gekeken waar we de eerste filter opgooien. De dingen die we bij elkaar kunnen doen zoals asfalt en puin kunnen we toch niet per lijnstuk op bewaken. Dat kan je beter door een uitvoerder per lijnstuk laten bewaken in een eigen Excel. Daar kun je op die manier weer iets op vinden.

### **Hoezo kan je daarop niet bewaken?**

Vanuit de tenderbegroting is het vaak niet zo begroot. Er wordt een inschatting gedaan vaak van zoveel kuub puin en kuub asfalt. Het ligt er ook maar net per persoon aan hoe degene begroot Dat is ook het detail waar je het over hebt.

### **Wat voor een onderdelen zijn wel goed te bewaken per lijnstuk?**

Voor man-machine uren. Je moet het zo zien. We hebben het bij aannemer X in risicovol en minder risicovol zoals contracten omdat je dat al inkoopt en daar hang je een budget aan vast. Je weet hoeveel beton er in een type windmolenfundatie gaat dus je weet het budget. Daaraan koppel je een contract. In eerste instantie bepaal je de hoeveelheid betonmengsel. Daaraan koppel je een contract waardoor het risico arm wordt. Omdat je er al een keer over na hebt gedacht.

Maar bijvoorbeeld man en machine uren blijft altijd risicovol omdat die afhankelijk zijn van veel factoren. Ergens moet je die kunnen koppelen aan bijvoorbeeld productie, ergens moet je een pijlstuk in kunnen duwen hoever we zijn en hoeveel kosten er nog komen in de uitvoering. Bij beton heb ik bijvoorbeeld maar 1 bewakingscodes manuren omdat teams in de ochtend bij de ene locatie aan de gang zijn en in de middag in de andere dus het is niet per lijnstuk te coördineren. We kijken op basis van budget die we hebben opgedeeld per betonfundatie hoe ver ze zijn. Daar ga je percentages op loslaten.

Voor deze fase in het ontwerp is eigenlijk alles risicovol. Ik zou zeggen maakt een soort monitoringssysteem/matrix waar op basis een ontwerpleider affiniteit mee heeft, blijft zo dicht mogelijk bij die bron. En dan maken wij daaronder bewakingscodes aan daarop kan je gaan sturen.

### **Jij bent er wel voor om de begroting vanuit de tender gedurende ontwerp steeds te herijken naar de nieuwe situatie?**

Ik laat de tenderbegroting staan. Bij de eerste prognose die je maakt is de begroting nog steeds de verwachte kosten. Die begroting blijft in mijn rapportage staan tot aan DO. Dan weet je 100% wat je moet maken en moet je een werkbegroting maken. Dan ga je het projectteam op pad sturen met een reële portemonnee. In de tussentijd kijk ik alleen wat doet mijn kosten

eindewerk dus ga ik niet mijn begroting veranderen. De vtw's zijn makkelijk en verwerk je in metacom maar de tweede weet je nog niet. Ik zou voorstellen, maak van alle ontwerpkeuzes een overzicht en bepaal daarachter is het een vtw of niet. Hebben ze zoiets al? Hoe doen ze dan nou? Hoe heb je nou feeling wat er gebeurt?

Eigenlijk moet de basis zijn om keuzes af te prijzen. Ik kan een prachtig gebouw neerzetten wat voldoet maar ik kan ook een vierkante doos neerzetten wat voldoet. Dat is de afweging. Budget gestuurd moet ook een ontwerpleider zijn. Ik snap dat het moeilijk is om dingen af te prijzen maar daar moet je een werkvoorbereider of calculator als rechterhand mee laten lopen. Ik denk dat dat wel een dingetje is. Die ontwerpers zijn misschien inderdaad niet zo financieel.

**Denk je dat wat in de tender is bedacht/uitgangspunt altijd kloppend is en levert de korte duur en weinige informatieproblemen op?**

Ik denk dat het antwoord een nee is. Je moet in een hele korte periode afprijzen dus er zitten ruime marges in. De grootste faalkosten zitten in die fase. Die fase van tender naar DO is precies hetzelfde, die kun je op elkaar leggen. Het is ook de moeilijkste fase om te monitoren. En daarom worstel ik met hetzelfde verhaal. Hoe kunnen we dat structuur geven dat we de grote bandbreedtes inzichtelijk maken dat we die kunnen monitoren. Ik heb ook hierover zitten stoeien met een ontwerpleider. Je hebt euro's per post staan. Het heeft allemaal invloed op elkaar. Hoe ga je dat in een bepaalde matrix vormgeven zodat je dat kan bewaken. Ga je dat afvinken. Als voorbeeld heb je een betonmolen begroot op een miljoen. Na wikken en wegen komt er een bepaald ontwerp uit. Dan kan je die eens status geven dat die is afgewerkt. Eigenlijk als die is afgewerkt kan de calculator ook van gang en kan die kijken voor specifiek dat type wat die kost en vergelijken met de oorspronkelijke begroting.

Wij als kostenbewaking kijken op een andere manier naar het totale product. Wij kijken naar het totale beton.

Ik denk dat de projectadministrateur die wacht op een begroting straks grote problemen krijgt omdat er meer naar bouwcombinaties gaan want dat zit je al veel vroeger in het proces in de tijd dus is er nog meer onduidelijkheid en schuif je nog meer met potten met geld. Je moet er juist grip op krijgen zodat je het straks makkelijker hebt in de werkbegroting.

Je moet een overzicht maken waar ontwerpleiders een idee van hebben. Dan kan je vervolgens ook in datzelfde overzicht euro's eraan hangen. Wij weten dat niet omdat er geen onderbouwing aan zit.

## Appendix E: Short summaries interviews case study

### Appendix E:1.1 – Summary interview project A – interviewee 1

#### Interview project manager

##### **From tender to design**

The project manager has been involved in an advising role during the tender before guiding the project team after contract award. It has been beneficial that the project manager assisted the tender team with practical knowhow. Furthermore, the advantage was that the project manager was aware of the tender directions and the costs that have been aligned to it. The project manager was thus able to steer the project team on detailing and optimizing the designing in line with the tender assumptions: stick to the plan. The project manager mentioned that one might tend to optimize one aspect without knowing what the (cost) consequences are for other aspects. The project manager had this overall tender knowledge and could steer the project team with such trade-offs.

During the tender the calculators have not estimated all details of the tender design. The project manager stated that ideally, the project team continuously estimates the costs for the developing design after contract award to detect the cost differences. In this process, the costs must be already identified during designing.

Another problem is that Dura Vermeer often issues an estimate which is too low, especially for engineering and project organization. We often align a risk-profile to the cost estimate to include risks for cost overrun. However, usually, in the end, we get rid of a reliable risk estimate to be able to win the tender with a lower price. The problem is that after the tender, we often proceed with our cost estimate while the predefined risk profile is more reliable. The project manager proposes to take this into account after contract award at least.

Moreover, sometimes aspects are missed in the tender, especially cost for construction on-site. This was caused because cost calculators use standard values and are not able to determine construction costs accurately. This leads to budgets that are too low, which is often detected later in the design process when work planning gets involved.

##### **Interaction between design and work planning**

It is essential that work planning gets involved in every design decision. Both disciplines need to collaborate closely and daily because both technical feasibility and constructability have to be incorporated into the design. Moreover, the work planners are generally able to judge the costs aligned to the different work methods to construct the design on-site. It is essential that a constructible design is created, despite what has been calculated during the cost estimation. Sometimes this differs, but this is ideally tackled by continuously estimating the cost consequences of the design choices and compare it with the calculation.

##### **Knowledge designers**

Design is not enough aware of and neither provided with the working budgets. At this project, the working budgets were provided for concrete and steel of the two build bridges. This automatically made the designers aware of which parameters were of big influence of the costs of the design. The design manager should steer this, and work planners should also provide the designers with this information.

### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

Cost consequences of design choices must be estimated continuously and compared to the calculation to detect the difference. Although this is a booming topic at Dura Vermeer, it is questionable whether time and capacity are provided by management. If we want to monitor and control our costs accurately, then our (tender) budgets need to be adjusted in line with the cost estimates for our design decisions.

After contract award, the tender cost estimate is converted into working budgets. When the client issues requests of changes, we adjust the working budgets. Budgets are not mutated when these are influenced by internal design decisions. This is the ideal situation; at this project it was done only after the detail design was created. In the project, they were trying to obtain the cost status in individual excel sheets per discipline. The fact that this is not done is because we have currently not structured our cost monitoring a way that makes this possible. BIM would be a proper solution for this.

The role of our project controller was to discuss with the work planners to know the deltas compared to the budgets. Ideally, the project controller mutates the budgets constantly, but this is not done. Moreover, the project controller is 100% dependent on accurate and reliable input from the work planner.

### **Material quantities**

Steering on material quantities is an excellent first step, but the primary importance is that the final costs are in the picture.



## Appendix E:1.2 – Summary interview project A – interviewee 2

### Interview design manager

#### **From tender to design**

The design manager is responsible for the entire design with all disciplines involved. His task was to guarantee that the design was made within the schedule, within budget and that interfaces were aligned correctly.

During the tender the tender team is looking for the aspects that are costly and contain high risks. After the tender the entire design needs to be created. This is when the interaction between design and work planning intensifies, especially to include working methods on how to build the design on-site.

The design manager has also participated during the tender. The majority of the tender team members have not been transferred to the project team after contract award. Design changes after contract award are, in theory able to minimize, but this requires much more money and work resources during the tender. Moreover, it is a utopia to transfer the whole tender team to the project team.

There has been a transfer of the tender, but the design manager is unaware of how this was performed. The design manager thinks that the fact that the tender design was created by another design company than the detail design frustrated the transfer of information. Moreover, designers are not actively determining the material quantities of the tender design but just start designing right away.

#### **Interaction between design and work planning**

The interaction between design and work planning went well because the work planners have been invited to design meeting from the start. Thus, they exactly knew the planning provided their expertise to include constructability in the design. In this way, they are also able to provide direct input and request information for procurement purposes. Work planning has interfered in the design process, and the design manager was of the opinion that this is essential to make a both technically feasible and constructible design. Moreover, the design teams have organized formal review rounds after the design was ready. However, when this would have been the only review, this would have caused problems for redesigning.

An important reason for the proper collaboration between design and work planning was the fact that both the design manager and the work planner were used to involve the other disciplines in their work. This is often harder when working with external design companies.

#### **Knowledge designers**

Designers were not able to judge the cost consequences of their design choices on the end-product as they have never participated during construction. They generally know the costs for

some materials, but they do not know the costs for construction. Thus, a proper collaboration between design and work planning will solve this issue and include costs in the design process.

### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The most dangerous situation is when designers make a choice without communication or writing this down because then the impact on costs is not included and will be detected too late. Not all design decisions are consciously written down because designers are unaware that every design choice has a price tag. In the opinion of the design manager, work planning should be more involved in the design team as they can judge this.

The design manager has only been in touch with the project controller to discuss the engineering budget. The estimation of costs of design choices has mainly gone through work planning. At the project A, the cost calculator was involved in case design consequences of requests of changes from the client were to be calculated.

### **Material quantities**

The design manager has not actively steered on material quantities even though he is of the opinion that this would be good to do. He is a proponent of identifying critical material quantities and use this as a baseline. Although Dura Vermeer is more and more implementing these quantities, they are not actively checked during formal reviews (such as Gate reviews which have not been organized at project A).

However, the biggest pitfall is solely steering on material quantities because other cost elements might become much more expensive. This need to be agreed appropriately upon which cost elements have a high influence on the total costs.

## Appendix E:1.3 – Summary interview project A – interviewee 3

### Interview work planner

#### **From tender to design**

It depends on the tender calculator how well the costs are determined; they use theoretical financial data. There is always some discussion between cost calculation, and work planners and executors because they are critically assessing the cost aspects of the tender. Namely, working methods can differ, and they have a high cost-impact.

Moreover, mistakes are possibly made in the tender on, for example, material quantities or practical constructability because the cost calculators have not been aware of the construction-site. In the tender they often determine quantities while the 'phasing order' is a big deterrent of for the total costs of the project.

The work planner has been involved soon after contract award to derive quantities and to check assumptions from the tender. Afterwards, he has checked with procurement to which aspects are required to procure and through which planning.

#### **Interaction between design and work planning**

Work planning has checked the design drawings. Design requests advice on how they should include aspects on paper to make it easier for construction and how whether their design is constructible on-site. The design manager must steer on interaction with working planning. This is not necessarily daily, but it is essential to do frequently. The consequence of not properly communicating is that the design might not be constructible on-site after it is finished, and it has to be revised, which is costly and time-consuming. The interaction at project A was mainly steered through the allocation of both work planning and design in the same building. Often work planner becomes involved later in the design process, but it was an advantage that they become involved from early on.

#### **Knowledge designers**

Designers have not been aware of the working budgets. Especially in the civil discipline. Designers do know the costs of materials but lack expertise on cost for constructing their design. Designers have not been aware of the working budgets. The work planner is not convinced that sharing the working budgets with design would make them much more cost-conscious. If this is the case, this will help them, especially in the civil discipline.

#### **Structure of cost estimation and monitoring**

At this project the work planner agreed upon with the project controller to encrypt their budget in a way which allows them to monitor. The role of the project controller has not been huge until the detail design was finished.

When specific design decision has consequences for the working budgets, we are allocating this between the different disciplines as we are one company. At this project, the work planner has

sometimes put costs for civil in his expenses. The most important thing is that it is done roughly correct. The project team want to achieve a positive result with the entire team, so they have not been so focused on exactly staying within our budgets.

At the project A, the project controller could not argue a real structure in how the costs of design decisions were detected and estimated. He mentioned that work planning, procurement and execution might help by calling some sub-contractors or other actors to provide the cost information, but he did not give a clear answer to this.

### **Material quantities**

The work planner mentions even when steering on material quantities sometimes aspects need to change to make it constructible on-site.

## Appendix E:1.4 – Summary interview project A – interviewee 4

### Interview project controller

#### **From tender to design**

Cost calculators are estimating from scratch and the tender budget calculation is mainly based on activities and is very detailed. The project controller has converted this into a working budget by bundling all these activities in cost elements. The risk of a tender is that sometimes aspects are forgotten to include. This becomes a significant problem when this is detected only after the design has started because then there is no budget. These overlooked aspects need to be identified as soon as possible.

#### **Knowledge designers**

Designers think in the same way as calculators, in products.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

Two different decisions have been made between infra and civil.

At civil they had not yet agreed upon which sub-contractors to contract at the start. As this was agreed upon in a later stadium, budgets had to be mutated, resulting in some chaos. At infra, the tender cost estimate is directly converted into Metacom. The actual monitoring has been done in excel sheets. This project was Design & Build procured so the budget was fixed. Especially at the civil discipline, there has been some cost changed compared to the cost elements of the working budget. These cost elements have been mutated, but the corresponding material quantities have not been updated, so the working budget was polluted. The team has decided to let the work planning monitor the quantities in their excel sheet. The shortage of Metacom is the fact that we have to have a working budget in Metacom for formal purposes while the structure is totally not reliable and will profoundly change after detail design.

The project controller mentioned that there is not a structure of how they receive cost estimates during the design. In principle, the information always comes from work planning, but it is questionable how well work planning is estimating the cost consequences of design decisions. Work planning does estimate the delta's but not with every design decision, although this would be the ideal situation. Thus, the project controller is entirely dependent on the cost input of work planning and sometimes an assisting cost calculator. The cost calculators have mainly estimated the costs for big design changes, but they have not been involved in smaller decisions. Ideally, there is a system that easily converts the calculation estimates into work budgets constantly.

#### **Material quantities**

The project controller has asked the designers in a previous project to note down the quantities of their design. This was the first step for them to check whether they are designing within the tender boundaries. Critical material quantities are essential to determine from the start of the project says the project controller.

## Appendix E:2.1 – Summary interview project B- interviewee 5

### Interview project manager

#### **From tender to design**

The project manager has been involved project B after contract award. He stated that it would be of 100% value if he had participated in the tender to know what had been decided on several aspects. He argued that the tender manager has quite the same role, being involved in all the aspects which finally result in the price. If he had participated in the tender, he would be aware of all aspects and would be able to consciously choose whether to stick to the plan or to deviate from the tender bid.

The tender transfer has been done in a limited amount of sessions with the tender manager. It did not give the project team enough background. It took the project team a lot of effort to get both the financial and technical part of the tender straight. It was even harder due to the fact that no one from the tender team was transferred to the project team.

The project team has received the financial end sheet of the tender, which included everything on headlines. The end sheet was substantiated with several other calculation sheets that referred to it. Some aspects were really hard for the project team to understand as the aspects were not easy to derive from the end sheet. This was because some costs were mutated or divided between individual and end sheet. Moreover, some costs were added to the end sheet in the end of the tender period without them being elaborated in individual sheets. This also caused confusion.

The project manager stated that in his opinion, too many details were calculated while it is not constructible in on-site. Calculators in the tender are striving to make their estimate as detailed and reliable as possible. This increases the chance that some aspects are forgotten, and 0 budget is calculated for them. The project manager is in favor of probabilistic estimation to prevent this false accuracy. He proposed to shift the costs that are reduced by the smaller probabilistic calculation team, towards the project team to calculate the costs during designing detailly.

#### **Interaction between design and work planning**

The design uses work planning and execution to check whether their solution is constructible on-site. The project team needs to prevent to transfer a design to realization without checking this constructability as 'Ontwerpde Bouwer'. When redesigning is necessary, this results in costs for the expenses of the design team, as well as for the sub-contractors and other stakeholders that are planned to cooperate with at certain dates.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The management of Dura Vermeer requests accurate estimates while in the opinion of the project manager, it is more important to steer on cost-conscious behavior of the project team in general. It is, in his view, not of value to have an accurate cost estimate every four weeks that

can fluctuate highly. He argues that the real bandwidth is only appropriately reduced after the detail design is ready.

### **Knowledge designers**

According to the project manager, designers can determine the costs of materials in their design. However, especially labor and other expenses to construct the design are very hard for them to determine. The cost-consciousness of the designers also depends on the person.

The project manager stated that he is of the opinion that the external design company at project B is less cost-conscious than the own designers of Dura Vermeer. Therefore, he has involved the civil work planner from early on in the design process.

### **Gate review**

The project team has issued its detail design to the client on the 6th of March. The project team afterwards calculated the direct and indirect costs of their detail design and compared it to the tender budget. The project manager stated that this was a crucial step to obtain an accurate cost status of the design. The project controller has not participated in this.

Before the design team has started working towards the detail design, they decided to adjust the design of the infra part highly. After this adjustment, the financial status of it has also been estimated. However, this has not been done integrally but on several individual aspects.

## Appendix E:2.2 – Summary interview project B - interviewee 6

### Interview design manager

#### **From tender to design**

The infra part of the tender cost estimate was tough to interpret. There has not been made a proper design for infra. Another factor that complicated this was that fact that optimizations were done at the end of the tender without proper reference to why these decisions were made and how they influenced the design. It is very important to agree upon what the material quantities baselines are and how the project team measures these. In contrast, the material quantities of the civil part of the tender cost estimate were easier to derive.

#### **Interaction between design and work planning**

The role of the design manager was to steer the design process and function as cement between the disciplines to obtain an integral design. The design leader stated that especially design leaders of external companies are necessary to steer. The design manager frequently communicates with actors from construction to include both technical requirements and constructability in the design. Designers fill in the what question, work planning and construction, the how (to build). We are able as designers to create a detail design, but especially the construction orders need to be included in the end product.

It is essential that design and work planning are physically working from the same place because, otherwise feedback is delivered to late, causing redesigning and extra costs. The external design company project B has also worked from the same building three days a week at the request of the design manager.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

At project B, a decision was made to critically assess the reference design before working toward the detail design. After the assessment, a cost update has been performed compared to the tender design.

The real-time cost estimation process was especially hard for the infra discipline as design decisions could have consequences somewhere else. Furthermore, we did not have a cost calculator available to do the estimation. The design manager is a proponent of cost estimation during the design process, but he a substantiated decision should be made as cost calculators also cost money. At the civil discipline, the design manager is of the opinion that costs are easier to estimate as this is a 'point' object with clear unit measures.

#### **Knowledge designers**

De working budget is rarely communicated towards design. The design manager stated that by showing this, designers would become more cost-conscious, and they will also become more responsible. To design towards quantities, we need to be aware of the working budget. Quantities are one part of the design; prices make the total.



## Appendix E:2.3 – Summary interview project B - interviewee 7

### Interview work planner

#### **From tender to design**

The tender actors know how to calculate the costs for a product. However, especially the details on-site are hard to estimate. When they know exactly what is needed, they can estimate the total costs. Still, actors from practice have to incorporate during the design as not all information was available during the tender, and mistakes are possibly made.

The work planner was involved in the project after the contract award to steer the designers of the civil part on constructability. The work planner has not been notified of the tender assumptions.

#### **Interaction between design and work planning**

Work planning and execution can steer the design on several parts to make the design easier to construct on-site. Design is concerned with the requirements while work planning also thinks about solutions for phasing. It has been the first team for the work planner to participate this early in the design process and he is of the opinion that this stimulated a robust design.

The work planner and designers of civil have organized meeting once a week to discuss the design on different detail levels. An example of a discussion is on how to align two different asphalt mixtures.

At project B design and work planning have been able to interact on nearly every decision because there were working from the same building. If these daily interactions had not been taken place, less focus would have been on technical optimizations and optimizations on interfaces.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

Work planning has not been concerned about comparing the costs of the design with the tender budgets. The work planners stated that he though project management was concerned with this. Moreover, the work planner stated that he is automatically searching for cost reductions, without consistently estimating these and comparing these to the tender budgets. He does not know the value to continually estimate, even though costs for the project are insightful. The main concern of the work planner was to stay within the budget. If something is not constructible on-site or something becomes more expensive, his main concern was to find a way to make a cost reduction somewhere else to stay within budget. The work planner has not actively adjusted his working budgets.

#### **Knowledge designers**

Design is too far away from the construction to be able to determine costs for the design. Work planning is concerned with procurement, so they can estimate these costs. Furthermore, sometimes architects are designing something without keeping cost in mind.

## Appendix E:2.4 – Summary interview project B - interviewee 8

### Interview project controller

#### **From tender to design**

The tender calculation mainly focused on chances and risks. The project controller has been generally made aware of the assumptions made in the tender, but the project controller himself looked through the tender calculation. The tender calculation mainly focused on chances and risks.

#### **Role project controller**

The project controller has been participating right after contract award when the budgets had to be divided. After the project controller has divided the working budgets, he has not actively been involved during the design process. After the creation of the detail design, the costs for the design have been estimated by a cost calculator. The outcome of this estimation has been communicated towards the project controller. Only now, the project controller adjusted the working budgets in Metacom. The project controller mentioned that he would be unable to participate in the cost estimation as he has no technical expertise.

#### **Interaction between design and work planning**

The work planning has been participating in the design process on request of the design team when details are required. The real influence of work planning is after the design process.

#### **Knowledge designers**

We as Dura Vermeer are accountable that we have not communicated the working budgets towards designers. We have thus never shown the advantages of certain design decisions, except for material quantities.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The tender cost estimate has been transferred to the project controller after contract award. The project controller has converted this into Metacom, the monitoring system of Dura Vermeer. He has not changed anything until the costs of the detail design were calculated and communicated towards him. Thus, the project controller had no ideally where the design was financially heading towards.

The project controller stated that he does also not believe that the design can be estimated throughout the process in the structure Dura Vermeer is working with. He said mentioned that it is desirable to obtain indication on where the design is heading towards, but he does not believe the accuracy and reliability of the estimates.

The project controller received an indication of a cost reduction of nearly 300.000 euro. However, after some time it turned out that this cost reduction was reduced to 0 euro. The project controller does not like the rumors of designers that the project is saving money because they are rarely calculated by cost calculators.

**Material quantities:**

Material quantities can function as a coat rack to which designers can continually compare their design to. Though, it must be clear whether the designers are steered through overall material quantities or whether they are steered by quantities determined for their scope.

## Appendix E:3.1 – Summary interview project C -interviewee 9

### Interview project manager

#### **From tender to design**

The project manager had participated in the last selection of the tender process when Dura Vermeer-contractor X were composing their final bid. His job after contract award was to steer the project team to execute the project with all the boundaries.

The fact that the project manager had participated in the tender had the advantage that he was aware of tender assumptions to steer his project team on. The project manager stated that designers are not used to using the material quantities from the tender as baselines during their design. It also really depends on the detail level of the tender cost estimate and tender design, whether they can derive these.

The official and oral tender hand-over are often underestimated. This is frequently done during a 1-day hand-over which did not guarantee awareness of the project team on the tender assumptions.

#### **Interaction between design and work planning**

Dura Vermeer has to make sure as the 'Ontwerpde bouwer' that we create a design that is constructible, safe, within schedule and budget. Close interaction between work planning and design is crucial to achieving this. The personalities of both designers and work planners have a significant influence on this process. At infra, these two persons have collaborated very well while this was more complicated at the civil discipline, partly because the design company was external and operated from another place. Another reason was that the design leader did not want the work planner to disturb his design process.

#### **Knowledge designers**

In the ideal world, the designers know what the tender assumptions are so that he can detect significant differences during the design and communicate these. Designers are not naturally monitoring the material quantities; neither can they judge the financial consequences of changing the design.

Designers have not been aware of the working budgets because they have not received them; neither have they asked for them. There is not a proper answer to why this has not been done because it will make them more cost-conscious.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

Two different decisions have been made between civil and infra, for civil tender cost estimate was directly converted into a work budget to be able to obtain information on cost consequences during the design. The condition for this is that the design team would be able to shift and mutate budgets. This was relatively easy because the total project was repetitive, and the different aspects were relatively easy to decompose.

For infra, the project team assumed that the design would be highly adjusted. Only after adjustment, the costs for the design were recalculated and converted it into a work budget. The advantage was that the work budget was pretty accurate. The disadvantage was that during this process, the project team was financially lost because they had not a representative tender basis for holding on to.

In the ideal world, designers agree that they provide insights in material quantities of their design so that work planners and executors can align costs to it. When work planning does not have enough information and expertise to estimate these quantities, he should involve the cost calculator from the tender.

Ideally, designers can consistently estimate the costs and material quantities and compare these with the budget because it is questionable whether there is time to redesigning after the formal milestones. This might be achieved by providing cost insights and material quantity insights from the tender. The way to transfer this information from the tender is to involve both tender designers and tender calculators after the tender.

Calculating and composing work budgets are done differently. The working budgets are structured in a way to be able to monitor them during construction. These two are thus formed in a slightly different way. Ideally, the cost calculator is involved during the design process, but they are often busy on a new tender.

There has to be one responsible person for keeping track of the costs. This is not incorporated in the estimating and monitoring process during the design.

## Appendix E:3.2 – Summary interview project C - interviewee 10

### **Interview design leader civil discipline**

#### **From tender to design**

The real choices have to be made during the tender. Only micro-choices are required to be made after the contract award because we have to stick to the plan. This project has been awarded two different types of procurement methods for the civil and infra discipline. Both reference designs issued by the client were leading after contract award. However, the prices for materials of the civil discipline were deductible. This was because it was not yet decided which type of wind turbines were placed on top of the foundations. As this had consequences for the dimensions of the foundations, Dura Vermeer-contractor X would be financially compensated if more materials had to be used compared to the reference design. The infra reference design became the responsibility of Dura Vermeer-contractor X for a fixed price.

The most significant information transfer was the reference design. An internal meeting of 2 days was organized to provide an information transfer to the entire project team to give them information on the bases.

The design leader has been involved during the tender as an integral design manager. He organized the entire design organization and transferred this to the design manager after contract award. After contract award, he became the design leader of the civil discipline.

#### **Interaction between design and work planning**

The work planners and executors at the civil discipline were continually looking for optimizations which caused tension with the designers because they were stuck with a tight schedule. Designers want to create the final design as fast as possible, and often there is no time for any alternatives. This is a classic area of tension between design and work planning which was even higher on this project because contractor X has less experience with the design process.

The real choices have to be made in the tender. After contract award, only a few micro-choices are allowed to be made. At this project, the construction method was not very difficult; it was more about optimizing materials.

The most significant design choice was made between vibro and prefab piles and has been taken through close collaboration between design and work planning.

#### **Knowledge designers**

Designers cannot judge all costs of their design. They need work planning and calculation to estimate this for them. Moreover, the design team is not able to make integral trade-offs, especially for the working methods. Nevertheless, design can show them their design and work planning and calculation can judge the costs based on that.

The design team was not made aware of the working budgets, neither on where the project was financially heading towards. In the opinion of the design leader, sharing would motivate designers more to reduce costs.

### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The project controller did not have an active role in monitoring the costs of the design. Every cost estimation of the design has been made by the work planner, sometimes in collaboration with a cost calculator. The advantage of involving the cost calculator was the fact that he was aware of all the tender assumptions. The project controller was more of an accountant at this project.

Furthermore, the wind park was relatively easy to decompose. The way the project was decomposed in the tender has been extended to construction. There was no real need for critically assessing the project as a system.

The design leader is of the opinion that Dura Vermeer has to watch out for trying to get the costs of the project straight by looking solely at an object instead of the whole system. When work planning is focused on reducing the costs of an object, this could mean main that it has consequences somewhere else later. Sometimes it is a given that the design process has to run through before the price can be determined. This means that the exact costs of the objects automatically become clear, later in the process.

### **Material quantities**

The tender design was the starting point for the design leader, and he stated that during the design, he steered designers to stick to the plan as long as we meet the client's requirements.

## Appendix E:3.3 – Summary interview project C - interviewee 11

### Interview work planner

#### **From tender to design**

At this project, it was relatively easy to determine the consequences of our civil design choices because we had a reference design. This is different when there is no tender basis. The client has made the reference design at project C which the tender team had to align an estimate to. Dura Vermeer-contractor X became responsible for the entire design after contract award, so also for any mistakes made by the client in the reference design.

The work planner has not been insufficiently involved in the financial assumptions of the tender cost estimate. There has not been a real transfer, partly because six months have passed between our bid and the contract award. The consequence of this was that the project team had to find the assumptions by themselves, which caused uncertainty, especially at the start.

Furthermore, at project C it was very hard to come to a proper working budget. The work planners stated that this could be created in theory in 1 day, but reliability then lacks. He noted that reliability is more important than having concrete numbers.

#### **Interaction between design and work planning**

The interviewed work planner is responsible for the civil foundations. Work planning has frequently communicated with design to create a constructible design that also stays within the budgetary boundaries. It is of utmost important to directly align money to the design through collaboration to know whether design decisions are within budget.

The work planner mentioned that work planning did interact with design at all design decisions. The main design was the choice between using vibro of prefab piles, which contain different cost components that work planning has compared.

Furthermore, nowadays, there is a strict schedule on projects. In the ideal situation, the designers create both a technically feasible and constructible design in one time, but this is not realistic, they need to iterate based on the input of work planning and construction.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The design manager at project C was cost-conscious, so he stimulated the interaction with me to determine the costs of design decisions. The cost estimation of the design is required to be done integrally because a design decision within a discipline can have (cost) consequences for another aspect of the project. At project C this was relatively easy as it was a small project.

The project controller has only been involved after the design was finished. When the detail design was created, the work planner became involved by monitoring the budgets. In the meantime, work planners and design have tried to provide accurate cost insights in excel. The work planner saw it as his responsibility to remain within budget, and the project controller is



responsible for reporting this, so the is not actively involved upfront. This was hard to do during the design process and was done by the civil work planners mainly by comparing unit measures in an excel sheet.

The work planner mentioned that it did not matter for him where his budget was used during the design process, as long as he stayed within his budget. He tried to provide insight by spreading the costs, but this was hard, especially in the beginning when the design is not clear yet.

Furthermore, the work planner has not provided insights into fluctuations. The project team agreed upon to only provide these after the design is ready since a lot of changes throughout the design. This way of working also creates calmness at the management of Dura Vermeer. The work planning is not aware of how the cost estimates could be reliably estimated throughout the design process.

### **Knowledge designers**

Designers were aware that the costs for their design generally increase when the material quantities increase, but they do not know the exact costs as this fluctuates continuously. Work planning was responsible for the procurement, so they contained this information.

Furthermore, work planning knows how much it costs to construct the design on-site, of which designers are unaware. Moreover, designers are not able to determine the cost consequences for other disciplines.

### **Material quantities**

The work planners have been trying to create a structure/program which immediately shows the material quantities needed for the design. When design creates something work planning would then be immediately able to derive material quantities. The work planner states that he is positive about monitoring material quantities during the design because designers are also speaking that language.

## Appendix E:3.4 – Summary interview project C - interviewee 12

### **Interview project controller**

#### **From tender to design**

The tender cost estimate was transferred to the project controller. He aligned cost codes to it to convert it to a working budget. The working budget was split into infra, civil and general building site costs.

#### **Interaction between design and work planning**

The basis of designing should be to calculate the costs of design choices. The design leader should be cost-conscious and needs a work planner and cost calculator to guide them.

#### **Structure and responsibility cost estimation and monitoring**

The project controller has converted the tender cost estimate into a working budget in Metacom. The project controller has not adjusted this working budget until the detail design was ready. The project controller even became involved only after the detail design was finished. He had no role during the design process. The requests for changes have been calculated by the cost calculator and communicated to the project controller. The costs for internal decisions, however, are harder to estimate, and the project controller did not know how this was precisely done.

Although the project controller has not actively participated in monitoring the costs during the design, he is of the opinion that a structure needs to be created, which include all the design decisions with the corresponding costs.

The project controller is not aware of the role of work planning at project C during the design process. He thinks that work planning is a bit the same as cost calculators which are looking specialized at working methods.

The tender cost estimate is based on products. When the design changes in the opinion of the project controller, the cost calculator needs to calculate the consequences at the product level. Although the project controller did not do this at project C, he would then be able to interpret the cost consequences at the product level and determine the delta compared to the working budget. The tender budget should always be the benchmark to decide these delta's. These delta's can be used for creating the prognosis.

## Appendix F: Validaton interview protocol

Datum interview	
Interview nummer	
Naam respondent	
Organisatie	
Functie respondent	

### Introductie

#### Informatie over mijzelf

- Masterstudent Construction Management & Engineering aan de Technische Universiteit Delft.
- Afgestudeerstagair bij Dura Vermeer Infrastructuur Landelijke Projecten onder begeleiding van Paul Bleijenberg, Guus Keusters & Pim van Veen.

#### Doel afstudeeronderzoek

- Het doel van mijn afstudeeronderzoek is het verbeteren van de kostenraming en verhogen van het kosteninzicht tijdens het ontwerp van de aannemer in Design & Construct contracten.

#### Doel interview

- Het interview zal worden gebruikt om de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek te valideren. De generaliseerbaarheid van mijn conclusies en aanbevelingen zal hierdoor gecontroleerd worden.

#### Structuur interview

- Het validatie interview zal bestaan uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel focust op algemene vragen. Het tweede onderdeel zal zich richten op de validatie van het framework, als aanbeveling voor Dura Vermeer.

#### Vertrouwelijkheid

Omwille van de vertrouwelijkheid van uw antwoorden zou ik graag willen weten hoe u geciteerd mag worden in mijn onderzoeksrapport

- Met naam, functie en instelling
- Zonder naam of instelling
- Anders ...

#### Opname interview

Gaat u ermee akkoord dat dit interview wordt opgenomen? Het opnemen van het interview wordt gebruikt om het interview te kunnen samenvatten op papier. Zodra het interview is samengevat zal de opnamen direct worden verwijderd.

### Start interview

Voordat we beginnen met het interview wil ik vooropstellen dat u geen verplichting heeft tot het antwoorden van de vragen. Als een vraag onduidelijk is kunt u dit aangeven en zal ik deze nader toelichten.

## **Interview vragen**

### **Deel 1: Introductievragen**

1. Bij wie ligt volgens u de kennis en expertise om de kosten van het ontwerp in ontwikkeling te ramen?
2. Wie zou volgens u verantwoordelijk moeten zijn in het bewaken van de kosten tijdens het ontwerpproces en hoe ziet u dit voor u?
3. Wat voor een rol zou werkvoorbereiding volgens u moeten hebben m.b.t. de kosten van het ontwerp?
4. Wat voor een rol zou ontwerp volgens u moeten hebben m.t.b. de kosten van het ontwerp?
5. Wat voor een rol zou de projectcontroller volgens u moeten hebben m.b.t. de kosten van het ontwerp?
6. Wat voor een rol zouden kostprijsdeskundigen volgens u moeten hebben m.b.t. de kosten van het ontwerp?

### **Deel 2: Validatie framework**

Tijdens de validatie van het framework zal ik u meenemen in het proces van gunning contract tot en met detail ontwerp.

Ik zou graag willen weten waar het framework een verbetering is ten opzichte van het huidige proces en ook waar het knelt. Vragen die hierbij van toepassing zijn luiden o.a.

- Is er genoeg waarborging dat de kosten van het ontwerp altijd tijdens ontwerpbesluiten worden meegewogen?
- Ligt de verantwoordelijkheid voor deze waarborging bij de juiste personen?
- Hebben de personen de juiste expertise om hun taak volgens het framework uit te voeren?
- Is de documentatievorm logisch?
- In hoeverre is dit proces te generaliseren naar elk project?