

# A Maturity Model for Quality Assurance and Control in the Dutch Construction Sector

Master Thesis



**Authors**

Anouk Stefess  
s2213664

**Programme**

MSc Civil Engineering & Management

**Institute**

University of Twente

**Date**

November 10, 2023

University of Twente  
Faculty of Engineering Technology

Department of Civil Engineering and Management

Master Thesis

---

# A Maturity Model for Quality Assurance and Control in the Dutch Construction Sector

---

submitted for the degree of

**Master of Science**

Civil Engineering and Management

Track: Digital Technologies in Construction

by

**Anouk Stefess**

BSc Landscape architecture and urban planning  
Student Nr.: s2213664

Submission Date: November 10, 2023  
Defence Date: November 17, 2023

**Graduation committee**

First supervisor: dr. J.T. Voordijk University of Twente  
Second supervisor: ir. R.N.F. Sloot University of Twente  
External supervisor: drs. J.K. Pikkaart Vibes Building Engineers

UNIVERSITY OF TWENTE.



## Acknowledgements

First and foremost, I would like to thank my supervisor Hans Voordijk. For without his guidance and enthusiasm, this thesis would not lie before you. Thank you for your support and for giving me the courage to continue working even after the rough start. Next, I would like to thank Jan Kees Pikkaart from Vibes for his critical comments and council, challenging me to structure my research and substantiate my statements. Ruth Sloot, thank you for your fast adaptability, interest in the research and comments. Furthermore, I would like to thank the company Vibes for having me for the past six months and providing a pleasant work environment, with special thanks to Jan Kees Pikkaart, Hans Bonekamp and Michiel Groeneveld for their council during the workshop and for giving in-depth recommendations to develop the maturity model.

Creating this thesis required more than just academic support, so I want to thank the following people for standing by me during this process. Matthew, thank you for believing in me and my work even in moments where I had doubts. You are my rock, shoulder to cry on and wall to complain to but most of all, the support I needed during this time. I would also like to thank my friends Emiel en Lisa, for listening and being there during the start of my thesis. Even though we graduated at different times, we could always count on each other's support and advice over dinner discussions. Last but not least I would like to thank my family for your continuous faith in me and support.

## Abstract

This thesis presents a Maturity Model for Quality Assurance (QA) and Control (QC) in the Dutch Construction Sector. This research is motivated by organizations' uncertainties in preparing for the Wet kwaliteitsborging and the absence of assessment and guidance methods on this topic. The model consists of 3 levels and 5 dimensions, which were systematically identified and refined through the Design Science Research (DSR) methodology in two iteration cycles. The model was developed by literature review, enhanced through expert consultation, and tested and validated through pilot projects. Eight teams from three different construction projects were subjected to the model through assessment with stand-alone questionnaires and evaluation interviews. The findings indicate that IT infrastructure exhibits the highest maturity and organizational structure the lowest. The maturity model developed in this study can be a promising tool for construction companies to evaluate and improve their QA and QC practices. Furthermore, it shows the potential to be a tool for municipalities and Quality Assurance Managers to assess the competence in QA and QC of organizations in the construction sector. Future research should focus on broadening the model's scientific foundation, diversifying expert input, and extending pilot testing to ensure robustness and applicability across the industry.

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Glossary of terms</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Research background</b>	<b>4</b>
3.1	Construction discrepancies in the Netherlands . . . . .	4
3.2	Wet kwaliteitsborging . . . . .	4
3.3	Wkb tools . . . . .	4
3.4	Consumer and municipal report . . . . .	4
3.5	Quality assurance and Control . . . . .	5
3.6	Complexity of the construction industry . . . . .	5
3.7	Relevancy . . . . .	5
3.8	Maturity model as evaluation methodology . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Objective and Scope</b>	<b>8</b>
4.1	Objective . . . . .	8
4.2	Scope . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Design Science Research Approach</b>	<b>9</b>
5.1	Adapted research approach . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Cycle one: Development of conceptual maturity model based on theory</b>	<b>13</b>
6.1	Problem identification . . . . .	13
6.2	Objective . . . . .	14
6.3	Concept model development . . . . .	15
6.4	Demonstration of concept model through a workshop . . . . .	24
6.5	Evaluation of workshop . . . . .	25
<b>7</b>	<b>Cycle two: Iteration and validation of maturity model</b>	<b>27</b>
7.1	Problem identification after workshop . . . . .	27
7.2	Objectives after workshop . . . . .	29
7.3	Model development . . . . .	31
7.4	Demonstration: Pilot test . . . . .	34
7.5	Evaluation and results of pilot projects . . . . .	36
7.6	Verification . . . . .	42
7.7	Validation . . . . .	44
7.8	Final Maturity Model . . . . .	47
7.9	Maturity model . . . . .	49
<b>8</b>	<b>Discussion</b>	<b>50</b>
8.1	Interpretations and comparison of research results . . . . .	50
8.2	Limitations and recommendations . . . . .	52
<b>9</b>	<b>Conclusion</b>	<b>53</b>
	<b>Appendices</b>	<b>59</b>
<b>A</b>	<b>Elaboration of literature review process</b>	<b>60</b>

<b>B</b>	<b>Workshop evaluation</b>	<b>61</b>
B.1	Dimensies en subdimensies . . . . .	61
B.2	Organisatiestructuur . . . . .	61
B.3	Mensen, cultuur en communicatie . . . . .	63
B.4	Monitoring . . . . .	64
B.5	IT-Infrastructuur . . . . .	65
B.6	Documentatie . . . . .	65
<b>C</b>	<b>Workshop analysis</b>	<b>67</b>
C.1	Model algemeen . . . . .	67
C.2	Dimensies en subdimensies . . . . .	67
C.3	Organisatie structuur . . . . .	67
C.4	Mensen, cultuur en communicatie . . . . .	68
C.5	Monitoring . . . . .	69
C.6	IT infrastructuur . . . . .	69
C.7	Documentatie . . . . .	69
<b>D</b>	<b>Vragenlijsten</b>	<b>71</b>
<b>E</b>	<b>Resultaten vragenlijst</b>	<b>84</b>
E.1	Resultaat Natascha van den Loodsdrecht . . . . .	86
E.2	Resultaat Nieck . . . . .	87
E.3	Resultaat Wouter de Vries . . . . .	88
E.4	Resultaat Bart Stoter . . . . .	89
E.5	Resultaat Hans Boonekamp . . . . .	90
E.6	Resultaat Wytze Nicolai . . . . .	91
E.7	Resultaat Thijs Haijee . . . . .	92
E.8	Resultaat Chris Spaansen . . . . .	93
<b>F</b>	<b>Recommendations</b>	<b>94</b>
<b>G</b>	<b>Allocation of literature to model</b>	<b>111</b>

## List of Figures

1	QA and QC process before and after implementation of the Wkb law. . . . .	6
2	General representation of maturity model structure [1] . . . . .	7
3	Design science research approach according to vom Brocke et al. [2] . . . . .	9
4	Adaptation of the research approach by vom Brocke et al. [2] . . . . .	10
5	Research approach with problem identification phase cycle one highlighted . . . . .	13
6	Research approach with objectives phase cycle one highlighted . . . . .	14
7	Research approach with concept model development phase cycle one highlighted. . . . .	15
8	Criteria and subcriteria for the BIM maturity model by Siebelink [3] . . . . .	17
9	Research approach with demonstration phase cycle one highlighted . . . . .	24
10	Research approach with evaluation cycle phase one highlighted . . . . .	25
11	Research approach with problem definition phase cycle two highlighted . . . . .	27
12	Research approach with objectives phase cycle two highlighted . . . . .	29
13	Research approach with model development phase cycle two highlighted . . . . .	31
14	Research approach with demonstration phase cycle two highlighted . . . . .	34
15	Research approach with evaluation phase cycle two highlighted . . . . .	36
16	Mean maturity level per project and dimension including the average maturity . . . . .	37
17	Average maturity project 1 for every criterion . . . . .	37

18	Average maturity project 2 for every criterion . . . . .	38
19	Average maturity project 3 for every criterion . . . . .	39
20	Research approach with verification and validation phase cycle two highlighted . . . . .	42
21	Research approach with verification and validation phase cycle two highlighted . . . . .	44
22	Research approach with final maturity phase cycle two highlighted . . . . .	47
A.1	Research approach maturity model concept development . . . . .	60

## List of Tables

1	Example of grid after coding . . . . .	11
2	Model requirements for validation and verification . . . . .	16
3	Statements and sources coded into dimensions according to the Gioia method . . . . .	19
4	Statements and sources coded into dimensions and problem/solution categories according to the Gioia method . . . . .	20
5	Concept Maturity Model . . . . .	23
6	Maturity model after workshop . . . . .	33
7	Participants project 1 . . . . .	35
8	Participants project 2 . . . . .	35
9	Participants project 3 . . . . .	35
10	Percentage of total participants per level for every criterion . . . . .	40
11	Relative importance of subdimensions on a scale of 1 to 10 and the average and normalized rates . . . . .	41
12	Estimated level of QA and QC by participants on a scale of 1 to 10 and normalized level ((scale 1-3) in comparison with model-determined-maturity level . . . . .	41
13	Interpretation of Pearson correlation coefficient. Retrieved from [4] . . . . .	45
14	Results of Pearson correlation, f-test and t-test . . . . .	45
15	Final maturity model . . . . .	49
16	Results maturity questionnaire per project. The maturity level for each criterion is indicated by a value from 1 to 3 . . . . .	84
17	Results maturity questionnaire per team. The maturity level for each criterion is indicated by a value from 1 to 3 . . . . .	85
18	Allocation of sources to criteria for dimension organizational structure . . . . .	111
19	Allocation of sources to criteria for dimension: people, culture and communication . . . . .	112
20	Allocation of sources to criteria for dimension: monitoring . . . . .	113
21	Allocation of sources to criteria for dimension: IT infrastructure . . . . .	114
22	Allocation of sources to criteria for dimension: data documentation . . . . .	114

# 1 Introduction

Construction quality in the Netherlands has been a growing concern due to increased construction defects. These issues stem largely from inadequate quality control (QC) and assurance (QA) measures, resulting in errors, insulation problems, and safety hazards. Current inspection practices in the Netherlands do not include quality checks during the critical construction phase, leaving room for mistakes. The existing chain of responsibility adds to this problem, as contractors have no post-delivery responsibilities.

To address this, the Netherlands is implementing the "Wet Kwaliteitsborging" (Wkb). This law shifts the responsibility for QC from municipalities to the private sector. Contractors will have to prove construction meets the quality requirements even after delivery, which is a reversal of the current approach. An important aspect of the Wkb is the "delivery report" (opleverdossier). In the report, all the quality evidence of the constructed object is documented. This change results in a need for contractors and other organizations in the construction sector to prepare their systems and processes. However, currently, there is a lack of assessment methods to evaluate and guide their QA and QC processes.

This thesis aims to develop a methodology to assess and enhance the QA and QC processes of companies in the construction sector in anticipation of the Wkb. The research focuses on constructing an independent evaluation format that provides companies with their current QA levels and guides future improvements through a maturity model. The research follows the Design Science Research approach by vom Brocke et al. [2] in combination with the approach for maturity model development by Bendi et al. [5].



## 2 Glossary of terms

**Building Decree:** bouwbesluit (Dutch), The Building Decree 2012 contains regulations for safety, health, usability, energy efficiency and the environment.

**Construction Phase:** Uitvoering (Dutch), Physical construction of the building in accordance with the established plans.

**Delivery report/consumer report:** Opleverdossier/consumentendossier (Dutch), Report containing information on the construction and maintenance information to be handed to the client.

**Document Management System (DMS):** A Document Management System is a software tool that digitally manages, organizes, and shares documents, allowing users to work more efficiently and access information easily. It provides version control, search capabilities, and access control for organized document storage and collaboration.

**Dutch Civil Code:** Burgelijk wetboek (Dutch), The code in which civil law is regulated, including general principles of civil law as well as more specific areas of law such as inheritance law, contract law, employment law and rental law.

**Industry Foundation Classes (IFC):** Is a digital description of constructed spaces like buildings and infrastructure. It follows an open international standard, making it compatible with various devices and software.

**Light Detection and Ranging (Lidar):** Is a remote sensing method used to examine the surface of the Earth.

**Mechanical, Electrical and Plumbing (MEP) elements:** Elements related to mechanical, electrical and plumbing installations.

**Municipal report:** dossier bevoegd gezag (Dutch), The municipal report contains information on all phases of the construction process, mainly related to safety. The file must contain evidence that the structure meets the requirements of the Building Decree. The report is to be handed to the municipality.

**Non-Conformity:** A product, process, service, or system that does not meet established standards, specifications, regulations, requirements, or expectations.

**Online Digital Platform:** An online digital platform for construction is a virtual hub where construction professionals come together to share and manage information, plans, and project data. This platform facilitates real-time collaboration, provides access to centralized project information, and supports the planning and coordination of construction activities.

**Personal Digital Assistant (PDA):** A compact, portable, hand-held device designed to offer computing functionalities and facilitate information storage and retrieval.

**Preparation Phase:** VO,DO en werkvoorbereidingsfase (Dutch), Phase before the physical construction of the building, where the construction requirements are translated into design.

**Project:** The entire construction project between the design and delivery phases. This includes all contractors, subcontractors, suppliers, and other companies.

**Project Planning:** Project planning refers to the overall planning of the entire construction project.

**Quality assurance monitor (QAM):** Kwaliteitsborger (Dutch), an independent party responsible for the quality assurance plan and execution.

**Quality assurance plan:** Borgingsplan (Dutch), a plan drawn up by the quality assurance manager describing how the quality of the construction process and the construction work is assured.

**Quality Assurance (QA):** Refers to a predetermined set of activities enforced before the start of the project. The activities are focused on the prevention of defects and non-conformance issues by improving production processes [6].

**Quality Control (QC):** Describes the corrective process of inspecting products during and after construction to find and solve defects [6][7].

**Quality:** The degree to which a collection of inherent characteristics fulfills requirements [7].

**Radio Frequency Identification (RFID):** A wireless setup with two parts: tags and readers. The reader, equipped with one or more antennas, transmits radio waves and picks up signals sent by the RFID tag. Used for tracking materials and equipment.

**Resource Description Framework (RDF):** A Resource Description Framework is a standardized technology for modelling and exchanging linked data. It enables project teams to store information about construction materials, specifications, relationships between elements, and other relevant data in a flexible and easily traceable manner.

**SPARQL:** Is a semantic query language for databases to retrieve and manipulate data stored in Resource Description.

**Task Planning:** Task planning is the team's planning in which tasks to deliver the product are scheduled.

**Team:** A subgroup within a project responsible for one or more products.

**Wet Kwaliteitsborging (Wkb):** Quality Assurance Law which will go into effect in 2024 in the Netherlands, regarding the quality assurance of new construction of buildings.

**Wkb tool:** Wkb instrument (Dutch), Mandatory documentation and communication tool for contractors and quality assurance monitors, to be used when the Wkb law goes into effect.

## 3 Research background

In this section the scientific background and relevancy of the research are discussed.

### 3.1 Construction discrepancies in the Netherlands

Construction quality is decreasing in the Netherlands due to an increasing number of defects and safety hazards [8]. One of the main reasons for these defects is a lack of quality-aiding measures resulting in constructional errors, insulation deficiencies and fire hazards [9, 10]. The municipality conducts quality checks before the start of construction and after delivery of the product. Meanwhile, there is no systematic QA and QC process during the construction phase (Figure 1a) allowing mistakes to be made. The current chain of responsibility aggravates this by relieving the contractor from all responsibility after delivery of the product, meaning that defects which are noticed after delivery fall on the responsibility of the client [10]. To improve the quality of the construction sector the Netherlands wants to reduce the number of defects by introducing the Wkb. Shifting the responsibility for construction quality from client to contractor and the responsibility for enforcing QC from the municipality to the private sector [11] (Figure 1b). This creates an incentive for the contractors and other parties to get their quality up to standard [10, 12].

### 3.2 Wet kwaliteitsborging

To support this shift, five changes are made within the Dutch Civil Code (Burgelijk wetboek): Extension of contractor's liability after delivery, a supplement to the contractor warning obligation, introduction of a delivery report to be handed to the client upon completion of the building, the contractor's obligation to inform the client about securities and warranties, and the contractor's obligation to allow clients to indicate if they wish to use the right of suspension [13]. The delivery report, one of the five changes in the law, is of great significance for the contractor as it contains evidence for the legal and contractual requirements pre-arranged between client and contractor. To ensure that the correct evidence is gathered a QAM is appointed. The QAM is an independent party that solely focuses on assuring that buildings are constructed according to the Bouwbesluit and pre-arranged requirements[14].

### 3.3 Wkb tools

How the QAM operates is described in a Wkb tool (Wkb instrument). The tool contains a QA plan (borgingsplan), declaration of independence, and detailed guidelines for data handling. Within the QA plan various aspects are detailed such as the establishment of the QA plan, the individuals involved, primary responsibilities, construction assessment, activity scheduling, handling norms and quality declarations [15]. To validate if quality standards are met, evidence needs to be gathered in the form of statements from independent advisors, verification of materials through receipts, checklists, and photos [16]. The tool can facilitate the gathering of this evidence. However, the extent of this functionality highly depends on the tool and the level of expertise of its users. If companies lack quality measures and experience in their team, it could be difficult for them to comply with the standards set by the Wkb.

### 3.4 Consumer and municipal report

The municipal report (dossier bevoegd gezag) and consumer report (consumentendossier) will become important documentation under the Wkb law. These reports contain evidence that the building is constructed according to regulations and agreements. The municipal report contains information on overseeing building

quality and compliance with construction regulations. The file entails all phases of the construction project including details on the safety measures and quality requirements of the building decree (bouwbesluit) [17]. The consumer report includes the contractual information relevant to the client for managing, maintaining, and supporting any warranty claims related to the building after its completion. While similar types of this file have been common practice in the Dutch construction industry, with the introduction of the Wkb it has been given an explicit name and it has become a requirement with the delivery of the construction. While the municipal report is verified by the QAM, the responsibility of the consumer report falls on the contractor and is not verified by the QAM[18]. As mentioned earlier, the contractor is liable unless proven otherwise after delivery. Therefore it becomes important for contractors to gather the data for both reports consequently and with the highest regard to quality.

### **3.5 Quality assurance and Control**

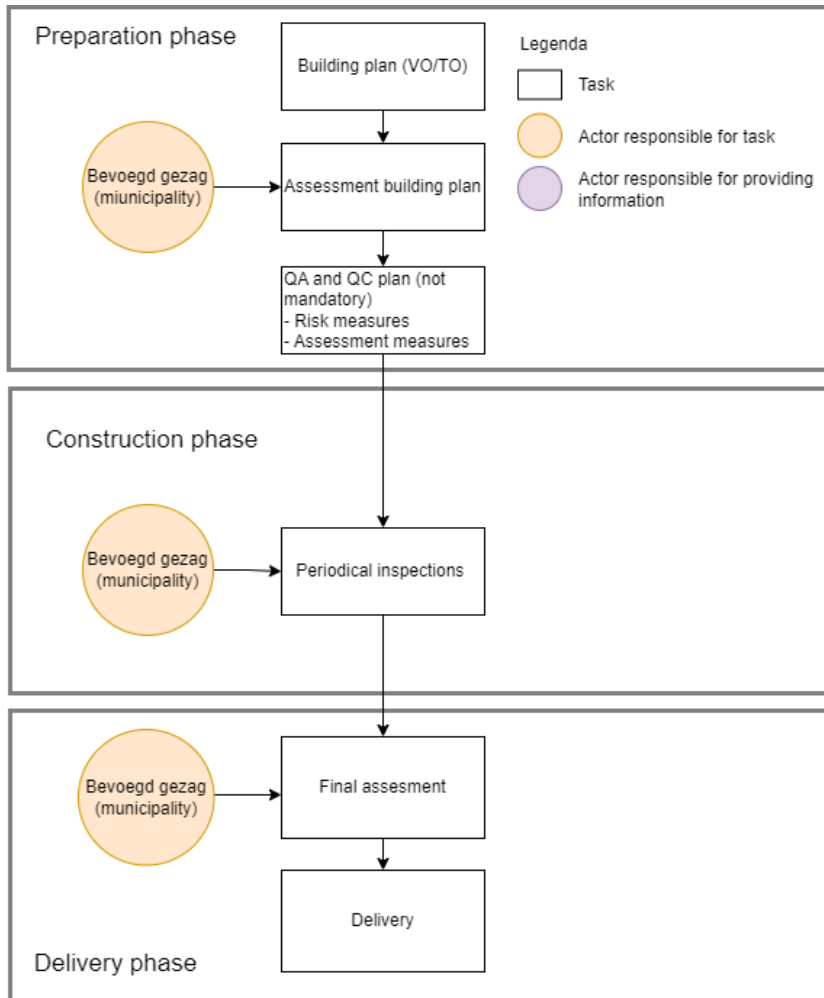
Implementing quality in construction processes can be established by enabling QA and QC measures. Quality is defined by Sahil et al. [7] as the degree to which a collection of inherent characteristics fulfils requirements. QA refers to a predetermined set of activities enforced before the start of the project. The activities are focused on the prevention of defects and non-conformance issues by improving production processes [6]. QC describes the corrective process of inspecting products during and after construction to find and solve defects [6, 7].

### **3.6 Complexity of the construction industry**

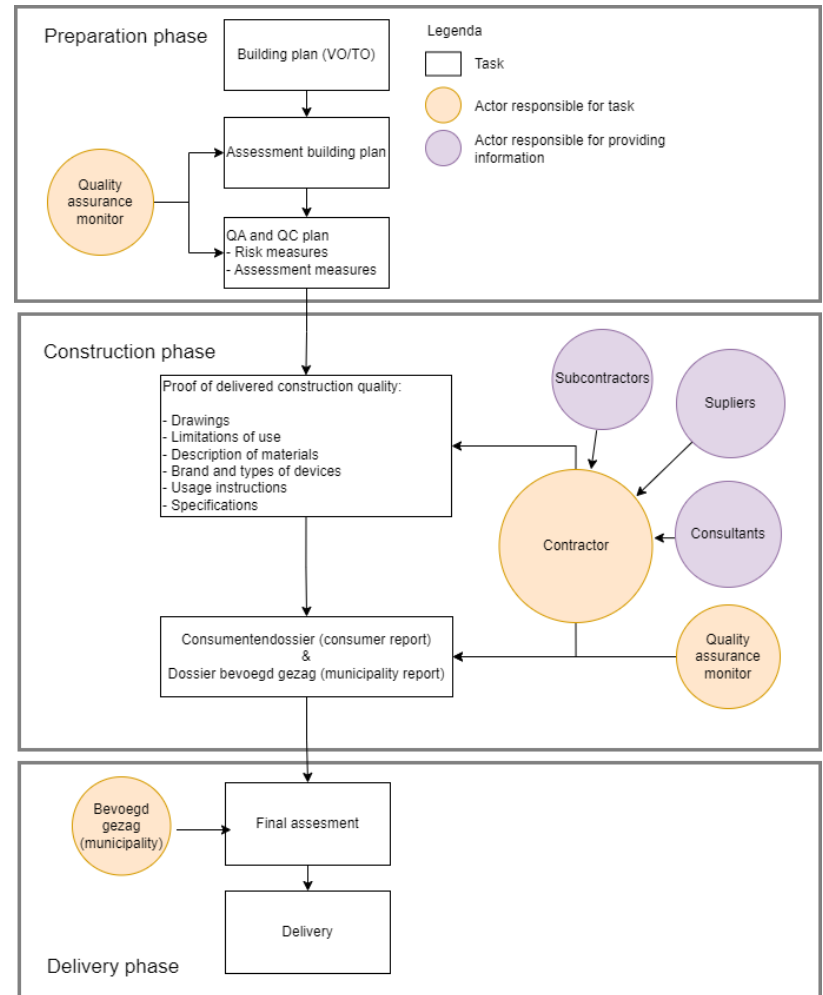
As the number of regulations and complexity of the project increase, QA and QC processes can become time-consuming and labour-intensive [19]. Furthermore providing proof of quality is often complicated due to a lack of structured records [7]. This aggravates the need for efficient QC and QA measures[20]. Early implementation of advanced QA and QC implementations can reduce information overload, decrease the number of construction mistakes, and minimize cost overruns and delays caused by rework [20, 19].

### **3.7 Relevancy**

Following the implementation of the Wkb, the responsibility for QC is shifting from municipalities to the private sector and introduces new tools, therefore it will become increasingly important for companies to prepare for these changes. In order to prepare they need to know what their current state of QA and QC processes is. At present, there is a lack of evaluation methods to assess the QA and QC measures of companies within the Dutch construction sector. As construction companies must prepare their systems, processes and people for the upcoming Wkb, there is a growing need for a method that can evaluate and guide them in adopting the necessary changes to improve their QA and QC practices. This research aims to develop such a model to aid construction companies in adapting and enhancing their QA approach, ensuring compliance with the Wkb and maintaining high-quality standards in the construction sector.



(a) Current QA and QC process in the Dutch building sector



(b) QA and QC process following the implementation of the Wkb law

Figure 1: QA and QC process before and after implementation of the Wkb law.

### 3.8 Maturity model as evaluation methodology

An often-used and well-known method of evaluating and guiding processes is through the use of a maturity model. A maturity model is an approach to assess processes and to determine the current level of a process compared to a baseline [21, 22] defines a maturity model as a comprehensive, systematic and regular review of an organization's activity according to an adopted model. The aim of the model is to improve a certain process within a company by developing a roadmap illustrating the direction the process needs to take [21]. This can be very useful for construction companies to diagnose strengths and weaknesses from which corrective actions can be taken [21, 22]. According to Lasrado et al. [1], a maturity model consists of five important components: The maturity levels, dimensions, sub-categories, path to maturity, and the assessment questions (Figure 2).

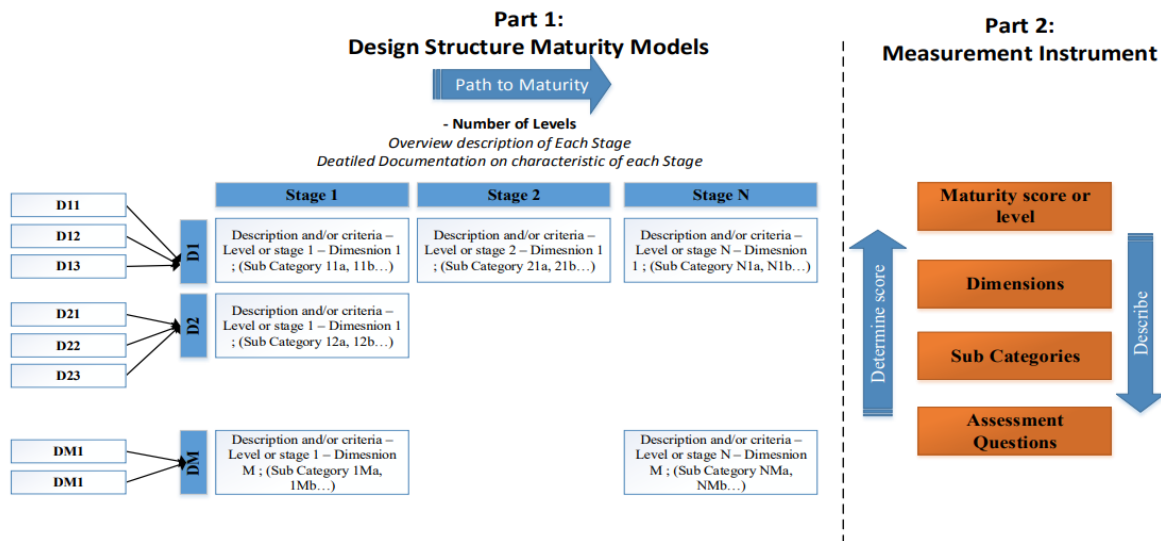


Figure 2. General representation of Maturity model structure

Figure 2: General representation of maturity model structure [1]

The model often consists of a sequential pattern of stages in a hierarchical progression. To improve processes the stages have to be followed in order as they are described [23, 1]. The maturity can be established by testing a process on characteristics. The characteristics are indicated by dimensions and sub-dimensions with corresponding criteria for each level[23].

## 4 Objective and Scope

In this section, the objective and scope of the research are elaborated.

### 4.1 Objective

The aim of this research is to develop a methodology for companies to evaluate and guide their QA process with the use of a maturity model. The goal of the maturity model is to provide an independent evaluation format which gives insight into the level of QA, provides an indication of strengths and weaknesses and a path of improvement. The following research questions are considered:

How can the level of quality assurance and control in the Dutch construction sector be evaluated and guided using a maturity model?

1. What are the key dimensions that affect the quality of construction projects?
2. Which criteria and sub-dimensions can be identified for the dimensions?
3. How can the criteria be allocated to levels?
4. How can the maturity model be developed?
5. How can the maturity model be tested?
6. How can the maturity model be validated?

### 4.2 Scope

The maturity model is developed for QA and QC in the construction sector. The scope only takes into account measures related to the improvement of QC and QA measures. Furthermore, only the processes related to QA and QC between the start of the design and delivery of the construction are taken into account. Any processes related to acquisition, environmental law, and permit applications are considered outside of the scope. The maturity model is generalized to make it applicable to different types of companies associated with construction projects. Furthermore, the maturity model is developed to assess teams within projects. These teams are considered to be defined groups within a project working on the same sub-task. The projects are considered to be construction projects consisting of multiple teams and companies working together. The testing and validation of the model is limited to consultation with experts within the company Vibes and interviews with members from associated projects, due to limits set by the company and operational feasibility.

## 5 Design Science Research Approach

The study follows the approach of design science research (DSR) by vom Brocke et al. [2] in combination with the approach for developing a maturity model by Bendi et al. [5]. The DSR methodology is developed for the creation of artefacts. These artefacts undergo an iterative process following six design steps. These steps include problem identification and motivation, objective definition, design and development, demonstration, evaluation, and communication (Figure 3). In the problem identification and motivation step, the problem and scientific relevancy are formulated. The objectives are defined following the rationale of the problem identification phase. Building on these objectives, a first concept of the artefact can be created which can undergo the first testing in the demonstration phase. An evaluation of the demonstration determines how well the artefact supports the solution to the problem. If the artefact is not sufficient enough a new cycle starts by identifying the problems of the concept artefact. Findings are communicated with relevant parties[2].

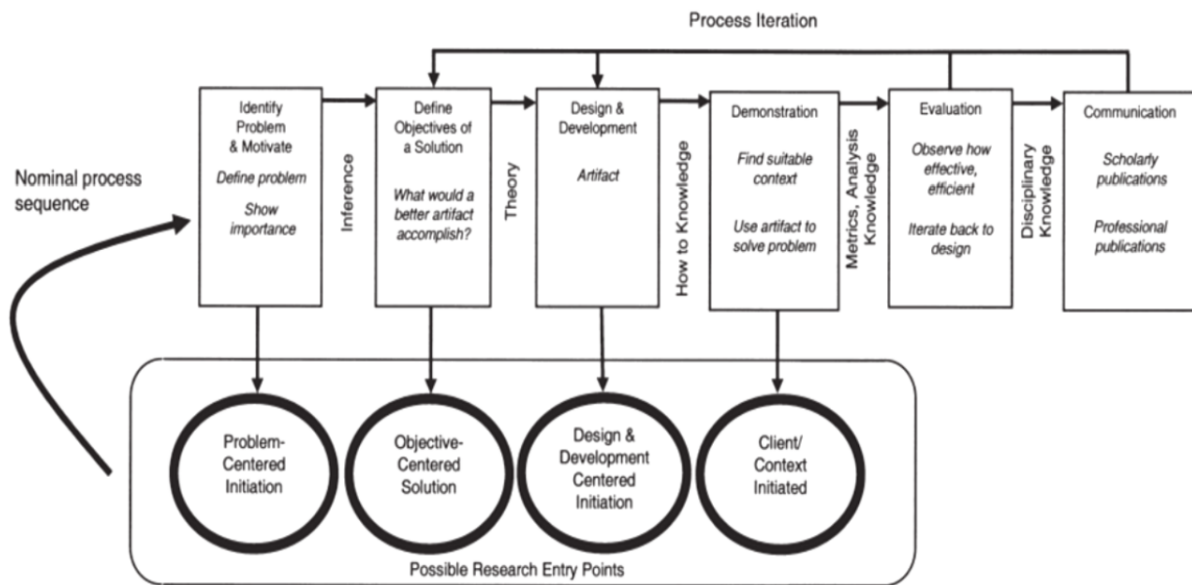


Figure 3: Design science research approach according to vom Brocke et al. [2]

This approach is adapted in this research, by merging the DSR method with the approach of Bendi et al. [5]. In their paper "An off-site construction readiness maturity model for the Indian construction sector" Bendi et al. [5] develop a maturity model in three sequential stages. The first stage is a critical analysis of scientific research to obtain variables, followed by semi-structured interviews to refine the variables and concluded with an in-depth review of the finalized maturity model.



## 5.1 Adapted research approach

By merging both methodologies an adapted approach is formulated. This adapted approach consists of two cycles: the first for developing the model based on scientific literature and expert input, and the second for its refinement and testing through pilot projects. The first cycle starts with identifying the research problem and model objectives. This has been continued by finding solutions for the objectives using scientific literature, forming the first conceptual model. This conceptual model has been validated and enhanced during a workshop with experts from Vibes.

In the second cycle, the feedback and insights from the workshop have been utilized to identify specific problem areas within the maturity model. An objective for improvement was formulated based on these findings and the model is adjusted and optimized to address the identified issues. The refined model was tested in pilot projects to assess its usability. The evaluation of the pilot projects provided insights into the readiness of the model for implementation through validation and verification of the model requirements. Based on the outcomes of the pilot project the final version of the maturity model was created. The adapted approach is visualized in Figure 4.

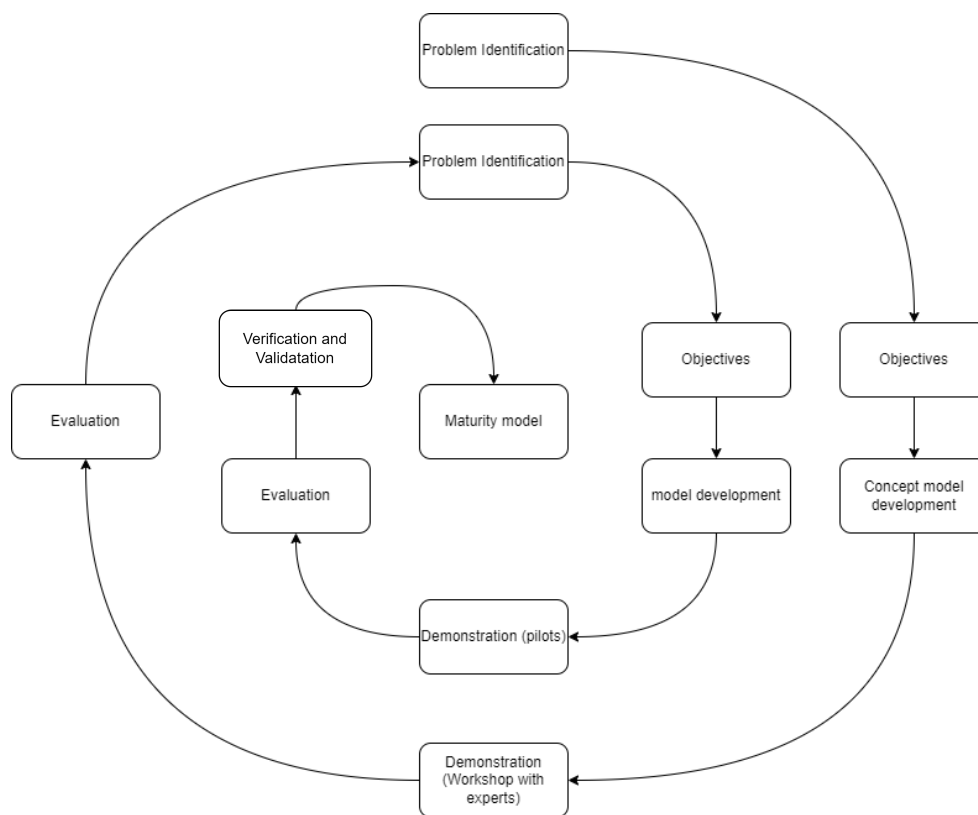


Figure 4: Adaptation of the research approach by vom Brocke et al. [2]

### 5.1.1 First cycle: Theoretical concept maturity model

The *problem statement* (Figure 4) and *objectives* (Figure 4) form the basis for developing the maturity model and were defined first. Following this, the *concept model development phase* (Figure 4) started. The dimensions were identified which were based on the criteria formulated by Siebelink [3] in "Maturities in Building Information Modelling". He argues that aspects of the internal information system, organisational structure and, interactions with the environment determine the performance of the information system. In the context

of QA in the construction sector, the QA process, as proposed in the Wkb, can be conceptualized as such an information system.

Next, the key components and criteria were defined. The key components formed the dimensions and sub-dimensions in the model. The criteria determine the threshold for each level. They incorporate the most essential subjects on QA in the construction sector, therefore extensive research of scientific literature was deemed appropriate to base their definition on. A comprehensive search was conducted using variations of the key concepts: "Quality assurance" and "Construction sector" including cross-references within the identified articles. Using this method a significant number of articles was selected and filtered based on their titles and abstracts.

From these articles, statements regarding quality in construction were extracted and coded using the Gioia method to improve analysis. The Gioia method is a qualitative data analysis technique that follows a structured approach with multiple rounds of coding to ensure the reliable use of data in research. This method is widely used for qualitative research where statements from textual sources are extracted to identify key concepts, relationships and themes within the data [24]. The coding in this case entailed the categorization of statements. The statements were sorted in the dimensions adapted from Siebelink and categorised as either a problem or a solution. The problems were used as statements describing the current situation and were adapted to form the first level of the maturity model. Solutions were considered improvements to the current situation and were therefore used to form the second and third levels of maturity. This resulted in a grid which formed the first basis of the maturity model (Table 1).

Next, the concept model was refined by combining statements and reformulating them into clear criteria. In case of missing data, the criteria of the levels were formed by identifying both extreme ends of best practice and worst practice after which the criteria for the levels in between can be formed using logical reasoning [25].

Table 1: Example of grid after coding

	<b>Defini- tions</b>	<b>Problems</b>	<b>Solutions physical/IT</b>	<b>Solutions process</b>	<b>Solutions other</b>	<b>Bene- fits</b>
<b>Dimen- sion 1</b>	Extra info	Statements for level 1	Statements for level 2/3	Statements for level 2/3	Statements for level 2/3	Extra info
<b>Dimen- sion 2</b>	Extra info	Statements for level 1	Statements for level 2/3	...	...	...
<b>Dimen- sion 3</b>	Extra info	Statements for level 1	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

The first cycle ended with the first *demonstration phase* (Figure 4) in the form of a workshop with experts from Vibes. In this workshop, the maturity model was discussed and suggestions for improving the model and enhancing its practicality were used.

### 5.1.2 Second cycle: Iteration and validation of maturity model

This cycle aimed to improve the theoretical concept model and test it in pilot projects. The *evaluation phase* (Figure 4) of the workshop formed the basis of the second cycle by utilizing the information to formulate new problem statements for the second *problem identification phase* (Figure 4). Continuing the research approach steps, *objectives* (Figure 4) were formed with specific methodologies to address each of the identified issues to enhance the conceptual model in the *model development phase* (Figure 4). All alterations were documented and the modified model was subjected to a short evaluation by one of the experts from the workshop to verify whether the improvements had solved the earlier identified problems. Once the model was approved by the expert it was ready for testing.

To test the enhanced model, pilot projects were executed in the *second demonstration phase* (Figure 4). The pilot projects consisted of the maturity assessment of three projects and eight teams in total. The maturity of the participants was obtained through the use of questionnaires based on the criteria of the maturity model. The selection of a questionnaire-based evaluation method was driven by the intent to minimize the researcher's influence during the assessment process. Prior to distributing the questionnaire, it was subjected to a thorough review by one of the experts from the workshop to ensure clarity and reduce chances of misinterpretation.

Based on their maturity levels, recommendations for enhancing the QA and QC processes within each team and project were formulated. These recommendations and the maturity model were shared with the participants and followed by an *evaluation* (Figure 4) of the results and the maturity model through interviews. The feedback from this evaluation was utilized to *verify and validate* (Figure 4) the model. Any urgent and specific recommendations by the participants were taken into account when developing the *final maturity model* (Figure 4). The research was discussed, and a conclusion and recommendations for future research were formulated.

## 6 Cycle one: Development of conceptual maturity model based on theory

In this cycle, the theoretical conceptual model is developed covering the following phases of the design approach: Problem identification, objectives, concept model development, demonstration and evaluation.

### 6.1 Problem identification

In the initial step of the DSR, a specific research problem has to be provided with a compelling rationale for finding a solution. To accomplish this, knowledge of the current state of the problem and its importance to the field should be established [2](Figure 5).

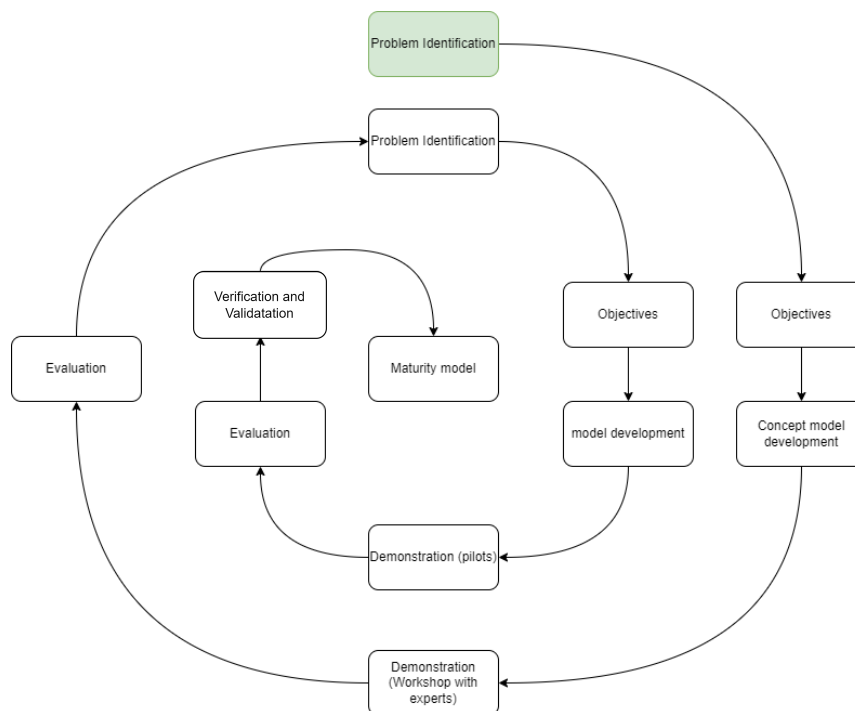


Figure 5: Research approach with problem identification phase cycle one highlighted

As written in section 3.7, the QA and QC landscape in the Dutch construction sector is currently undergoing a significant transformation due to the implementation of the Wkb law. This legislative change presents new challenges for companies operating within the construction sector. Furthermore, the new law necessitates more specific documentation of quality data by these organizations. Consequently, companies in this industry find themselves questioning whether their current systems and processes are up to par or if they need to elevate their QA and QC systems to conform to the new standards.

However, there is a lack of defined evaluation methodologies and guidance to aid these companies in analysing their processes and effectively implementing improvements if required. This gap highlights the need for the development of new methodologies and models that facilitate the systematic evaluation and enhancement of QA and QC systems in the construction sector.

## 6.2 Objective

After defining the problem, clear objectives have to be established (Figure 6). Objectives can be quantitative, such as measurable improvements, or qualitative, addressing how a new artefact can support a solution. Objectives should be a rational progression from the problem identification phase [2].

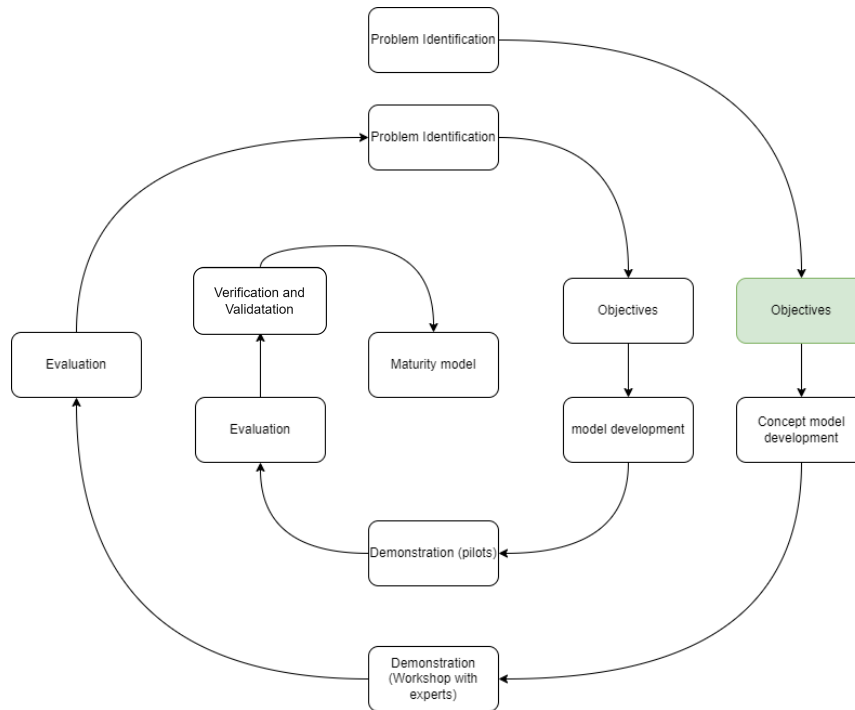


Figure 6: Research approach with objectives phase cycle one highlighted

The objective of the first cycle was to create a theoretically based concept for the maturity model. This model should be capable of evaluating and guiding QA and QC processes in construction projects. The model should consist of clear dimensions, sub-dimensions, criteria, and levels following a logical progression.

## 6.3 Concept model development

The focus of this phase is to create the artefact (Figure 7). An artefact can be any designed object that embeds a research contribution. In this context, the artefact is a concept maturity model. The model requirements are determined in this phase and used as a basis to develop the artefact. The foundation of the model is based on the criteria for BIM maturity model proposed by Siebelink Siebelink [3]. From this foundation, the maturity model is further developed by assessing scientific literature. As creating the maturity model for this specific field is in its pioneering phase it is extra important to structure the literature analysis. Therefore a methodology for selecting and extracting the information from the articles is proposed. With the use of coding in accordance with the Gioia method, the information in the articles can be organised into categories. This sorting forms the first concept of the maturity model (Table 7). An elaboration of the process in this phase can be found in Appendix A.

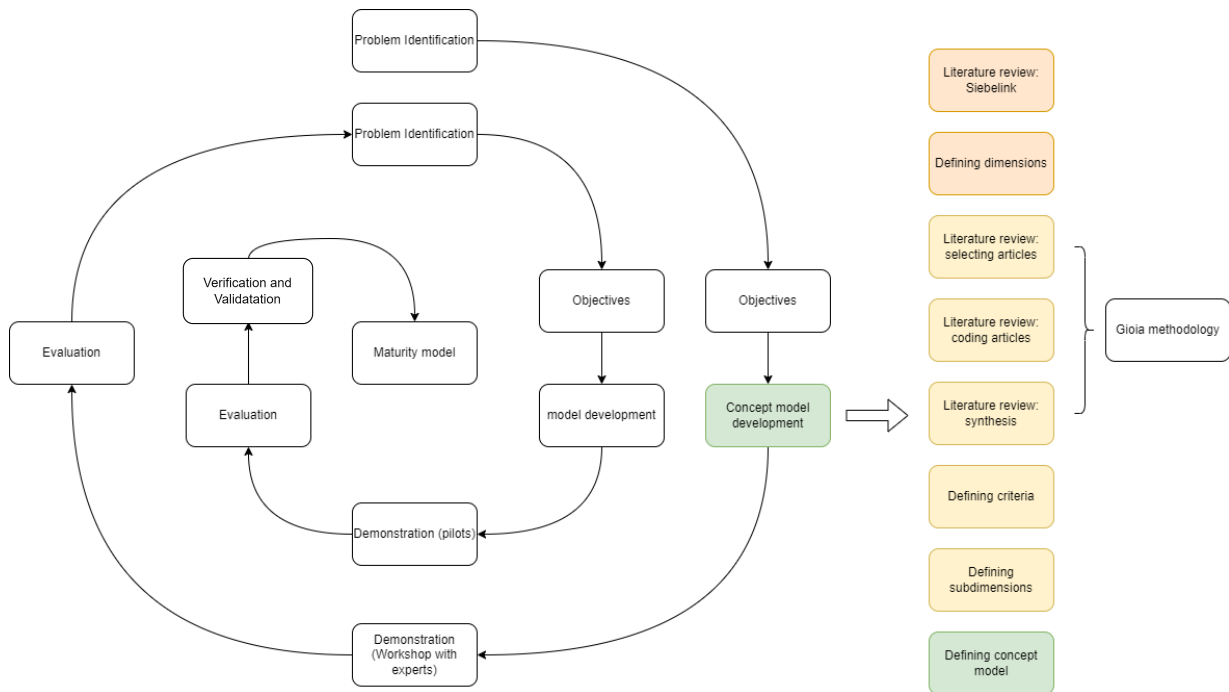


Figure 7: Research approach with concept model development phase cycle one highlighted.

According to Lasrado et al. [1] the maturity model consists of five important components: The maturity levels, dimensions, sub-categories, path to maturity, and the assessment questions[1]. These components can be translated into four overarching development steps of a maturity model: Defining the dimensions, defining sub-dimension, defining criteria and defining assessment questions. For each development step a literature study was conducted to ensure a strong scientific relevance. A detailed flowchart of this process can be found in Appendix A.

### 6.3.1 Model requirements

In this section, the model requirements are formulated which were evaluated in the validation and verification phase (Figure 2).

Table 2: Model requirements for validation and verification

<b>Model requirements for validation and verification</b>	<b>Measured through</b>
The model should contain logical and clear dimensions and sub-dimensions	Evaluation by experts
The criteria in the maturity model should be measurable and clear	Evaluation by experts
The levels of maturity should be logical and clear	Evaluation by experts
The model should incorporate best practice examples from scientific literature	Cross-referencing sources
The model should be applicable to various companies, projects and teams in the construction sector	Pilot testing and evaluation interview
The maturity assessment questionnaire should be user friendly	Pilot testing and evaluation interview
The maturity model should be able to predict the correct maturity level for teams and projects	Statistical analysis

### 6.3.2 Defining the Dimensions

In this section, the dimensions were established by conducting a literature review and using the dimensions by [3] as a foundation.

In his paper “Maturities in Building Information Modelling” Siebelink [3] argues that aspects of the internal information system, organisational structure and interactions with the environment determine the performance of the complete information system. In the context of QA in the construction sector, the process of QA and QC can be conceptualized as an information system. Where the information from the external environment is transferred, modified and stored within the system. The external environment includes the QAM, contractor, subcontractors, and municipality. The organization is described in elements such as strategy, culture, processes, and IT infrastructure [3], which can be seen as processes and protocols to transfer and create quality data. The information system itself, consisting of data, IT, people, and procedures, can be seen as the internal procedures to execute these processes and protocols (Figure 1b, Circles representing the external environment, arrows representing the organisation and rectangles representing the information system.).

When we take the main processes into account we can consider five main themes which overlap with the criteria from Siebelink (Figure 8). The adapted themes are substantiated in the next section.

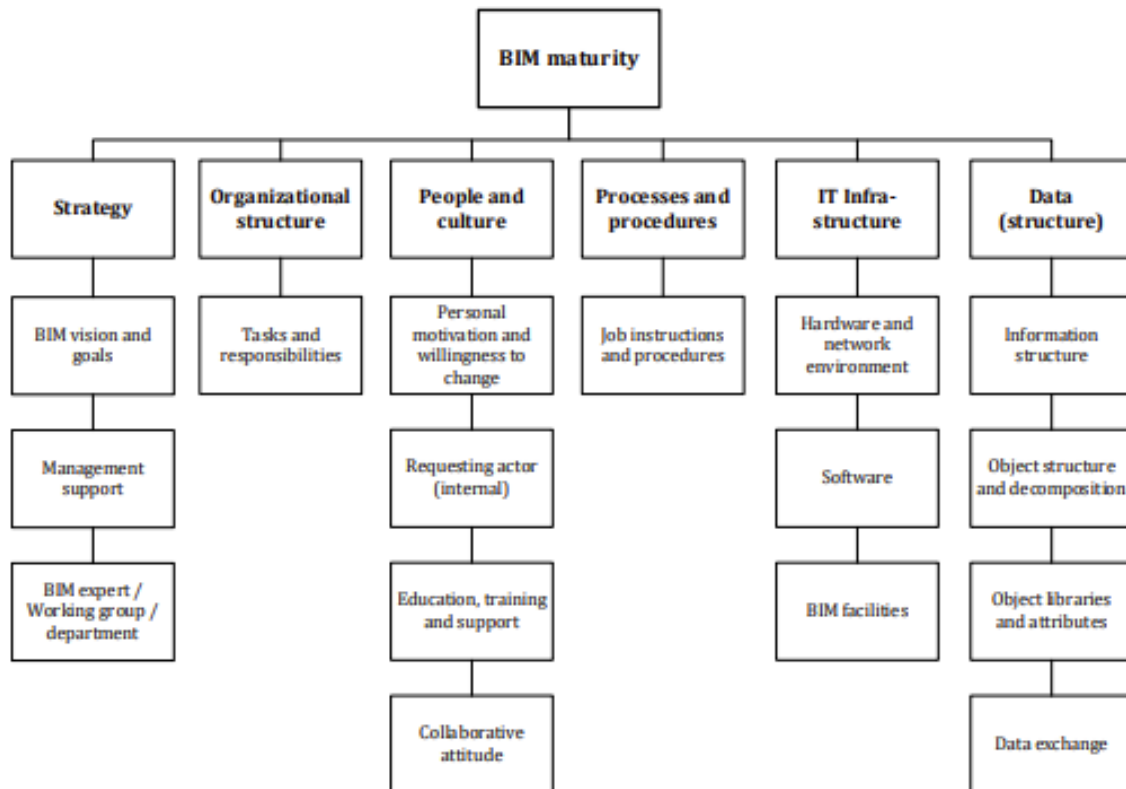


Figure 8: Criteria and subcriteria for the BIM maturity model by Siebelink [3]

### Organisational structure

This dimension focuses on the organizational structure within a project regarding QA and QC. Organisational structure plays a crucial role in QA. It includes clear accountability and responsibility, as well as the overall structure and planning processes related to quality management. Negligence by personnel in construction can lead to reduced quality and construction discrepancies [26]. Therefore a well-defined organizational structure ensures that roles and responsibilities for QC and QA are clearly assigned [26]. Furthermore, effective planning processes enable projects to organize and coordinate construction activities leading to an improved quality performance [27].

### People, culture and communication

This dimension centres around the human aspect of the QA process. It includes factors such as education, training, motivation, teamwork, and communication strategies. Education and training programs ensure that individuals possess the necessary skills and knowledge to effectively carry out their roles. Motivation, active supervision and guidance play a crucial role in driving individuals to participate in a quality improvement mindset and to establish a high-quality standard [28, 29]. Next, the culture of an organisation is just as important for QC regarding human interaction. The way in which teams work and communicate determines the successes of a project and the quality of the finished product [6, 30].

### Data Acquisition

Data acquisition and availability: Data acquisition and availability focuses on the process of gathering data for QC and QA. It includes activities such as tracking and inspection. Tracking is important regarding data acquisition as it creates information on the location and usage of people, materials and tools. Access to this data can be utilized to actively fine-tune the construction and QA process [31]. The method for gathering inspection data influences the quality and reliability of the acquired data. Therefore a methodology should be



selected carefully. The inspection data determines the acceptance or refusal of a construction component, making it crucial to the QC process.

### **IT infrastructure**

IT Infrastructure plays an important role in QA in the construction sector. A robust IT infrastructure decreases the interactions of humans with data and therefore risk of errors [32]. In IT infrastructure usage of appropriate hardware, software, and networking solutions aids the QA and QC process. By leveraging IT advancements organizations can enhance the efficiency, accuracy, and effectiveness of quality management practices.

### **Data documentation**

This dimension relates to the strategies and practices in documenting quality-related data. The way in which data is documented has an influence on the traceability and transparency of data within a project. Maintaining accurate and detailed documentation has a positive influence on the quality [26]. The type of data determines what information can be stored within files, the more information can be linked the more efficient it is to retrieve information on specific components and structures [32].

## **6.3.3 Defining sub-dimensions and criteria**

After defining the dimensions, in-depth research was necessary to define the sub-dimensions. The sub-dimensions are more specific than the general dimensions. Therefore, the sub-dimensions needed to be identified based on QA information specific to the construction sector. The sub-dimensions in the maturity model were therefore defined by selecting relevant articles based on keywords, extracting statements from these articles, and using the Gioia method to code the statements into categories.

### **6.3.3.1 Methodology for literature review**

#### **Article research and extracting statements**

A comprehensive search was conducted using variations of the key concepts: "Quality assurance" and "Construction sector" and cross-references within the identified articles. Using this method and cross-references found within the already identified articles. Approximately 100 articles were selected based on their title and abstract. After roughly scanning these articles, 40 articles were chosen for further evaluation through extensive reading. During the reading statements and keywords were extracted from the articles if they had relevance to QA and QC processes.

To effectively utilize the selected articles and their statements in developing the maturity model, the Gioia method for qualitative data coding, as described by Gioia et al. [24], was used. This method allows for systematic analysis and categorization of the information extracted from the articles [24].

#### **Gioia methodology**

The Gioia method is a qualitative data analysis technique that follows a structured approach with multiple rounds of coding to ensure the reliable use of data in research. This method is widely used for qualitative research where statements from textual sources are extracted to identify key concepts, relationships and themes within the data [24]. In this research, the Gioia method is adapted to structure the statements and keywords extracted from the scientific articles.

### **6.3.3.2 Literature review**

#### **Initial round coding**

In the initial round of coding, the Gioia method was utilized to classify the statements into the previously determined dimensions. The statements and keywords were assigned based on the dimension that best represented their content and context. A sixth category is added as a filter to extract general statements and keywords on QA and QC which are not specific enough to provide substantial information for a dimension.

The number of statements per category is visualised in Table 3 with corresponding sources.

Table 3: Statements and sources coded into dimensions according to the Gioia method

Di-mensions	General (filtered)	Organisational structure	People and communication	Data acquisition	IT infrastructure	Data documentation
Number of statements	45	28	36	43	61	23
Sources	-	[6] [26] [7] [28] [33] [19] [32] [34] [35] [36] [37][7]	[6] [38] [39] [40] [41] [28] [34] [35] [42] [29] [36] [37] [31] [43]	[6] [38] [39] [7] [40][41] [44] [33] [45] [19] [46] [35] [29] [47][48] [49][50] [31] [51] [52] [53]	[6] [38] [39] [40] [41] [44] [33] [45] [19] [32] [34] [54] [46] [55] [42] [29] [36] [47][49]	[6] [38] [7] [19] [32] [34] [54] [29] [36]

### Second round coding

Following the initial round of coding, a second round of coding was applied to further categorize the statements into two "type" groups: problems and solutions. Problems highlight challenges, obstacles, or deficiencies. While solutions offer strategies, best practices, or interventions to address issues.

The statements and keywords are placed in these categories interpreting the tone of the statements. Problems are statements with a negative tone, these are identified by scanning for phrases containing words such as: "problems", "incompatibility", "poor", "lack of", "irregularities" etc. Solutions are statements with a positive nature and are detected by searching for phrases like: "improve", "better", "enhance", "promote" etc.

The large number of data samples resulted in subdividing the solutions into three categories: process solutions, physical and IT solutions, and other solutions. These categories were chosen based on the most common themes among the statements. Process solutions include solutions for team management and communication as well as other solutions linked to the non-digital side of the QA process. The statements on the digital side of the QA process, consisting of IT and digital tools that are physically used on-site, are categorized into physical and IT solutions. All other solutions which do not fit these distributions are categorized as other solutions.

After the second round of coding the statements were divided into four additional categories based on type group. The corresponding grid is visualised in Table 4. In total after this round of coding 31 articles were selected to form the literature background for the maturity model criteria and sub-dimensions.

Table 4: Statements and sources coded into dimensions and problem/solution categories according to the Gioia method

	Problems	Solutions physical/IT	Solutions process	Solutions other	Sources
Organisational structure	8	3	8	5	[6] [26] [7] [28] [33] [19] [32] [34] [35] [36] [37][7][56]
People and communication	15	6	11	3	[6] [38] [39] [40] [41] [28] [34] [35] [42] [29] [36] [37] [31] [43][56]
Data acquisition	10	30	0	2	[6] [38] [39] [7] [40][41] [44] [33] [45] [19] [46] [35] [29] [47][48] [49][50] [31] [51] [52][53]
IT infrastructure	15	40	1	0	[6] [38] [39] [40] [41] [44] [33] [45] [19] [32] [34] [54] [46] [55] [42] [29] [36] [47][49]
Data documentation	4	12	6	1	[6] [38] [7] [19] [32] [34] [54] [29] [36] [26]

### 6.3.3.3 In-depth analysis and model forming

After categorizing the statements from the articles, a synthesis of relevant information regarding QA and QC was written forming the literature basis for the maturity model.

#### Organisational structure

Total quality management (TQM) is a well-known framework in the organisation management field. It is based on the belief that organisations will thrive when all members are focused on delivering quality. One of the goals of total quality management (TQM) is the documentation of accountability and responsibility as a clear delineation of responsibilities can achieve optimal quality [26, 6]. Additionally, it is crucial for each individual to assume responsibility for their own performance, thereby establishing a culture where every individual is accountable for their own actions [26]. Implementation of these measures contributes to overall QA and QC.

Achieving the best quality does not just include managing these aspects, but also forecasting and planning ahead. Tailored QA protocols and guidelines should be developed and maintained for each individual project[7]. Currently, there is a problem of low transparency in construction projects. This creates difficulty for team members to effectively share information resulting in poor quality. To increase transparency an environment should be created where information can be shared openly [56]. This is also encouraged by Sanei et al. [38] through the principles of e-construction where quality in construction is enhanced through digitization of data [38]. Inspections should be conducted based on a risk-based approach, taking into account limited resources, non-conformance of materials, and temporal data[33, 34]. Additionally, immediate inspections by supervisors should be done upon the completion of each constructional component [6]. Planning for an official testing moment should be forecasted and coordinated to avoid duplication efforts[6, 34]. Currently, frequent changes make it hard to stay up to date [33]. Therefore scheduling of official testing moments should be integrated with the construction planning, enabling automatic rescheduling of testing moments in case of construction delays[34].

#### People, culture and communication

Implementation of quality measures faces challenges due to the lack of long-term ambitions and focus on short-term benefits [28]. However, it is crucial to see the value of long-term improvement goals and the benefits they can bring. Owners and supervisors play a vital role in promoting initiatives to enhance quality within organisations and projects [37]. Furthermore, it is essential to promote education programs on quality management, hereby enabling employees with knowledge and skills to drive improvement efforts [29]. Additionally, guidance from experienced co-workers can provide insights and practical knowledge, further facilitating the implementation of quality management practices.

Often communication issues and misalignment of processes within and between teams can result in poor teamwork which can lead to mistakes and rework [6]. It is critical to have a team that is committed to the quality process and mindset [28]. Teams should have the same goal in mind and stick to it. A supervisor should be actively involved with a team, regulating actions and providing guidance [42].

Communication and guidance are vital for a construction project and affect the efficiency of information sharing. The traditional Request for Information (RFI) process is time-consuming and ineffective [39]. As previously stated, the transparency in the construction sector is currently low. By creating an environment where participants can share information, teamwork can be improved [56]. Furthermore, to avoid complicated communication chains, it is important to ensure a continuous feedback loop between team members and supervisors [41].

To optimize communication and guidance, direct communication platforms have been introduced. Online communication through these platforms enables fast and efficient information exchange. Allowing all relevant stakeholders to have visibility into job-oriented communication [6, 36, 43]. Comprehensive documentation of job-oriented communication provides a trail of the underlying rationale behind specific decisions [7, 43]. Currently, guidance on-site is often paper-based. The introduction of personal digital assistants and mobile devices allows for specific drawings and 3D-models to be accessed on-site ensuring quality and the latest version of the design [43, 40]. AR-powered personal digital assistants can furthermore provide guidance during assembly tasks, by using digital overlays with assembly instructions [39].

### **Data acquisition**

Tracking can enhance quality through various means. First of all, tracking ensures visibility into the location and status of materials, equipment, and personnel, facilitating coordination, resource allocation, and error prevention on site [51, 35, 38]. Human errors are one of the most common causes for failure. Therefore, implementing head- and eye-tracking during inspections can aid in identifying missed areas through post-inspection data analysis [46]. Secondly, tracking contributes to efficient inventory management by ensuring that the right materials are at the right location at the right time [31]. To have effective inventory management data needs to be digitised. Digital documentation improves time efficiency and is less error-prone compared to manual tracking. Digital tracking of material, equipment and work can be beneficial for the entire construction process [52]. There are various tracking techniques, the most promising technique is the use of GPS-enabled RFID tools integrated with personal digital assistants (PDAs) and BIM [44, 47]. Passive and active RFID trackers both store product information, which can e.g. be used to track and log usage [47]. Active RFID technologies go a step further by transmitting the data to online web portals, like BIM. This connection gives people the ability to visualize the tracking data within the 3D model giving a complete overview of the usage history and location [47].

Inspection data is data containing information on the state and quality of a certain construction or a product. The traditional approach for this, is manual checking with analogue checklists however, this method is prone to discrepancies due to human errors [32, 40, 19]. To overcome these challenges, a digital approach is necessary. Implementing automated checklists from IFC files on PDAs can reduce the number of mistakes [40]. However, this method still has drawbacks as the data requires manual entries [40]. AR overlays can enhance inspection by guiding people during the inspection to specific points of interest [44]. Cameras and drones are useful to inspect hard-to-reach areas ensuring every part of the construction can be verified. Taking it one step further, sensors can be placed to automate the detection of non-conformities [38]. Combining LIDAR-based scanning with RFID tags allows for immediate uploads and automatic checks with the as-designed model [19]. Testing and calibrating tools and materials beforehand ensure their intended performance is up to standards [7]. Furthermore, focusing on limited resources and non-conformance risks results in efficient resource allocation [7, 19]. Lastly, the contractor can monitor their own personnel and subcontractors. This can be achieved through monitoring the performance with checklists. The contractors should have periodic meetings to review performance [53].

## **IT-infrastructure**

Constructing a robust IT infrastructure is essential to facilitate the usage of digital data. The infrastructure should function as a digital platform and centralized web portal from which information can be accessed [49]. BIM has been widely adopted in the industry and functions as such a platform, therefore usage of BIM platforms would be advised. Elevating BIM to 4D or 5D creates a connection with QC data by adding extra layers to the 3D model, visualising the quality inspection data [19]. The digital platform should have the ability to export IFC files into automated checklists, integrate with AR, and incorporate with machine learning add-ons for automatic identification of errors. Furthermore, information should be accessible and shareable through PDAs.

## **Data documentation**

Documentation strategy has a critical role in storing and retrieving data efficiently. Without a well-defined strategy, data often remains fragmented [19]. Structurally organizing documents ensures easy retrieval of files, and linking documents provides a trail of information. Fully automated documentation takes it one step further by employing AI as the data handler. It automates the storage of data in easily retrievable locations and establishes links between files. Documents can be retrieved by entering SPARQL prompts to retrieve all data connected to the query[19].

The way in which data is stored influences the usability of data. Data can be stored as non-linked files in 2D construction drawings or as IFC files which can include object-related information. The ideal approach is fully automated data extraction, ensuring all data remains connected [40]. This allows for data connections with industry standards, rules and regulations to facilitate automatic validation of the assets.[40].

Digitizing data increases the need for security measures. As most data is stored online it is important to have a clear security system that regulates access and documents user activities. Passwords should be enhanced with external keys like two-step verification to add extra layers of protection[36].

### **6.3.3.4 Concept model formation**

Table 4 and the synthesis of literature provide a base to build the model. A way to form the levels and criteria is to identify both extreme ends of best practice and worst practice after which the criteria for the levels in between can be formed [25]. The identified problems serve as a foundation for the lowest level in the maturity model, representing the starting point of the model's progression. For example, the statement "paper-based documentation is error prone" [38] is categorized as a problem and translated to maturity criteria for data type as: "Data is paper-based, pdf or 2D cad based". The statements, categorized as solutions, form the middle and highest levels of the maturity model. These statements offer practical strategies, best practice examples and state-of-the-art developments in the construction and IT industry and are therefore excellent examples of high-maturity implementations. For example, the statement "IFC should be standard for rule checking" [54] is translated to a criterion of the subclass data type as "Data is stored as IFC or other linked data file type". Whether the solution is a middle or highest-level solution depends on the subject and logic of progression e.g. one cannot use automatic checklists when there is no digital infrastructure. Black spaces in the model are logically derived by evaluating the high and low levels. For this model, three levels were chosen to limit the number of criteria derived from interpretations by the researcher utilizing the above-mentioned method.

In the case of certain dimensions, an extensive number of criteria were formulated. In order to enhance the model's readability, these dimensions were divided into sub-dimensions. These sub-dimensions were formed by assessing the criteria and finding a common theme among them. In total eleven sub-dimensions were identified and documented, together with the dimensions and criteria, in a grid.. Forming the first draft of the maturity model 5.

Table 5: Concept Maturity Model

DIMENSION	SUB-CLASS	LEVEL 1: Reactive	LEVEL 2: Preventive	LEVEL 3: Pro-active
Organisational structure	Accountability and responsibility	Responsibility is ad hoc organised.	Responsibility and delineation of tasks are documented.	Responsibility and delineation of tasks documented online and can be traced back.
		Accountability ad hoc organised.	Accountability is allocated and documented for a group or activity.	Everyone is responsible and accountable for their performance.
	Structure and planning	QA is ad hoc and there are no guidelines or protocols for Quality assurance.	General guidelines and protocols for QA. Protocols do not differ among tasks.	Guidelines and protocols are based on limited resources, non-conformance of materials and temporal data.
		Job assignments are communicated verbal or through paperbased measures	Job assignments are documented and shared through digital platforms.	
		Planning is documented and communicated ad hoc	Schedules are digital and can be updated manually when alterations are needed.	Scheduling for QA is integrated with the main schedule and automatically updates.
No planning for QA checks.	Test moments for quality assurance are planned during or after finishing a task.	QA test moments are forecasted and pooled. There are extra internal test moments planned based on risks		
People, culture and communication	Education and motivation	Short term thinking.	Attempts to induce long-term thinking	Long term thinking.
		No education on QA.	Education programs and guidance tracks are ad hoc or being developed.	Education programs are in the standard education for employees and multiple people within a company have quality assurance certifications.
		No active promotion of QA	Owner and supervisors promote initiatives and actions to improve quality.	Active collaboration and promotion of QA initiatives from all participants.
	Teamwork	Teams work separately and there are communication barriers.	Teams work and have good communication within their team.	Team works well within the team and with other teams. All participants are committed to quality process and mindset.
		Both internal and external processes are not aligned.	Internal processes within the team are aligned.	Processes with other teams and within the team are aligned.
		Supervisors are not involved with the team	Supervisors are actively communicating with the team and guiding and motivating the team.	Supervisors are involved with the team and provide guidance and regulate the actions of all team members.
	Communication and guidance	Communication is not documented. An inefficient communication chain that hinders information requests, information access, and sharing of knowledge among others.	Online communication and documentation through digital platforms and PDA. Communication is limited to the requestor and responder.	Direct communication and documentation through digital platforms. All relevant communication is visible for all involved participants and linked to location through the 3D model.
No guidance on using tools, materials and executing tasks. Printed 2D drawings as a reference, no automated updates		Verbal and visual explanation and guidance before the new task. 3D details as references on top of 2D. PDAs on-site to access digital models and information.	AR as assembly guidance PDA as guidance during tasks. Camera devices to scan hard-to-reach places	
Data acquisition	Tracking	Tools and materials are not tracked on location and usage	Documenting usage and location of materials and tools	Tracking of material and tools through BIM, GPS and/or RFID tags and tracking of inspection coverage.
	Inspection	Manual checking through analogue checklists.	Automatically generated checklist on PDA.	Automated checklists with AR overlay linked and recorded in RFID tags. Sensors to automatically monitor status. Lidar-based tracking and scanning for anomalies.
		Tools and materials are not tested or calibrated before usage.	Tools and materials are calibrated and tested ad hoc	Tools and materials are tested and calibrated before usage with samples based on non-conformance
IT infrastructure	IT infrastructure	No BIM or digital platform, files are localised, offline	3D BIM. Sharing through online platforms. Software and hardware to facilitate 3D BIM and online platform	4D or 5D BIM, all files are linked and accessible through online platform. Sharing through portable devices. Software and hardware that can transfer and connect sensor data and IFC files automatically
Data documentation	Documentation strategy	Ad hoc, no clear handling strategy, fragmented data locations	Structural organised documentation strategy. Strategy is consequently applied and checked	Information is stored as linked file and can retrieved through SPARQL queries
	Data type	Paper based, pdf, 2D cad, no linked files	IFC or other linked file types. Occasional pdf	Only IFC or other linked file types
	Security	Little or no security measures	Passwords and data is verified when entered in the system	Two-step verification and data is automatically verified by system

## 6.4 Demonstration of concept model through a workshop

In this phase, the concept maturity model is evaluated by QA experts within the construction sector (Figure 9). As suggested by Bendi et al. [5] the criteria should be refined and the levels should be validated. In their study Bendi et al. [5] propose a qualitative interview and discussion methods to ensure the comprehensive examination of a subject. Furthermore, qualitative methods can generate a large amount of detailed information even when there is a small group of samples. Given the limited number of experts available and the need for a qualitative approach, an interactive session such as a workshop would be suitable to discuss and evaluate the model.

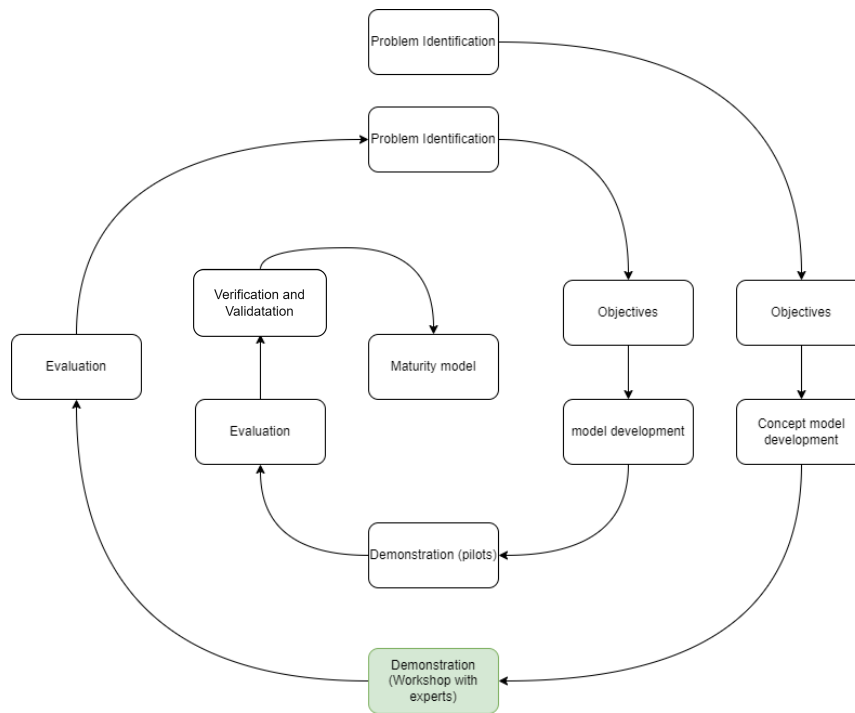


Figure 9: Research approach with demonstration phase cycle one highlighted

### 6.4.1 Layout of workshop

The goal of the workshop is to evaluate the conceptual maturity model, identify problems and make the criteria practical. This is realised by discussing the clarity, logic and operability with experts from the field over the dimensions, sub-dimensions and criteria. The workshop is recorded for thorough analysis during the evaluation phase. The layout of the workshop is elaborated below:

1. Opening with a clarification of the aim of the research, followed by the aim of the workshop.
2. Short explanation of the maturity model, and the dimensions and sub-dimensions.
3. Opportunity for discussion of dimensions and sub-dimensions in general (30 min).
4. Per sub-dimension and level the criteria are elaborated.
5. The participants are asked if the explanation is clear, if they consider the criteria valid and if the criteria are applicable in the construction sector.

## 6.5 Evaluation of workshop

During the evaluation, the recording of the workshop is analysed through auditory examination and relevant remarks are noted (Appendix B). Subsequently, a list of concerns and comments is created to serve as a foundation for formulating the problem identification and objectives aimed at improving the maturity model (Appendix C).

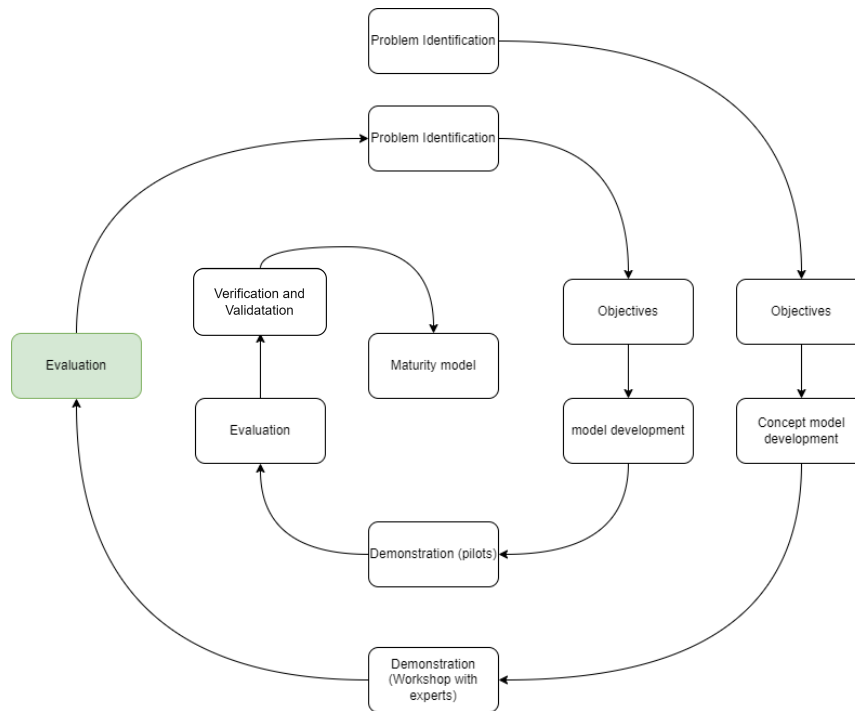


Figure 10: Research approach with evaluation cycle phase one highlighted

The workshop evaluation reveals several points of improvement in the model. First, the scope of the model was unclear to the participants. There was an assumption that the model was directly linked to the Wkb, while in reality the model primarily focuses on evaluating the overall QA and QC processes of projects. Additionally, participants lacked clarity on the scope of the model. While discussing the model it became apparent that most participants have restricted knowledge of the different processes within the project, hindering them from providing representable answers on behalf of the entire project. Therefore it was suggested to narrow the model's focus to project subgroups, ensuring the accuracy of information. Aggregating outcomes from the various subgroups provides a comprehensive assessment of the overall project's maturity level.

The most frequent comment was the lack of clarity in the formulation of the criteria. This should be refined in the improved model. Additionally, criteria need to be comprehensible for subcontractors and a list of definitions should be provided alongside the model to avoid misinterpretations.

Certain criteria contain examples that cause confusion and can result in incorrect assignment of maturity levels. Furthermore, the non-universal applicability of the examples makes them redundant. E.g. there is no need for AR assembly guidance for a company that only provides technical drawings. Generalising the criteria makes them applicable to all teams within the project.

Next, there are instances where sub-dimensions cover multiple subjects, resulting in unnecessary complexity. To make the model more representable and improve its usability, it was suggested to split the sub-dimensions



into separate criteria. For example, the sub-dimension tracking covers both material and equipment, to avoid confusion this sub-dimension should be divided into separate criteria for material and separate criteria for equipment.

Lastly, there are misplaced sub-dimensions and criteria. For instance, the sub-dimension security should be in the monitoring dimensions as it covers the monitoring of data rather than the documentation of data.

## 7 Cycle two: Iteration and validation of maturity model

In this section cycle two of the research approach starts following the steps: problem identification, objectives, model development, demonstration through pilot project, evaluation, and validation and verification of the maturity model.

### 7.1 Problem identification after workshop

After comparing the the expert input and the original model discrepancies are identified.

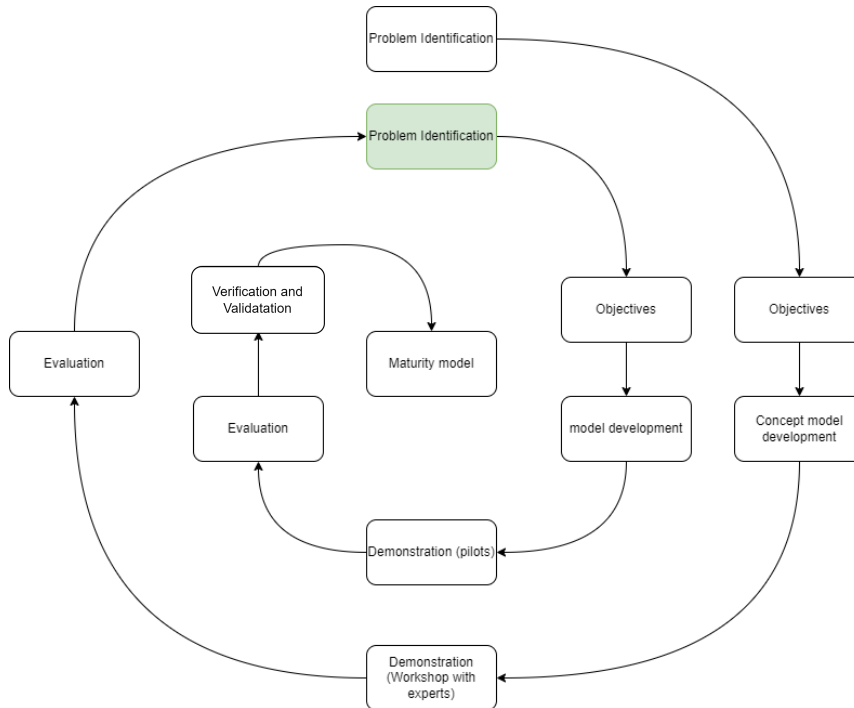


Figure 11: Research approach with problem definition phase cycle two highlighted

#### Unclear Model Scope:

The workshop revealed confusion among participants regarding the model's scope. Participants assumed a direct link one to one link with Wkb, but the model's actual focus is on evaluating QA and QC processes in general. This misunderstanding necessitates clarification to align participants' expectations with the model's purpose.

#### Unpractical Model Scale:

Participants in a project have limited access to information on processes in the project. This hinders their ability to provide accurate assessments of the project as a whole as they lack the knowledge. To address this, the model should focus on subgroups and companies instead. The assessment of different subgroups can be aggregated into an assessment of the project as a whole. To accompany this change the formulation of the criteria should be altered in the whole model.

#### Formulation Clarity:

The lack of clarity in criteria formulation was identified as a recurring issue during the workshop. Refining the formulation of the criteria is essential to eliminate confusion among participants and ensure a more effective evaluation process.

**Incomprehensible Criteria for Subcontractors:**

Certain concepts were found to be unclear for certain parties. To address this, a list of definitions should be provided alongside the model. This step would enhance subcontractors' understanding and improve the accuracy of their responses.

**Confusing Examples in Criteria:**

The workshop feedback highlighted confusion from unclear examples which were posed as criteria. These examples in criteria would result in inaccurate assessments as not every tool, material and instrument is required for different jobs. Generalizing criteria to be universally applicable across all teams solves this problem and avoids wrongly assigned levels.

**Complex Sub-dimensions:**

Complex sub-dimensions covering multiple subjects were considered to be unclear. To avoid misunderstandings and improve the user experience, these sub-dimensions need to be split into separate sub-dimensions or separate criteria.

**Misplaced Sub-dimensions and Criteria:**

The misplaced sub-dimensions and criteria can result in confusion, therefore it is important to place them in more suitable dimensions and alter the criteria accordingly.

## 7.2 Objectives after workshop

After defining the discrepancies an objective will be formulated to improve the model.

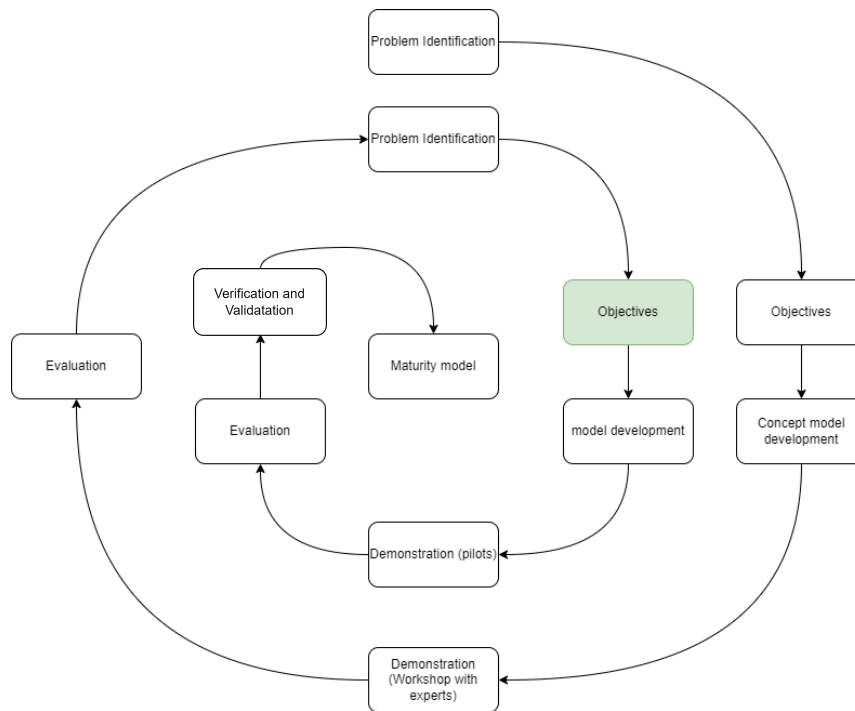


Figure 12: Research approach with objectives phase cycle two highlighted

### **Unclear Model Scope:**

Objective: To clarify the scope of the maturity model to participants by writing a short introduction to the maturity model before the assessment starts. This clarification will refine expectations of the model's intended purpose and enhance the accuracy of assessments by the participants.

### **Unpractical Model Scale:**

Objective: To improve the accuracy and representativeness of participant responses by narrowing the model's focus to project subgroups. Limiting the assessment of the model only to the area of expertise and knowledge of the participant provides a better understanding of the questions for the participants. Multiple assessments of parties will provide a comprehensive insight into the maturity of the overall project.

### **Formulation Clarity:**

Objective: To enhance the understanding and accuracy of the maturity model by refining the formulation of criteria. The objective is to eliminate confusing and interpretable language in the definition of criteria. This will result in more representable and reliable evaluation outcomes.

### **Incomprehensible Criteria for Subcontractors:**

Objective: To ensure comprehension of complex terms by participants, there should be a reference text explaining them. The objective is to provide a list of definitions alongside the model. This step aims to improve participants' comprehension of the terms and concepts within the criteria, enabling them to provide accurate and informed information.

### **Confusing Examples in Criteria:**

Objective: The goal is to improve the clarity and accuracy of the maturity model by generalizing the criteria.

By removing not generally applicable examples, the model will provide criteria that are relevant to the participants from different project teams.

**Complex Sub-dimensions:**

Objective: To enhance the usability of the maturity model, complex sub-dimensions need to be divided into separate criteria. This approach aims to simplify questions and avoid overlap by facilitating distinct criteria for each aspect, leading to a more accurate assessment.

**Misplaced Sub-dimensions and Criteria:**

Objective: To avoid confusion sub-dimensions need to be linked logically with the overarching dimension. The objective is to correctly categorize sub-dimensions and criteria. By addressing misplacements, the model will more accurately reflect the different aspects of project evaluation.

## 7.3 Model development

The identified issues and objectives are utilized to improve the current model and ensure it reflects the input of the experts. The analysis shows that there is confusion about the model's scope and scale. This will be tackled by providing an introductory text (in dutch) and an additional list of definitions. The other issues will be tackled in the model itself.

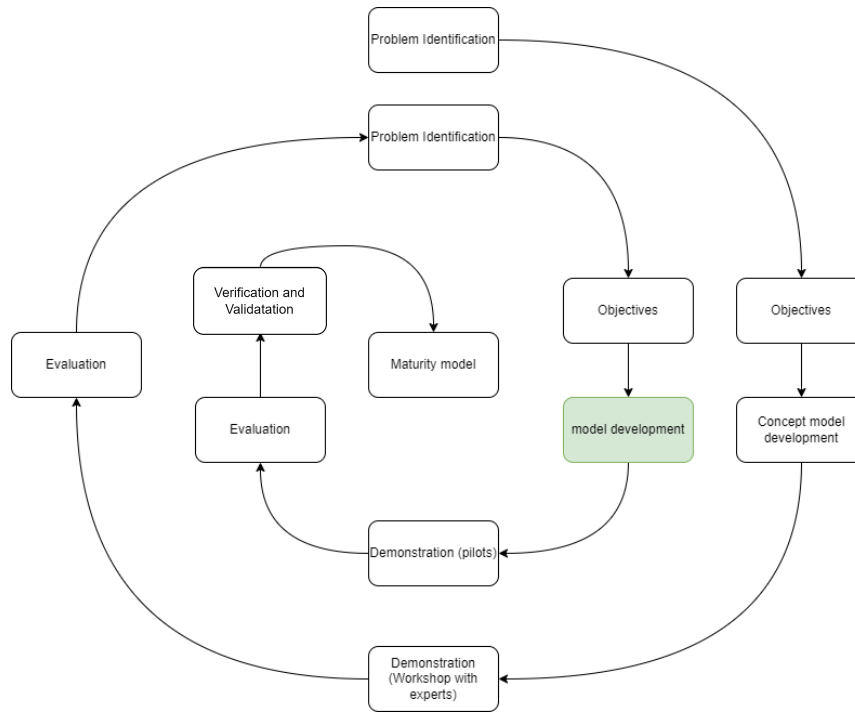


Figure 13: Research approach with model development phase cycle two highlighted

### 7.3.1 Alterations in the model

#### Organizational Structure

During the workshop, it was noted that responsibility is typically documented in contracts. As a result, the focus of this sub-dimension has been shifted to contractual aspects. The sub-dimension "Planning" has been divided into smaller sections: Project planning, task planning, and QC planning. This was necessary to avoid confusion on the type of planning. The wording of these criteria has been refined by removing unnecessary examples, such as "manual updating of schedules." Tracking quality moments has been moved to the "tracking" sub-dimension since it focuses more on the method of monitoring quality moments rather than documenting this planning.

#### People, Culture, and Communication

The criteria for education and motivation have been made more concrete and concise in describing short-term and long-term thinking, as these criteria were previously difficult to assess. Furthermore, the motivation of both the team and leadership has been clarified by formulating them as separate consecutive criteria. Moreover, the sub-dimensions "teamwork" and "communication" have been merged together since they are closely related. Effective communication is essential for successful teamwork and vice versa. Upon closer inspection, the category "guidance" no longer fits in this sub-dimension, as it is less related to personal communication and more focused on instructing. This led to "guidance" functioning as a separate sub-dimension in the model.

## **Monitoring**

The dimension name "data acquisition" has been changed to monitoring. This is because monitoring covers the subject better, as both tracking and inspection refer to the monitoring of quality. The "tracking" aspect has been further divided into five criteria to increase clarity and prevent confusion. This ensures that the criteria contain only one theme at a time instead of a variety. During the workshop, it was also noted that the construction sector distinguishes between materials, labour, equipment, and subcontracting. This division has been adapted to the criteria. Since subcontracting can be considered a vague concept, it has been broadly formulated as "employees." Due to extensive data transfers, "data tracking" has also been introduced as a criterion for monitoring. The criteria for "inspection" have been split for the same reason. A clear distinction has been made between inspecting services or products received by the team and those to be delivered by the team. These have been separated because not all companies perform both types of inspections. Furthermore, the wording has been adjusted to clarify the criteria. Unnecessary examples, such as "AR overlay and RFID tags," have been omitted as they are not universally applicable to all project teams.

## **IT infrastructure**

Overly specific concepts like 3D BIM have been omitted and instead described as more general concepts. This adjustment was made due to the realization that a digital platform can exist independently of BIM, with some companies opting for advanced platforms that do not require 3D modelling.

## **Data documentation**

The term has been changed from "gegevens" to "data" as "gegevens" mainly encompasses raw data, while "data" refers to data that forms meaning when combined. This was a language issue and was not found to be a problem in the English version. Unnecessary examples, such as "SPARQL queries," have been removed from the documentation strategy and replaced with more general terms like Document Management System (DMS) and Resource Description Framework (RDF). Security in the form of passwords has been considered redundant, as the focus is primarily on protecting data from manipulation. Backup procedures are of primary importance in this regard and have been included under the documentation strategy.

## **Additional sources**

For some of the points of improvement, the current literature study was insufficient to provide the statements. In this section, additional information on data management and backups is elaborated to enhance the model's scientific basis.

An electronic DMS structures data to make it easy for team members to find and access the right documents. It is a secure and reliable way to store data and improves company workflow. Having a DMS reduces the chance of taking the wrong version of a file as it enables version control ensuring the most recent files in the system [57, 58]. The RDF is taking it even a step further. Instead of managing the location of documents, it provides a framework for metadata through the linking of objects with Uniform Resource Identifiers (URI). The file can store information on different properties of the object. Using RDF allows team members to access data from the source file resulting in fewer mistakes due to copying [59].

To ensure data is not manipulated it is important to keep backups. The 3-2-1 backup strategy refers to an approach for data security. There should be three copies of the data, two of those copies should be stored in separate locations and one of these copies should be a cloud-based copy. RAID technology ensures that one corrupted disc in a backup does not result in the total failure of a backup[60].

### 7.3.2 Maturity Model

Table 6: Maturity model after workshop

DIMENSION	SUBCLASS	LEVEL 1: Reactive	LEVEL 2: Preventive	LEVEL 3: Proactive
Organizational Structure	Responsibility and Accountability	Responsibility and accountability for delivering products and/or services are not documented in contractual agreements.	Responsibility and accountability for delivering products and/or services are partially documented in contractual agreements.	All responsibility and accountability for delivering products and/or services are fully documented in contracts.
	Structure and Planning	QA and QC within the team are not documented in protocols and/or guidelines.	QA and QC within the team are documented in protocols and guidelines. Protocols contain the minimum elements required to demonstrate that the as-built situation complies with building regulations and they are applied in a structured manner	Guidelines are project-specific and include additional internal checks by the team for high-risk constructions.
		Tasks/to-do lists are assigned in an unstructured manner and are incompletely documented.	Tasks are assigned in a structured manner to individuals and digitally documented. Tasks are visible to team members through a digital platform.	Tasks are linked to a schedule and can be automatically updated.
		General project planning is absent and/or only locally or partially visible.	General project planning is present and visible to team members on a digital platform.	General project planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
		Task planning is absent and/or only locally or partially visible.	Task planning is present and visible to team members on a digital platform.	Task planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
		Quality control planning is absent and/or only locally or partially visible.	Quality control planning is present and visible to team members on a digital platform.	Quality control planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
People, Culture, and Communication	Education and Motivation	Reactive attitude towards knowledge development. Processes are only changed after mistakes are made.	Existing knowledge in QA and QC is maintained. There is no emphasis on actively developing new knowledge.	Progressive attitude towards knowledge development. Active investment is made in the development of new knowledge and innovative solutions.
		No investment in training/courses/education for QA and QC.	Training/courses/education in QA and QC are followed by team members.	Training/courses/education for QA and QC are part of the project or team standard education curriculum, and at least one person in the team has completed a certificate and/or course in QA and QC.
		There is no encouragement from the supervisors/clients for QA and QC in the team.	Supervisors/clients encourage teams to deliver and ensure quality.	Supervisors/clients push for delivering and ensuring quality within the team.
		The team is not concerned with delivering and/or ensuring quality.	The team is concerned with quality but limited to mandatory aspects. There is no culture of quality assurance.	There is a culture of QA and QC in which everyone in the team actively participates in delivering and ensuring quality.
	Teamwork and Communication	Team members have little to no insight into the work of other team members.	Team members have insight into the work of other team members and can access this information digitally.	The team, in addition to having insight into its tasks, also has insight into the work of other teams within the project.
		Team communicates ad hoc. Team members rarely communicate with other team members.	Team communicates systematically. Team members have effective open communication within the team.	The team works integrally. The team maintains effective and open communication with other teams in the project.
		Communication is oral, on paper, and/or individual notes.	Communication is digital but decentralized. Peer-to-peer networks are used.	Communication through a centralized digital platform. Communication is visible to everyone within the team and/or project.
Guidance	Oral and/or textual and paper-based guidance.	Textual guidance accompanied with digital and/or paper-based images.	Digital guidance via text, 2D and 3D visualizations, models, and other automation solutions.	
Monitoring	Tracking	Usage and location of materials are not and/or barely documented .	Usage and location of materials are systematically (digitally) documented.	Usage and location of materials can be live-tracked in a digital platform.
		Worked hours are not and/or barely documented.	Worked hours are systematically (digitally) documented.	Worked hours are live-tracked in a digital platform.
		Usage and location of equipment are not and/or barely documented.	Usage and location of equipment are systematically (digitally) documented.	Usage and location of materials can be live-tracked in a digital platform.
		Employees are not monitored.	Sampling-based monitoring of employees	Employees are continuously monitored by automatic inspection systems.
		Location of data are not and/or barely documented.	Location of data is documented, there is a strategy for retrieving information which is applied in a systematic manner	Location of data can be determined using automated search algorithms.
		Quality control moments are sporadic and not recorded.	Control moments are scheduled after a task or partial product is completed.	Control moments are predicted before or during the execution of a task. When possible, control moments are efficiently planned by performing multiple checks simultaneously.
	Inspection	Inspection of provided products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	Inspection of provided products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	Inspection of provided products and information is performed by automatic inspection systems.
		Inspection of to-be-delivered products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	Inspection of to-be-delivered products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	Inspection of to-be-delivered products and information is performed by automatic inspection systems.
		Inspection of materials is corrective(Only for construction phase).	Inspection of materials is preventive and sampling-based.	Inspection of materials is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems.
		Inspection of equipment is corrective(Only for construction phase).	Inspection of equipment is preventive and sampling-based.	Inspection of equipment is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems.
IT Infrastructure	IT Infrastructure	No digital platform, files are decentralized.	Use of an online digital platform. Files are centralized. There are digital representations of products.	Integrated online digital platform. Digital representations are linked to additional dimensions such as scheduling, costs, quality control, etc.
Data Documentation	Documenta-tion Strategy	Data is stored in an unstructured manner, data locations are fragmented.	Data is systematically stored using data management systems (DMS).	Data is stored in a linked manner using a Resource Description Framework (RDF).
		There is no clear backup strategy. Ad hoc backups are made and kept in the same location.	Backups are automated, and there is at least one on-site backup and one off-site backup.	There are at least three backups, including one off-site, and RAID technology is used.
	Data Type	Paper, PDF, 2D CAD, no linked files.	Between 23% and 75% linked files (IFC, COBie, BIM), the remainder supplemented with other digital file types (2D CAD, PDF, etc.).	At least 75% of the information is linked data.



## 7.4 Demonstration: Pilot test

The new maturity model is tested in a pilot project.

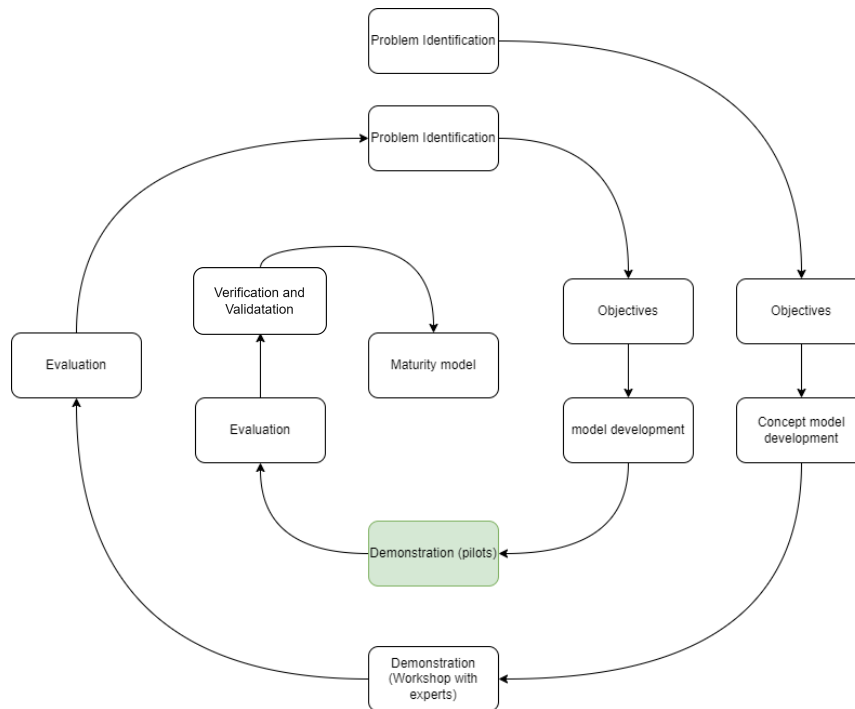


Figure 14: Research approach with demonstration phase cycle two highlighted

### 7.4.1 Pilot testing methodology

Eight participants were selected from three different projects. Participants were asked to fill in the maturity questionnaire and an additional questionnaire rating the weight of the sub-dimensions. The questionnaires were discussed and validated with an expert from the field beforehand. Using the questionnaire the maturity of the teams was determined. These results were aggregated to determine the maturity of the whole project and formulate project- and team-specific recommendations. The results were shared with the participants and they were asked to give their opinion on the maturity model's use-fullness, clarity and practicality.

### 7.4.2 Questionnaire development

To measure the maturity, the model needed to be translated into a questionnaire. In this case, the online questionnaire creation tool "Jotform" was used as it creates a clear user-friendly questionnaire. The questions were developed by taking the criteria in the maturity model and one by one translating them into a question or statement form. The starting point of the questionnaire for each individual was the second level. When participants did not meet the requirements of the second level they automatically got allocated to the first level for that particular criteria. If they met the criteria they got the question for the third level otherwise they moved on to the next criteria. The questionnaire is documented in Appendix D.

An additional questionnaire was created to determine the weight of the sub-dimensions and to let participants rate their own QA process. The questionnaire is included in Appendix D.

### 7.4.3 Project 1: Energy-efficient social housing in Drachten

40 new energy-efficient homes are developed in Drachten. The new homes will be fully electrical while maintaining the characteristics of the demolished buildings. What makes this build challenging is that the project is part of a Wkb pilot. These pilots are used to practice with additional rules the Wkb brings. For this Wkb pilot, the teams work with one of the certified Wkb tools. Three participants from different teams in the project are joining this maturity model pilot.

Table 7: Participants project 1

Participant	Team function	Phase
Participant 1	Contractor	Preparation and construction phase
Participant 2	Subcontractor	Construction phase
Participant 3	Project management	Preparation phase

### 7.4.4 Project 2: Sustainable new-build homes in Culemborg

For project 2, 60 new terraced homes are developed in the city of Culemborg. The project characterizes itself as creating sustainable prefabricated wooden homes. The new homes are CO<sub>2</sub> neutral produced in a factory and assembled on-site. The difficulty in this project is that all MEP elements need to be placed in the prefabricated walls before construction. Producing them in a controlled environment like the factory should reduce mistakes which could've occurred on the construction site. However clear instructions are vital to ensure the homes are assembled correctly. From this project, two participants are joining the pilot.

Table 8: Participants project 2

Participant	Team function	Phase
Participant 4	Engineering and design management	Preparation phase
Participant 5	Construction engineering	Preparation phase

### 7.4.5 Project 3: Modular new-build homes in Lelystad

Project 3 is a new-build project in the city of Lelystad. The project consists of 122 new detached or semi-detached homes in a natural setting. The project characterizes itself by using a "grow concept". You buy a basic home, and depending on your preferences, can personalize the home to your situation using a modular system. The additional blocks are standardized and can be added to every basic home. The difficulty in this project is ensuring the modules are compatible with each other ensuring quality during the construction phase. From this project, three participants will join the pilot each representing a team.

Table 9: Participants project 3

Participant	Team function	Phase
Participant 6	Project development	Preparation phase
Participant 7	Project planning	Preparation phase
Participant 8	Construction and installation engineering	Preparation phase

## 7.5 Evaluation and results of pilot projects

The evaluation phase is concerned with the results of the pilot projects. The participants were given the result of their questionnaire with corresponding recommendations. These results were evaluated during a short interview, T2 did not participate in this evaluation interview due to scheduling issues. The previously stated model requirements will be assessed to validate and verify the maturity model.

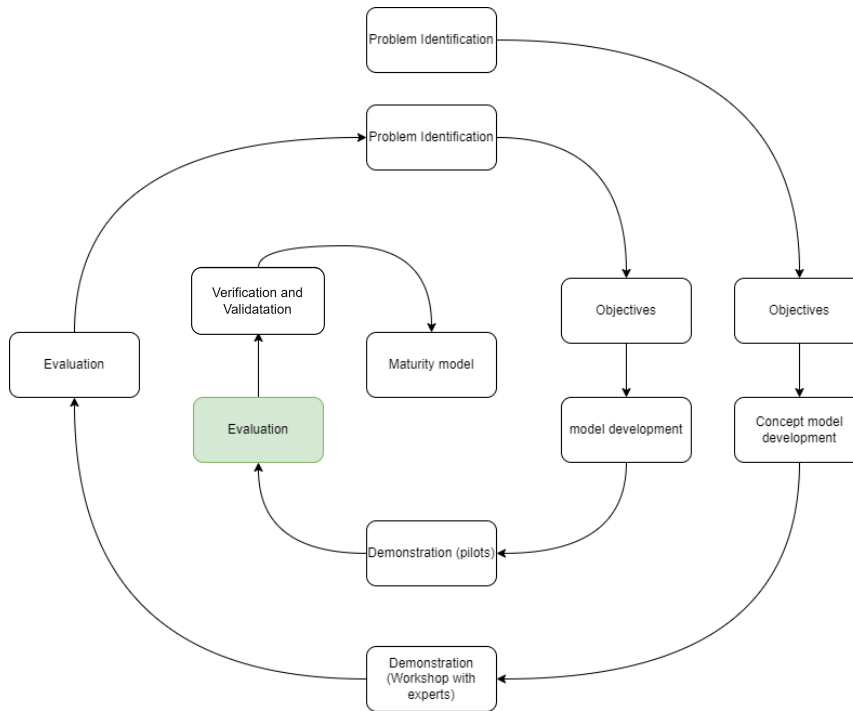


Figure 15: Research approach with evaluation phase cycle two highlighted

### 7.5.1 Determined maturity levels

The maturity of each team for each criterion is established using the answers of the participants in the questionnaire (Appendix E). The maturity is calculated per dimension and for each criterion separately. The maturity for the dimensions is computed by taking the mean of every project and the mean of all projects together (average) (Figure 16). From Figure 16 it can be concluded that IT infrastructure is the most established in the teams, followed by people, culture and communication, data documentation and monitoring. Organizational structure is the least established with an average maturity of 1,79. For each of the projects, the mean maturity will be calculated for each criterion.

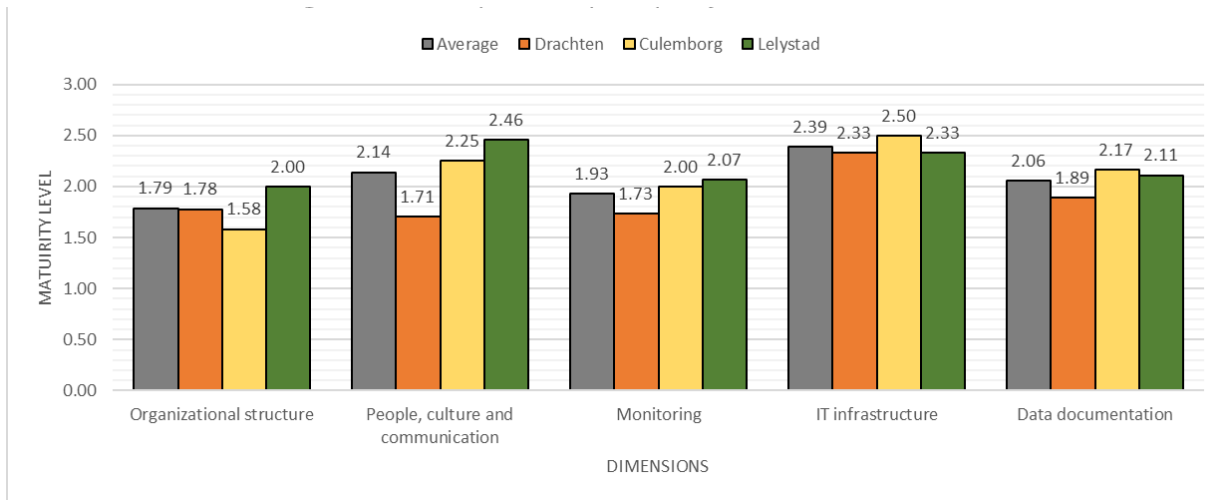


Figure 16: Mean maturity level per project and dimension including the average maturity

### 7.5.1.1 Project 1: Drachten

**Current situation** Within the team, there's currently a lack of structured plans, this absence can pose challenges for maintaining schedule and delivering quality. There is insufficient focus on knowledge development and QA training, which can result in knowledge gaps. The current level of communication can pose problems in the future. However, the existing communication is documented well. Motivation, monitoring, IT-infrastructure and documentation strategy all have a good basis but can benefit from improvements (Figure 17).

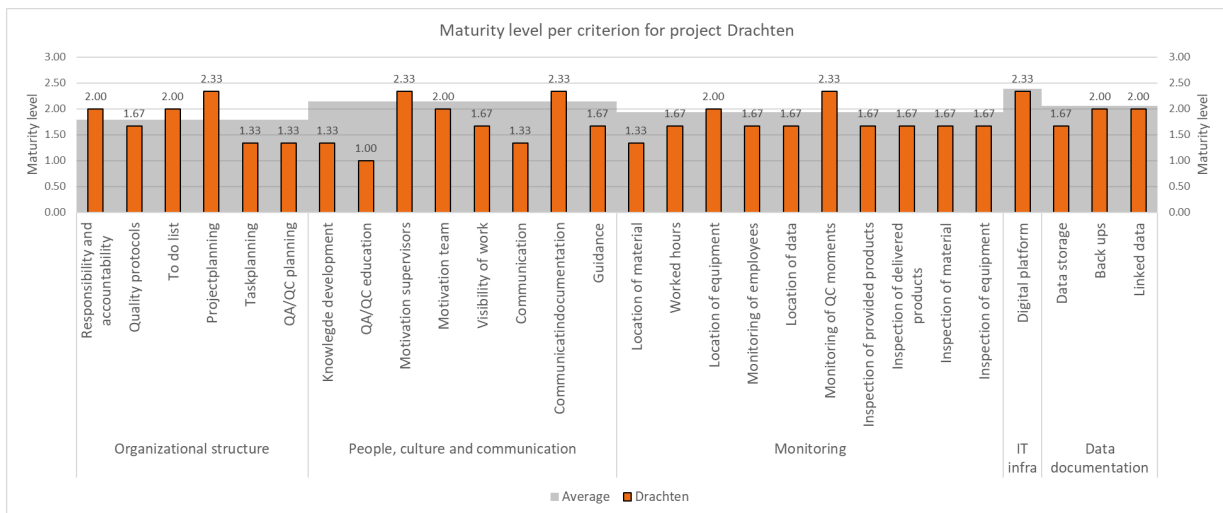


Figure 17: Average maturity project 1 for every criterion

### Recommendations

The model indicates a lack of defined schedules within the project. Maintaining and making the plans transparent can bring structure to projects and reduce potential inconsistencies and inefficiencies in the quality of products or services. Therefore, it is recommended to create plans for QC and tasks within the team. These plans should be accessible to all team members so that everyone is aware of who is doing what and which tasks are still pending.

There is little focus on knowledge development and education, resulting in missed opportunities to improve team members' skills. These skills can be acquired through certifications, workshops, and online courses specifically focused on QA.

Significant progress can be made on the topic of communication. There is little effective open communication within teams. To encourage more interaction among team members and between teams in the project, regular meetings or text updates can be scheduled. This can be further enhanced by utilizing digital online platforms that facilitate discussion chats and document communication in real time.

### 7.5.1.2 Project 2: Culemborg

#### Current situation

The project has very sophisticated categories where the project maturity is level three however, there are also themes which score low. For example, there are missing QC protocols. Meaning that there is no standardized approach to ensure the quality of products or services. This can lead to inconsistent results, customer dissatisfaction, and rework. Furthermore, the lack of visibility in the schedules can lead to incompatibilities. However, there is a strong motivation among teams and project leaders to deliver quality. Communication is open, but it is often documented ad hoc, which can result in scattered data and an unclear chain of decisions. Furthermore, there is a significant difference in the extent to which training is being pursued. Teams need to have sufficient knowledge in the field of QA so that all involved parties are aware of the requirements. Last but not least a sophisticated level of QC and monitoring of products is identified. However, this is limited to products as the level of QC on materials is established at level 1 (Figure 18).

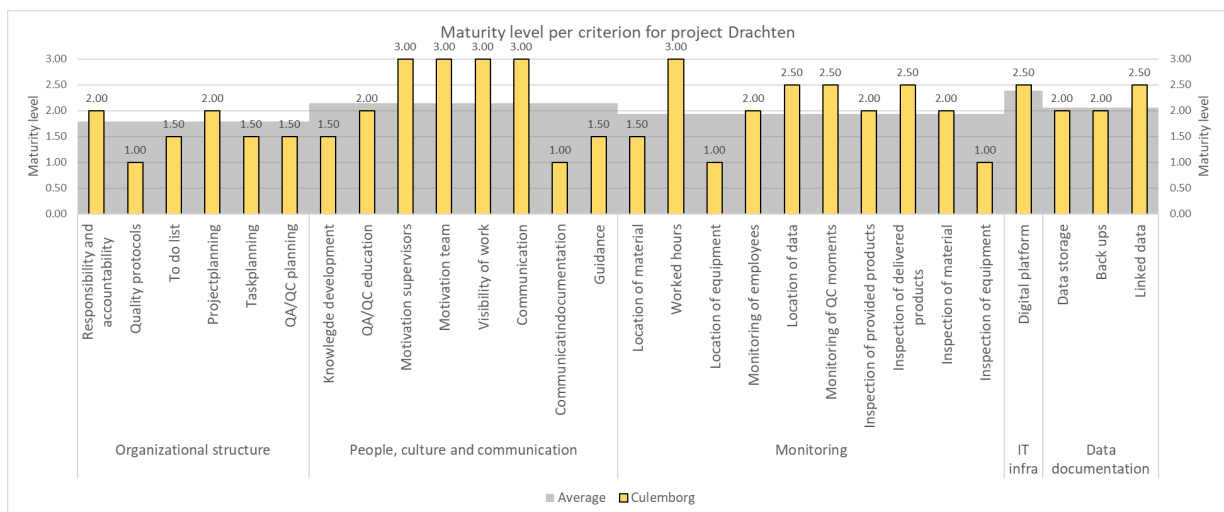


Figure 18: Average maturity project 2 for every criterion

#### Recommendations

First, regarding QC, it is recommended to establish quality agreements and develop QC protocols tailored to the project. Second, in the area of communication documentation, it is advisable to document decisions, meetings, and questions so that they can be referred to later. If applicable, it is also useful to track materials and assets (such as software and licenses). It is advisable to make these schedules visible to both internal and external teams so that everyone can see who is working on which tasks.

### 7.5.1.3 Project 3: Lelystad

#### Current situation

There are significant differences among the teams when it comes to QC protocols and task lists. While some teams have project-specific protocols and integrated task lists, in others teams they are unstructured

or absent. Although specific QC guidelines exist, none of the teams translate them into schedules visible to all project members. The level of individuals with certifications and training in QA varies greatly, which can lead to inequality within the project. There is a lack of documented guidance for tasks which can influence the quality due to interpretation differences. Motivation and communication seem to be at a high level in all teams, with both the team members and supervisors being motivated to deliver quality. There are substantial differences in tracking the usage and location of materials and equipment. Monitoring of employees is rarely done in all teams (Figure 19).

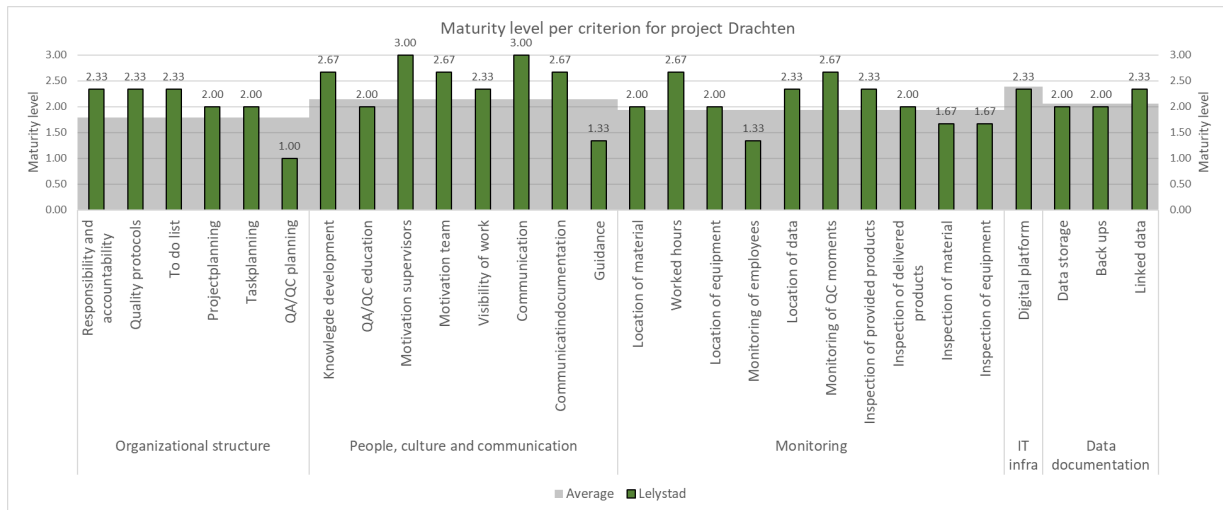


Figure 19: Average maturity project 3 for every criterion

## Recommendations

To enhance the overall maturity levels of the organization, specific actions should be taken. First, it is essential for the project teams to invest in creating clear schedules for QCs. These schedules ensure that no QC checks are missed and team members can take them into account. Secondly, there can be a focus on developing visual or textual explanations for tasks to reduce the risk of interpretive errors due to miscommunications. Furthermore, there is currently little control over employees' work methods. Monitoring employees can ensure that any incorrect work methods are quickly corrected. Finally, it is recommended to address the significant differences among the teams, particularly differences in levels of education, visibility of tasks, QA protocols, and the monitoring and tracking of the location and usage of materials and assets.

## 7.5.2 Percentage of participants per level and maturity criteria

The percentages of recorded instances for the maturity levels compared to the whole dataset were calculated and recorded in Table 10. A high percentage in level 1 means that the majority of the teams score low in that criterion opposed to a high percentage in level 3 where teams score high in that particular criterion. From this table it can be concluded that education, protocols, and the visibility of the QC planning are the least established for the whole group as over half of the teams scored level 1. The motivation of the team and supervisor as well as the tracking of QC moments scored the highest overall, with more than 50% of the teams scoring level 3.

Table 10: Percentage of total participants per level for every criterion

<b>Criterion</b>	<b>Percentage level 1</b>	<b>Percentage level 2</b>	<b>Percentage level 3</b>
QA/QC planning	75%	25%	0%
Education	63%	13%	25%
Quality protocols	63%	0%	38%
Guidance	50%	50%	0%
Inspection of equipment	50%	50%	0%
Inspection of materials	50%	38%	13%
Location of materials	50%	25%	25%
Taskplanning	38%	63%	0%
Monitoring of employees	38%	63%	0%
Knowledge development	38%	38%	25%
To-do lists	38%	25%	38%
Inspection of materials	25%	75%	0%
Inspection of provided products	25%	50%	25%
Communicationdocumentation	25%	38%	38%
Visibility of work	25%	25%	50%
Communication	25%	13%	63%
Worked hours	25%	13%	63%
Back ups	20%	60%	20%
Data storage	13%	88%	0%
Inspection of delivered products	13%	75%	13%
Location of data	13%	63%	25%
Linked data	13%	50%	38%
Responsibility and accountability	0%	88%	13%
Projectplanning	0%	88%	13%
Digital platform	0%	63%	38%
Motivation team	0%	50%	50%
Monitoring of QC moments	0%	50%	50%
Motivation supervisors	0%	25%	75%

### 7.5.3 Relative importance of sub-dimensions

To determine the relative importance of the sub-dimensions participants were asked to rate them on a scale of 1 to 10 based on their importance and influence to QA and QC. After collecting the ratings the average is determined for each sub-dimension. The ratings are utilized as weights for calculating the final maturity level per team to reflect the level of importance to the QA and QC process. To make the weights applicable they are normalized. The rates, average and normalized values can be found in Table 11.

Table 11: Relative importance of subdimensions on a scale of 1 to 10 and the average and normalized rates

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Average rate	Normalized rate
<b>Teamwork and communication</b>	8		6	8	9	8	10	8	8,1	0,11
<b>Responsibility and accountability</b>	6		6	10	7	10	8	6	7,6	0,10
<b>Structure and planning</b>	6		5	10	8	8	7	7	7,3	0,10
<b>Inspection</b>	8		7	10	2	8	8	8	7,3	0,10
<b>Guidance</b>	5		5	10	9	8	6	7	7,1	0,09
<b>Documentation strategy</b>	6		5	8	7	8	8	5	6,7	0,09
<b>IT infrastructure</b>	6		5	8	8	9	6	4	6,6	0,09
<b>Data type</b>	4		6	5	9	7	6	7	6,3	0,08
<b>Tracking</b>	4		6	8	4	8	7	5	6,0	0,08
<b>Education and motivation</b>	5		7	1	8	6	6	8	5,9	0,08

#### 7.5.4 Estimated maturity and calculated maturity

The model-determined-maturity takes the average result of the sub-dimension and multiplying them with the allocated weights reflecting the relative importance (Table 11). Participants also estimated their level of maturity, this is compared with the model-determined-maturity in Table 12. These results will be utilized during the verification phase to determine the accuracy of the model.

Table 12: Estimated level of QA and QC by participants on a scale of 1 to 10 and normalized level ((scale 1-3) in comparison with model-determined-maturity level

Project	Team	Function	Estimated level of QA and QC in team (1-10)	Normalized estimated level (1-3)	Model-determined-maturity level (1-3)
1	1	Projectmanager (contractor)	7	2.10	1.76
1	2	Projectmanager (subcontractor)	-	-	1.77
1	3	Construction and installation engineer	6	1.80	1.39
2	4	Engineer/design manager	7	2.10	1.90
2	5	Project engineer	7	2.10	1.83
3	6	Project developer (developer)	8	2.40	2.09
3	7	Projectplanner (projectvoorbereider)	9	2.70	1.79
3	8	Projectmanager	6	1.80	1.80



## 7.6 Verification

In this section, the verification of the model is discussed utilizing the model requirements from section 6.3.1. Verification refers to checking whether the maturity model aligns with the developer's intended design and reflects the original conceptualisation [61].

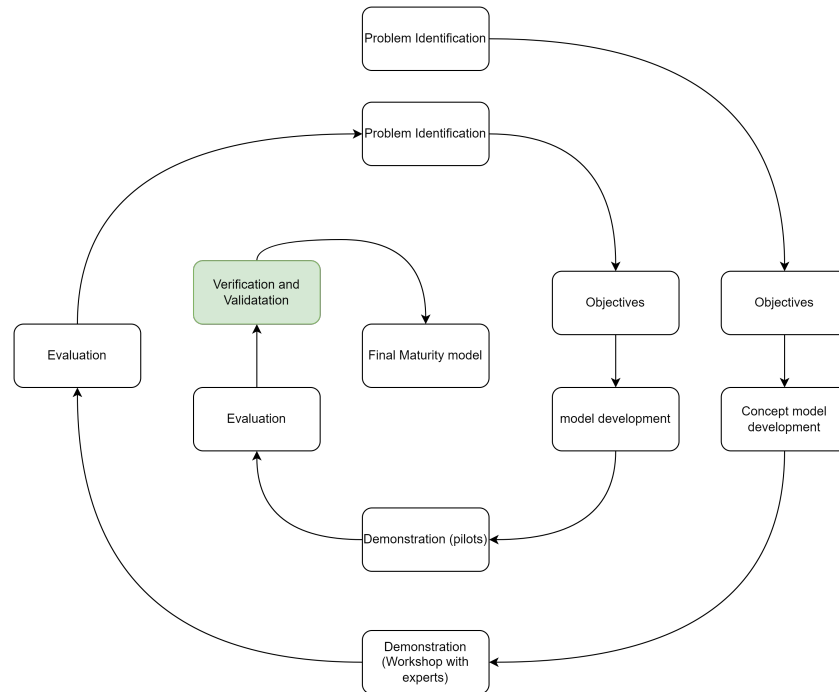


Figure 20: Research approach with verification and validation phase cycle two highlighted

### 7.6.1 logical and clear dimensions and sub-dimensions

The dimensions were discussed during the workshop and accepted as covering all relevant subjects. After paraphrasing the confusing dimensions and sub-dimensions, they were checked by two experts in the field and accepted as the final dimensions and sub-dimensions.

### 7.6.2 criteria should be measurable and clear

The model was iterated through various paraphrasing phases with an expert to ensure a clear formulation of the criteria and translation of the criteria to the questionnaire. The criteria were accepted by the expert as clear and measurable.

### 7.6.3 Levels of maturity should be logical and clear

The levels of the maturity model were discussed during the workshop and accepted by the experts as clear and with a logical progression.

#### **7.6.4 Model should incorporate examples from scientific literature**

The scientific basis of the model was assessed by cross-referencing it with the original literature review. The objective was to ensure that each criterion is substantiated by at least one scientific source. This evaluation of the scientific background for each criterion resulted in the successful verification of the model's literature basis which can be found in G.

#### **7.6.5 The questionnaire should be user-friendly (pilot testing and evaluation interview)**

After the pilot projects the participants were asked to evaluate the usability of the questionnaire and the model. The participants had several comments which will be elaborated in this section.

##### **Blank answers**

Some participants (T1, T4, T6, T7) found it difficult to answer some of the questions because they usually outsource the QA and QC process to external companies. Therefore there was not enough internal knowledge to answer all the questions. Almost all participants agreed that they would have liked either an "I don't know" or "irrelevant" button at all of the questions to solve this issue and to limit giving false information or to have blank space to write an explanation for their answer.

##### **Clear format and language**

Most participants found the format very clear and easy to read and navigate. The introduction gave clear information on the project, team and product distinction. Some participants did have trouble interpreting some of the questions however, this differed among the participants.

## 7.7 Validation

Validation is the degree to which the maturity model accurately reflects real-world conditions and serves its intended use [61]. The statistical analysis consists of a calculation for the Pearson correlation coefficient to establish if there is a correlation between what the model measures and how companies rate their own QA processes. If there is a correlation between them we can say that the model gives an accurate representation of what is perceived in the real world. Furthermore, the final model is compared with the previous research to ensure a scientific basis. This is done by doing a cross-reference analysis. Last but not least participants from the pilot are asked to review the model and the experience which will give insight into whether the model accurately serves its intended use.

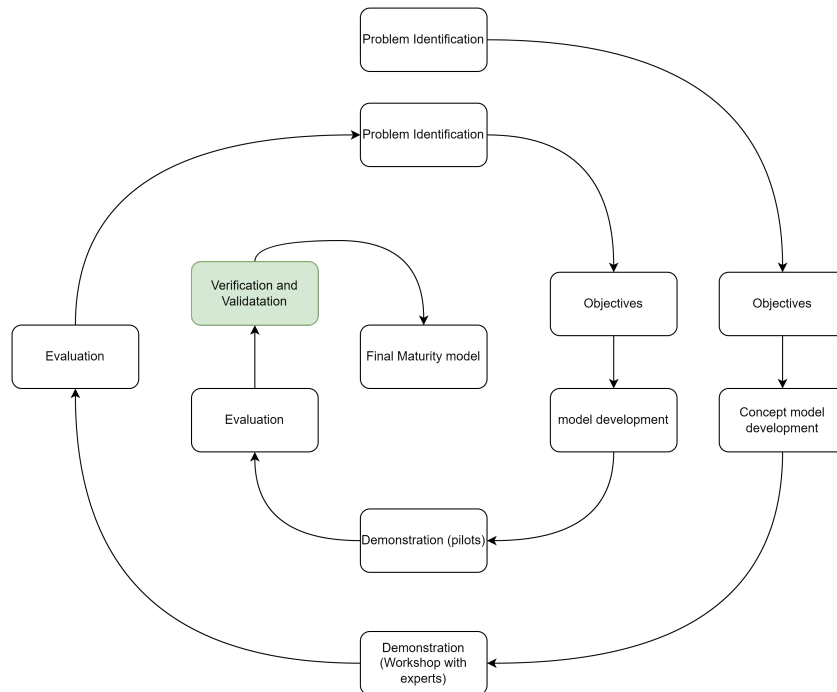


Figure 21: Research approach with verification and validation phase cycle two highlighted

### 7.7.1 Model should be applicable to various companies, projects and teams in the construction sector (pilot testing and evaluation interview)

After the pilot tests the participants were asked to evaluate the model and questionnaire. The following comments and suggestions were given:

#### Separating preparation and construction phase

The participants working in the preparation phase of the construction process found some of the questions difficult to link to their work. Especially the monitoring of materials and equipment. They (T1, T3, T5, T6, T7, T8) suggested creating a separate model for the preparation and construction phase where some of the less applicable criteria for the preparation phase are left out like, tracking and QC of materials and equipment.

#### Confusing teams

Some participants (T3, T5, T8) found it difficult to discriminate what their team was in the project as they had their own tasks but they were also working together with people who had other tasks and worked with different systems. They suggest letting participants fill in the model twice, once for their internal processes,

tasks and systems and once for their external processes tasks and systems which they share with other people.

### 7.7.2 The maturity model should be able to predict the correct maturity level

To determine whether the maturity model predicts the correct maturity level a Pearson correlation coefficient analysis was conducted. The Pearson correlation coefficient ( $r$ ) (Equation 1) can be used to find the strength of a linear relationship between two variables. In this case, the estimated maturity by the participants and the model-determined-maturity are tested.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

In this case, the variables are "estimated maturity level by the participants" and determined "maturity level using the maturity model". If  $r$  is between 0 and 1 there is a positive correlation between both variables [62]. Table 13 is utilized to interpret the correlation coefficient. To check if the results are significant a t-test is carried out. The variances are tested with an F-test to check whether a two-sample assuming unequal variances approach or an equal variances approach is appropriate. For both the f-test and t-test the null hypothesis is  $H_0: \rho = 0$ , the alternative hypothesis  $H_a: \rho \neq 0$ , and  $\alpha = 0.05$ . Two calculations are considered: one with the full dataset and one after removing the extreme outliers/abnormal values.

Size of Correlation	Interpretation
0.90 to 1.00	Very high positive
0.70 to 0.90	High positive
0.50 to 0.70	Moderate positive
0.30 to 0.50	Low positive
0.00 to 0.30	Negligible correlation

Table 13: Interpretation of Pearson correlation coefficient. Retrieved from [4]

## Results

Table 14: Results of Pearson correlation, f-test and t-test

	7 samples		6 samples
<b>r</b>	0.51	<b>r</b>	0,80
<b>p (f-test)</b>	0.0004	<b>p (f-test)</b>	0,0004
<b>p (t-test)</b>	1.30E-05	<b>p (t-test)</b>	4,24E-06

The results indicate that there is a moderate positive statistically significant correlation when including all samples and that there is a high positive statistically significant correlation when excluding the outliers. Therefore a positive correlation between the two variables can be assumed. Furthermore, the participants (T1, T3, T4, T5, T6, T7, T8) all affirmed this statement by verifying that the results gave an accurate description of their QA and QC processes' weaknesses and strengths. Therefore a correlation between the two variables can be established and it can be concluded that the maturity model can with moderate to highly accurate results assess the level of QA and QC within a team in a construction project.

### 7.7.3 The maturity model should provide an applicable path to maturity for participants (interview)

Participants were sent the result of the maturity model with corresponding recommendations, showing the path to maturity. During the evaluation interview, the participants were asked to respond to these recommendations.

### **Applicable recommendations for improvement**

All participants considered the recommendations useful and applicable to their team. T4 described the task list, which they are missing now, as vital in the future to ensure quality. For T4, T5 and T8 the model provides interesting points of improvement which they want to address, especially in terms of education, knowledge and creating protocols for QA and QC. They also want to focus on documentation of data and communication. T6 sees value in improving the visibility of tasks within the team and with other teams by implementing regular meetings to inform each other.

### **Software incompatibilities**

In the evaluation, T1 mentioned that many of the recommendations are desirable, but hard to implement due to software incompatibilities. They have their own schedules linked with each other, however, the QC planning is managed by an external party. For example, the scheduling software of T1s team is not compatible with the software of the external party. This results in discrepancies between both plans and scheduling issues. While they acknowledge the value of the recommendations they are unsure if they are currently applicable but see them more as aims for the future.

## **7.7.4 Relevancy to the sector**

Participants were sent the result of the maturity model with corresponding recommendations. During the evaluation interview, the participants were asked to rate the relevancy of the model to the sector.

### **External decisionmakers**

While T4, T6 and T7 see the relevancy to the sector they would not use the maturity model themselves. This is mainly because these tools are regulated through a separate entity within the company. The project teams have little say about the tools they are allowed to use to evaluate their processes. If the model is to be used it should first be accepted by the entity in the company managing the evaluation process.

### **Model as a verification tool for the municipalities and borger**

T4 and T5 suggest that the model could have significant value for municipalities to use as a tool to check the level of QA and QC within companies before construction is started. Having a high maturity could be an indicator for the municipality, that the company can be trusted to handle the QA and QC process under the Wkb law well. Furthermore, the model could be used as an indicator for the QAM which companies can be trusted to do part of the assurance process themselves or in case of a low maturity level if they need close inspections.

### **Model as internal improvement process**

Participants T3, T5, and T8 found the model highly relevant and would use it themselves mainly as a methodology to gain insight into the development of their own QA process. By implementing the recommendations and systematically applying the model to their projects, they would like to see the influence of their implementations on their QA process. T1 would not use it as often but sees it as being useful to identify problem areas in the QA and QC process.

## 7.8 Final Maturity Model

In this section, the final maturity model is presented with a user manual.

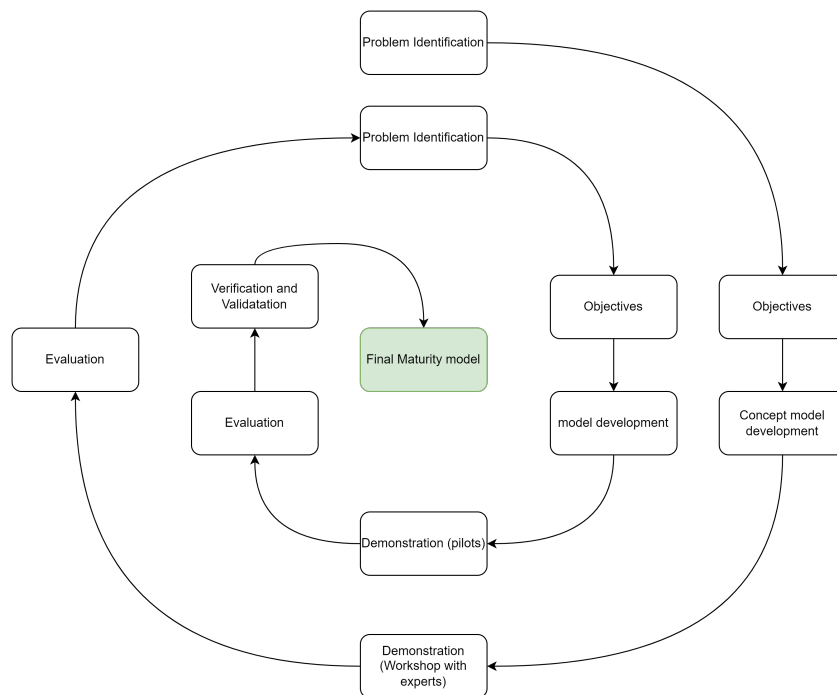


Figure 22: Research approach with final maturity phase cycle two highlighted

### 7.8.1 User manual

The user manual consists of general steps and an elaborate explanation.

#### 7.8.1.1 Steps

1. Establish the team type (preparation phase or construction phase)
2. Establish type of assessment (Internal or external)
3. Explain scope, boundaries and concepts
4. Choose a stand-alone questionnaire or interview as an assessment type
5. Gather or interpret maturity results for each criterion
6. Calculate mean maturity result per dimension and sub-dimension considering team and assessment type
7. Interpret weaknesses and strengths
8. Formulate improvement plan
9. Communicate results

### 7.8.1.2 Elaboration and additional considerations

The goal of this maturity model is to assess and improve QA and QC processes within project teams to ease the transition into working under the Wkb law. The assessment of the maturity model should be conducted by a researcher or an expert in the field specialising in QA and QC. The assessment should take place before the start of a project to establish the baseline and qualification of the different teams and/or during the project to gain insight into the progress of teams and/or after the project delivery as an evaluation tool. First and foremost the team type should be established by assessing whether the company falls into the office/preparation phase or in the on-site/construction phase. Next, the correct questionnaire should be used to assess the team, in the case of the preparation phase the questions on material and equipment should be omitted. A clear explanation should be given to the team representative on the scope of the assessment. If the scope is an internal assessment the team representative should be made clear that only the tasks, processes and people within company limits should be considered. If the scope is external the team representative should also consider members from external companies. It is important that before assessment with external companies, the teams are well defined.

Confirm with the team representative beforehand that the concepts and boundaries of the project, team and product are clear as these concepts can cause variation due to differences in interpretation. The interviewer should choose between a stand-alone questionnaire type of assessment or an interview type. During the assessment the team representative should get the questionnaire and the list of concepts and explanations, if concepts are not clear the interviewer can give a clearer explanation of the topic but should be wary not to steer the question to a specific answer. The questionnaire is directly linked to the maturity model criteria, which can be used to form the final result of the model. In case of questions with an open answer, the interviewer should determine with their own expertise what the correct level is according to the answer and criteria.

The maturity for the dimensions and sub-dimensions can be calculated by taking the mean of the associated criteria. It is important to regard the team and assessment type of the participants when calculating the results. It is advisable to compute averages for teams sharing the same team and assessment type. Following the computations, the weaknesses and strengths can be derived. Low values (1-2) are considered weak and high values (2-3) are considered strong. From this result, an improvement plan can be formulated. The improvement plan can be established by utilizing the identified weaknesses and using the model as guidance. Criteria in the model which are not satisfied form the basis of this improvement plan. It is up to the assessor to either use the direct criteria from the model to formulate the improvement plan or to tailor them to the specific team. The maturity results, weaknesses and strengths and improvement plan should be communicated with the participants.

## 7.9 Maturity model

Table 15: Final maturity model

DIMENSION	SUBCLASS	LEVEL 1: Reactive	LEVEL 2: Preventive	LEVEL 3: Proactive
Organizational Structure	Responsibility and Accountability	Responsibility and accountability for delivering products and/or services are not documented in contractual agreements.	Responsibility and accountability for delivering products and/or services are partially documented in contractual agreements.	All responsibility and accountability for delivering products and/or services are fully documented in contracts.
	Structure and Planning	QA and QC within the team are not documented in protocols and/or guidelines.	QA and QC within the team are documented in protocols and guidelines. Protocols contain the minimum elements required to demonstrate that the as-built situation complies with building regulations and they are applied in a structured manner	Guidelines are project-specific and include additional internal checks by the team for high-risk constructions.
		Tasks/to-do lists are assigned in an unstructured manner and are incompletely documented.	Tasks are assigned in a structured manner to individuals and digitally documented. Tasks are visible to team members through a digital platform.	Tasks are linked to a schedule and can be automatically updated.
		General project planning is absent and/or only locally or partially visible.	General project planning is present and visible to team members on a digital platform.	General project planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
		Task planning is absent and/or only locally or partially visible.	Task planning is present and visible to team members on a digital platform.	Task planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
		Quality control planning is absent and/or only locally or partially visible.	Quality control planning is present and visible to team members on a digital platform.	Quality control planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.
People, Culture, and Communication	Education and Motivation	Reactive attitude towards knowledge development. Processes are only changed after mistakes are made.	Existing knowledge in QA and QC is maintained. There is no emphasis on actively developing new knowledge.	Progressive attitude towards knowledge development. Active investment is made in the development of new knowledge and innovative solutions.
		No investment in training/courses/education for QA and QC.	Training/courses/education in QA and QC are followed by team members.	Training/courses/education for QA and QC are part of the project or team standard education curriculum, and at least one person in the team has completed a certificate and/or course in QA and QC.
		There is no encouragement from the supervisors/clients for QA and QC in the team.	Supervisors/clients encourage teams to deliver and ensure quality.	Supervisors/clients push for delivering and ensuring quality within the team.
		The team is not concerned with delivering and/or ensuring quality.	The team is concerned with quality but limited to mandatory aspects. There is no culture of quality assurance.	There is a culture of QA and QC in which everyone in the team actively participates in delivering and ensuring quality.
	Teamwork and Communication	Team members have little to no insight into the work of other team members.	Team members have insight into the work of other team members and can access this information digitally.	The team, in addition to having insight into its tasks, also has insight into the work of other teams within the project.
		Team communicates ad hoc. Team members rarely communicate with other team members.	Team communicates systematically. Team members have effective open communication within the team.	The team works integrally. The team maintains effective and open communication with other teams in the project.
		Communication is oral, on paper, and/or individual notes.	Communication is digital but decentralized. Peer-to-peer networks are used.	Communication through a centralized digital platform. Communication is visible to everyone within the team and/or project.
Guidance	Oral and/or textual and paper-based guidance.	Textual guidance accompanied with digital and/or paper-based images.	Digital guidance via text, 2D and 3D visualizations, models, and other automation solutions.	
Monitoring	Tracking	Usage and location of materials are not and/or barely documented (Only for the construction phase).	Usage and location of materials are systematically (digitally) documented(Only for the construction phase).	Usage and location of materials can be live-tracked in a digital platform(Only for the construction phase).
		Worked hours are not and/or barely documented.	Worked hours are systematically (digitally) documented.	Worked hours are live-tracked in a digital platform.
		Usage and location of equipment are not and/or barely documented(Only for the construction phase).	Usage and location of equipment are systematically (digitally) documented(Only for the construction phase).	Usage and location of materials can be live-tracked in a digital platform(Only for the construction phase).
		Employees are not monitored.	Sampling-based monitoring of employees	Employees are continuously monitored by automatic inspection systems.
		Location of data are not and/or barely documented.	Location of data is documented, there is a strategy for retrieving information which is applied in a systematic manner	Location of data can be determined using automated search algorithms.
	Quality control moments are sporadic and not recorded.	Control moments are scheduled after a task or partial product is completed.	Control moments are predicted before or during the execution of a task. When possible, control moments are efficiently planned by performing multiple checks simultaneously.	
	Inspection	Inspection of provided products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	Inspection of provided products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	Inspection of provided products and information is performed by automatic inspection systems.
		Inspection of to-be-delivered products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	Inspection of to-be-delivered products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	Inspection of to-be-delivered products and information is performed by automatic inspection systems.
		Inspection of materials is corrective(Only for construction phase).	Inspection of materials is preventive and sampling-based(Only for the construction phase).	Inspection of materials is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems(Only for the construction phase).
		Inspection of equipment is corrective(Only for construction phase).	Inspection of equipment is preventive and sampling-based(Only for the construction phase).	Inspection of equipment is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems(Only for the construction phase).
IT Infrastructure	IT Infrastructure	No digital platform, files are decentralized.	Use of an online digital platform. Files are centralized. There are digital representations of products.	Integrated online digital platform. Digital representations are linked to additional dimensions such as scheduling, costs, quality control, etc.
Data Documentation	Documentation Strategy	Data is stored in an unstructured manner, data locations are fragmented.	Data is systematically stored using data management systems (DMS).	Data is stored in a linked manner using a Resource Description Framework (RDF).
		There is no clear backup strategy. Ad hoc backups are made and kept in the same location.	Backups are automated, and there is at least one on-site backup and one off-site backup.	There are at least three backups, including one off-site, and RAID technology is used.
	Data Type	Paper, PDF, 2D CAD, no linked files.	Between 23% and 75% linked files (IFC, COBie, BIM), the remainder supplemented with other digital file types (2D CAD, PDF, etc.).	At least 75% of the information is linked data.



## 8 Discussion

In this section, the interpretations and comparison of the research results are elaborated. This is followed by addressing the limitations and recommendations of this study.

The motivation for this research stemmed from uncertainty within construction companies on how to prepare for the upcoming Wkb law concerning QA and QC. Currently, there is a lack of evaluation methods to assess QA and QC practices within these companies leaving them uncertain on their current state of practice and how to develop their processes. Therefore, the central aim of this study was to create a maturity model to assist these organizations in assessing and enhancing their QA processes. To develop the maturity model the dimensions, sub-dimensions, criteria, levels and path to maturity have been identified. To guide this process the DSR method was utilized. This method proved to be a sturdy foundation from which the maturity model could be systematically developed in two iterations. The maturity model was tested in 3 pilot projects with a total of 8 teams the results of this pilot project will be discussed in this next section.

### 8.1 Interpretations and comparison of research results

#### **Dimensions and subdimensions**

The maturity of IT infrastructure (mean maturity of 2.39) is observed to be the highest scoring dimension, followed by people culture and communication (mean maturity of 2.14), data documentation (mean maturity of 2.06), monitoring (mean maturity of 1.93) and organisational structure (mean maturity of 1.79). Comparing these results to the maturity results for residential and commercial building projects found by Siebelink in his paper "Maturities in Building Information Modelling: a Multi-Level Perspective" [3], there are some similarities and differences.

**Organizational structure dimension** In this study, the organizational structure dimension covers tasks, responsibilities, protocols and planning. However, in Siebelink's research, this is split into two dimensions: Organizational and project structure and processes. The organizational and project structure dimension entails the responsibility and accountability with contractual aspects and the processes dimension covers protocols. Planning is not taken into account in this model. The results of Siebelink show that responsibility and accountability are partly covered in contractual agreements which is also observed in this study for most participants (88% scores maturity level 2). Documentation of tasks and protocols score low to average in the maturity model of Siebelink, which is interpreted as having partly to fully documented procedures which are not extended to specific task instructions. In the results of this study, there are varying results on the presence of to-do/task lists: A third of the participants has no task list while another third of the participants have a task list which is fully integrated with planning systems. This is where the results of Siebelink and this study differ, as there is no evidence of a specific task list for residential and commercial building projects in Siebelink's research. In this study, most participants do not have specific protocols for QA or QC processes (63% scores maturity level 1). In the model of Siebelink, these are partly to fully documented showing a difference in the two studies. However, in the study of Siebelink, this is with regards to BIM protocols and in this study to QA and QC protocols which can explain the variation.

**People, culture and communication dimension** In this study, people, culture and communication score higher (mean maturity 2.14) than data documentation (mean maturity 2.06), while in the study of Siebelink, this is the other way around. However when we zoom in to the sub-dimensions we do see a lot of similarities. For example, in this research most participants have a high maturity score in the motivation of supervisors and teams (75% scores maturity level 3), this is also reflected in the research of Siebelink, where it is the third highest scoring sub-dimension. Furthermore, education, training and support have one of the lowest scores in Siebelink's research, which is similar to the results observed in this study of the criteria QA and QC

education (63% scores maturity level 1), knowledge development (76 % scores maturity level 2 or lower) and guidance (50 % scores level 1). The collaborative attitude, openness and transparency sub-dimension from Siebelink has a resemblance to the criteria visibility of work and communication. In both studies, these categories score average in their level of maturity. .

**Monitoring and IT dimensions** The monitoring dimension cannot directly be compared with the model from Siebelink as it is specific for the QA and QC process and not for the BIM process. According to Siebelink [3], IT infrastructure is one of the highest-scoring dimensions in terms of software, hardware and data exchange. In this research, the IT dimension scores are similar (63% scores maturity level 2 and 38% scores maturity level 3).

**Data documentation dimension** These similarities are also reflected in the information structure sub-dimension from Siebelink and the data storage criterion in this study. Siebelink observed that most participants structurally use a DMS system, in this study 88 percent of the teams structurally work with a DMS which can be considered similar results.

**Communication as critical sub-dimension** When considering the weight scores based on the level of importance according to the participants (Table 11) it can be observed that all sub-dimensions score above 5.5, therefore they are deemed important enough to warrant their inclusion in the model. Communication is marked by the participants as having the most influence on quality and is therefore considered a critical sub-dimension. Communication being critical is also acknowledged in other research [63, 64]. Maturity levels vary among the pilot projects. For instance, Project Lelystad scores relatively high across all maturity criteria, while Project Drachten scores significantly lower. This difference could be related to poor communication, as issues in communications can lead to false interpretations of intentions, resulting in a chain of problems further down the line [64].

**Interpretation of criteria results** Table 10 illustrates the percentage of level scores per criteria. From this table, it can be concluded that the projects perform well in terms of motivation and planning for QC moments. The high motivation score can be attributed to the competitive nature of the construction industry, where the need to excel and deliver quality is paramount [65]. However, it is worth mentioning that most of the participants were in a leadership role themselves, potentially introducing a bias in the result regarding the motivation of team leaders. While planning for QC moments receives a maturity score, the visibility of these schedules has the lowest score. This issue is recognized by T1 in their project as QC schedules are created in different software systems compared to the project schedules, therefore the schedules cannot be integrated resulting in discrepancies between the different schedules. Apart from the visibility of QA schedules, teams also receive low scores in the education department and QA protocols. This low score in education can be explained to the lack of focus on these issues as education and motivation was scored as having the least influence on QA and QC processes by the participants (Table 11).

Structure and planning is rated as one of the most important sub-dimension by the participants. This is however not translated into the results of the criteria, where the participants score relatively low on QA and QC protocols. A possible explanation for this could be that legal obligations for delivering quality information (Wkb law) come into effect in 2024, making this aspect relatively new for many companies. Additionally, half of the participants indicated that they have external parties focused on QC, potentially reducing their emphasis on this aspect. Guidance is also considered to be of importance, yet the maturity results indicate that this is primarily still provided through oral explanations or non-digital notes, which can lead to misinterpretations [39, 40, 43]. This emphasizes the need for digital 2D and 3D guidance solutions. The results also reveal relatively low scores in tracking and checking materials and equipment. This can be attributed to most participants working in the preparation phase of the construction project, where materials and equipment consist of hardware and software, making tracking and checking of equipment and materials mostly irrelevant.

## Conclusion

To conclude, comparing the results of the maturity assessment to the assessment of Siebelink [3] it can be observed that there are a significant amount of similarities between the assessments. Next, there are differences in maturity levels observed in the projects, especially project Drachten scores low overall, which can possibly be attributed to a lack of communication. Considering the results of all teams together, visibility of QC planning, education, and QA and QC protocols receive the lowest maturity scores. Both the visibility of QC planning and protocols are considered highly important by the participants, making their improvement crucial for future developments in the QA and QC processes. Education, despite its low importance score, is a critical dimension for enhancing performance, as research shows that knowledge and education positively impact the performance of processes. Therefore it is still recommended that participants shift their focus to this dimension as well. Lastly, communication is deemed a critical dimension for QA and QC, however, currently, it has an average maturity score. Teams should prioritize improving communication by enabling open and transparent communication within teams and projects.

## 8.2 Limitations and recommendations

The formulation of model requirements allowed to verify and validate the maturity model. In this section, the limitations of the study and the significance of the verification and validation methods are discussed. For the limitations, a recommendation for future research is written.

### Cycle one

In Cycle one, the initial search for sources was limited to around 100 articles which could have led to the potential omission of relevant materials. Furthermore, only 27 articles were utilized to create the concept maturity model which can be considered a too limited pool of scientific research to base the model. However, the Goia approach allows for very structured information categorization, compensating for the lack of quantity of scientific literature in quality. Nevertheless, to strengthen the scientific basis of the model, it is recommended to expand the number of credible sources in future research.

The dimensions were accepted and deemed relevant by the experts and the participants. Furthermore, these dimensions were based on previous research making them academically relevant. However, the limited number of experts and participants makes it still debatable whether these dimensions cover all important subjects of QA and QC. To strengthen the research it is advised to obtain more information through extensive pilot research and multiple additional iterations through the DSR cycle. Similarly, the result of the Pearson correlation coefficient should be taken with caution, as the input to base this result on is below the recommended number of 25 samples [66]. However, it does show the potential of a positive correlation thereby strengthening the model's accurateness.

To minimize guesswork by the researcher through deriving middle criteria from high and low criteria, the number of maturity levels was determined to be three levels. The criteria were discussed, altered and accepted by the three experts. However, these experts were from the same company, which may have resulted in bias. To increase the validity of the model it is vital to discuss the model with other experts in the field and refine the criteria through multiple iterations in future research. In this study, the criteria were also cross-referenced with scientific literature, which resulted in allocating at least one scientific source to each criterion. However, to strengthen the model a more extensive literature review is necessary.

The sub-dimensions were derived by finding similarities between criteria to combine them into an overarching theme. This derivation is, however, very subjective and strictly based on interpretation by the researcher. To verify the sub-dimensions they were checked by the team of experts. To strengthen the model further the sub-dimensions need to be checked by a wider pool of experts and need to remain open for reconsideration.

The questionnaire's structure was considered user-friendly by all participants. However, participants missed options to give alternative answers. To enhance the questionnaire, it is recommended to provide options for participants to offer additional information or indicate when questions do not apply to their specific context. Furthermore, the participants indicated that monitoring was only partly applicable to the preparation phase of the construction project which led to confusion. To solve this issue the questionnaire should be split into two versions. One for the preparation and one for the construction phase. A final alteration of the model is presented in Section 6. Lastly, the participants had varied difficulty interpreting some of the questions, but as there seemed no overlap between their interpretation issues, the formulation of the questions and model remained unchanged. However in future research with more participants, this could be a valuable insight into making the maturity model more applicable to the sector.

### **Cycle two**

Cycle two highlights the importance of a more extensive participant pool, as the current participants of the pilot project were primarily focused on the preparation phase, which might not provide a complete picture of QA in construction projects. Expanding to include contractors and subcontractors could offer a more comprehensive perspective on project structures.

## **9 Conclusion**

In conclusion, this research aimed to address the pressing issue of uncertainty within construction companies regarding QA and QC practices, especially considering the upcoming Wkb law. The study successfully developed a maturity model to assist organizations in assessing and enhancing their QA and QC processes. Through a systematic process of the DSR method, the model was developed and tested in pilot projects.

Key findings from the study show that motivation within teams and by supervisors as well as the planning of QC moments score the highest in the maturity model. Teamwork and communication is considered to be the most important dimension and education and motivation are the least important. Overall, the study points to the need for open and transparent communication within teams and projects, increasing visibility and integration of QA and QC schedules, stimulating participation in education programs and usage of clearly documented QA and QC protocols.

It is advised to conduct more extensive literature research to expand the scientific basis of the maturity model, ensuring that relevant materials are not missed. Next, in future research, a larger group of experts with diverse perspectives should assess the model to refine the dimensions, sub-dimensions, and criteria within the model. Finally, the model should be tested and iterated further with the use of large pilot projects to obtain an extensive collection of data strengthening the model's validation. These pilot projects should have a larger sample size and more diversion in participants by assessing different project and team types. Hereby especially focusing on including teams from the construction phase.

The model shows potential to be a useful tool in the future for both companies to assess their own QA level and improve their process as well as for municipalities and QAMs to check the competence and skill of companies in QA and QC in the construction sector.

## 9 References

- [1] Lester Allan Lasrado, Ravi Vatrapu, and Kim Andersen. Maturity Models Development in IS Research: A Literature Review. *Selected Papers of the IRIS*, (6), 1 2015. URL <https://aisel.aisnet.org/iris2015/6>.
- [2] Jan vom Brocke, Alan Hevner, and Alexander Maedche. Introduction to Design Science Research. In *Design Science Research. Cases*, pages 1–19. Springer, Cham., 2020. doi: 10.1007/978-3-030-46781-4{\\_}1. URL [http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-46781-4\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-46781-4_1).
- [3] Sander Siebelink. *Maturities in Building Information Modelling: a multi-level perspective*. PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 12 2021. URL <https://research.utwente.nl/en/publications/maturities-in-building-information-modelling-a-multi-level-perspe>.
- [4] Zakaria Jaadi. Everything you need to know about interpreting correlations, 10 2019. URL <https://towardsdatascience.com/eveything-you-need-to-know-about-interpreting-correlations-2c485841c0b8>.
- [5] Deepthi Bendi, Muhammad Qasim Rana, Mohammed Arif, Jack Steven Goulding, and Anil Sawhney. An off-site construction readiness maturity model for the Indian construction sector. *Construction Innovation*, 21(1):123–142, 1 2021. ISSN 14770857. doi: 10.1108/CI-07-2020-0121/FULL/PDF.
- [6] ZulaiJarmai Baba Girei, Esumobi Godfrey, Muhammad Mayaki, Ahmad Usman Naibi, and Elvis Chuku Ndame. Benefits of Quality Assurance and Control in Construction Industry. *International Journal of Innovative Research and Development*, 10(10), 10 2021. ISSN 2278-0211. doi: 10.24940/IJIRD/2021/V10/I10/OCT21033. URL [https://www.internationaljournalcorner.com/index.php/ijird\\_ojs/article/view/166890](https://www.internationaljournalcorner.com/index.php/ijird_ojs/article/view/166890).
- [7] Mr Sahil, Sanjeev Salvi, Ms Samiksha, and Shridhar Kerkar. Quality Assurance and Quality Control for Project Effectiveness in Construction and Management. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(2), 2 2020. ISSN 2278-0181. doi: 10.17577/IJERTV9IS020028. URL [www.ijert.org](http://www.ijert.org).
- [8] Madeline Buijs, Casper Wolf, and van Petran Heel. Faalkosten in de bouw lopen jaarlijks op tot miljarden euro's, 4 2019. URL <https://www.abnamro.nl/nl/zakelijk/insights/sectoren-en-trends/bouw/faalkosten-in-de-bouw-lopen-jaarlijks-op-tot-miljarden-euros.html>.
- [9] TUV Nederland. De Wet Kwaliteitsborging voor het bouwen, wat houdt deze precies in?, 12 2022. URL <https://www.certificering-keuring.nl/de-wet-kwaliteitsborging-voor-het-bouwen-wat-houdt-deze-precies-in>.
- [10] Stichtingibk. Waarom komt de Wet kwaliteitsborging voor het bouwen er? – Kwaliteitsborging voor het bouwen, 2016. URL <https://www.stichtingibk.nl/veelgestelde-vragen/waarom-komt-de-wet-kwaliteitsborging-voor-het-bouwen-er/>.
- [11] ISSOinfo. Wet Kwaliteitsborging voor het bouwen, 2022. URL <https://www.kwaliteitborg.nl/private-kwaliteitsborging/wet-kwaliteitsborging>.
- [12] Stichtingibk. Wat is er mis met de huidige vergunning?, 2016. URL <https://www.stichtingibk.nl/veelgestelde-vragen/wat-is-er-mis-met-de-huidige-vergunning/>.
- [13] Instituut Bouwkwaliteit. Proefprojecten Kwaliteitsborging, 8 2022. URL [https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1ytNNkwYx\\_d\\_sBUkX0paMoHbBe77Lb6cu&ll=52.145607195281755%2C5.83625097755752&z=9](https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1ytNNkwYx_d_sBUkX0paMoHbBe77Lb6cu&ll=52.145607195281755%2C5.83625097755752&z=9).
- [14] Rijksoverheid. Bouwregelgeving: Meer toezicht in de bouw via de Wet kwaliteitsborging voor het bouwen (Wkb) — Bouwregelgeving — Rijksoverheid.nl, 5 2022. URL <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bouwregelgeving/meer-toezicht-in-de-bouw-via-de-wet-kwaliteitsborging-voor-het-bouwen-wkb>.

- [15] Toelatingsorganisatie Kwaliteitsborging Bouw. Het stelsel voor kwaliteitsborging in the bouw: Borgingsplan, 4 2022. URL <https://www.tlokb.nl/kwaliteitsborging/borgingsplan>.
- [16] L Kiebert. Personal communication, 9 2022.
- [17] TÜV NORD Nederland. Uitgelegd: Dossiervorming in de Wkb, 1 2023. URL <https://www.certificering-keuring.nl/uitgelegd-dossiervorming-in-de-wkb>.
- [18] Informatiepunt Leefomgeving. Consumentendossier (opleverdossier) en Wet kwaliteitsborging voor het bouwen — Informatiepunt Leefomgeving, 8 2023. URL <https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/technische-bouwactiviteit/kwaliteitsborging/privaatrecht-wet-kwaliteitsborging/consumentendossier-opleverdossier-wkb/>.
- [19] Pablo Martinez, Rafiq Ahmad, and Mohamed Al-Hussein. Automatic Selection Tool of Quality Control Specifications for Off-site Construction Manufacturing Products: A BIM-based Ontology Model Approach. In *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, pages 141–148. University of Alberta Libraries, 5 2019. doi: 10.29173/MOCS87.
- [20] Adam Tamas Kovacs and Andras Micsik. BIM quality control based on requirement linked data:. <https://doi.org/10.1177/14780771211012175>, 19(3):431–448, 5 2021. ISSN 20483988. doi: 10.1177/14780771211012175. URL [https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/14780771211012175?casa\\_token=bcTd-CXrjp8AAAAA%3An7gt2XYceCeBR-MbwIt1bJGzDPHJjAFbZssw1Dhg0-8zo31UJXqFPgo9BY1sMhQ9KU-\\_6mVk0zjgIk](https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/14780771211012175?casa_token=bcTd-CXrjp8AAAAA%3An7gt2XYceCeBR-MbwIt1bJGzDPHJjAFbZssw1Dhg0-8zo31UJXqFPgo9BY1sMhQ9KU-_6mVk0zjgIk).
- [21] Franciska Lisa Permatasari, Tri Joko Wahyu Adi, and I Putu Artama Wiguna. Assessment Model of Contractor Quality Management Maturity. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 3(6), 12 2017. ISSN 2354-6026. doi: 10.12962/J23546026.Y2017I6.3278. URL <https://iptek.its.ac.id/index.php/jps/article/view/3278>.
- [22] Radosław Wolniak. The Level of Maturity of Quality Management Systems in Poland—Results of Empirical Research. *Sustainability 2019, Vol. 11, Page 4239*, 11(15):4239, 8 2019. ISSN 2071-1050. doi: 10.3390/SU11154239. URL <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/15/4239/html><https://www.mdpi.com/2071-1050/11/15/4239>.
- [23] Petter Gottschalk. Maturity levels for interoperability in digital government. *Government Information Quarterly*, 26(1):75–81, 1 2009. ISSN 0740624X. doi: 10.1016/J.GIQ.2008.03.003.
- [24] Dennis Gioia, Kevin Corley, and Aimee Hamilton. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research. *Organizational Research Methods*, 16:15–31, 6 2013. doi: 10.1177/1094428112452151.
- [25] Anja M Maier, James Moultrie, and P John Clarkson. Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, 59(1), 2012. doi: 10.1109/TEM.2010.2077289. URL <https://www.researchgate.net/publication/224247221>.
- [26] K Dharani and N Ganapathy Ramasamy. Study On Negligence Of Quality Assurance And Proposing An Effective Framework For Total Quality Management. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 4(2):604–609, 2015. URL <http://www.ijret.org>.
- [27] Elsmar. ISO 9001:2000 Audit Checklist, 12 2003.
- [28] P. Mohan Anjani Kumar and Ashwin Raut. An Empirical Case Study and Approach on TQM in a Stipulated Construction Firm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1197(1):012037, 11 2021. ISSN 1757-8981. doi: 10.1088/1757-899X/1197/1/012037. URL [https://www.researchgate.net/publication/356544795\\_An\\_Empirical\\_Case\\_Study\\_and\\_Approach\\_on\\_TQM\\_in\\_a\\_Stipulated\\_Construction\\_Firm](https://www.researchgate.net/publication/356544795_An_Empirical_Case_Study_and_Approach_on_TQM_in_a_Stipulated_Construction_Firm).

- [29] Evelyn Teo Ai Lin and Cheng Tai Fatt. Building Smart-A Strategy for Implementing BIM Solution in Singapore. In *Asia Construction IT Data Book*, pages 117–124. Jacic, 2010.
- [30] Paul Chinowsky, James Diekmann, and Victor Galotti. Social Network Model of Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10):804–812, 10 2008. ISSN 0733-9364. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(804). URL <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282008%29134%3A10%28804%29https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282008%29134%3A10%28804%29>.
- [31] Enrique Valero, Antonio Adán, and Carlos Cerrada. Evolution of RFID Applications in Construction: A Literature Review. *Sensors 2015, Vol. 15, Pages 15988-16008*, 15(7):15988–16008, 7 2015. ISSN 1424-8220. doi: 10.3390/S150715988. URL <https://www.mdpi.com/1424-8220/15/7/15988/htmhttps://www.mdpi.com/1424-8220/15/7/15988>.
- [32] Jungsik Choi, Junho Choi, and Inhan Kim. Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings. *Automation in Construction*, 46:38–49, 2014. ISSN 09265805. doi: 10.1016/J.AUTCON.2013.12.005.
- [33] Xin Xu, Chenxi Yuan, Yuxi Zhang, Hubo Cai, Dulcy M. Abraham, and Mark D. Bowman. Ontology-Based Knowledge Management System for Digital Highway Construction Inspection. *Transportation Research Record*, 2673(1):52–65, 1 2019. ISSN 21694052. doi: 10.1177/0361198118823499.
- [34] Lijuan Chen and Hanbin Luo. A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, 46:64–73, 2014. doi: 10.1016/j.autcon.2014.05.009. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>.
- [35] A. Czajkowska and Marta Kad<sup>3</sup>ubek. MANAGEMENT OF FACTORS AFFECTING QUALITY OF PROCESSES IN CONSTRUCTION ENTERPRISES. *Polish journal of management studies*, 11:28–38, 2015. URL <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:109935973>.
- [36] Ka Chi Lam and S. Thomas Ng. A cooperative Internet-facilitated quality management environment for construction. *Automation in Construction*, 15(1):1–11, 1 2006. ISSN 0926-5805. doi: 10.1016/J.AUTCON.2005.01.009.
- [37] American Society of Civil Engineers. *Quality in the Constructed Project: A Guide for Owners, Designers, and Constructors*. ASCE, 2012. ISBN 0784411891. URL [https://books.google.com/books/about/Quality\\_in\\_the\\_Constructed\\_Project.html?id=c5DJwAEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Quality_in_the_Constructed_Project.html?id=c5DJwAEACAAJ).
- [38] Mahsa Sanei, Xinxing Yuan, Fernando Moreu, and Sreenivas Alampalli. Automated Geometric Quality Inspection of Rebar Layout using RGBD Data. *Materials Evaluation*, 81(1):46–55, 1 2023. ISSN 00255327. doi: 10.32548/2023.ME-04307.
- [39] Jim Rogers. QA and QC in Construction — Fieldwire, 12 2018. URL <https://www.fieldwire.com/blog/in-construction-we-need-more-qa-and-less-qc/>.
- [40] Chang Hoon Choi and Junbok Lee. A BIM-Based Quality Inspection System Prototype for Temporary Construction Works. *Buildings 2022, Vol. 12, Page 1931*, 12(11):1931, 11 2022. ISSN 2075-5309. doi: 10.3390/BUILDINGS12111931. URL <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/11/1931/htmhttps://www.mdpi.com/2075-5309/12/11/1931>.
- [41] Jungsik Choi, Sejin Lee, and Inhan Kim. Development of Quality Control Requirements for Improving the Quality of Architectural Design Based on BIM. *Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 7074*, 10(20): 7074, 10 2020. ISSN 2076-3417. doi: 10.3390/APP10207074. URL <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/20/7074/htmhttps://www.mdpi.com/2076-3417/10/20/7074>.
- [42] Andrey Tokarsky and Dmitry Topchiy. The concept of quality control of the organization of construction processes during construction supervision through the use of information technology. *E3S Web of Conferences*, 258:09028, 5 2021. ISSN 2267-1242. doi: 10.1051/

E3SCONF/202125809028. URL [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/34/e3sconf\\_uesf2021\\_09028/e3sconf\\_uesf2021\\_09028.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/34/e3sconf_uesf2021_09028/e3sconf_uesf2021_09028.html).

- [43] P. Stefanakis. *Digitalizing the construction site management : assessing and boosting the use of digital mobile tools for capturing data on construction on-site activities*. PhD thesis, University of Twente, Enschede, 1 2019.
- [44] Aydin Tabrizi and Paola Sanguinetti. Literature Review of Augmented Reality Application in the Architecture, Engineering, and Construction Industry With Relation to Building Information. In *Advanced Methodologies and Technologies in Engineering and Environmental Science*, pages 61–73. 8 2019. doi: 10.4018/978-1-5225-7359-3.ch005. URL <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-5225-7359-3.ch005>.
- [45] Seojoon Lee, Minkyong Jeong, Chung Suk Cho, Jaewon Park, and Soonwook Kwon. Deep Learning-Based PC Member Crack Detection and Quality Inspection Support Technology for the Precise Construction of OSC Projects. *Applied Sciences* 2022, Vol. 12, Page 9810, 12(19):9810, 9 2022. ISSN 2076-3417. doi: 10.3390/AP12199810. URL <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/19/9810/html><https://www.mdpi.com/2076-3417/12/19/9810>.
- [46] Kieran W. May, Chandani Kc, Bruce H. Thomas, Jose Jorge Ochoa, Ning Gu, Ross T. Smith, and James Walsh. The Identification, Development, and Evaluation of BIM-ARDM: A BIM-Based AR Defect Management System for Construction Inspections. *Buildings*, 12(2):1–140, 2 2022. ISSN 20755309. doi: 10.3390/BUILDINGS12020140. URL <https://structurae.net/en/literature/journal-article/identification-development-and-evaluation-of-bim-ardm-a-bim-based-ar-defect-management-system-for-construction-inspections>.
- [47] Lung-Chuang Wang. Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology. *Automation in Construction*, 17(4):467–479, 2008. doi: 10.1016/j.autcon.2007.08.005. URL [www.elsevier.com/locate/autcon](http://www.elsevier.com/locate/autcon).
- [48] Narimah Kasim, Siti Radziah Liwan, Alina Shamsuddin, Rozlin Zainal, and Naadira Che Kamaruddin. Improving On-Site Materials Tracking For Inventory Management In Construction Projects. In *Proceedings International Conference of Technology Management, Business and Entrepreneurship*, pages 447–452, Melaka, Malaysia, 12 2012. UTHM.
- [49] Arastoo Hedayatnasab, Javad Majrouhi Sardroud, and Mukesh Limbachiya. Improving Construction Quality Control and Management Using Automated Data Collection Technologies. In *2nd International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC 2011)*, Orlando, USA, 3 2011.
- [50] Martin Lennartsson, Ibrahim Yitmen, Hamid Movaffaghi, and Henrik Linderöth. Framework for Digital Development in Industrialized Housebuilding. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 13:335–345, 10 2020. doi: 10.3233/ATDE200171. URL [https://www.researchgate.net/publication/347649647\\_Framework\\_for\\_Digital\\_Development\\_in\\_Industrialized\\_Housebuilding](https://www.researchgate.net/publication/347649647_Framework_for_Digital_Development_in_Industrialized_Housebuilding).
- [51] Piotr Nowotarski, Jerzy Pasławski, Maciej Skrzypczak, and Radosław Krygier. RTLS systems as a Lean Management tool for productivity improvement. *ISARC 2017 - Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, pages 1037–1044, 2017. doi: 10.22260/ISARC2017/0143.
- [52] Michael Ouschan, Florian Rathenböck, and Leopold Winkler. Digital Documentation- and Data Management for Grouting Measures. In *ISRM 9th Nordic Grouting Symposium*, Helsinki, Finland, 9 2019. OnePetro. URL <https://dx.doi.org/>.
- [53] Gopal K. Kanji and Alfred Wong. Quality culture in the construction industry. *Total Quality Management*, 9(4-5):133–140, 1998. ISSN 09544127. doi: 10.1080/0954412988758.



- [54] Sagar Malsane, Jane Matthews, Steve Lockley, Peter E.D. Love, and David Greenwood. Development of an object model for automated compliance checking. *Automation in Construction*, 49(PA):51–58, 1 2015. ISSN 0926-5805. doi: 10.1016/J.AUTCON.2014.10.004.
- [55] Burcu Akinci, Frank Boukamp, Chris Gordon, Daniel Huber, Catherine Lyons, and Kuhn Park. A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control. *Automation in Construction*, 15(2):124–138, 3 2006. ISSN 0926-5805. doi: 10.1016/J.AUTCON.2005.01.008.
- [56] Qian Zhang. A Review of Research on Project Transparency. *Proceedings of the 25th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, pages 121–132, 2021. doi: 10.1007/978-981-16-3587-8\_{\\_}10. URL [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-3587-8\\_10](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-3587-8_10).
- [57] Nuria Forcada, Miquel Casals, Xavier Roca, and Marta Gangoellés. Adoption of web databases for document management in SMEs of the construction sector in Spain. *Automation in Construction*, 16 (4):411–424, 7 2007. ISSN 0926-5805. doi: 10.1016/J.AUTCON.2006.07.011.
- [58] Hafez Salleh, Nurshuhada Zainon, Mustafa Alshawi, Nor Azlinda, and Mohamed Sabli. The implementation of document management system (DMS) in managing sub-contracts tenders: A contractors perspectives. *International Journal of Physical Sciences*, 6(14):3302–3309, 7 2011. ISSN 1992-1950. doi: 10.5897/IJPS10.444. URL <https://academicjournals.org/journal/IJPS/article-abstract/F0F0BB122585>.
- [59] Per Christiansen. Next Generation Knowledge Management Systems for Construction Industry. In *CIB W78 Proceedings "Construction IT Bridging the Distance"*, pages 80–87, Auckland, 1 2003. CIB Publication 284.
- [60] MSP360. 3-2-1 Backup Strategy in 2022: Tips and Tricks, 11 2020. URL <https://www.msp360.com/resources/blog/following-3-2-1-backup-strategy/>.
- [61] Tobias Mettler. Maturity assessment models: a design science research approach. *International Journal of Society Systems Science*, 3(1/2):81, 2011. ISSN 1756-2511. doi: 10.1504/IJSS.2011.038934. URL [https://www.researchgate.net/publication/261676224\\_Maturity\\_Assessment\\_Models\\_A\\_Design\\_Science\\_Research\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/261676224_Maturity_Assessment_Models_A_Design_Science_Research_Approach).
- [62] Jacob Benesty, Jingdong Chen, Yiteng Huang, and Israel Cohen. Pearson correlation coefficient. *Springer Topics in Signal Processing*, 2:1–4, 2009. ISSN 18662617. doi: 10.1007/978-3-642-00296-0\_{\\_}5/COVER. URL [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-00296-0\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-00296-0_5).
- [63] A E Keleş and M E Öcal. A study about external communication of construction firms. *Journal of Construction Engineering*, 1:157–161, 2018. ISSN 2630-5771. doi: 10.31462/jcemi.2018.04157161. URL <https://doi.org/10.31462/jcemi.2018.04157161www.goldenlightpublish.com>.
- [64] Sebastian Dubas and Jerzy Paślowski. The concept of improving communication in BIM during transfer to operation phase on the Polish market. *Procedia Engineering*, 208:14–19, 1 2017. ISSN 1877-7058. doi: 10.1016/J.PROENG.2017.11.015.
- [65] Robert E Franken and Douglas J Brown. Why Do People Like Competition? *Per.wn. individ. Diff*, 19 (2):175–184, 1995.
- [66] Francis McIntyre and F. N. David. *Tables of the Ordinates and Probability Integral of the Distribution of the Correlation Coefficient in Small Samples*. Cambridge University Press, 12 1938. doi: 10.2307/2279076.

# Appendices

## A Elaboration of literature review process

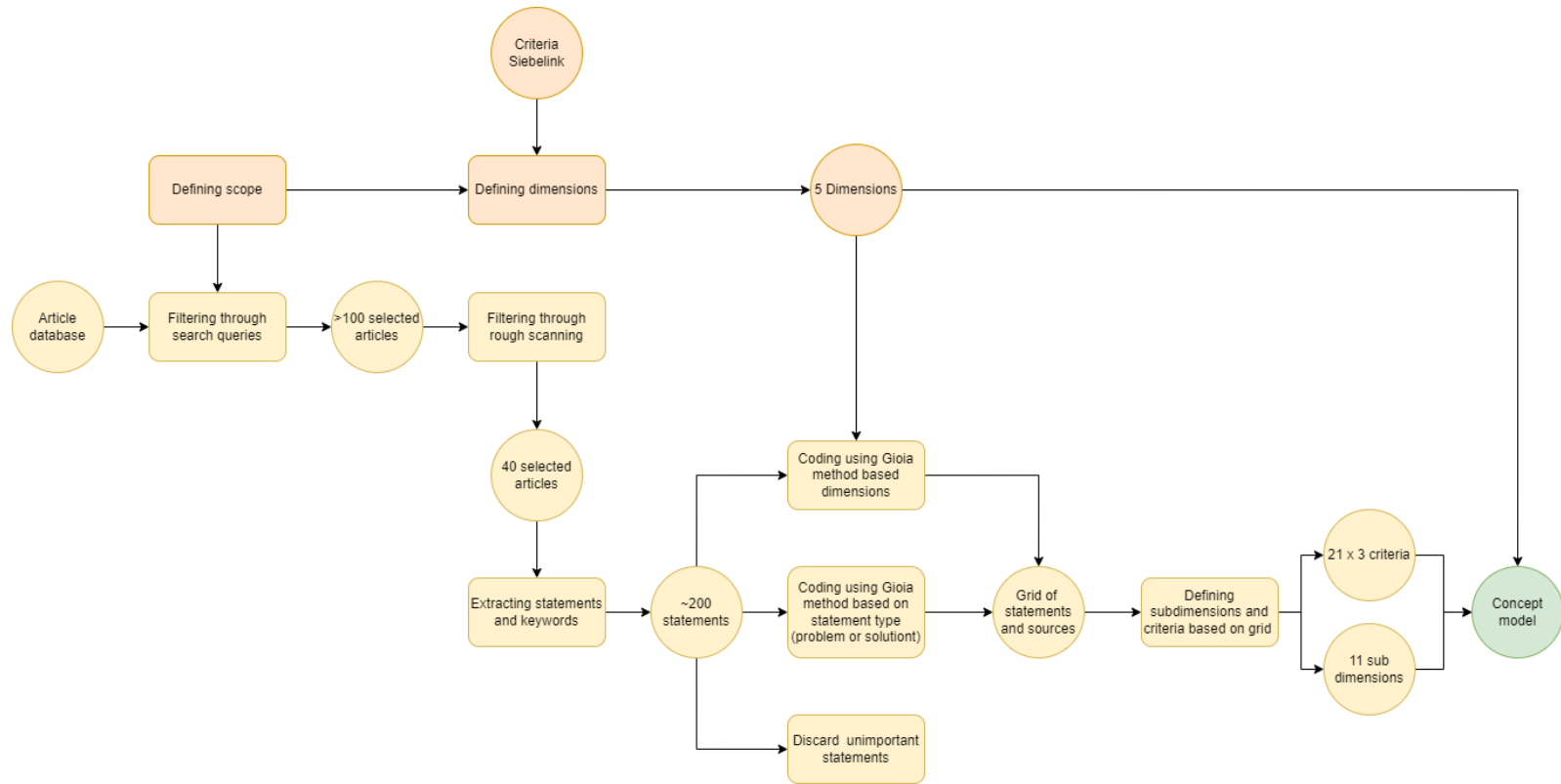


Figure A.1: Research approach maturity model concept development

## B Workshop evaluation

In the workshop, three experts in the construction sector are consulted:

H = Hans, bouwkundige, coach en project manager bij VIBES

M = Michiel, Lead Engineer bij VIBES. Kennisontwikkeling en implementatie van laatste BIM-innovaties, werkmethodeken en standaarden.

J = Jan Kees, bedrijfskundige bij VIBES

### B.1 Dimensies en subdimensies

H: Als je goed scoort op deze dimensies binnen het project heb je alles redelijk op orde om je Wkb goed te doen.

Jan Kees: Moet kennis nog ergens als dimensie erbij. A: Staat onder opleiding en motivatie. H: Misschien moet dit Kennis, educatie en motivatie worden.

H: Je maakt een model waarbij je bij start van project kan kijken of het het process van de Wkb goed aan kan: A: Wat er gemeten word is in hoe verre heb je je zaakjes op orde wat betreft Kwaliteitsborging.

Jan Kees: Kan je als je level 1 hebt voldoen aan Wkb A: Nee, want doel van Wkb is om alles digitaal maken en digitaal leveren. J: Waar je moet je zitten om minimaal aan Wkb te voldoen? A: Lastig want er zijn geen minimale vereisten. A: Oke, op niveau 1 kan je voldoen, maar je maakt het heel moeilijk voor jezelf. J: Dus niveau 1 kost meeste moeite om aan alle vereiste van Wkb te voldoen. A: ja H: Wat is het perspectief? We gaan nu kijken wel level wij halen om te bepalen of we voldoen. J: Nee er is een volwassenheidsmodel over dossiervorming voor Wkb voor projecten. Je kijkt als geheel naar project en daardoor is een grote of minder grote kans dat er goed een dossier gevormt kant worden.

H: Er is dus een team die verplicht is om informatie leveren aan de kwaliteitsborger. Wij gaan dus met dit model kijken of hoe dit team staat bij een project in de kwaliteit. Hoe hoogwaardig kunnen we de kwaliteitsborger straks voeden.

### B.2 Organisatiestructuur

#### B.2.1 Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid:

M: Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid zit in contracten. Wordt geregeld per bedrijf. Het is wel altijd een puzzel wie waar verantwoordelijk voor is, het vaak een zoekplaatje. Pro-actieve niveau klinkt ver weg A: dit is het idee.

J: Waarom zou je verantwoordelijkheid op mensen willen leggen en noteren. A: Dan kan weet je wie waarvoor verantwoordelijk is en kan je dit persoon vragen stellen, als er wat fout gaat kan je dit persoon er ook op aanspreken. J: Ja maar dan is het bedrijf aansprakelijk. A: Dan is formulering fout. J: Wat jij bedoelt is communicatie. M: Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid gaat altijd over contracten.

H: Dit zegt nu wel iets over de de verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid van het project maar niet over het leveren van kwaliteit. A: dan ben je automatisch verantwoordelijk voor kwaliteit.

M: Gaat het over kwaliteit product of over kwaliteit van informatie. A: Dat is een goede, ik heb nu alleen maar product maar het zou allebei moeten zijn.

J: Maar daar gaat het hier niet om, het gaat erom zijn is bijvoorbeeld duidelijk vastgesteld waar een leverancier voor verantwoordelijk is en waar hij voor aansprakelijk is. Staat dit goed in zijn contract. Heeft iedereen contract, zijn alle taken afgedekt. Zijn deze mondelingen of gedocumenteerd.

J: Dus waar we nu op uitkomen is: Zijn alle taken en contracten gevangen. A: Dus bij niveau 1 nog mondelingen contracten en bij hoger niveau is dat allemaal gedocumenteerd.

## **B.2.2 Structuur en planning:**

### **Protocollen**

M: Staan protocollen niet voorgeschreven door de kwaliteitsborger? En zoja begrijp ik dan goed dat de eerst levels gaan over voorgeschreven protocollen zoals bouwbesluit en dan niveau 3 is voor project specifieke wensen van de client. A: Nee, dat zit in principe in de kwaliteitsborging. Dit gaat niet over de verplichte momenten maar dat je voordat je borgt zelf ook al controleert. Gebruik je hiervoor dezelfde checklist als de borger of check je meer door de kijken naar risicos.

H: Voor mij is Level 1: We doen wat we doen en we kijken wel wat er gebeurt wanneer de borger langskomt, Level 2: we weten wel waar de borger naar kijkt en we bekijken het vaste lijstje. Level 3: Wij kijken met specialistisch oog en weten nog meer waar de risicos liggen en toetsen deze op eigen initiatief. H: Ik vind de formulering van het 3e niveau dan niet duidelijk zo. J: Maar als je het zoals Hans doen richt je je weer meer op de kwaliteitsborger en wat er in het dossier moet komen ipv kwaliteitsborging. Mijn verwachting is dat hier zou staan: Level 1: Is er überhaupt een methode voor vastlegging van kwaliteitsborging, level 2: er is iets, level 3: we hebben een systeem die volledige kwaliteit registreert.

H: Met dat niveau wordt het een boven de Wkb hangend verhaal. A: Dat wordt het denk ik ook wel.

J. Om het even plat te slaan. Level 1 = geen iso 9001 handboek, level 2 = deel iso 9001, Level 3 = volledig gedekt, checklist, aantekeningen etc. Los van de Wkb. H: Dan wordt het heel los van de Wkb idd. A: Ik denk dat het model ook voor nu los gezien moet worden van de wet en alleen gekeken moet worden naar kwaliteitsborging. J: Gaan we dan voor formulering van Hans of die van mij? A: Ik denk meer wat J zegt, specifiek kwaliteitsborging en hoe goed heb je alles voor elkaar.

### **Taaktoewijzing:**

H: Bij niveau 3, planning kan bekeken en aangepast worden. Aangepast niet door iedereen uiteraard. M: Taaktoewijzing en verantwoordelijkheid lijken heel erg op elkaar wat is het verschil. A: Taaktoewijzing is specifiek of op kleine taken en wie wat doet. Aansprakelijkheid is wie waar verantwoordelijkheid is.

H: Taaktoewijzing kan hetzelfde als verantwoordelijkheid. Zoals: taaktoewijzing is ad hoc, taaktoewijzing is gedocumenteerd, taaktoewijzing is online, terug te lijden en aanpasbaar. Wat is het verschil.

J: Verantwoordelijkheid is heb je je verantwoordelijkheden goed afgebakend. Taken moet hier dus uit verwijderd worden (zie aantekeningen). Taak toewijzing is dan meer, welke taken zijn er en hoe worden deze georganiseerd binnen deze verantwoordelijkheden. M is het hier mee eens.

J: "De planning kan bekeken worden door iedereen in het project" Moet een criteria lager. A: Wat is dan het verschil tussen taaktoewijzing en planning. J: Taaktoewijzing is wie doet wat en planning is in welke volgorde. A: Dus taaktoewijzing kan door iedereen bekeken worden, planning moet lager staan. M is het hier mee eens.

### **Planning**

H: Gedocumenteerd is vaag bij niveau 1 en moet anders geformuleerd worden. J: Planning is beperkt, lokaal. A: lokaal is goede. M. Het is de gradatie en het verschilt wat voor planning het is: algemene planning of

takenplanning.

J: Het is belangrijk om te onderscheiden of die taken die als criteria hierboven staan ook in de planning opgenomen worden. Als er taken gedefinieerd worden betekend dat niet automatisch dat ze in de planning staan. En andersom, als er geen taken zijn maken we soms nog wel een takenplanning (denk hierbij aan batchplanning, hier wordt wel gekeken naar een doorlooptijd wanneer wat af moet zijn, maar worden niet specifieke taken geplanned).

M: Daar zit ook en gradatie verschil tussen. Overallplanningen worden altijd wel ad hoc gecommuniceerd, maar een takenplanning kan soms niet gedocumenteerd zijn. J: Er is niks positiefs aan geen takenplanning maken, maar soms kan een takenplanning maken negatief zijn. A: maar heeft het een voordeel voor kwaliteitsborging. J: Kwaliteitsborging hoeft hier niet in terug te komen. Je maakt een planning om project vlekkeloos te laten lopen. Met als resultaat dat hierdoor de kwaliteits bevorderd wordt.

A: Dus jullie zouden zeggen, dat naast algemene planning nog een takenplanning moet komen. M: Ja want algemene planning doen veel bedrijven maar takenplanning nog niet. Dus dit moet los van elkaar gezien worden.

M: Bij een takenplanning zou dat dan zijn: Level 1, niet of amper gedocumenteerd, Level 2 is gedocumenteerd, level 3 is geïntegreerd met overall planning.

H: Takenplanning en gewone planning moeten wel gedefinieerd worden, dit zijn geen bekende termen voor aannemers/onderaannemers.

A: Interne testmomenten bij planning voor kwaliteit niveau 3, dit staat gelijk met de protocollen waarin ook interne testmomenten opgenomen worden (zie protocollen). H: Oke A: Voorspelling van testmomenten en testbatches. H: Oke

## **B.3 Mensen, cultuur en communicatie**

### **B.3.1 Educatie en motivatie**

M: Omschrijving zoals die er nu staat is wat kort (dit klopt, er mist ook informatie).

J: Je zou meer verwachten, reactief = conservatief, oude manier gebruiken we geen investeren in verandering, niveau 2: iets meer dan dat, beperkte opleidingen en motivatie, Niveau 3: Vooruitstrevend, investeren in mensen en motivatie, lange termijn vernieuwen. Termijnen kloppen maar formulatie klopt niet helemaal.

J: Vraag is dan wel of niveau 3 echt zorgt voor een betere kwaliteit. Bedrijven die in niveau 3 zitten tonen aan de ze bij de tijd zijn en daardoor goede kwaliteit kunnen leveren.

M: In hoe verre hangt educatie en motivatie samen? J: Ongemotiveerdheid hangt samen met lage motivatie en korte termijn denken. M: gemotiveerde mensen leveren betere kwaliteit, maar dit betekend nog niet dat je de kennis in huis hebt. Deze moet ook weer gesplitst worden. J: En hoe hang kennis samen met motivatie, je kan nog steeds vooruitstrevend zijn met ongemotiveerde mensen.

### **B.3.2 Teamwerk**

M: Ik vind het onduidelijk of hier intern of extern is wat betreft het project. Er kunnen grote verschillen zijn tussen binnen subteams werken en het hoofd project team. Het kan zo zijn dat we met sommige teams wel goed werken maar met andere niet, dus op welk niveau kom je dan?

J: Het is wel belangrijk dat je dan gaat definiëren wat een team is, want we praten nu op project niveau en dan is extern buiten het project. Dus als je het bekijkt vanuit project zou eigenlijk niveau 1: projects teams functioneren niet, niveau 2 subteams functioneren, niveau 3 alles functioneert top. Je moet dit formuleren zodat dit gesnapt wordt.

H: Is dit nu een aspect die je bekijkt voor het hele project team of alleen voor je eigen team.

J: Op welk niveau kijk je nu naar je proces en op welk niveau word er geëvalueerd. A: het gaat over het project. J: Maar hoe weet iedereen wat er precies gebeurt in het project. A: Dat is inderdaad niet realistisch. Het moet aangepast worden en moet op subteams/organisaties en dan wordt dit gezamenlijk in een analyse tot 1 resultaat voor het gehele project gemaakt. Het hele model model dus gefocussed worden op hoe subteams tegen het project aan kijken, of hoe ze zelf functioneren.

J: Er moet dan ook een weging komen, subcontractoren hebben minder invloed dan de contractor.

H: Ik denk dat er maar 1 optie is en dat het model om subteams moet focussen. Onderaannemer kan bijvoorbeeld alleen iets zeggen over zijn eigen taken en ervaringen en niet over het gehele project. J: Je kan alleen mensen bevragen waar ze kennis over hebben. H: Uiteindelijk bepaald de aannemer wie dit formulier moet invullen. Want hij heeft er het meeste belang bij.

### B.3.3 Communicatie

H: Dus eigenlijk wordt er op niveau 1 niks gedocumenteerd, 2, communicatie wordt vastgelegd en kan bekeken worden, 3 communicatie is interactief en gekoppeld aan.

H/J/M: 3D model gps, camera, drones allemaal niet relevant en zijn voorbeelden.

J: communicatie gaat niet over 3D model. Waar het om gaat is dat alle communicatie zichtbaar is, werkplek online, 1 platform voor alle communicatie. M: niet alle communicatie kan gekoppeld worden aan 3D model. Niveau 2: is digitaal maar p2p (peer to peer) het staat ergens digitaal maar je kan er niet bij, niveau 1 niet georganiseerd mondeling contact. A: oke duidelijk, breder trekken en geen voorbeelden erbij.

M: Bij begeleiding staat er veel wat op verschillende niveaus ingedeeld kan worden. Bijvoorbeeld sommigen maken gebruik van cameras maar niet van pda's dus dan zouden ze op niveau 1 komen te staan. A: dus ik moet deze ook breder trekken en minder voorbeelden. Niveau 1 is geen begeleiding, niveau 2 is gedeeltelijke begeleiding, niveau 3 volledige begeleiding. Maar dan moeten er wel criteria bij.

J: niveau 1 = mondeling en papieren documenten, niveau 2 is documenten papier en digitaal, niveau 3 = digitaal 2d en 3d.

A: maar is contact niet beter, J: nee, want mondeling kan je dingen vergeten, kost tijd etc. Er zou geen mondelingen toelichting nodig moeten zijn als de tekeningen goed zijn.

M: Camera en drones zijn meer monitoring dan begeleiding.

## B.4 Monitoring

### B.4.1 Tracking

M: Verschil materiaal en materieel (gereedschappen). Wat hebben gereedschappen te maken met kwaliteitsborging? A: Materiaal moet bijvoorbeeld gecalibreerd. J: Je wilt goed gereedschap gebruiken (certificatie). Het gaat om speciaal gereedschap geen normaal gereedschap. Dit moet geregistreerd worden.

J: Ik denk dat het niet alleen om materiaal en materieel gaat maar ook mensen. MAMO: Materiaal, arbeid, materieel en onderaanneming. Urenregistratie hoort hier ook bij, wie heeft wat gedaan? A: heeft dit nog te maken met kwaliteit. J: nee met de borging, je wilt weten wie wanneer wat heeft gedaan en dit moet je monitoren.

M: Ik heb het gevoel dat het opgesplitst moet worden in materiaal, mensen en materieel (gereedschap). Aannemers tracken bijvoorbeeld nu al wel materiaal maar geen materieel. A: Denk dat dat een goed idee is. Criteria mag dan gelijk blijven M. Ben ik het mee eens.

J: Dit kan naar werkvloer (kantoor) vertaald worden bij bijvoorbeeld software. M: Ik ken zelfs waar revit licenties bijgehouden worden op gebruik.

## B.4.2 Inspectie

J: Het gaat hier over controles in het algemeen, is er inspectie over wat er geproduceert wordt. M: maar wat als een leverancier tekeningen en item levert. J: Ik zou verwachten het gaat om het product dat geleverd wordt. Bij een kozijn leverancier wordt er een kozijn geleverd dus daar komt de inspectie op.

J: Level 3 moet minder specifiek maar generiek voor alle partijen waarin de meest moderne voor van inspectie aan bod komt. A. Als je dan kijkt naar AR dan gaat het dus over automatische inspectie. J, M: ja daar ben ik het mee eens.

J: Materiaal en materieel moet uit elkaar getrokken worden. M: Wat is het verschil dan tussen alle kopjes inspectie. A: Eerste is production, tweede materialen, derde, materieel.

J: Certificaten moeten er nog bij misschien, dit moet nog uitgezocht worden.

J: Calibreren is mooi woord maar certificering moet erbij

## B.5 IT-Infrastructuur

M: meeste onderaannemers hebben nog niet van BIM gehoord H: BIM moet er hier uit want mensen gaan dit niet snappen, omschrijven naar digitaal platform en specificaties. IT structuur kan ook sophisticated zijn zonder BIM.

H: 3D software mag wel, maar niet het woord BIM

## B.6 Documentatie

### B.6.1 Documentatiestrategie

H: 1 is ik heb een bult pdf en lokale mapjes, 2 is alles hiervoor + DMS we kunnen alles terug vinden, we kunnen alles koppelen aan een intelligent model. A: nee dit is het niet helemaal in fase 3 wordt data opgevraagd uit het system doormiddel van een query. Dit is database design. H dus niet data niet alleen op platform maar ook in database. H: IFC en SPARQL queries kunnen eruit.

J: DMS is document met metadata, zoals sharepoint.

J: Ik denk dat data systeem niet het hoogste zou moeten zijn, maar dat dat een document management



systeem moet zijn met metadata. M: Query kan eruit, want opzoeken is niet relevant. 1 is dus versnipperd, 2 is DMS en 3 is een integrale informatie bron. J: ik vind dat ook maar dan moet de naam documentaties-trategie anders want dan hebben we het niet over documentatie maar data strategie. H/J documentatie is verwarrend als woord want het lijkt teveel op documenten. En maak onderscheid tussen dat en informatie.

### **B.6.2 Gegevenstypes**

M: IFC eruit, maar heb het over gelinkte files. J: Gegevenstypes moet ook data types worden.

M: Niveau 2 is dus gekoppelde bestanden en niveau 3 is dan gekoppelde data.

### **B.6.3 Beveiliging**

M: Ik denk niet dat dit heel relevant is voor de kwaliteitsborging. En beveiliging van data is relevant maar hoort onder monitoren als kopje monitoren van data. J: Ik vind het wel degelijk belangrijk want wie data aan kan passen kan ook de kwaliteit beïnvloeden, dus dit moet beveiligd worden.

J: bij beveiliging moet eigenlijk staan over je nagedacht hebt wie wat mag aanpassen.

J: Ik vind dat je moet kunnen aantonen of je model niet gemanipuleerd is. Dit kan van te voren door beveiliging in te stellen en daarna om te controleren bij monitoring.

## C Workshop analysis

### C.1 Model algemeen

- Er is verwarring over doel en scope van het model, vooral met betrekking tot Wkb. Dit moet verduidelijkt worden. Wat gaat over het project en wat gaat over het eigen team/werkzaamheden etc.
- De besproken scope moet zijn, kwaliteitsborging van een project algemeen. Het model hangt boven de Wkb maar is hier niet direct aan gelinkt. Door een hoger level te hebben wordt de gehele kwaliteit van een project bevorderd, waardoor uiteindelijk beter kwaliteitsborging gedaan kan worden zoals omschreven in de Wkb.
- Scope van assessment van model is gericht op kwaliteit van deelnemers mtb tot het project. Ze praten hier over hun eigen competenties want verder heeft niet iedereen overzicht over het project en je kan alleen beoordelen waar je kennis over hebt. Wanneer meerdere deelnemers van een project het assessment model ingevuld hebben kan de algehele volwassenheid van het project bepaald worden en worden de zwakke schakels duidelijk. Hierin moeten ontstaat wel een probleem dat er rekening gehouden moet worden met de invloed van partijen op de kwaliteit een leverancier hier minder invloed dan aannemer. Hier moet een weging voor komen.
- Er is een lijst met definities nodig, om verwarring tegen te gaan.

### C.2 Dimensies en subdimensies

- Dimensies en subdimensies lijken compleet.
- Mensen, cultuur en communicatie anders formuleren (e.g. Kennis, cultuur en communicatie)

### C.3 Organisatie structuur

#### C.3.1 Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid

- Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid is eigenlijk altijd voor bedrijf, niet voor personen en vastgelegd in contracten.
- Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid zoals het nu in het model is vastgelegd gaat over communicatie en werkverdeling niet over contractuele aansprakelijkheid.
- Er staat nu alleen iets over verantwoordelijkheid voor kwaliteit van het product, niet kwaliteit van informatie. Dit moet ook geformuleerd worden, maar in een andere dimensie.
- Taken moeten hier ook uit aangezien die onder taaktoewijzing worden behandeld.
- Nieuwe formulering: Zijn alle taken en contracten gevangen: Niveau 1: mondelingen contracten, Niveau 3: Alle taken en contracten overzichtelijk gedocumenteerd.

#### C.3.2 Structuur en planning

##### Protocollen

- Er is onduidelijkheid over wat precies de inhoud is van de protocollen per criteria.

- Protocollen moeten protocollen voor kwaliteit zijn. Level 1 is hier geen protocollen, Level 2 is deel is gevangen in protocollen voor kwaliteitsborging (zoals ISO9001), Level 3 is alles volledig gedekt.

### **Taaktoewijzing**

- Verduidelijking nodig van wie kan planning en taken aanpassen.
- Onduidelijkheid wtb omschrijvingen.
- Taaktoewijzing moet meer zijn: identificatie en organisatie van taken binnen de verantwoordelijkheden.
- Verwarrende en dubbele omschrijvingen, zoals planning dit moet niet bij taken staan maar bij planning.
- Taaktoewijzing is wie doet wat en planning is in welke volgorde gebeurt dit.

### **Planning**

- Formulering is vaag, dit moet duidelijker. E.g. niveau 1 "planning is gedocumenteerd". Betere omschrijving is planning is lokaal of beperkt.
- Planning is te breed, moet opgesplitst worden in takenplanning en algemene planning, omdat soms maar 1 van beide aanwezig is.
- Criteria voor beide zou dan zijn: Level 1: amper gedocumenteerd, Level 2: gedocumenteerd, Level 3 geïntegreerd met andere plannings.
- Voor kwaliteitscontrole terugkoppeling naar protocollen met interne testmomenten, dit is ook een criteria, hetzelfde als het voorspellen van testmomenten en tastbatches.

## **C.4 Mensen, cultuur en communicatie**

### **C.4.1 Educatie en motivatie**

- Momenteel mist er informatie in het Nederlandse model, dit moet toegevoegd worden. Ook moet hier extra uitleg aan toegevoegd worden. Het is nu te kort en bondig.
- Formulering klopt hier niet helemaal in combinatie met de omschrijving van de levels. Logischer zou zijn: "Level1: conservatief, oude manier is goed, Level 2: beperkte opleidingen en motivatie, Level 3: Vooruitstrevend, investeren in mensen en motivatie.
- Hier moet ook weer gesplitst worden, gemotiveerde mensen betekent niet automatisch dat je de kennis in huis hebt. Dus dit zou apart beoordeeld moeten worden.

### **C.4.2 Teamwerk**

- Onduidelijk over welke teams dit gaat, wat is intern en extern bij een project. Waar moet je als degene die het invult op focussen op project of alleen je eigen deel (zie opmerking model algemeen).

### **C.4.3 Communicatie**

#### **Communicatie**

- Voorbeelden zijn niet relevant en dit moet algemener getrokken worden omdat niet iedereen dezelfde tools gebruikt.
- Het gaat er hier om in hoeverre communicatie zichtbaar is.

- Level 1: Niet georganiseerde documentatie van communicatie, vooral mondeling contact, Level 2: Digitale communicatie maar p2p, het staat wel online maar niet iedereen kan erbij. Level 3: 1 platform voor alle communicatie, iedereen kan elkaar bereiken (zoals werkplek online).

### Begeleiding

- Geen voorbeelden, maakt het onduidelijk en niet alles kan zomaar gelinkt worden aan level (e.g. je kan camera hebben en geen pda). Dit moet algemener getrokken worden, zodat het voor iedereen toegepast kan worden.
- Niveau 1: Mondelingen en papieren begeleiding, Niveau 2: papieren en digitale documenten , Niveau 3: Digitale 2D en 3D begeleiding.
- Camera en drones zijn geen begeleiding maar monitoring.

## C.5 Monitoring

### C.5.1 Tracking

- Materiaal en materieel is maar een klein onderdeel. Denk aan MAMO, Materiaal, Arbeid, Materieel en Onderaanneming. Mensen/arbeid moet hier ook vertegenwoordigd worden want je moet weten wie wanneer wat heeft gedaan.
- Wederom is opsplitsing gewenst tussen materiaal en materieel. Sommige aannemers tracken wel materieel maar geen materiaal. Criteria mag bij beide gelijk blijven. Algemener trekken zodat ook kantoor hierbij gepakt kan worden (materiaal en materieel zijn hier software en hardware).

### C.5.2 Inspectie

- Formulering moet duidelijker, kwaliteit gaat hier om kwaliteit van het product.
- Hier moet ook weer opgedeeld worden in product, materiaal, materieel (evt. Arbeid).
- Level 3 is te specifiek, AR is een voorbeeld. Juiste term is automatische inspectie.
- Kalibratie en certificatie is belangrijk.

## C.6 IT infrastructuur

- BIM is geen goede omschrijving, sommige onderaannemers hebben niet van BIM gehoord maar wel een sophisticated IT structuur. Beter om anders te formuleren en breder te trekken "digitaal platform" ed.

## C.7 Documentatie

### C.7.1 Documentatiestrategie

- Het is onduidelijk wat er met IFC en SPARQL queries bedoeld wordt. Duidelijk maken dat dit om een database gaat.
- Omschrijvingen moeten geschreven worden zodat iedereen ze kan begrijpen.
- Voorbeeld zoals de manier van opzoeken is niet nodig.

- Level 1: versnipperde documentatie, Level 2: DNS, Level 3: Digitale informatiebron.
- Documentatiestrategie is vervarend als formulering, het gaat hier om data niet om documenten.

### **C.7.2 Gegevenstypes**

- IFC is wederom onduidelijk en een voorbeeld, gebruik termen zoals gelinkte bestanden.
- Gegevenstypes moet hier dan ook data type worden.
- Level 2: gekoppelde bestanden, Level 3: gekoppelde data.

### **C.7.3 Beveiliging**

- Beveiliging zoals het nu staat is niet relevant voor kwaliteitsborging. Dit zou moeten gaan over hoe data beveiligd wordt tegen manipulatie. Dit valt echter eerder onder monitoring dan documentatie.

## D Vragenlijsten

## Doel van het onderzoek

In dit onderzoek wordt een methode ontwikkeld voor het analyseren en evalueren van het niveau van kwaliteitswaarborging in de bouwsector. Kwaliteitswaarborging verwijst naar alle procedures en middelen die inzetbaar zijn om de kwaliteit te borgen. Deze omvatten zowel preventieve maatregelen als controlemaatregelen. Inzicht krijgen in uw sterke en zwakke punten op het gebied van kwaliteitswaarborging binnen uw team kan u helpen voorbereiden op de aankomende Wet kwaliteitsborging.

Het doel van dit model is om binnen een project of team:

- De huidige staat van kwaliteitswaarborging te identificeren.
- Sterke en zwakke punten van kwaliteitswaarborging te onderscheiden.
- Inzicht te verkrijgen in verbeterpunten en pad van ontwikkeling van kwaliteitswaarborging.

Deze vragenlijst bevat onderwerpen die van invloed zijn op het kwaliteitsniveau van uw producten of diensten. Naar aanleiding van het invullen van deze vragenlijst wordt voor deze onderwerpen uw huidige kwaliteitsniveau bepaald en kunnen aanbevelingen gegeven worden voor het ontwikkelen van uw processen in de toekomst.

De vragenlijst onderscheidt verschillende schaalniveaus:

**Project:** Het volledige bouwproject vanaf ontwerp tot en met oplevering. Hieronder vallen alle bedrijven en stakeholders die producten leveren in het bouwproject.

**Team:** Subgroep of bedrijf binnen het project die verantwoordelijk is voor een of meerdere producten.

**Product:** De dienst, constructie, tekening etc. die het team levert aan het project.

In de vragenlijst wordt verwezen naar deze niveaus. Gelieve de vragen te beantwoorden met deze niveaus in gedachten.

## In welke mate worden verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden voor te leveren producten en/of diensten contractueel vastgelegd in uw project?

Niet contractueel  
vastgelegd

Gedeeltelijk contractueel  
vastgelegd

Volledig contractueel  
vastgelegd

### Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid

Verantwoordelijkheid, structuur en planning

Het gaat hierbij om het vastleggen van verantwoordelijkheid voor kwaliteit binnen het team, de organisatiestructuur van het team en het strategie van kwaliteitswaarborging. Dit omvat het gebruik van protocollen, taaktoewijzing en planningstechnieken.

Geef bij de volgende vragen aan of u het eens bent met de stelling. Als de vraag uit twee delen bestaat moet u voldoen aan beide om met "Ja" te kunnen antwoorden.

**Zijn er vastgelegde richtlijnen en protocollen voor kwaliteitswaarborging binnen het team? \***

JA  
NEE

**Worden deze protocollen/richtlijnen structureel toegepast en zijn ze volledig\*? \***

JA  
NEE

**Zijn de richtlijnen/protocollen project specifiek gemaakt door bijvoorbeeld extra controles binnen het team te plannen wanneer er sprake is van risicovolle objecten? \***

JA  
NEE

**Is er een actuele takenlijst (to-do lijst) aanwezig waarin taken binnen het team per persoon vastgelegd en toegewezen worden? \***

JA  
NEE

**Is de takenlijst digitaal inzichtelijk voor alle leden binnen het team? \***

JA  
NEE

**Is de takenlijst is gekoppeld met een planning? \***

JA  
NEE

**Zijn de volgende planningen aanwezig in het team?**

Ja    Nee

Algemene project planning (project niveau)

Takenplanning (team niveau)

Kwaliteitscontroleplanning (team niveau)



**Zijn de volgende planningen, indien aanwezig, digitaal beschikbaar voor alle teamleden?**

Ja Nee

Algemene project planning (project niveau)

Takenplanning (team niveau)

Kwaliteitscontroleplanning (team niveau)

**Zijn de onderstaande planningen geïntegreerd met andere planningen zodat wijzigingen automatisch worden doorgevoerd in alle gekoppelde planningen?**

Ja Nee

Algemene project planning (project niveau)

Takenplanning (team niveau)

Kwaliteitscontroleplanning (team niveau)

Kennisontwikkeling en Motivatie

Deze sectie richt zicht op kennisontwikkeling en motivatie in het team. Dit omvat opleidingen/certificaten en motivatie voor het leveren van kwaliteit.

**In welke mate wordt er binnen team\* en/of project geïnvesteerd in kennisontwikkeling op het gebied van kwaliteitswaarborging?**

**Reactief:** Aandacht voor kennisontwikkeling wanneer er fouten gemaakt zijn.

**Preventief:** Kennis wordt actief bijgehouden.

**Pro-actief:** Ontwikkelen van nieuwe kennis en toepassen van vooruitstrevende innovaties.

**Worden er opleidingen/cursussen binnen het team\* gevolgd op het gebied van kwaliteitswaarborging? \***

JA  
NEE

**Zijn opleidingen/cursussen voor kwaliteitswaarborging een vast onderdeel van het opleidingsplan en heeft minstens één persoon binnen het team een certificaat\* of cursus/opleiding afgerond op het gebied van kwaliteitswaarborging? \***

JA  
NEE

**In welke mate stimuleren leidinggevende en/of opdrachtgevers om goede kwaliteit op te leveren en te borgen?**

This matrix type is not available for legacy form layout.

**In welke mate is kwaliteit leveren en borgen onderdeel van de cultuur binnen het team?**

<b>Niet mee bezig</b>	<b>We doen het omdat het moet</b>	<b>Alle teamleden zijn volledig gericht op kwaliteit leveren en borgen.</b>
-----------------------	-----------------------------------	---

Teamwork en communicatie

Dit onderdeel gaat over het werken in teamverband en communicatie binnen het eigen team en met andere teams in het project en hoe deze communicatie wordt vastgelegd.

Vul voor de volgende stellingen waar of niet waar in.

**Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere <strong>teamleden</strong> en kunnen deze informatie digitaal raadplegen. \***

WAAR  
NIET WAAR

**Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van <strong>andere teams</strong> binnen het project en kunnen deze informatie digitaal raadplegen. \***

WAAR  
NIET WAAR

**Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. \***

WAAR  
NIET WAAR

**Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team. \***

WAAR  
NIET WAAR

**Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met <strong>andere teams</strong> binnen het project. \***

WAAR  
NIET WAAR

**Geef aan wat het meest van toepassing is wat betreft communicatie binnen het team. \***

Communicatie is vooral mondeling en overlegde zaken worden gedeeltelijk vastgelegd op papier of losse notities.

Communicatie is decentraal digitaal vastgelegd door middel van peer to peer (p2p) systemen (bijv. mail, textberichten etc.) of digitale notities.

Communicatie gaat via een centraal digitaal platform en is zichtbaar voor alle betrokkenen (bijv. Microsoft Teams, TeamWork, Miro, etc)

Begeleiding

Dit onderdeel omvat de hulpmiddelen en persoonlijke begeleiding bij het uitvoeren van taken.

**Geef aan wat het meest van toepassing is wat betreft begeleiding bij taken binnen het team. \***

Begeleiding en uitleg bij taken is mondeling of op papier.

Begeleiding en uitleg bij taken wordt gedaan op papier aangevuld met digitale informatie zoals 2D en 3D details en/of merktekens (stickers, kleurcodes etc.).

Begeleiding en uitleg bij taken worden ondersteund doormiddel van 2D en 3D digitale referenties en/of andere geautomatiseerde oplossingen (bijv. Robotplotter, RFID tags etc.).

Tracking

De sectie behandelt het volgen van gebruik en locatie van materialen, materieel en mensen.

**Worden de volgende punten structureel bijgehouden en gedocumenteerd?**

Ja Nee

Gebruik en locatie van materiaal

Gebruik en locatie van materieel

Geplande en gewerkte arbeidsuren

**Worden de volgende punten live getraceerd\* via bijvoorbeeld een digitaal platform\*\*?**

Ja Nee

Gebruik en locatie van materiaal

Gebruik en locatie van materieel

Geplande en gewerkte arbeidsuren

**Geef aan wat het meest toepasselijk is op het gebied van het monitoren van werknemers\* of teamleden. \***

Geen controle op werknemers tijdens het uitvoeren van hun taken.

Controle is steekproefsgewijs. Bijvoorbeeld door eens per dag of week werknemers/teamleden te monitoren tijdens het uitvoeren van hun taken.

Controle is doorlopend (bijv. door middel van automatische inspectie systemen zoals camera's).

**Geef aan wat het meest toepasselijk is voor het documenteren en terugvinden van data/bestanden. \***

Er is geen strategie voor het documenteren en terugvinden van data en/of bestanden.

Er is een strategie voor het georganiseerd documenteren en terugvinden van data en documenten. Deze strategie wordt structureel toegepast.

Data en documenten worden opgeslagen in een database en is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.

Inspectie

Dit onderdeel omvat de controle van de geleverde producten, materiaal, materieel en mensen.

**Geef aan wat het meest toepasselijk is voor het controleren van de kwaliteit van ontvangen producten\*. \***

Geen controle of losse notities/checklists.

Digitale checklist (bijv. inspectie apps).

Automatische inspectiesystemen (bijv. software voor controle van 3Dmodellen of software voor controle van foto's van de as-built situatie).

**Geef aan wat het meest toepasselijk is voor het controleren van de kwaliteit van aan te leveren producten\*. \***

Geen controle of losse notities/checklists.

Digitale checklist (bijv. inspectie apps).

Automatische inspectiesystemen (bijv. software voor controle van 3Dmodellen of software voor controle van foto's van de as-built situatie).

**Geef aan wat het meest toepasselijk is voor het controleren van de kwaliteit van materiaal. \***

Geen structurele controle, acties zijn correctief

Controle is preventief (bijv. op basis van steekproeven) en wordt digitaal vastgelegd.

Controle is pro-actief en op basis van risico op non-conformiteit\* en indien mogelijk controles met automatische inspectie systemen (bijv. RFID tags, validatie apps).

**Geef aan wat het meest toepasselijk is voor het controleren van de kwaliteit van materieel. \***

Geen structurele controle, acties zijn correctief.

Controle is preventief op basis van gebruikspatronen en wordt digitaal vastgelegd.

Controle is pro-actief op basis van risico op non-conformiteit\* en gebruikspatronen. Indien mogelijk controles met automatische inspectiesystemen (bijv. kalibratie van hardware of een automatische melding voor vervanging van een onderdeel).

IT infrastructuur

IT-infrastructuur omvat de hardware, software, netwerken die nodig zijn voor digitale operaties binnen een organisatie.

Vul voor de volgende stellingen waar of niet waar in.

**Er wordt gebruik gemaakt van een online gecentraliseerd digitaal platform\* waar met meerdere mensen aan één of meer producten gewerkt kan worden. \***

WAAR

NIET WAAR



### Hoe duidelijk vond u deze vragenlijst?

This matrix type is not available for legacy form layout.

### Heeft u verder nog opmerkingen of vragen?

Aan de hand van het door u ingevulde antwoord kan het zijn dat sommige vragen overgeslagen worden. Dit is een geplande stap in de vragenlijst, en u gewoon doorgaan met het invullen van de resterende vragen. Bij sommige vragen staat extra informatie of uitleg bij termen dit is aangegeven met de zwarte sterretjes (\*).

Het rode sterretje (\*) op het einde van de vraag betekent dat deze vraag verplicht is om in te vullen. De vragenlijst zal nu beginnen.

### Hoe worden de kwaliteitscontrole momenten bijgehouden?

Niet, er zijn geen controlemomenten of deze zijn sporadisch.

Controlemomenten worden ingepland zodra een taak of (deel)product voltooid is.

Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.

### Wordt er in het team gebruik gemaakt van gekoppelde data\*? \*

JA

NEE

### Hoeveel procent van de gecreëerde of gebruikte informatie binnen het team is vastgelegd in gekoppelde data\*?

This matrix type is not available for legacy form layout.

Extra vragen  
Invultijd: 1 minuut

## Naam

Voornaam          Achternaam

**Op een schaal van 1 tot 10 hoe sterk zou je het kwaliteitsborgingsproces van je team in het project inschatten? \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Slecht

Uitmuntend

Geef aan op een schaal van 1 tot 10 aan voor de volgende onderwerpen hoeveel invloed ze naar jouw mening hebben op het niveau van kwaliteitsborging?

**Vastleggen van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Protocollen en planningen \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Opleidingen en motivatie \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Teamwerk en communicatie \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed



**Begeleiden van werknemers \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Toezicht houden: (bijv. het bijhouden van gebruik en/of locatie van materiaal, materieel, werknemers en data) \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Controle van producten, materiaal en materieel \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**IT infrastructuur \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Documentatiestrategie \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Gebruik van gelinkte bestanden (IFC etc) \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Weinig invloed

Heel veel invloed

**Opmerkingen:**



## E Resultaten vragenlijst

Table 16: Results maturity questionnaire per project. The maturity level for each criterion is indicated by a value from 1 to 3

Dimensie	Criteria	Project 1: Drachten	Project 2: Culemborg	Project 3: Lelystad
Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2	2
Structuur en planning	Protocollen	1	1	3
	Taken	2	1	3
	Projectplanning	2	2	2
	Takenplanning	1	1	2
	Kwaliteitscontroleplanning	1	1	1
Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	1	1	3
	Opleidingen	1	2	2
	Motivatie leidinggevende	2	3	3
	Motivatie team	2	3	3
Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	2	3	3
	Communicatie	1	3	3
	Communicatiedocumentatie	2	1	3
	Uitleg bij taken	2	1	1
Begeleiding Tracking	Locatie materiaal	1	1	2
	Arbeidsuren	1	3	3
	Locatie materieel	2	1	2
	Monitoren werknemers	2	2	1
	Locatie data	2	2	2
	Kwaliteitscontrolemomenten	2	2	3
Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2	2
	Controle te leveren producten	2	2	2
	Controle materiaal	2	2	2
	Controle materieel	2	1	2
IT infrastructuur Documentatiestrategie	Digitaal platform	2	2	2
	Data opslag	2	2	2
Data type	Back ups	2	2	2
	Gekoppelde bestanden	2	2	2

Table 17: Results maturity questionnaire per team. The maturity level for each criterion is indicated by a value from 1 to 3

Dimensie	Criteria	Project 1: Drachten			Project 2: Culemborg		Project 3: Lelystad		
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2	2	2	2	3	2	2
	Structuur en planning	3	1	1	1	1	3	3	1
Kennisonwikkeling en motivatie	Protocollen	3	2	1	1	2	3	3	1
	Taken	2	3	2	2	2	2	2	2
	Projectplanning	2	1	1	2	1	2	2	2
	Takenplanning	2	1	1	2	1	1	1	1
	Kwaliteitscontroleplanning	2	1	1	2	1	2	3	3
	Kennisontwikkeling	1	1	1	3	1	3	2	1
Teamwerk en communicatie	Opleidingen	2	2	3	3	3	3	3	3
	Motivatie leidinggevende	2	2	2	3	3	3	3	2
	Motivatie team	2	2	1	3	3	1	3	3
	Inzicht werkzaamheden	2	1	1	3	3	3	3	3
Begeleiding	Communicatie	3	2	2	1	1	3	2	3
	Communicatiedocumentatie	1	2	2	1	2	1	1	2
Tracking	Uitleg bij taken	1	2	1	2	1	3	2	1
	Locatie materiaal	3	1	1	3	3	3	2	3
	Arbeidsuren	3	2	1	1	1	3	2	1
	Locatie materieel	2	2	1	2	2	2	1	1
	Monitoren werknemers	2	2	1	2	3	2	3	2
	Locatie data	3	2	2	3	2	3	3	2
	Kwaliteitscontrolemomenten	2	2	1	3	1	3	2	2
Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2	1	3	2	2	2	2
	Controle te leveren producten	2	2	1	3	2	2	2	2
	Controle materiaal	2	2	1	2	2	2	2	1
	Controle materieel	2	2	1	1	1	2	2	1
IT infrastructuur	Digitaal platform	3	2	2	3	2	3	2	2
	Documentatiestrategie	2	1	2	2	2	2	2	2
Data type	Data opslag	1	3	-	2	2	-	-	2
	Back ups	1	3	2	2	3	3	2	2
	Gekoppelde bestanden	1	3	2	2	3	3	2	2

## E.1 Resultaat Natascha van den Loodsrecht

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
	Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.	
	Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen	
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.  Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.  Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
		Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team. Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen. Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging. Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team. Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit. Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
	Teamwerk en Communicatie	Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team.  Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.  Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.
	Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Digitale uitleg en begeleiding via tekst,2D en 3D visualisaties, modellen, en andere automatiseringsoplossingen.
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd. Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd. Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd. Werknemers worden niet gemonitord.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform. Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd. Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform. Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
		Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen. Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
	Inspectie	Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists. Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.  Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.  Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
		Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd. Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS). Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF). Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.2 Resultaat Nieck

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
	Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.	
	Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen	
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
	Teamwerk en Communicatie	Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team. Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen. Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging. Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team. Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit. Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
		Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.
Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.	
		Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Digitale uitleg en begeleiding via tekst,2D en 3D visualisaties, modellen, en andere automatiseringsoplossingen.	
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Werknemers worden niet gemonitord.	Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.
		Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
Inspectie	Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
	Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
	Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
	Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd. Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS). Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF). Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.3 Resultaat Wouter de Vries

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
	Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.	
	Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen	
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
	Teamwerk en Communicatie	Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team. Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen. Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team. Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit.
		Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project. Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.	
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
	Inspectie	Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd. Werknemers worden niet gemonitord.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd. Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
	Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.	
	Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.	
	Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
	Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS).	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF).
	Datatype	Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
		Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.4 Resultaat Bart Stoter

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
	Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.	
	Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen	
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
	Teamwerk en Communicatie	Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team. Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen. Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team. Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit. Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
		Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team. Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.
Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk. Digitale uitleg en begeleiding via tekst, 2D en 3D visualisaties, modellen, en andere automatiseringsoplossingen.	
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd. Werknemers worden niet gemonitord.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform. Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
	Inspectie	Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd. Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd. Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen. Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
		Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
	Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
	Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS).	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF).
		Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.



## E.5 Resultaat Hans Boonekamp

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
		Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team.	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team.
		Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit.
	Teamwerk en Communicatie	Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden. Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team. Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams. Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project. Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.
	Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Digitale uitleg en begeleiding via tekst, 2D en 3D visualisaties, modellen, en andere automatiseringsoplossingen.
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Werknemers worden niet gemonitord.	Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
	Inspectie	Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.
		Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
		Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
		Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd. Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS). Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF).
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.6 Resultaat Wytze Nicolai

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
		Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team.	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team.
		Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit.
	Teamwerk en Communicatie	Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
		Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team. Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.
Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.	
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Werknemers worden niet gemonitord.	Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.
		Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
Inspectie	Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
	Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
	Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
	Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS).	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF).
		Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.7 Resultaat Thijs Haijce

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd. Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Takenplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Takenplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Takenplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
		Planning voor kwaliteitscontroles is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Planning voor kwaliteitscontroles is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Planning voor kwaliteitscontroles is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
		Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team.	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team.
		Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit.
	Teamwerk en Communicatie	Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
		Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.
	Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Communicatie is gedecentraliseerd en digitaal. Er wordt gebruikgemaakt van peer-to-peer-netwerken.	Communicatie is gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.
			Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Digitale uitleg en begeleiding via tekst,2D en 3D visualisaties, modellen, en andere automatiseringsoplossingen.
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Werknemers worden niet gemonitord.	Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.
	Inspectie	Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
		Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
		Controle van materiaal is correctief	Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
		Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.
IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.	
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS).	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF).
		Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.

## E.8 Resultaat Chris Spaansen

DIMENSIE	SUBKLASSE	NIVEAU 1: Reactief	NIVEAU 2: Preventief	NIVEAU 3: Proactief
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden niet contractueel vastgesteld.	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden deels contractueel vastgesteld.	Alle verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor te leveren producten en/of diensten worden volledig vastgelegd in contracten.
	Structuur en planning	kwaliteitsbewaking binnen het team is niet vastgelegd in protocollen en/of richtlijnen.	kwaliteitsbewaking binnen het team is vastgelegd in protocollen en richtlijnen. Protocollen bevatten de minimale stukken om aan te kunnen tonen dat de as-built situatie voldoet aan de bouwtechnische voorschriften..	Richtlijnen zijn project specifiek en bevatten aanvullende interne controles van het team bij risicovolle objecten.
		Taken worden ongestructureerd toegewezen en onvolledig gedocumenteerd.	Taken worden gestructureerd toegewezen aan personen en gedocumenteerd.	Taken zijn gekoppeld aan de planning en kunnen automatisch worden geupdate.
		Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Taken zichtbaar voor teamleden door middel van een digitaal platform.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.
	Algemene projectplanning is niet aanwezig en/of is alleen lokaal of beperkt zichtbaar.	Algemene projectplanning is aanwezig en zichtbaar voor teamleden.	Algemene projectplanning is geïntegreerd met andere planningen en wordt automatisch aangepast bij wijzigingen.	
Kennis, cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Reactieve houding wat betreft kennisontwikkeling. Er worden pas processen veranderd na het maken van fouten	Bestaande kennis op het gebied van kwaliteitsbewaking wordt bijgehouden. Er is geen nadruk op het actief ontwikkelen van nieuwe kennis.	Vooruitstrevende houding op het gebied van kennisontwikkeling. Er wordt actief geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe kennis.
		Geen investeringen in opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking.	Opleidingen/cursussen op het gebied van kwaliteitsbewaking worden aangeboden en gevolgd.	Opleidingen/cursussen voor kwaliteitsbewaking worden gestructureerd bijgehouden en ten minste één persoon binnen het team heeft een certificaat of cursus gevolgd gericht op kwaliteitsbewaking.
		Er is geen stimulans vanuit de leidinggevende(n) voor kwaliteitsbewaking in het team.	Leidinggevende(n)/opdrachtgevers stimuleren teams om kwaliteit te leveren en te borgen.	Leidinggevende/opdrachtgevers pushen voor kwaliteit leveren en borgen binnen het team.
		Het team is niet bezig met kwaliteit leveren of borgen	Het team is bezig met kwaliteit echter beperkt tot de verplichte zaken. Er is geen cultuur van kwaliteitsborging.	Er is een cultuur van kwaliteitsbewaking, waarin iedereen in het team actief bezig is met het leveren en borgen van kwaliteit.
	Teamwerk en Communicatie	Teamleden hebben geen/nauwelijks inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Teamleden hebben inzicht in de werkzaamheden van andere teamleden.	Het team heeft naast inzicht in eigen taken ook inzicht in de werkzaamheden van andere teams.
		Team communiceert ad hoc. Teamleden communiceren niet/nauwelijks met andere teamleden. Communicatie is mondeling, op papier, en/of losse notities	Team communiceert gestructureerd. Teamleden hebben effectieve open communicatie binnen het team.	Team werkt integraal. Het team onderhoudt effectieve en open communicatie met andere teams binnen het project.
	Begeleiding	Mondelinge of textuele uitleg en begeleiding op papier.	Textuele uitleg en begeleiding en afbeeldingen digitaal en/of op papier	Communicatie via gecentraliseerd digitaal platform. Communicatie is voor iedereen binnen het team en/of project inzichtelijk.
Monitoring	Tracking	Gebruik en locatie van materiaal worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Arbeidsuren worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Arbeidsuren worden live getraceerd in een digitaal platform.
		Gebruik en locatie van materieel worden niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materieel worden gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Gebruik en locatie van materiaal kunnen live worden getraceerd in een digitaal platform.
		Werknemers worden niet gemonitord.	Werknemers worden gemonitord op basis van steekproeven.	Werknemers worden doorlopend gemonitord door automatische inspectiesystemen (camera's).
		Locatie en vindbaarheid van data wordt niet of nauwelijks gedocumenteerd.	Locatie van data wordt gestructureerd (digitaal) gedocumenteerd.	Locatie van data is te achterhalen via geautomatiseerde zoekalgoritmen.
		Kwaliteitscontrole momenten zijn sporadisch en worden niet bijgehouden	Controlemomenten worden ingepland nadat een taak of deelproduct voltooid is.	Controlemomenten worden voorspeld voor of tijdens het uitvoeren van een taak. Wanneer mogelijk worden controlemomenten efficiënt gepland door verschillende controles tegelijk uit te voeren.
	Inspectie	Controle van aangeleverde producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van aangeleverde producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.
Controle van te leveren producten en informatie is niet gestructureerd. Controles bestaan uit losse notities en/of checklists.		Controle van te leveren producten en informatie is gestructureerd. Controles bestaan uit digitale checklists.	Controle van te leveren producten en informatie wordt gedaan door automatische inspectiesystemen.	
Controle van materiaal is correctief		Controle van materiaal is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materiaal is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
	Controle van materieel is correctief	Controle van materieel is preventief op basis van steekproeven.	Controle van materieel is pro-actief gebaseerd op risico op non-conformiteit met behulp van automatische inspectie systemen.	
IT-infrastructuur	IT-infrastructuur	Geen digitaal platform, bestanden zijn gedecentraliseerd.	Gebruik van een online digitaal platform. Bestanden zijn gecentraliseerd. Er zijn digitale representaties van producten.	Geïntegreerd online digitaal platform. Digitale representaties zijn gelinkt aan extra dimensies zoals planning, kosten, kwaliteitsbewaking, etc.
Data documentatie	Documentaties-trategie	Data wordt ongestructureerd opgeslagen, gegevenslocaties zijn versnipperd. Er is geen duidelijke backup strategie. Er worden ad hoc backups gemaakt en op dezelfde locatie bewaard.	Data wordt structureel opgeslagen door middel van data management systemen (DMS). Backups zijn geautomatiseerd en er is minimaal één backup onsite en één backup offsite.	Data wordt gekoppeld opgeslagen door middel van een Resource Description Framework (RDF). Er zijn minimaal drie backups waarvan 1 offsite en er wordt gebruik gemaakt van RAID technologie
	Datatype	Papier, pdf, 2D CAD, geen gekoppelde bestanden.	Tussen de 23% en 75% Gekoppelde bestanden (IFC, COBie, BIM) rest aangevuld met andere digitale bestandstypes(2D CAD, pdf, etc.).	Minstens 75% van de informatie is gekoppelde data.



# Resultaten: Natascha vd Loosdrecht, Culemborg fase 2

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 3 en 4.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Natascha
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	1	1
	Structuur en planning	Taken	2	1
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	2	2
		Kwaliteitscontroleplanning	2	2
Kennis cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	2	2
		Opleidingen	2	3
		Motivatie leidinggevende	3	3
		Motivatie team	3	3
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	3	3
		Communicatie	3	3
		Communicatiedocumentatie	1	1
	Begeleiding	Uitleg bij taken	2	1
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	2	2
		Arbeidsuren	3	3
		Locatie materieel	1	1
		Monitoren werknemers	2	2
		Locatie data	3	2
		Kwaliteitscontrolemomenten	3	3
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	3
		Controle te leveren producten	3	3
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	1	1
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	3	3
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	2
	Data type	Gekoppelde bestanden	3	2

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van protocollen gericht op kwaliteitsborging.	Opstellen van takenlijsten binnen het team die toegankelijk zijn via een digitaal platform.
Documenteren en notuleren van communicatie (overleggen, vergaderingen, etc.) en deze toegankelijk maken via een digitaal platform	Meer tekstuele of visuele uitleg geven bij taken
Bijhouden van locatie en gebruik van materiaal en materieel	Linken en automatiseren van planningen (Level 3) Extra back-ups met RAID technologie creëren (Level 3) Implementeren van RDF compatible formats (Level 3)

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Het project functioneert momenteel op verschillende niveaus van volwassenheid in verschillende aspecten van haar processen en praktijken. Bijvoorbeeld, er ontbreken kwaliteitscontroleprotocollen, wat betekent dat er geen gestandaardiseerde aanpak is om de kwaliteit van producten of diensten te waarborgen. Dit kan leiden tot inconsistente resultaten, ontevredenheid bij klanten en herwerk. Er is ook een verschil in de zichtbaarheid van plannings tussen de teams in het project. Het is aan te raden om deze plannings zichtbaar te maken voor zowel interne als externe teams, zodat iedereen kan zien wie aan welke taken werkt.

Er is echter wel duidelijk een sterke motivatie bij teams en leidinggevenden in het project om kwaliteit te leveren. Er wordt open gecommuniceerd, maar communicatie wordt wel vaak ad hoc gedocumenteerd, wat kan leiden tot verspreide gegevens en onduidelijkheid over afspraken. Bovendien is er een groot verschil in de mate waarin opleidingen worden gevolgd. Het is belangrijk dat teams voldoende kennis hebben op het gebied van kwaliteitsborging, zodat alle betrokken partijen op de hoogte zijn van de vereisten.

Hoewel arbeidsuren goed worden bijgehouden, is er nog ruimte voor verbetering. Controles zijn essentieel om kwaliteit te garanderen, en als er verschillen zijn binnen een project, kunnen deze later leiden tot fouten.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Om de volwassenheid van de organisatie te bevorderen, zijn specifieke acties nodig. Ten eerste, met betrekking tot kwaliteitscontrole, wordt aanbevolen om afspraken te maken over kwaliteit en kwaliteitscontroleprotocollen te ontwikkelen die zijn afgestemd op het project. Ten tweede, op het gebied van communicatiedocumentatie, wordt aangeraden om beslissingen, vergaderingen en vragen vast te leggen zodat deze later kunnen worden geraadpleegd. Tot slot kan de invoering van gerichte controles ervoor zorgen dat kwaliteit kan worden gegarandeerd en dat er minder fouten optreden in latere fases. Indien van toepassing is het ook handig om materieel en materieel (zoals software en licenties) bij te houden.

### Specifieke aanbevelingen team

Naast de algemene opmerkingen zijn er ook specifieke aanbevelingen. Uit het model blijkt een gebrek aan gedefinieerde taken die zichtbaar zijn voor teamleden. Het advies is om een lijst met taken te maken die inzichtelijk is voor alle teamleden, zodat iedereen weet wie wat doet en welke taken nog openliggen. Daarnaast kan het invoeren van visuele of tekstuele uitleg bij taken het risico van interpretatiefouten door miscommunicaties verminderen. Om te voldoen aan level 3 zal er vooral meer geïnvesteerd moeten worden in automatiseringsoplossingen en data-documentatie. Hieronder vallen ontwikkelingen zoals het integreren van plannings, waardoor aanpassingen in een planning automatisch andere plannings updaten. Hierbij kunnen ook de voorspelde kwaliteitscontrole momenten automatisch worden bijgewerkt. Verder kunnen investeringen in opslag en vindbaarheid van data de data zekerheid verbeteren. Dit zijn ontwikkelingen zoals back-ups met RAID-technologie en het upgraden van IFC naar RDF-compatible formats zoals ifcOWL. Hierdoor kan data door middel van queries (zoekopdrachten) makkelijk opgevraagd worden.

# Resultaten: Nieck Eenink, Culemborg fase 2

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 3 en 4.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Nieck
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	1	1
	Structuur en planning	Taken	2	2
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	2	1
		Kwaliteitscontroleplanning	2	1
Kennis cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	2	1
		Opleidingen	2	1
		Motivatie leidinggevende	3	3
		Motivatie team	3	3
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	3	3
		Communicatie	3	3
		Communicatiedocumentatie	1	1
	Begeleiding	Uitleg bij taken	2	2
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	2	1
		Arbeidsuren	3	3
		Locatie materieel	1	1
		Monitoren werknemers	2	2
		Locatie data	3	3
		Kwaliteitscontrolemomenten	3	2
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	1
		Controle te leveren producten	3	2
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	1	1
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	3	2
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	2
	Data type	Gekoppelde bestanden	3	3

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van protocollen gericht op kwaliteitsborging.	Opstellen van plannings en takenlijsten binnen het team die toegankelijk zijn via een digitaal platform.
Documenteren en notuleren van communicatie (overleggen, vergaderingen, etc.) en deze toegankelijk maken via een digitaal platform	Investeren in opleidingen en kennisonwikkeling door middel van certificeringen, workshops en online cursussen
Bijhouden van locatie en gebruik van materiaal en materieel	Uitvoeren van controles op ontvangen producten/bestanden om gebreken te identificeren.

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.



## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Het project functioneert momenteel op verschillende niveaus van volwassenheid in verschillende aspecten van haar processen en praktijken. Bijvoorbeeld, er ontbreken kwaliteitscontroleprotocollen, wat betekent dat er geen gestandaardiseerde aanpak is om de kwaliteit van producten of diensten te waarborgen. Dit kan leiden tot inconsistente resultaten, ontevredenheid bij klanten en herwerk. Er is ook een verschil in de zichtbaarheid van plannings tussen de teams in het project. Het is aan te raden om deze plannings zichtbaar te maken voor zowel interne als externe teams, zodat iedereen kan zien wie aan welke taken werkt.

Er is echter wel duidelijk een sterke motivatie bij teams en leidinggevenden in het project om kwaliteit te leveren. Er wordt open gecommuniceerd, maar communicatie wordt wel vaak ad hoc gedocumenteerd, wat kan leiden tot verspreide gegevens en onduidelijkheid over afspraken. Bovendien is er een groot verschil in de mate waarin opleidingen worden gevolgd. Het is belangrijk dat teams voldoende kennis hebben op het gebied van kwaliteitsborging, zodat alle betrokken partijen op de hoogte zijn van de vereisten.

Hoewel arbeidsuren goed worden bijgehouden, is er nog ruimte voor verbetering. Controles zijn essentieel om kwaliteit te garanderen, en als er verschillen zijn binnen een project, kunnen deze later leiden tot fouten.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Om de volwassenheid van de organisatie te bevorderen, zijn specifieke acties nodig. Ten eerste, met betrekking tot kwaliteitscontrole, wordt aanbevolen om afspraken te maken over kwaliteit en kwaliteitscontroleprotocollen te ontwikkelen die zijn afgestemd op het project. Ten tweede, op het gebied van communicatiedocumentatie, wordt aangeraden om beslissingen, vergaderingen en vragen vast te leggen zodat deze later kunnen worden geraadpleegd. Tot slot kan de invoering van gerichte controles ervoor zorgen dat kwaliteit kan worden gegarandeerd en dat er minder fouten optreden in latere fases. Indien van toepassing is het ook handig om materieel en materieel (zoals software en licenties) bij te houden.

### Specifieke aanbevelingen team

Naast de algemene opmerkingen zijn er ook specifieke aanbevelingen. Uit het model blijkt een gebrek aan gedefinieerde plannings die beschikbaar zijn binnen het team. Het bijhouden en inzichtelijk maken van plannings geeft houvast binnen een project en kan potentiële inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten verminderen. Het advies is om plannings te maken voor kwaliteitscontroles en taken binnen het team. Deze planning moet inzichtelijk zijn voor alle teamleden, zodat iedereen weet wie wat doet en welke taken nog openstaan. Er is ook weinig tot geen focus op kennisontwikkeling. Op vergelijkbare wijze ontbreken investeringen in training en educatie met betrekking tot kwaliteitsborging, wat resulteert in gemiste kansen om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren. Dit kunnen certificeringen, workshops en online cursussen zijn die specifiek gericht zijn op kwaliteitsborging. Als laatste is het raadzaam om ontvangen producten of diensten te controleren voordat ze worden gebruikt om eventuele fouten zo vroeg mogelijk te identificeren.

# Resultaten: Bart Stoter, Duin & Water

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 2 en 3.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Wouter
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	3
		Protocollen	3	3
	Structuur en planning	Taken	3	3
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	2	2
		Kwaliteitscontroleplanning	1	1
Kenniscultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	3	2
		Opleidingen	2	3
		Motivatie leidinggevende	3	3
		Motivatie team	3	3
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	3	1
		Communicatie	3	3
		Communicatiedocumentatie	3	3
		Begeleiding	Uitleg bij taken	1
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	2	3
		Arbeidsuren	3	3
		Locatie materieel	2	3
		Monitoren werknemers	1	2
		Locatie data	2	2
		Kwaliteitscontrolemomenten	3	3
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	3
		Controle te leveren producten	2	2
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	2	2
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	3
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	Geen idee
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	3

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van een kwaliteitscontrole planning	Inzicht werkzaamheden verbeteren door taken en voortgang op een openbaar platform te plaatsen.
Invoeren van meer visuele en tekstuele uitleg bij taken	Informatie verzamelen over back-ups en controleren of deze strategie voldoet
Periodiek monitoren van werknemers.	Implementeren van RDF compatible formats (Level 3) Monitoren van materiaal, materieel en werknemers (Level 3) Linken en automatiseren van planningen (Level 3)

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Het project opereert momenteel op verschillende volwassenheidsniveaus in verschillende aspecten van haar processen en praktijken. Er zijn grote verschillen tussen de teams als het gaat om protocollen voor kwaliteitsbewaking en takenlijsten. Terwijl sommigen volledig aangepaste protocollen voor het project hebben en geïntegreerde takenlijsten, ontbreken deze volledig of zijn ze ongestructureerd bij andere teams. Hoewel er specifieke richtlijnen zijn voor kwaliteitscontrole, worden deze bij geen van de teams vertaald naar een zichtbare planning. De mate van mensen met certificaten en opleidingen op het gebied van kwaliteitsborging is zeer divers, dit verschil in kennis kan tot ongelijkheid leiden in het project. Motivatie en communicatie lijken in alle teams op een hoog niveau te zijn, waarbij zowel het team als de leidinggevende gemotiveerd zijn om kwaliteit te leveren en communicatie open en gedocumenteerd is. Er zijn grote verschillen in het bijhouden van het gebruik en de locatie van materiaal en materieel, en er is momenteel weinig focus op het controleren van materiaal en materieel. Het bijhouden van materiaal en materieel kan het gebruik optimaliseren en fouten snel corrigeren, inclusief hardware, software en licenties. Tot slot worden werknemers nauwelijks gemonitord.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Om de algehele volwassenheidsniveaus van de organisatie te bevorderen, moeten specifieke acties worden ondernomen. Ten eerste is het essentieel dat de teams in het project investeren in het maken van duidelijke plannings voor kwaliteitscontroles. Deze plannings zorgen ervoor dat er geen controles worden gemist en dat teamleden hier rekening mee kunnen houden. Ten tweede kan er gekeken worden naar verdere ontwikkeling van visuele of tekstuele uitleg bij taken om het risico van interpretatiefouten door miscommunicaties te verminderen. Verder is er momenteel weinig controle op de werkmethode van werknemers. Het monitoren van werknemers kan ervoor zorgen dat eventuele foutieve werkmethode snel worden gecorrigeerd. Als laatste is het aan te bevelen om de grote verschillen tussen de teams aan te pakken, met name het verschil in opleidingsniveau, zichtbaarheid van werkzaamheden, protocollen voor kwaliteitsborging, en het controleren en bijhouden van de locatie en het gebruik van materiaal en materieel.

### Specifieke aanbevelingen team

Het team toont een goede basis door de aanwezigheid van kwaliteitsborgingsprotocollen en takenlijsten. Hoewel er open communicatie en samenwerking tussen teamleden en andere teams is, hebben teamleden zelf geen inzicht in de taken van andere teamleden. Door taken zichtbaar te maken voor teamleden is het duidelijker wie zich waarmee bezighoudt en kunnen er gerichtere vragen worden gesteld. Daarnaast is het belangrijk om informatie te verkrijgen over de back-upstrategie van het team. Als deze niet voldoende is, is het zaak om deze te upgraden naar minimaal 2 back-ups en het toepassen van RAID-technologie. Naast deze en de algemene opmerkingen die gelden voor elk team in het project zijn er weinig dringende verbeterpunten. Om het team nog verder te ontwikkelen, zou er geïnvesteerd kunnen worden in automatiseringsoplossingen. Hieronder vallen ontwikkelingen zoals het integreren van plannings, waardoor aanpassingen in een planning automatisch andere plannings updaten. Daarnaast kan er geïnvesteerd worden in automatische controlesystemen voor materiaal, materieel en werknemers. . Daarnaast kan er ge-upgrade worden van IFC naar RDF-compatible formats zoals ifcOWL. Hierdoor kan data door middel van queries(zoekopdrachten) makkelijk opgevraagd worden en kunnen er automatische inspectiesystemen worden geïmplementeerd voor het controleren van data.

# Resultaten: Bart Stoter, Duin & Water

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 2 en 3.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Bart
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	3	3
	Structuur en planning	Taken	3	3
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	2	2
		Kwaliteitscontroleplanning	1	1
Kenniscultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	3	3
		Opleidingen	2	2
		Motivatie leidinggevende	3	3
		Motivatie team	3	3
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	3	3
		Communicatie	3	3
		Communicatiedocumentatie	3	2
	Begeleiding	Uitleg bij taken	1	1
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	2	2
		Arbeidsuren	3	2
		Locatie materieel	2	2
		Monitoren werknemers	1	1
		Locatie data	2	3
		Kwaliteitscontrolemomenten	3	3
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2
		Controle te leveren producten	2	2
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	2	2
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	2
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	Geen idee
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	2

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van een kwaliteitscontrole planning	Linken en automatiseren van planningen (Level 3)
Invoeren van meer visuele en tekstuele uitleg bij taken	Implementeren van RDF compatible formats (Level 3)
Periodiek monitoren van werknemers.	Informatie verzamelen over back-ups en controleren of deze strategie voldoet

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Het project opereert momenteel op verschillende volwassenheidsniveaus in verschillende aspecten van haar processen en praktijken. Er zijn grote verschillen tussen de teams als het gaat om protocollen voor kwaliteitsbewaking en takenlijsten. Terwijl sommigen volledig aangepaste protocollen voor het project hebben en geïntegreerde takenlijsten, ontbreken deze volledig of zijn ze ongestructureerd bij andere teams. Hoewel er specifieke richtlijnen zijn voor kwaliteitscontrole, worden deze bij geen van de teams vertaald naar een zichtbare planning. De mate van mensen met certificaten en opleidingen op het gebied van kwaliteitsborging is zeer divers, dit verschil in kennis kan tot ongelijkheid leiden in het project. Motivatie en communicatie lijken in alle teams op een hoog niveau te zijn, waarbij zowel het team als de leidinggevende gemotiveerd zijn om kwaliteit te leveren en communicatie open en gedocumenteerd is. Er zijn grote verschillen in het bijhouden van het gebruik en de locatie van materiaal en materieel, en er is momenteel weinig focus op het controleren van materiaal en materieel. Het bijhouden van materiaal en materieel kan het gebruik optimaliseren en fouten snel corrigeren, inclusief hardware, software en licenties. Tot slot worden werknemers nauwelijks gemonitord.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Om de algehele volwassenheidsniveaus van de organisatie te bevorderen, moeten specifieke acties worden ondernomen. Ten eerste is het essentieel dat de teams in het project investeren in het maken van duidelijke plannings voor kwaliteitscontroles. Deze plannings zorgen ervoor dat er geen controles worden gemist en dat teamleden hier rekening mee kunnen houden. Ten tweede kan er gekeken worden naar verdere ontwikkeling van visuele of tekstuele uitleg bij taken om het risico van interpretatiefouten door miscommunicaties te verminderen. Verder is er momenteel weinig controle op de werkmethode van werknemers. Het monitoren van werknemers kan ervoor zorgen dat eventuele foutieve werkmethode snel worden gecorrigeerd. Als laatste is het aan te bevelen om de grote verschillen tussen de teams aan te pakken, met name het verschil in opleidingsniveau, zichtbaarheid van werkzaamheden, protocollen voor kwaliteitsborging, en het controleren en bijhouden van de locatie en het gebruik van materiaal en materieel.

### Specifieke aanbevelingen team

Het team toont een goede basis door de aanwezigheid van kwaliteitsborgingsprotocollen en takenlijsten. Naast de algemene opmerkingen die gelden voor elk team in het project zijn er weinig dringende verbeterpunten. Om het team nog verder te ontwikkelen, zou er geïnvesteerd kunnen worden in automatiseringsoplossingen en data-documentatie. Hieronder vallen ontwikkelingen zoals het integreren van plannings, waardoor aanpassingen in een planning automatisch andere plannings updaten. Hierbij kunnen ook de verwachte kwaliteitscontrole momenten automatisch worden verschoven. Verder kunnen investeringen in opslag en vindbaarheid van data de datazekerheid verbeteren. Het is belangrijk om informatie te verkrijgen over de back-upstrategie van het team. Als deze niet voldoende is, is het zaak om deze te upgraden naar minimaal 2 back-ups en het toepassen van RAID-technologie. Daarnaast kan er ge-upgrade worden van IFC naar RDF-compatible formats zoals ifcOWL. Hierdoor kan data door middel van queries (zoekopdrachten) makkelijk opgevraagd worden. Wat betreft investeringen in training en onderwijs met betrekking tot kwaliteitsborging, toont het team een toewijding om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren.

# Resultaten: Hans Bonekamp, Duin & Water

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 3 en 4.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Hans
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	3	1
	Structuur en planning	Taken	3	1
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	2	2
		Kwaliteitscontroleplanning	1	1
Kennis cultuur en communicatie	Kennisontwikkeling en motivatie	Kennisontwikkeling	3	3
		Opleidingen	2	1
		Motivatie leidinggevende	3	3
		Motivatie team	3	2
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	3	3
		Communicatie	3	3
		Communicatiedocumentatie	3	3
	Begeleiding	Uitleg bij taken	1	2
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	2	1
		Arbeidsuren	3	3
		Locatie materieel	2	1
		Monitoren werknemers	1	1
		Locatie data	2	2
		Kwaliteitscontrolemomenten	3	2
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2
		Controle te leveren producten	2	2
		Controle materiaal	2	1
		Controle materieel	2	1
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	2
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	2
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	2

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van een kwaliteitscontrole planning	Opstellen van protocollen gericht op kwaliteitsborging
Invoeren van meer visuele en tekstuele uitleg bij taken	Opstellen van takenlijsten binnen het team die toegankelijk zijn via een digitaal platform
Periodiek monitoren van werknemers.	Investeren in opleidingen en kennisontwikkeling door middel van certificeringen, workshops en online cursussen.
	Controleren en bijhouden van locatie en gebruik van materiaal en materieel.

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Het project opereert momenteel op verschillende volwassenheidsniveaus in verschillende aspecten van haar processen en praktijken. Er zijn grote verschillen tussen de teams als het gaat om protocollen voor kwaliteitsbewaking en takenlijsten. Terwijl sommigen volledig aangepaste protocollen voor het project hebben en geïntegreerde takenlijsten, ontbreken deze volledig of zijn ze ongestructureerd bij andere teams. Hoewel er specifieke richtlijnen zijn voor kwaliteitscontrole, worden deze bij geen van de teams vertaald naar een zichtbare planning. De mate van mensen met certificaten en opleidingen op het gebied van kwaliteitsborging is zeer divers, dit verschil in kennis kan tot ongelijkheid leiden in het project. Motivatie en communicatie lijken in alle teams op een hoog niveau te zijn, waarbij zowel het team als de leidinggevende gemotiveerd zijn om kwaliteit te leveren en communicatie open en gedocumenteerd is. Er zijn grote verschillen in het bijhouden van het gebruik en de locatie van materiaal en materieel, en er is momenteel weinig focus op het controleren van materiaal en materieel. Het bijhouden van materiaal en materieel kan het gebruik optimaliseren en fouten snel corrigeren, inclusief hardware, software en licenties. Tot slot worden werknemers nauwelijks gemonitord.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Om de algehele volwassenheidsniveaus van de organisatie te bevorderen, moeten specifieke acties worden ondernomen. Ten eerste is het essentieel dat de teams in het project investeren in het maken van duidelijke plannings voor kwaliteitscontroles. Deze plannings zorgen ervoor dat er geen controles worden gemist en dat teamleden hier rekening mee kunnen houden. Ten tweede kan er gekeken worden naar verdere ontwikkeling van visuele of tekstuele uitleg bij taken om het risico van interpretatiefouten door miscommunicaties te verminderen. Verder is er momenteel weinig controle op de werkmethoden van werknemers. Het monitoren van werknemers kan ervoor zorgen dat eventuele foutieve werkmethoden snel worden gecorrigeerd. Als laatste is het aan te bevelen om de grote verschillen tussen de teams aan te pakken, met name het verschil in opleidingsniveau, zichtbaarheid van werkzaamheden, protocollen voor kwaliteitsborging, en het controleren en bijhouden van de locatie en het gebruik van materiaal en materieel.

### Specifieke aanbevelingen team

De afwezigheid van gedefinieerde kwaliteitscontroleprotocollen duidt op een gebrek aan standaardisatie, wat kan leiden tot inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten. Het is belangrijk om deze protocollen op te stellen, zodat iedereen structureel dezelfde kwaliteit kan leveren. Hetzelfde geldt voor het definiëren van een takenlijst, zodat iedereen zich bewust is van wat er moet gebeuren en welke taken nog openstaan. Hoewel er actieve inspanningen zijn om nieuwe kennis te ontwikkelen of een cultuur van continu leren te bevorderen, ontbreken investeringen in training en onderwijs met betrekking tot kwaliteitsborging, wat resulteert in gemiste kansen om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren. Het aanbieden van mogelijkheden voor certificeringen, workshops en online cursussen zal teamleden in staat stellen om deze kennis te verwerven. Tot slot kan de invoering van gerichte controles op materiaal en materieel ervoor zorgen dat kwaliteit gegarandeerd kan worden en er minder fouten ontstaan in latere fases, bijvoorbeeld door kalibratieproblemen. Hierbij moeten ook software, hardware en licenties worden meegenomen.

# Resultaten: Wytze Nicolai, 40 Woningen Drachten

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 2 en 3.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Wytze
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	2	3
	Structuur en planning	Taken	2	3
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	1	2
		Kwaliteitscontroleplanning	1	2
Kenniscultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	1	2
		Opleidingen	1	1
		Motivatie leidinggevende	2	2
		Motivatie team	2	2
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	2	2
		Communicatie	1	2
		Communicatiedocumentatie	2	3
		Begeleiding	Uitleg bij taken	2
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	1	1
		Arbeidsuren	2	3
		Locatie materieel	2	3
		Monitoren werknemers	2	2
		Locatie data	2	2
		Kwaliteitscontrolemomenten	2	3
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2
		Controle te leveren producten	2	2
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	2	2
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	3
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	1
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	1

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van plannings (project, taken en kwaliteitscontrole) binnen het team toegankelijk via digitaal platform	Invoeren van meer visuele en tekstuele uitleg bij taken
Investeren in opleidingen en kennisonwikkeling door middel van certificeringen, workshops en online cursussen	Verbeteren van back-up strategie door back-up locaties toe te voegen en RAID technologie te implementeren.
Verbeteren van communicatie binnen teams en andere teams door inplannen het van wekelijkste meetings en/of tekstuele updates.	Overstappen op het gebruik van meer gekoppelde data zoals IFC bestanden
Bijhouden van materiaal gebruik en locatie	

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.



## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Binnen het team ontbreekt momenteel een duidelijke planning. Het hebben van plannings kan helpen bij het structureren van projecten en het verminderen van mogelijke problemen met de kwaliteit van producten of diensten. Er wordt weinig aandacht besteed aan kennisontwikkeling en training in kwaliteitsborging. Dit gebrek aan investeringen in de verbetering van vaardigheden en kennis van teamleden kan leiden tot gemiste kansen. Het controleren van ontvangen producten of diensten voordat ze worden gebruikt, wordt niet adequaat uitgevoerd. Er is ruimte voor verbetering op het gebied van communicatie, hoewel de bestaande communicatie wel over het algemeen goed wordt gedocumenteerd.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Uit het model blijkt dat er een gebrek is aan gedefinieerde plannings binnen het team. Het bijhouden en inzichtelijk maken van plannings kan structuur brengen in projecten en potentiële inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten verminderen. Daarom wordt aanbevolen om plannings te maken voor kwaliteitscontroles en taken binnen het team. Deze plannings moeten toegankelijk zijn voor alle teamleden, zodat iedereen op de hoogte is van wie wat doet en welke taken nog openstaan.

Er is momenteel weinig focus op kennisontwikkeling. Daarnaast ontbreken investeringen in training en educatie met betrekking tot kwaliteitsborging, wat resulteert in gemiste kansen om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren. Deze vaardigheden kunnen opgedaan worden doormiddel van certificeringen, workshops en online cursussen die specifiek gericht zijn op kwaliteitsborging. Ten slotte is het raadzaam om ontvangen producten of diensten te controleren voordat ze worden gebruikt om eventuele fouten zo vroeg mogelijk te identificeren.

Op het gebied van communicatie kan er veel vooruitgang worden geboekt. Om teamleden meer met elkaar te laten communiceren, kunnen bijvoorbeeld wekelijkse vergaderingen of tekstuele updates worden gepland. Momenteel vind er weinig effectieve open communicatie plaats binnen teams. Dit kan worden verbeterd door gebruik te maken van digitale online platforms waarin op een laagdrempelige manier overleg kan plaatsvinden en waarin de communicatie direct wordt gedocumenteerd.

### Specifieke aanbevelingen team

Naast de algemene aanbevelingen zijn er ook enkele specifieke verbeterpunten. Op dit moment worden taken vooral mondeling toegelicht. Het introduceren van visuele of tekstuele uitleg bij taken kan het risico op interpretatiefouten als gevolg van miscommunicatie verminderen. Daarnaast ontbreekt een back-upstrategie, wat het risico op gegevensverlies vergroot. Daarom wordt aanbevolen om op zijn minst twee back-ups van bestanden te hebben die op verschillende locaties worden bewaard. Er wordt ook weinig gebruik gemaakt van gekoppelde bestanden, terwijl deze voordelen bieden zoals het gebruik van consistente data vanuit de hoofdbron, wat de kans op menselijke fouten bij het kopiëren van informatie vermindert.

# Resultaten: Thijs Hajee, 40 Woningen Drachten

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 2 en 3.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Thijs
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocolen	2	1
	Structuur en planning	Taken	2	1
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	1	1
		Kwaliteitscontroleplanning	1	1
Kennis cultuur en communicatie	Kennisontwikkeling en motivatie	Kennisontwikkeling	1	1
		Opleidingen	1	1
		Motivatie leidinggevende	2	3
		Motivatie team	2	2
	Teamwerk en communicatie	Inzicht werkzaamheden	2	1
		Communicatie	1	1
		Communicatiedocumentatie	2	2
		Begeleiding	Uitleg bij taken	2
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	1	1
		Arbeidsuren	2	1
		Locatie materieel	2	1
		Monitoren werknemers	2	1
		Locatie data	2	1
		Kwaliteitscontrolemomenten	2	2
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	1
		Controle te leveren producten	2	1
		Controle materiaal	2	1
		Controle materieel	2	1
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	2
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	Geen idee
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	2

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van plannings (project, taken en kwaliteitscontrole) binnen het team toegankelijk via digitaal platform	Samenstellen van protocollen gericht op kwaliteitsborging.
Investeren in opleidingen en kennisontwikkeling door middel van certificeringen, workshops en online cursussen.	Samenstellen van takenlijsten binnen het team en deze inzichtelijk maken via digitaal platform.
Verbeteren van communicatie binnen teams en andere teams door inplannen het van wekelijkste meetings en/of tekstuele updates.	Inzicht werkzaamheden verbeteren door taken en voortgang op een openbaar platform te plaatsen.
Bijhouden van materiaal gebruik en locatie.	Overstappen op het gebruik van meer gekoppelde data zoals IFC bestanden.
Documenteren en zichtbaar maken van communicatie via centraal platform (Microsoft teams, Miro, etc)	Bijhouden en controleren van materiaal en materieel.
	Locatie en versiebeheer voor data opzetten.
	Monitoren van werknemers door te beginnen met periodieke controles.
	Controleren van ontvangen en aan te leveren producten
	Informatie winnen over back-ups en indien nodig de strategie verbeteren

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Binnen het team ontbreekt momenteel een duidelijke planning. Het hebben van plannings kan helpen bij het structureren van projecten en het verminderen van mogelijke problemen met de kwaliteit van producten of diensten. Er wordt weinig aandacht besteed aan kennisontwikkeling en training in kwaliteitsborging. Dit gebrek aan investeringen in de verbetering van vaardigheden en kennis van teamleden kan leiden tot gemiste kansen. Het controleren van ontvangen producten of diensten voordat ze worden gebruikt, wordt niet adequaat uitgevoerd. Er is ruimte voor verbetering op het gebied van communicatie, hoewel de bestaande communicatie wel over het algemeen goed wordt gedocumenteerd.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Uit het model blijkt dat er een gebrek is aan gedefinieerde plannings binnen het team. Het bijhouden en inzichtelijk maken van plannings kan structuur brengen in projecten en potentiële inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten verminderen. Daarom wordt aanbevolen om plannings te maken voor kwaliteitscontroles en taken binnen het team. Deze plannings moeten toegankelijk zijn voor alle teamleden, zodat iedereen op de hoogte is van wie wat doet en welke taken nog openstaan.

Er is momenteel weinig focus op kennisontwikkeling. Daarnaast ontbreken investeringen in training en educatie met betrekking tot kwaliteitsborging, wat resulteert in gemiste kansen om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren. Deze vaardigheden kunnen opgedaan worden doormiddel van certificeringen, workshops en online cursussen die specifiek gericht zijn op kwaliteitsborging. Ten slotte is het raadzaam om ontvangen producten of diensten te controleren voordat ze worden gebruikt om eventuele fouten zo vroeg mogelijk te identificeren.

Op het gebied van communicatie kan er veel vooruitgang worden geboekt. Om teamleden meer met elkaar te laten communiceren, kunnen bijvoorbeeld wekelijkse vergaderingen of tekstuele updates worden gepland. Momenteel vind er weinig effectieve open communicatie plaats binnen teams. Dit kan worden verbeterd door gebruik te maken van digitale online platforms waarin op een laagdrempelige manier overleg kan plaatsvinden en waarin de communicatie direct wordt gedocumenteerd.

### Specifieke aanbevelingen team

De afwezigheid van gedefinieerde kwaliteitscontroleprotocollen duidt op een gebrek aan standaardisatie, wat kan leiden tot inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten. Het is belangrijk om deze protocollen op te stellen, zodat iedereen structureel dezelfde kwaliteit kan leveren. Hetzelfde geldt voor het definiëren van een takenlijst, zodat iedereen op de hoogte is van wie wat doet en welke taken nog openstaan. Naast het gebrek aan communicatie tussen teamleden en andere teams, hebben teamleden zelf ook geen inzicht in de taken van anderen. Door taken zichtbaar te maken voor teamleden, wordt het duidelijker wie zich met welke taken bezighoudt en kunnen er gerichtere vragen worden gesteld. Het niet bijhouden van gewerkte uren kan resulteren in het verlies van traceerbaarheid met betrekking tot wie waaraan heeft gewerkt en welke verantwoordelijkheden er zijn. Bovendien biedt het bijhouden van uren inzicht in de duur van een taak, waardoor opdrachten beter kunnen worden gepland. Momenteel is er geen structurele controle voor materiaal, materieel, ontvangen producten, te leveren producten en werknemers. Door geen controles uit te voeren, is er grote onzekerheid over de geleverde kwaliteit. Het wordt aanbevolen om gestructureerde controles in te voeren voor elk van de genoemde punten. Om bestanden snel te kunnen lokaliseren, is het belangrijk om locatie- en versiebeheer op te zetten, zodat er geen verwarring ontstaat over waar de meest actuele data zich bevindt. Ten slotte is het belangrijk om informatie te verkrijgen over de back-upstrategie van het team. Als deze niet adequaat is, wordt geadviseerd om deze te upgraden naar minimaal 2 back-ups en het gebruik van RAID-technologie.

# Resultaten: Chris Spaansen, 40 Woningen Drachten

## Overzicht

Hieronder het overzicht van de resultaten van het maturity model. Niveau 1 is het laagste niveau, en niveau 3 is het hoogst. Voor het project en voor het team specifiek zijn aanbevelingen geschreven. De uitgebreide uitleg en het volledige model staan op pagina 2 en 3.

Thema	Subthema	Criteria	Niveau project	Niveau team Wytze
Organisatiestructuur	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	Verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid	2	2
		Protocollen	2	3
	Structuur en planning	Taken	2	3
		Projectplanning	2	2
		Takenplanning	1	2
		Kwaliteitscontroleplanning	1	2
Kennis cultuur en communicatie	Kennisonwikkeling en motivatie	Kennisonwikkeling	1	2
		Opleidingen	1	1
		Motivatie leidinggevende	2	2
	Teamwerk en communicatie	Motivatie team	2	2
		Inzicht werkzaamheden	2	2
		Communicatie	1	2
		Communicatiedocumentatie	2	3
Begeleiding	Uitleg bij taken	2	1	
Monitoring	Tracking	Locatie materiaal	1	1
		Arbeidsuren	2	3
		Locatie materieel	2	3
		Monitoren werknemers	2	2
		Locatie data	2	2
		Kwaliteitscontrolemomenten	2	3
	Inspectie	Controle ontvangen producten	2	2
		Controle te leveren producten	2	2
		Controle materiaal	2	2
		Controle materieel	2	2
IT infrastructuur	IT infrastructuur	Digitaal platform	2	3
Data documentatie	Documentatiestrategie	Data opslag	2	2
		Back ups	2	1
	Data type	Gekoppelde bestanden	2	1

## Samenvatting verbeterpunten

Project aanbevelingen	Team specifieke aanbevelingen
Opstellen van plannings (project, taken en kwaliteitscontrole) binnen het team toegankelijk via digitaal platform	Samenstellen van protocollen gericht op kwaliteitsborging
Investeren in opleidingen en kennisonwikkeling door middel van certificeringen, workshops en online cursussen	Bijhouden van gewerkte uren en verantwoordelijkheid
Verbeteren van communicatie binnen teams en andere teams door inplannen het van wekelijkste meetings en/of tekstuele updates.	Implementeren van RDF compatible formats (Level 3)
Bijhouden van materiaal gebruik en locatie	
Documenteren en zichtbaar maken van communicatie via centraal platform (Microsoft teams, Miro etc) (Level 3)	

Dit model is uitsluitend gericht op kwaliteitsborging en -controle en is gegeneraliseerd voor de hele bouwsector. Overige aspecten worden hierbij niet in overweging genomen, zoals financiële haalbaarheid, bedrijfscultuur, etc. De aanbevelingen die hier worden gegeven, zijn dus niet automatisch de beste oplossing voor het team of het project, maar bieden wel een mogelijk traject voor het verbeteren van de kwaliteit.

## Uitgebreide uitleg

### Huidige situatie binnen het project

Binnen het team ontbreekt momenteel een duidelijke planning. Het hebben van plannings kan helpen bij het structureren van projecten en het verminderen van mogelijke problemen met de kwaliteit van producten of diensten. Er wordt weinig aandacht besteed aan kennisontwikkeling en training in kwaliteitsborging. Dit gebrek aan investeringen in de verbetering van vaardigheden en kennis van teamleden kan leiden tot gemiste kansen. Het controleren van ontvangen producten of diensten voordat ze worden gebruikt, wordt niet adequaat uitgevoerd. Er is ruimte voor verbetering op het gebied van communicatie, hoewel de bestaande communicatie wel over het algemeen goed wordt gedocumenteerd.

### Aanbevelingen voor alle teams binnen het project

Uit het model blijkt dat er een gebrek is aan gedefinieerde plannings binnen het team. Het bijhouden en inzichtelijk maken van plannings kan structuur brengen in projecten en potentiële inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten verminderen. Daarom wordt aanbevolen om plannings te maken voor kwaliteitscontroles en taken binnen het team. Deze plannings moeten toegankelijk zijn voor alle teamleden, zodat iedereen op de hoogte is van wie wat doet en welke taken nog openstaan.

Er is momenteel weinig focus op kennisontwikkeling. Daarnaast ontbreken investeringen in training en educatie met betrekking tot kwaliteitsborging, wat resulteert in gemiste kansen om de vaardigheden en kennis van teamleden te verbeteren. Deze vaardigheden kunnen opgedaan worden doormiddel van certificeringen, workshops en online cursussen die specifiek gericht zijn op kwaliteitsborging. Ten slotte is het raadzaam om ontvangen producten of diensten te controleren voordat ze worden gebruikt om eventuele fouten zo vroeg mogelijk te identificeren.

Op het gebied van communicatie kan er veel vooruitgang worden geboekt. Om teamleden meer met elkaar te laten communiceren, kunnen bijvoorbeeld wekelijkse vergaderingen of tekstuele updates worden gepland. Momenteel vind er weinig effectieve open communicatie plaats binnen teams. Dit kan worden verbeterd door gebruik te maken van digitale online platforms waarin op een laagdrempelige manier overleg kan plaatsvinden en waarin de communicatie direct wordt gedocumenteerd.

### Specifieke aanbevelingen team

Naast de algemene aanbevelingen zijn er ook specifieke verbeterpunten. Het ontbreken van gedefinieerde kwaliteitscontroleprotocollen duidt op een gebrek aan standaardisatie, wat kan leiden tot inconsistenties en inefficiënties in de kwaliteit van producten of diensten. Het is belangrijk om deze protocollen op te stellen, zodat iedereen structureel dezelfde kwaliteit kan leveren. Het niet bijhouden van gewerkte uren kan resulteren in het verlies van traceerbaarheid met betrekking tot wie waaraan heeft gewerkt en wie de verantwoordelijkheid draagt. Bovendien biedt het bijhouden van uren inzicht in de duur van een taak, waardoor opdrachten beter kunnen worden gepland. Er wordt in hoge mate gebruik gemaakt van gekoppelde bestanden en er is een solide back-upstrategie om deze bestanden te beschermen. Om de documentatie van gegevens naar niveau 3 te tillen, kan worden geïnvesteerd in RDF-compatibel formats zoals ifcOWL. Hierdoor kan data eenvoudig worden opgevraagd via queries (zoekopdrachten).

## G Allocation of literature to model

Table 18: Allocation of sources to criteria for dimension organizational structure

Criteria:	Source
Organizational structure	
Responsibility and accountability for delivering products and/or services are not documented in contractual agreements.	[6] [26]
Responsibility and accountability for delivering products and/or services are partially documented in contractual agreements.	[6] [26]
All responsibility and accountability for delivering products and/or services are fully documented in contracts.	[6] [26]
QA and QC within the team is not documented in protocols and/or guidelines.	[7]
QA and QC within the team is documented in protocols and guidelines. Protocols contain the minimum elements required to demonstrate that the as-built situation complies with building regulations.	[7]
Guidelines are project-specific and include additional internal checks by the team for high-risk constructs.	[7] [6]
Tasks are assigned in an unstructured manner and are incompletely documented.	[56]
Tasks are structurally assigned to individuals and documented. Tasks are visible to team members through a digital platform.	[56] [26] [42]
Tasks are linked to a schedule and can be automatically updated.	[56] [34]
General project planning is absent and/or only locally or partially visible.	[56]
General project planning is present and visible to team members.	[56]
General project planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.	[34]
Task planning is absent and/or only locally or partially visible.	[56]
Task planning is present and visible to team members.	[56]
Task planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.	[34]
Quality control planning is absent and/or only locally or partially visible.	[56]
Quality control planning is present and visible to team members.	[56]
Quality control planning is integrated with other schedules and is automatically adjusted when changes occur.	[34]

Table 19: Allocation of sources to criteria for dimension: people, culture and communication

<b>Criteria:</b>	<b>Source</b>
People, culture and communication	
Reactive attitude towards knowledge development. Processes are only changed after mistakes are made.	[28]
Existing knowledge in QA and QC is maintained. There is no emphasis on actively developing new knowledge.	[28]
Progressive attitude towards knowledge development. Active investment is made in the development of new knowledge.	[28]
No investment in training/courses/education for QA and QC.	[29]
Training/courses/education in QA and QC are offered and attended.	[29]
Training/courses/education for QA and QC are systematically maintained, and at least one person in the team has completed a certificate and/or course in QA and QC.	[29]
There is no encouragement from the supervisors/clients for QA and QC in the team.	[37]
Supervisors/clients encourage teams to deliver and ensure quality.	[37]
Supervisors/clients push for delivering and ensuring quality within the team.	[37]
The team is not concerned with delivering and/or ensuring quality.	[28]
The team is concerned with quality but limited to mandatory aspects. There is no culture of quality assurance.	[28]
There is a culture of QA and QC in which everyone in the team actively participates in delivering and ensuring quality.	[28]
Team members have little to no insight into the work of other team members.	[56] [38]
Team members have insight into the work of other team members.	[56] [38]
The team, in addition to having insight into its own tasks, also has insight into the work of other teams.	[56] [38]
Team communicates ad hoc. Team members rarely communicate with other team members.	[6]
Team communicates systematically. Team members have effective open communication within the team.	[56] [40]
The team works integrally. The team maintains effective and open communication with other teams in the project.	[56] [40]
Communication is oral, on paper, and/or individual notes.	[7] [6] [36]
Communication is digital, but decentralized. Peer-to-peer networks are used.	[7] [6] [36]
Communication through a centralized digital platform. Communication is visible to everyone within the team and/or project.	[7] [6] [36]
Oral and/or textual and paper-based guidance.	[43]
Textual guidance accompanied with digital and/or paper-based images.	[43] [39] [40]
Digital guidance via text, 2D and 3D visualizations, models, and other automation solutions.	[43] [39]

Table 20: Allocation of sources to criteria for dimension: monitoring

Criteria:	Source
Monitoring	
Usage and location of materials are not and/or barely documented.	[35] [38] [51]
Usage and location of materials are systematically (digitally) documented.	[35] [38] [51]
Usage and location of materials can be live-tracked in a digital platform.	[44] [47]
Worked hours are not and/or barely documented.	[35] [38] [51]
Worked hours are systematically (digitally) documented.	[35] [38] [51]
Worked hours are live-tracked in a digital platform.	[44] [47]
Usage and location of equipment are not and/or barely documented.	[52]
Usage and location of equipment are systematically (digitally) documented.	[52]
Usage and location of equipment can be live-tracked in a digital platform.	[44] [47]
Employees are not monitored.	[46]
Sampling-based monitoring of employees.	[53]
Employees are continuously monitored by automatic inspection systems (cameras).	[46]
Location of data are not and/or barely documented.	[19]
Location of data is systematically (digitally) documented.	[19]
Location of data can be determined using automated search algorithms.	[19]
Quality control moments are sporadic and not recorded.	[6] [34]
Control moments are scheduled after a task or partial product is completed.	[6] [34]
Control moments are predicted before or during the execution of a task. When possible, control moments are efficiently planned by performing multiple checks simultaneously.	[6] [34]
Inspection of provided products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	[19][34] [40]
Inspection of provided products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	[40]
Inspection of provided products and information is performed by automatic inspection systems.	[19] [38] [44]
Inspection of to-be-delivered products and information is not structured. Inspections consist of individual notes and/or checklists.	[19][34] [40]
Inspection of to-be-delivered products and information is structured. Inspections consist of digital checklists.	[40]
Inspection of to-be-delivered products and information is performed by automatic inspection systems.	[19] [38] [44]
Inspection of materials is corrective.	[19][34] [40]
Inspection of materials is preventive and sampling-based.	[7]
Inspection of materials is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems.	[33] [34]
Inspection of equipment is corrective.	[19][34] [40]
Inspection of equipment is preventive and sampling-based.	[7]
Inspection of equipment is proactive based on the risk of non-conformity using automatic inspection systems.	[33] [34]



Table 21: Allocation of sources to criteria for dimension: IT infrastructure

<b>Criteria:</b>	<b>Source</b>
IT infrastructure	
No digital platform, files are decentralized.	[49]
Use of an online digital platform. Files are centralized. There are digital representations of products.	[49]
Integrated online digital platform. Digital representations are linked to additional dimensions such as scheduling, costs, quality control, etc.	[19]

Table 22: Allocation of sources to criteria for dimension: data documentation

<b>Criteria:</b>	<b>Source</b>
Data documentation	
Data is stored in an unstructured manner, data locations are fragmented.	[19]
Data is systematically stored using data management systems (DMS).	[57] [58]
Data is stored in a linked manner using a Resource Description Framework (RDF).	[59]
There is no clear backup strategy. Ad hoc backups are made and kept in the same location.	[60]
Backups are automated, and there is at least one on-site backup and one off-site backup.	[60]
There are at least three backups, including one off-site, and RAID technology is used.	[60]
Paper, PDF, 2D CAD, no linked files.	[46]
Between 23% and 75% linked files (IFC, COBie, BIM), the remainder supplemented with other digital file types (2D CAD, PDF, etc.).	[40]
At least 75% of the information is linked data.	[40]