

2023

A roadmap for integrating BIM and MKI

BACHELOR THESIS – BSC CIVIL ENGINEERING
STAN OOSTRIK – S2502720

WITTEVEEN + BOS | Leeuwenbrug 8, Deventer | April - June

Preface

First and foremost, I want to thank my supervisors Dr.ir. Farid Vahdatikhaki from the University of Twente and Maarten van Eldik from Witteveen + Bos. Without their guidance and support, I would not have been able to write this thesis. Also, I would like to thank my colleagues from Witteveen + Bos for the great time I had, and especially those who directly helped me with my research whether it was by letting me interview them, filling in my survey, or just answering general questions that popped up in my head during the day.

Secondly, I would like to thank my family for supporting me at all times. Thanks for financing my education, first of all, and for the love and care you give me at all times. Also, thanks to my friends for the good times I always have with them, this really keeps me going and allows me to clear my head when I was not working.

Abstract

The construction sector is digitizing. The most important factor in this is BIM or *Building Information Modeling*. While BIM is already used quite widely among civil engineering firms, the technology is still constantly developing and there are lots of opportunities for BIM to become an even greater part of the built environment. With climate change being a serious problem these days, there is an increasing demand for building more sustainably, and calculating the environmental impact of construction projects, for example with MKI values. This report focuses on how integrating BIM technology with LCA and MKI can aid these calculations and allow for more sustainable design processes.

In 2020, Maarten van Eldik already developed a BIM-MKI tool for this purpose (Van Eldik, Vahdatikhaki, dos Santos, Visser, & Doree, 2020). However, three years later, the tool is still not used that much in practice, despite receiving (almost) exclusively positive feedback from experts at Witteveen + Bos after its initial development. This raises the question: why? Why is it that this tool is not used in most projects despite having obvious benefits to manual calculations? This report focuses precisely on that question and draws a roadmap for Witteveen + Bos to follow for integrating BIM and MKI via this tool for all projects (eventually).

To do this, three research questions have been drawn up: (1) What barriers are encountered when integrating BIM and LCA? (2) How can these barriers be prioritized? (3) What would be a logical roadmap for integrating BIM and MKI?

From interviews, it became clear that MKI calculations are currently mostly performed after the design process, when a final design is made, this makes MKI mostly an end product. Ideally, MKI values would be calculated during the design process, so that adjustments and design choices can be made based on reducing the environmental impact of the design, rather than evaluating the environmental impact of the design only after the design cannot be adjusted anymore. Ideally, Witteveen + Bos would design several alternatives of a design and assess them with a tradeoff matrix in which MKI is included as a criterion, among other criteria such as structural safety and cost estimation. Twelve barriers were identified which are needed to be overcome for the integration of BIM and MKI (on a large scale).

Using a survey, these barriers were analyzed and prioritized. Respondents created two ranked lists of all barriers, the first being ranked from most impactful to least impactful, the second being ranked from easiest to overcome to hardest to overcome. Seven respondents have filled out the survey, after which the barriers were analysed based on these two attributes. From the analysis, it was concluded that the barriers with the highest priority to overcome are: Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automated enough to make it standard for every project, the tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it, a reasonable degree of MKI knowledge is required to use the tool, there is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process due to the lack of a standard process, and there is little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients.

From these results, a roadmap is drawn. The roadmap is a two-year plan on how Witteveen + Bos can develop the BIM-MKI integration technology by first creating an MVP version of the tool and then scaling up the product by developing the technology further but also marketing it to clients.

Table of Contents

Preface	1
Abstract	2
1. Introduction.....	5
2. Problem context	9
2.1. BIM-LCA integration for MKI calculation	9
2.2. Problem statement	10
2.3. Involved parties	10
2.4. Research objective	10
2.5. Research questions	11
2.5.1. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?.....	11
2.5.2. How can these barriers be prioritized?.....	11
2.5.3. What would be a logical roadmap for Witteveen + Bos to follow for improving the integration of BIM and LCA?	11
3. Research methods.....	12
3.1. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?	12
Process evaluation	13
Defining the ideal process.....	13
Identifying barriers.....	13
3.2. How can these barriers be prioritized?	15
3.3. What would be a logical roadmap for Witteveen + Bos to follow for improving the integration of BIM and LCA?	17
4. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?	18
4.1. Current process	18
4.2. Ideal process.....	19
4.3. Encountered barriers/risks	21
4.3.1. Technical barriers	21
4.3.2. Process-based barriers	22
4.3.3. Organizational barriers	22
5. How can the barriers be prioritized?.....	23
5.1. Separate results	23
5.1.1. BIM specialists' results	23
5.1.2. MKI specialists' results	26
5.1.3. Comparison.....	28
5.2. Aggregated responses	29
6. What would be a logical roadmap for integrating BIM and MKI?	33

6.1.	In what order should the barriers be overcome?	33
6.2.	What are possible solutions?	34
7.	Discussion and recommendations	37
8.	Conclusion	38
9.	References.....	39
10.	Appendix.....	41
10.1.	Appendix A – Interview transcripts.....	41
	2 mei '23 – Maarten van Eldik – BIM ontwikkelaar en coördinator	41
	3 mei '23 – Ronald Hendriks – CO2/MKI-impactanalyse	44
	3 mei '23 – Bas Mentink – Dynamisch modelleur.....	47
	5 mei '23 – Stefan Wolbrink – Ontwerpleider	49
	5 mei '23 – Maarten Schäffner – CO2/MKI-impactanalyse	51
	11 mei '23 – Wouter Lubberman – Projectleider	53
	12 mei '23 – Marc Taken – (BIM) Projectleider	56
	12 mei '23 – Bas Roelofs – CO2/MKI-impactanalyse	59
10.2.	Appendix B – How can the barriers be prioritised	63
	Survey results	63

List of tables

Table 1 – Interviewee demographics.....	18
Table 2 - Summary of the identified barriers.....	21
Table 3 - Demographics of the respondents	23
Table 4 - Preference matrix for the impact category from BIM specialists' results	24
Table 5 - Preference matrix for the ease category from BIM specialists' results	24
Table 6 - Group rankings from BIM specialists' results	24
Table 7 - Preference matrix for the impact category from BIM specialists' results	26
Table 8 - Preference matrix for the ease category from MKI specialists' results	26
Table 9 - Group rankings from the MKI specialists' results	26
Table 10 - Comparison of the BIM and MKI groups	28
Table 11 - Preference matrix for the impact category.....	29
Table 12 – Preference matrix for the ease category	30
Table 13 - Aggregated group rankings	30
Table 14 - Summary of the aggregated survey results	32
Table 15 - Technology roadmap	34
Table 16 - Impact responses	63
Table 17 - Ease responses.....	63

List of figures

Figure 1 - Traditional construction process compared to a BIM-based process (Vahdatikhaki, 2023) ..	7
Figure 2 - Schematic flow chart of the proposed methodology	12
Figure 3 - 5 Whys example (Mind Tools, 2023).....	15
Figure 4 - Example of the scatterplot visualisation (Craig, et al., 2017)	16
Figure 5 - Example of bandwidths in the MKI value through different design phases (Péntek, 2023)	20
Figure 6 - Group rankings from the BIM specialists' results	25
Figure 7 - Group rankings from the MKI specialists' results	27
Figure 8 - Scatterplot of the aggregated group rankings	31
Figure 9 - Gantt chart of the roadmap	36

1. Introduction

Our built environment is changing rapidly. The demand for housing continues to grow. Many bridges, viaducts, and other structures need replacement. With climate change being a hot topic these days, the demand for building energy-neutral and circular is higher than ever.

To meet this demand, the construction and infrastructure sector must reinvent itself. Traditional methods and strong fragmentation stand in the way of rapid upscaling and quality impulse. Intensive digital and integral collaboration is needed. This will allow information to be shared structurally during the construction, management, and use phases. A change in culture is required of thinking beyond the framework of just a single organization and thinking more in terms of collaborating and sharing information between the involved organizations. The most important factor in this cultural change is digitization, and the foundation of this digital transformation is *Building Information Management* (or BIM). (digiGO BIM Loket, 2023)

Figure 1 below illustrates the difference in communication between a ‘traditional’ construction process and a BIM-based construction process.

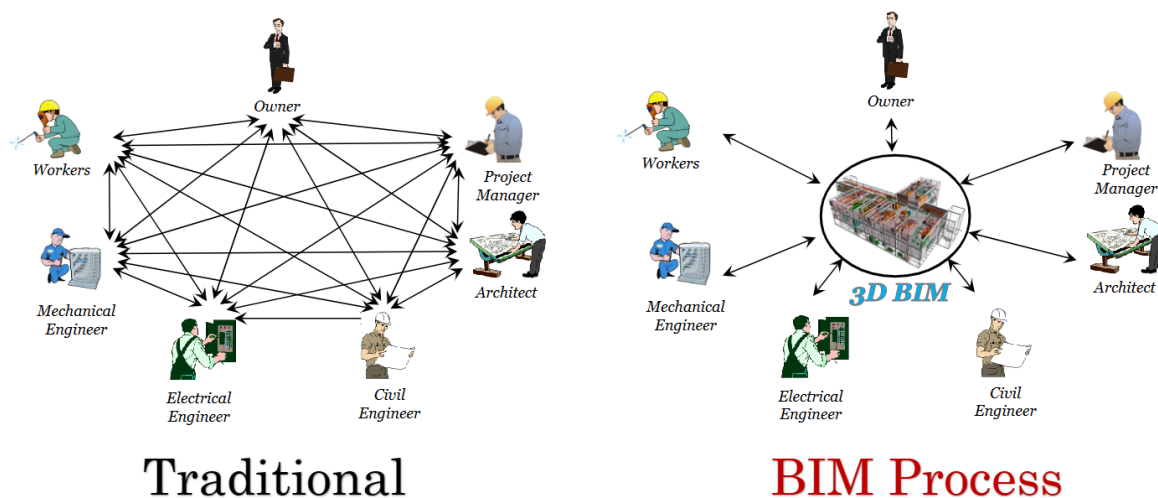


Figure 1 - Traditional construction process compared to a BIM-based process (Vahdatikhaki, 2023)

As can be seen in the figure, whereas the ‘traditional’ approach to a construction project requires chaotic and decentralized communication, the BIM-based approach simplifies communication as each involved party is able to import to and extract data from a central model which stores information from all parties. This allows for much more structured and smoother communication and data management process, by allowing all involved parties to communicate to one another indirectly via a centralized model.

One application not represented in Figure 1 where BIM can also be an effective tool is in using *Life Cycle Assessment* (or LCA) to evaluate the *Environmental Cost Indicator* (or ECI) of a project. BIM models allow using local and non-local materials within various design parameters, while LCA is a complicated methodology to evaluate the environmental impacts of building materials. (Najjar, Figueiredo, Palumbo, & Haddad, 2017)

The MKI value of a project ensures that the environmental performance of different contractors can be compared objectively. By providing an Environmental Cost Indicator for their project, contractors can receive a fictional discount on their offer. As a result, the offer with the lowest MKI receives the highest discount. This means that, even if the actual price of the offer is higher, a better environmental performance increases the chance to win the tender. (Hillege, 2019)

As mentioned before, LCA is a complicated process. LCA studies are data-intensive as not only is data required on materials used and their quantities but also on the use/maintenance phase, building processes, end-of-life phase, etc. (Obrecht, Röck, Hoxha, & Passer, 2020) Due to LCA being such a complex and data-intensive process, they are time-consuming. LCA's are generally only performed at the end of a design phase after the final design has been made, this is because at this stage all design information is known. However, this means that LCA's are generally not performed during design processes which means that design choices cannot be based on the environmental impact of a design, and thus the environmental impact of a construction project is often only evaluated in a reactive manner, rather than being pursued actively during the design process (Van Eldik, Vahdatikhaki, dos Santos, Visser, & Doree, 2020).

Adopting building information modeling (BIM) technology to aid LCA makes sense since the shared information between different involved parties allows them to provide feedback to one another much earlier in the design process. This improves the decision-making process as the quality of decisions increases, and also decisions are made much earlier and quicker, which results in an efficiency increase in the project at all its stages. Thus, the integration of BIM and LCA improves the project's efficiency, reduces errors in decision-making, reducing a project's costs and duration. (Safari & AzariJafari, 2021)

However, although the advantages of BIM-LCA are recognized in literature, there are still barriers to overcome for optimizing the BIM-LCA methodology. This will be the main topic of this study.

The structure of this thesis will be as follows. First, some more context on the problem will be given in which the problem statement and research objective are defined. After that, the research questions and methods are presented. The results are shared, after which there is a discussion and recommendations chapter, and conclusions are drawn.

2. Problem context

In this section of the proposal, some background information is given on BIM-LCA integration, and the study area of the project is defined.

2.1. BIM-LCA integration for MKI calculation

As mentioned in the introduction, this project is aimed specifically at the integration of BIM and LCA to determine MKI values. This paragraph explains how exactly BIM can improve the LCA methodology for determining MKI values.

Building Information Management, or BIM, stands for digital collaboration in the built environment. It aims at the management and (re)use of digital building information during the whole life cycle of a building. As much as possible, the involved parties put their information into the BIM environment once, after which it can be used multiple times.

BIM ensures that each involved party can access all relevant data in his own system and can add data himself. For example, an architect can make a design with his own design software, after which a structural engineer extracts the data that the architect has provided from the BIM environment to make a structural design of the building, and the contractor can then use this data again for his own purpose as well as adding data to the BIM environment. The key to this sharing of data is the use of open standards. Essentially an open standard is a collection of central data- and process agreements, saved in a single file. Open standards ensure a smooth flow of data, if the involved parties use the same open standards, they can share, extract, and reuse one another's data (digiGO BIM Locket, 2023). One might view an open standard as an agreed digital data language, just like a company can agree on the default language of English, for example.

The topic of this project is the way BIM can support the LCA methodology for calculating MKI values. LCA is a tool for assessing the environmental impacts of products and technological lifecycles. The concept of LCA is based on the following key points (Asdrubali, Baldassarri, & Fthenakis, 2013):

1. The entire life cycle that includes the extraction and processing of raw materials, production, and use (including maintenance), up to recycling or disposal.
2. All environmental impacts connected with the life cycle, such as air-, water-, and CO₂ emissions.
3. The aggregation of the possible impacts of the environmental effects and their evaluation to give environmentally oriented support to decision-makers.

The LCA method is used to calculate the MKI (*Environmental Cost Indicator*) of a product or project. The MKI shows the environmental impact of a product or design and makes this concrete and comparable. All environmental impacts of an object during its life cycle are expressed in monetary values and can therefore be summed up to one value, expressed in Euros (Jansen, 2023). As mentioned in the introduction, knowing the MKI value of a project is vital, as a lower MKI value gives a better chance of winning tenders.

For the purpose of this project, BIM-LCA integration is understood as the integration of BIM and LCA specifically for the calculation of MKI values.

The integration of BIM and LCA can reduce the efforts connected with performing an LCA study. Most BIM-LCA studies focus on the following aspects (Sobhkhiz, Taghaddos, Rezvani, & Ramezaniyanpour, 2021):

1. Developing a tool to quantify building materials in Life Cycle Inventory (LCI) stages
2. Developing a tool to integrate environmental information with purposes such as energy evaluation
3. Automating calculation processes by combining different data sources and analysis tools

In general, the primary motivation behind the use of BIM in LCA practices is the same as the primary motivation for using BIM for all other purposes; more efficient data management. The integration of BIM and LCA can allow for the automation of many processes, such as the data flow between BIM and LCA, but especially a continuous calculation of MKI values during the early stages of the design process, rather than at the end of the design process. This allows for quicker, earlier, and better decisions when making design changes.

To summarize, proper integration of BIM and LCA can reduce the time a project takes. Benjamin Franklin, one of the Founding Fathers of the United States, already wrote about the relationship between time and money in his 1748 essay *Advice to a Young Tradesman*, Franklin wrote (rephrased in contemporary English) "Remember that time is valuable. If someone can earn £10 a day through work but instead spends half the day doing nothing, even if they only spend 50p during that time, they should not just think of it as a 50p expense. In reality, they have wasted £5 of potential earnings." (Franklin, 1748) Though Franklin wrote this in the 18th century, one might argue this relationship is even more evident in the fast-paced digital society we found ourselves living in today.

2.2. Problem statement

The integration of BIM and LCA is very advantageous for calculating MKI values. However, during the integration process companies can encounter several barriers. Witteveen + Bos currently struggles with integrating BIM and LCA for this purpose. For Witteveen + Bos, an overview of the encountered barriers, and a clear strategy or roadmap to overcome these barriers to improve the integration of BIM and LCA is currently missing.

2.3. Involved parties

This study is commissioned by Witteveen + Bos, a Dutch engineering and consulting company located in Deventer. Witteveen + Bos' four areas of expertise are the built environment, deltas, coasts and rivers, energy, water and environment, and infrastructure and mobility. The project is performed specifically at the built environment branch of Witteveen + Bos. However, BIM is a tool that can be used in other areas of expertise as well, especially infrastructure and mobility. Therefore, the knowledge gained in this project can be relevant for the whole of Witteveen + Bos, and even for other companies around the world with similar knowledge gaps regarding BIM as Witteveen + Bos.

With a specific strategy for overcoming the barriers Witteveen + Bos are experiencing during the integration of BIM and LCA, Witteveen + Bos can improve upon the integration process, and therefore reduce the time a project takes, while also decreasing the number of errors made.

2.4. Research objective

The objective of this research is to design a roadmap for improving the integration of BIM and LCA to determine MKI values by identifying and prioritizing encountered barriers during the integration process and coming up with a strategy to overcome those.

2.5. Research questions

Three main research questions follow from the research objective.

2.5.1. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?

To be able to identify the barriers encountered during the integration process, one first must know the current state of the integration process, but also the end goal of what an ideal process would look like.

- a. *What does the current process of calculating MKI values look like?*
- b. *What would a process based on BIM-LCA integration look like?*

The barriers between the current process and the ideal process can be identified.

- c. *What technical barriers are encountered when integrating BIM and LCA?*
- d. *What process-based barriers are encountered when integrating BIM and LCA?*
- e. *What human barriers are encountered when integrating BIM and LCA?*

2.5.2. How can these barriers be prioritized?

After identifying the barriers, they must be analysed on their importance and difficulty to overcome.

- a. *How can the barriers be ranked on their impact on the process?*
- b. *How can the barriers be ranked on their difficulty to overcome?*

2.5.3. What would be a logical roadmap for Witteveen + Bos to follow for improving the integration of BIM and LCA?

- a. *What solutions have previously been used to overcome similar barriers?*
- b. *What would be a logical order for solving the barriers?*

3. Research methods

To answer the research questions formulated in chapter 5, certain research methods are used, these are described in this chapter. Also, a flowchart of the project steps is provided in the figure below.

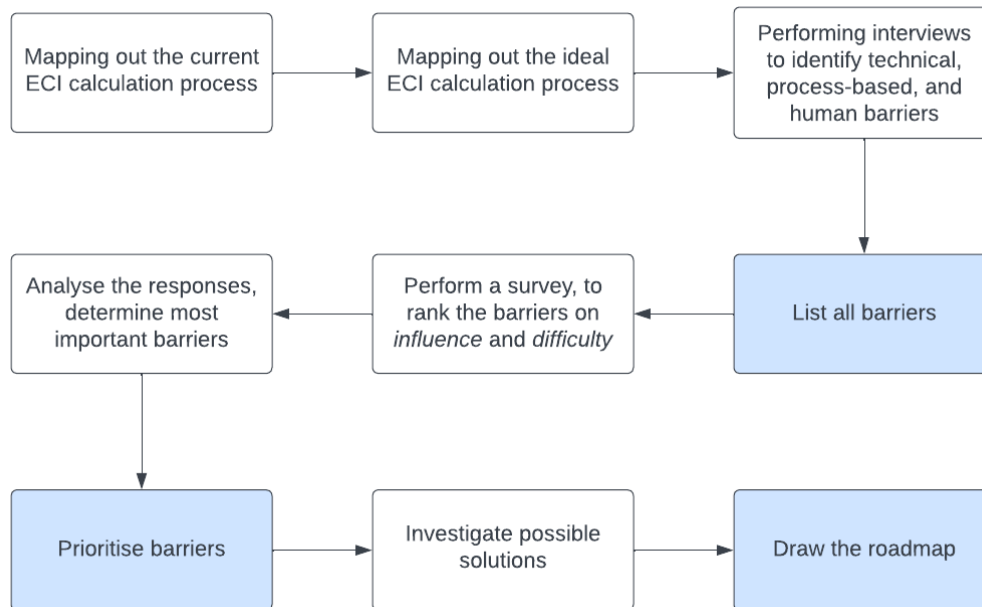


Figure 2 - Schematic flow chart of the proposed methodology

This flowchart represents the main steps of the project, each blue rectangle represents an answer to a main research question.

3.1. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?

The first research question focuses on evaluating the existing process of calculating MKI values at Witteveen + Bos, and the current level of BIM-LCA integration in this process. In this phase, it is evaluated what the company's current integration process looks like, and the main goal will be to identify as many (technical and non-technical) barriers to the integration process as possible.

In their systematic literature review on BIM and LCA integration in 2020, Obrecht et al. found that in 60% of the studies data exchange from the BIM model to the used LCA tool was still done manually or semi-automatically. This is time-consuming and has a possibility of error. Generally, a higher degree of automatization is desired. The main challenges identified for the integration of BIM and LCA were the following (Obrecht, Röck, Hoxha, & Passer, 2020):

1. The lack of a clear identification of the inputs needed for BIM and LCA integration.
2. Developing information databases that correspond to the scope of the LCA, and the chosen design phase.
3. Automating the data flow between LCA and BIM software, in both directions.

Van Eldik et al. also focused on some of the above-mentioned challenges while developing a BIM-based Environmental Impact Assessment (EIA) framework at Witteveen + Bos. EIA was and is still often done by performing an LCA. Specifically, the main barriers aimed to overcome with this framework were (Van Eldik, Vahdatikhaki, dos Santos, Visser, & Doree, 2020):

1. The fact that different software programs were used for a project's EIA and design, which made the process more complex than if it were done in a single software program.
2. There was no explicit data structure for the integration of EIA and BIM data, inhibiting the interoperability of EIA and BIM integration.
3. The data flow between EIA and BIM software was not bidirectional most of the time. There was a data flow from the BIM to EIA software, but not back from the EIA to the BIM software. Therefore, the designers were not able to visualize the results of EIA in their design, and thus could not see the impact of separate design elements on the EIA performance of the design.

The barriers mentioned above are just technical barriers that have been identified by previous research and seem to be common barriers to BIM-LCA integration nowadays. However, this study is not focused on the technical barriers to BIM-LCA integration in the construction sector in general, but it aims at identifying barriers specific to Witteveen + Bos' BIM-LCA integration process. Therefore, these technical barriers are important to keep in mind and to be aware of, but there will also be more company-specific barriers needed to be identified.

As Norman Maier notes in his 1963 book *Problem-solving discussions and conferences: leadership methods and skills*, $E = Q \times A$, or *Effectiveness equals Quality times Acceptance*

(Maier, 1963). In other words, the effectiveness of a change (in this case the change to an integrated BIM-LCA workflow) depends on both the quality of the solution and the acceptance of those involved in it.

As columnist Jeff Cole notes on the topic of change management: "You can have the best process in the world, but if the humans who need to follow that process don't do so, you've wasted your time" (Cole, 2011). Therefore, it is important to not only focus on maximizing the technical quality of the BIM-LCA integration process but also focus on identifying the non-technical barriers to integrating BIM and LCA at Witteveen + Bos, to maximize the acceptance of the solution as well.

Process evaluation

Sub-question 1a: *What does the current process of calculating MKI values look like?* Will be answered mainly by performing desk research. Several recent projects involving the calculation of MKI values will be analysed, to derive what the current MKI calculation process looks like, and to what extent BIM and LCA are integrated during this process. This process is then represented in a flowchart.

Defining the ideal process

To determine what an ideal MKI calculation process would look like when integrating BIM and LCA, a literature review is done. When looking at other projects or studies where BIM and LCA are integrated and what knowledge gaps still exist, an ideal process can be drawn. Also, some expert knowledge will be used for this.

Identifying barriers

To identify technical, process-based, and human barriers, interviews are performed with employees of Witteveen + Bos.

The employees that are to be interviewed can be divided into three main categories; employees that give input to BIM/LCA, employees that need the output from BIM/LCA, and employees whose task is to improve the BIM/LCA integration process.

These interviews will be done in a semi-structured manner, i.e., there will be a set of specific questions, but interviewees are allowed to answer them and interpret them freely. The main goal of these interviews, however, is to identify technical, process-based, and human barriers to the integration of BIM and LCA.

To ensure that the barriers found in these interviews are in fact main causes for the lack of BIM-LCA integration, rather than just symptoms, the *five whys* technique is used. The *five whys* technique is a simple but powerful tool for cutting quickly through the outward symptoms of a problem to reveal its underlying causes – so that you can deal with it once and for all (Mind Tools, 2023).

When identifying a barrier during the interview, “Why?” is asked five times to get to the root of the problem. An example of this can be seen in the figure below.

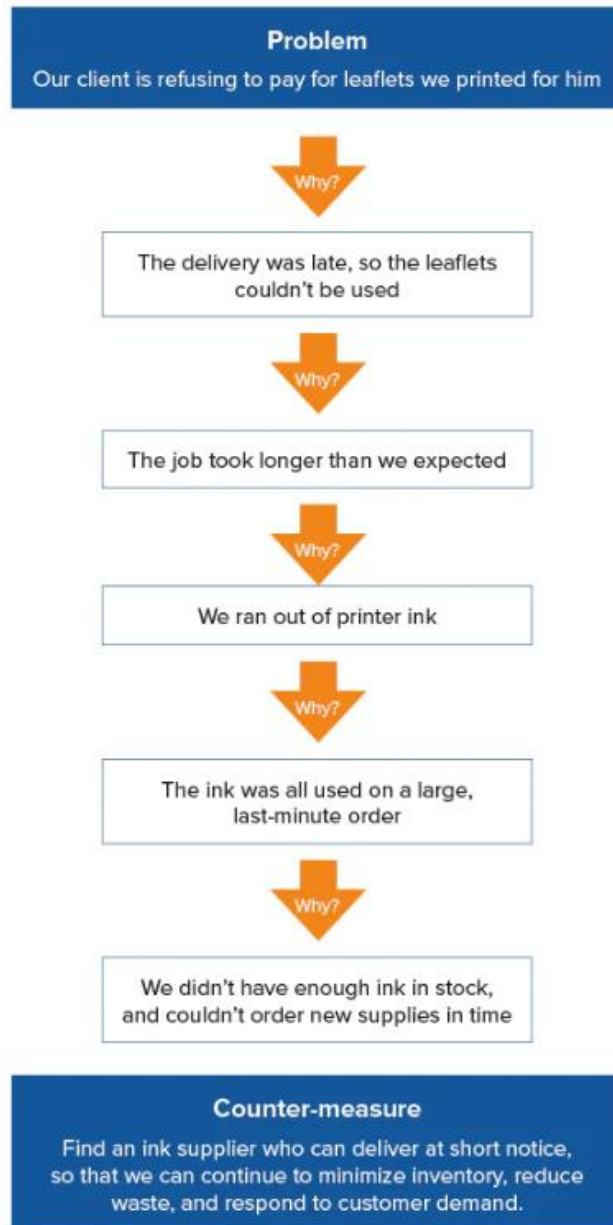


Figure 3 - 5 Whys example (Mind Tools, 2023)

As can be seen in the figure, when asking “Why?” five times, the underlying root cause of the problem first identified is found. The problem “We didn’t have enough ink in stock and couldn’t order new supplies in time” is way different and more manageable than “Our client is refusing to pay for leaflets we printed for him”.

3.2. How can these barriers be prioritized?

The goal of the second research question is to analyse the barriers identified in the first research question on both their impact on the process but also the difficulty to overcome them. Since it is not possible to resolve all barriers simultaneously, it is important to acknowledge that some barriers have priority over others.

One interesting question to ask in this phase is “If Witteveen + Bos would be able to only resolve **one** barrier, which one would have the most impact?”.

Gary Keller has called this the *focusing question*. In his book *The ONE Thing*, Keller formulates the focusing question as “What’s the ONE Thing I can do such that by doing it everything else will be easier or unnecessary?” (Keller & Papasan, 2013). This question stresses three important things; the importance of focusing (one can only resolve ONE problem at a time), the thing you are working on must be doable (What’s the ONE Thing I can do...), and the thing you are working on must have leverage (... such that by doing it everything else will be easier of unnecessary).

From Keller’s focusing question two criteria can be derived for giving a certain task priority over others. I.e., the *impact* of that task, and the *difficulty* of that task. Craig, et al. used these two criteria in their paper *Testing a systematic approach to identify and prioritise barriers to successful implementation of a complex healthcare intervention* (Craig, et al., 2017).

This paper has been the main inspiration for the methodology of prioritizing barriers in this study.

In the paper, expert opinions were gathered using surveys. The experts (participants of the survey) were identified using the snowball technique, some experts were identified by the researchers and these experts were then asked to identify more appropriate experts on the subject.

in the survey, participants were asked to rank identified barriers based on their *influence attribute* (the impact on the process) and their *difficulty attribute* (the difficulty to overcome the barrier).

To analyse the outcomes of the surveys, all barriers’ median ranks were calculated, both for the *influence* and *difficulty* attributes. In this study, a higher median rank for *influence* meant a higher impact on the process, while a higher median rank for *difficulty* meant a lower difficulty to overcome.

Subsequently, these data were visualized via scatterplots. An example of this can be seen in the figure below.

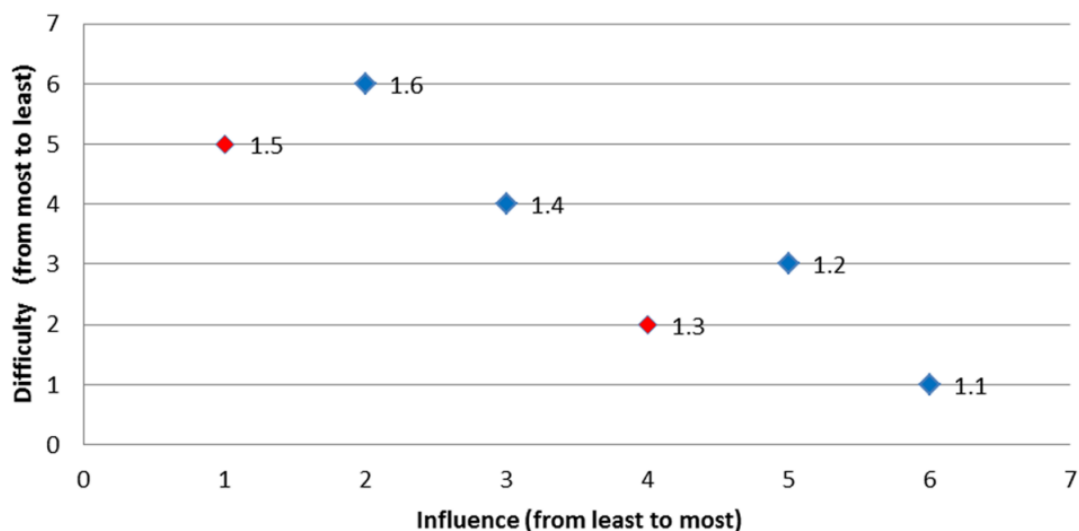


Figure 4 - Example of the scatterplot visualisation (Craig, et al., 2017)

This study will use the same techniques to gather data on the *influence* and *difficulty* of the identified barriers.

However, the paper then uses the same data to classify the barriers as *most desirable*, *desirable*, and *least desirable*. For this study, this is not done. Rather, the barriers are ranked based on the sum of

their *influence* and *difficulty* attributes. Naturally, barriers with the higher sum of the two will be more desirable to deal with first.

3.3. What would be a logical roadmap for Witteveen + Bos to follow for improving the integration of BIM and LCA?

The goal of the third and last research question is to draw a roadmap for Witteveen + Bos to follow to improve their MKI calculation process by integrating BIM and LCA, with the end goal being to arrive at the ideal process as defined in the first research question.

Some proposed solutions are searched for by performing a literature review and asking experts. The answer to the question of what a logical order for overcoming the barriers would be flows naturally from the previous research question where the barriers have been prioritized based on their influence and difficulty to overcome.

4. What barriers are encountered when integrating BIM and LCA?

To answer the first research question, eight interviews were performed with different employees of Witteveen + Bos. The employees had several different areas of expertise, which is shown in table 1 below.

Table 1 – Interviewee demographics

Interviewee characteristics	N	%
Male	8	100
Group		
CO2/MKI impact analysis	3	38
BIM model development and coordination	2	25
Dynamic modeling	1	13
Design management	1	13
3D design Deventer	1	13
City		
Deventer	5	63
Utrecht	3	38
Years of service		
0 5	4	50
5 10	1	13
10 15	2	25

The main goal of the interviews was to get an insight into the current MKI calculation process, to get an idea of where Witteveen + Bos wants to go with BIM-MKI integration, and what barriers are encountered when trying to implement BIM-MKI integration. All interview transcripts can be found in Appendix A, the transcripts are in Dutch, as the interviews were also performed in Dutch.

4.1. Current process

An MKI calculation requires quantities and materials; these are found in the BIM model. A modeler creates a BIM model that states for each object what material it is and how much material the object contains.

An MKI specialist extracts these materials from the BIM model, and subsequently creates a mapping table for those materials. He does this with the program DuboCalc, which contains a kind of library with all kinds of materials to which an MKI index is linked. DuboCalc retrieves this information from the NMD (National Environmental Database), so an LCA has already been done for these materials, and DuboCalc only uses the MKI index. The task for the MKI specialist is to make a table in which he considers for each material which product map best represents that material, he then enters this into the mapping table. Then the quantities of each material are multiplied by the corresponding MKI indices to get an MKI score per material, these are added up together to calculate the total MKI value (Roelofs, 2023).

Currently, an MKI calculation is often only made at the end of the design process. In other words, a final design (DO in Dutch) is made first, and an MKI calculation and report are provided with it because the client requests that. In this sense, MKI is more of an end product (Van Eldik, 2023).

As a result, few if any design choices are made on the basis of MKI or sustainability in general; MKI does not yet have the same standard function in the design process as, for example, cost estimation does (Van Eldik, 2023). Because of this, for example, the choice for concrete is made fairly quickly, and the choice of material is often not questioned in that sense (Wolbrink, 2023). What is often seen is that design choices are made on the bases of monetary considerations. For example, concrete is removed somewhere to save money, but not necessarily with the intention of designing more environmentally friendly (Mentink, 2023).

The phenomenon that often occurs then is what Stefan Wolbrink calls “greenwashing”, less material is used to save costs, after which it is claimed that this was a sustainable choice. This may be true in effect, but in this situation, the designer (or whoever made the choice) has not actually taken an extra step to design more sustainably, it is rather a pleasant side effect of saving costs. This extra step of really wanting to design more sustainably is still often missing (Wolbrink, 2023).

The reason that MKI calculations are often only made at the end of a design phase (after the DO) is mainly that there is currently little demand from the market to actively include MKI (and sustainability) in the design process in the same way as cost estimation, for example (Van Eldik, 2023). There are several reasons that (may) explain why there is little demand for this method currently; these are discussed later in this chapter.

However, it is worth remembering that companies are currently not yet legally required to make any MKI calculations at all. Rijkswaterstaat, for example, does consider it important to integrate MKI into the design process, but that is also because they are a government agency, so they have to deal with the climate ambitions of the Dutch government and the National Climate Agreement (Schäffner, 2023). For other companies, this is less important because such a calculation costs extra money, especially if one wants to actively include MKI early in the design process, rather than as an end product.

Witteveen + Bos is currently working on a project called Zuidasdok, in which MKI is being used more actively. In this project, a tunnel is being built, and nine alternatives have been designed for this tunnel. These alternatives are all weighed up with a so-called tradeoff matrix, in which things like structural safety, cost estimation, and (in this case also) MKI are included as criteria. So, in this project, MKI is considered an active criterion for decision-making. The client of this project is Rijkswaterstaat (Van Eldik, 2023).

4.2. Ideal process

As mentioned in the previous paragraph, ideally one would actively integrate MKI into the design process, and an MKI tool has already been developed for this purpose.

It is important to understand exactly what the purpose of the tool is. The goal is to make it possible to gain insight into MKI values earlier in the design process, by automatically and quickly estimating the MKI value in early design phases based on the quantities and materials in the BIM model at that time, allowing more sustainable design choices to be made during the design process based on that (estimated) MKI value (Schäffner, 2023).

So, the (main) goal is not to automate the MKI calculation and reporting at the end of the DO phase, for example.

The tool can thus help to gain insight into MKI values earlier in the design process. Maarten Schäffner describes wanting to integrate MKI earlier in the design process as a paradox: on the one hand, you want to make choices based on sustainability as early as possible in the design process because there is more opportunity for adjustments to the model earlier in the process, but on the

other hand, one cannot make MKI calculations at the very beginning of the project because there simply is not enough information yet (Schäffner, 2023). This is also mentioned in other interviews, as logically, there must be a BIM model with (somewhat) correct quantities and materials before an MKI estimate can be made.

Most interviewees agree that the tool would be most effective during the sketch design (SO) and preliminary design (VO) phases of the process. From the sketch design, BIM models have already been created, and enough information is known to make MKI estimates. Ideally, this would allow Witteveen + Bos to already question the choice of materials early on. As mentioned before, concrete is often chosen quickly despite not being a very sustainable material (in terms of MKI). It would be nice if you could use the tool to question the choice of concrete, for example (Wolbrink, 2023).

However, after the preliminary design, there are few possibilities for adjustments to the model. From the final design onwards, one should not want to make any more adjustments to the model (Wolbrink, 2023).

The most effective way to use the tool currently is through an alternative study, as mentioned in the previous paragraph. The tool automates the import of materials from BIM, i.e., quantities and materials. Then, the calculation (provided a mapping table has already been made) is also automatic, and the results of this calculation become available in the Cloud as an Excel download. In addition, the data can be presented in the design model to quickly understand which parts of the design impact the environment the most.

While the tool does save MKI specialists a lot of time in terms of extracting information from the model, they are still required to create the MKI mapping table manually. Also, the tool places a lot of responsibility on the designer to model elements correctly.

Seeking to make MKI calculations early in the design process means that much of the information in the models is not yet definitive. Therefore, assumptions are made in the calculation. For example, the type of concrete used, or the width of a road surface, can still be adjusted in later designs. Therefore, a new version of the tool is being developed which can make uncertainty and sensitivity analyses of the calculation, so that the MKI value has a bandwidth (Roelofs, 2023). This can be seen in figure 5 below.

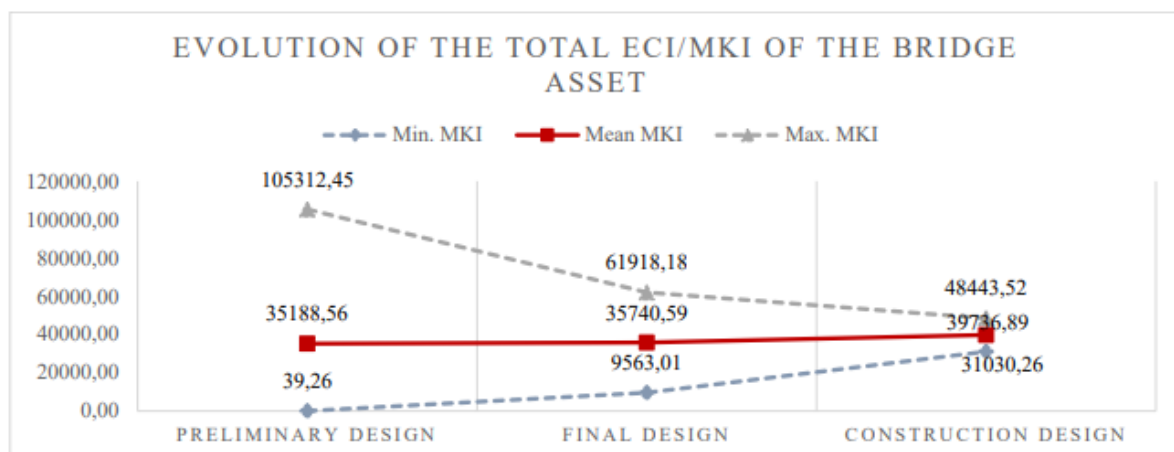


Figure 5 - Example of bandwidths in the MKI value through different design phases (Péntek, 2023)

4.3. Encountered barriers/risks

The identified barriers extracted from the interviews were divided into three categories: technical barriers, process-based barriers, and organizational barriers. The technical barriers mainly focus on the tool itself; the process-based barriers focus on integrating MKI as a criterion into the design process, and organizational barriers focus on things in the Witteveen + Bos organization that may get in the way when this method is applied. Table 2 shows an overview of all identified barriers.

Table 2 - Summary of the identified barriers

#	Barrier	Category
1	Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automatized enough to make it standard for every project	Technical
2	The tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it	Technical
3	A reasonable degree of MKI knowledge is still required to use the tool	Technical
4	Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail (too many simplifications) for an MKI calculation	Process
5	There is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process, lack of a standard process	Process
6	There is a lack of data standards for BIM modellers regarding inputs for the MKI calculation	Process
7	There is little demand for BIM-MKI integration from clients	Organizational
8	There is still little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients	Organizational
9	There is little capacity within the MKI group due to a small number of MKI specialists	Organizational
10	There is little MKI knowledge outside the MKI group	Organizational
11	There is a lack of top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos	Organizational
12	There is a lack of urgency (and awareness) towards BIM-MKI within Witteveen + Bos	Organizational

These barriers function as input for the survey in the next research question.

4.3.1. Technical barriers

Firstly, setting up the MKI mapping table via DuboCalc is not yet automated enough to make it standard for every project (Hendriks, 2023). Currently, an MKI specialist is still required to do this, which can become problematic when scaling up this technology as there are not too many MKI specialists at Witteveen + Bos.

The MKI tool currently still requires a reasonable degree of expertise from both MKI specialists and BIM specialists. Outside of these groups, not many people are using the tool yet, because people who have not designed the tool generally do not yet perceive it as user-friendly enough to work with. As a result, it currently costs too much time and money to deploy it when it is not specifically requested by clients (Hendriks, 2023).

4.3.2. Process-based barriers

Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail to make MKI calculations. Modelers must model in a lot more detail earlier in the design process so that quantities and materials are complete enough to make an MKI calculation (Mentink, 2023).

There is too little guidance and clarity (prior to the design process) on integrating MKI into the process. It now (sometimes) happens that during the design process modelers are told that an MKI calculation has to be made, so the BIM model has to be adjusted accordingly. This takes more time than if it were known from the beginning of the project, that these quantities and materials are needed to be included in the model (Mentink, 2023).

In addition, there is a lack of standards for modelers in terms of designing, families, and data, Witteveen + Bos is rather chaotic in this aspect. Modelers must know what exactly is needed in the model, but also how it must be modeled (Lubberman, 2023).

4.3.3. Organizational barriers

The barrier that came up most often in the various interviews was the lack of demand for BIM-MKI integrated design processes. This is a barrier because integrating MKI into the design process does make the design more expensive; if a client does not ask for it and therefore does not want to pay extra for it, Witteveen + Bos is not going to apply it (at the moment).

In many interviews, it emerged that clients probably lack knowledge about the possibilities of integrating MKI as a criterion in the design process. Clients do not want to ask for things that they think will cause Witteveen + Bos difficulties or delays (Hendriks, 2023).

A more general problem in the field of MKI is that the capacity of the MKI group at Witteveen + Bos currently is not sufficient to calculate through all projects, there are simply too few MKI specialists for that at the moment. This is a problem because even if this tool is used, MKI expertise is still needed (Hendriks, 2023). Along with that, there is also a lack of MKI knowledge outside of the MKI group.

Also, there is a lack of top-down steering toward implementing and developing BIM-MKI integration. Witteveen + Bos is a company in which a lot is arranged bottom-up, so someone has an idea for a project, and if it works, he or she can share it with his colleagues which might allow them to apply it next time in another project. However, standardizing the implementation of BIM-MKI is something that must be arranged top-down (Taken, 2023).

Lastly, there is a lack of urgency within Witteveen + Bos for the BIM-MKI tool. A number of people are working on it, but there is far from the necessary degree of urgency among everyone within Witteveen + Bos. In that sense, the company is still early in the process of adopting the technology, it is important to bring it more to the attention of employees what the possibilities of this technology are (Taken, 2023).

5. How can the barriers be prioritized?

In the second research question, the barriers identified by the interviews are analysed. Experts were asked to fill in a survey in which they were asked to make two ranked lists, in the first list the barriers were ranked based on their impact (from least impactful to most impactful, meaning 1 is the least impactful barrier and 12 is the most impactful) and in the second list the barriers were ranked on their ease to overcome (from hardest to overcome to easiest to overcome, meaning 1 is the hardest to overcome and 12 is the easiest).

In total, seven respondents filled in the survey, which was a 100% response rate. The demographics of the respondents can be found in the table below.

Table 3 - Demographics of the respondents

Respondent characteristics	N	%
Male	7	100%
Group		
BIM model development and coordination	4	57%
CO2/MKI-impact analysis	3	43%
Years of service		
0-5	3	43%
5-10	-	-
10-15	3	43%
15+	1	14%

5.1. Separate results

Firstly, the results from the BIM and MKI specialists are analysed separately. All survey responses can be found in Appendix B.

5.1.1. BIM specialists' results

The method of ranking the barriers was inspired by the paper *A consensus process for identifying a prioritized list of study questions* (Utley, Gallivan, Mills, Mason, & Hargraves, 2006). This paper makes use of a preference (graph) matrix P , which is a matrix that consists of ones and zeroes. If P_{ij} has value 1, that means that more voters prefer i over j than prefer j over i , otherwise, it has a value 0. This was also done in this study. Two preference graphs were made, one for the impact category, and one for the ease category.

The table below shows the preference matrix for the impact category from BIM specialists' results. The column 'preference' lists how many barriers barrier i is considered more impactful by more than half of the respondents.

Table 4 - Preference matrix for the impact category from BIM specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	4
2	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	7
3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
5	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	7
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
12	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3

The table below shows the preference matrix for the ease category from BIM specialists' results.

Table 5 - Preference matrix for the ease category from BIM specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	6
2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	3
6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
7	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	4
8	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	7
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Based on these preference attributes, each barrier is given a group ranking for both the impact and ease categories. Table 6 below shows the impact ranks from the BIM specialists' results only.

Table 6 - Group rankings from BIM specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Impact rank	10	12	9	9	12	5	5	5	1	2	9	9
Ease rank	11	10	5	3	8	8	10	12	3	6	5	3

In these group rankings, a rank of 1 means low impact/ease, and 12 means high impact/ease. To visualise these results, the group rankings have been plotted in a scatterplot, on the x-axis the impact rank, and on the y-axis the ease rank. In this scatterplot, the more to the right, and the more to the top a barrier is positioned, the more desirable that barrier is to target for Witteveen + Bos. This can be seen in figure 6 below.

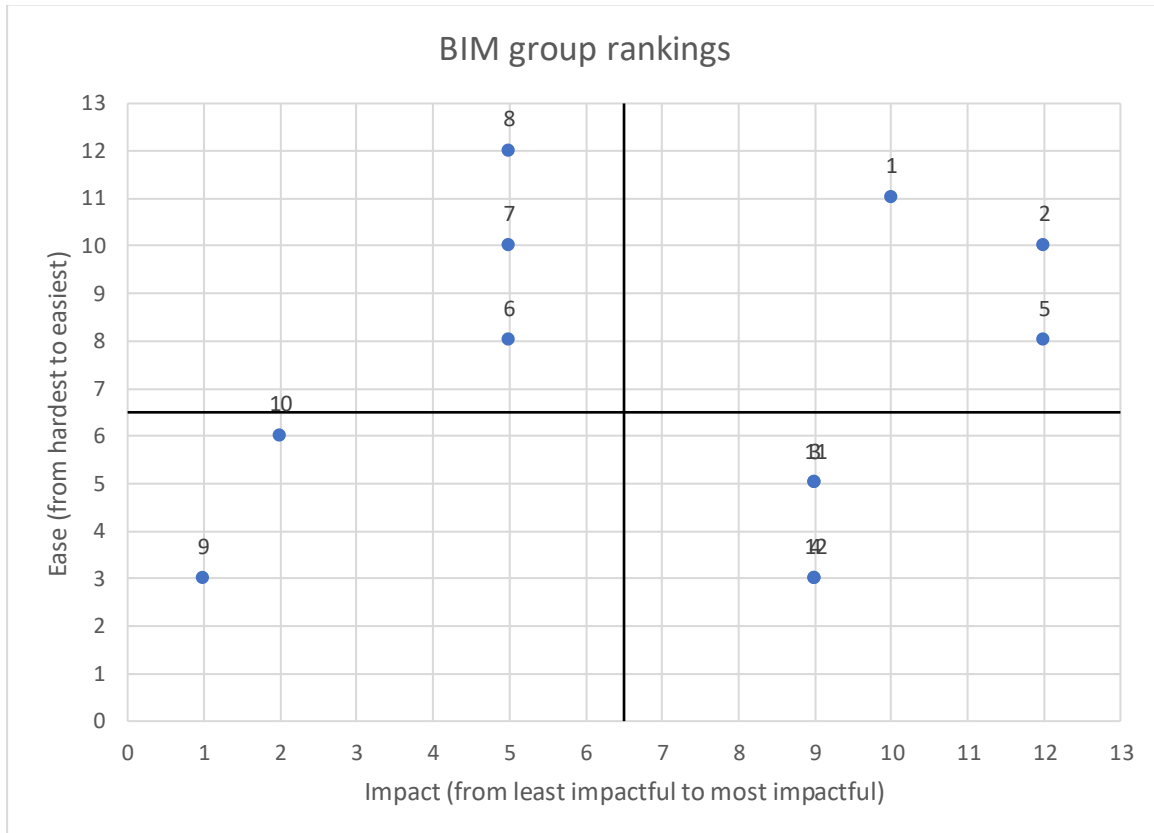


Figure 6 - Group rankings from the BIM specialists' results

The plot is divided into four quadrants, the first quadrant includes barriers with high ease and impact ranks, the second quadrant includes barriers with high ease ranks but low impact ranks, the third quadrant includes barriers with low ease and impact ranks, and the last quadrant includes barriers with high impact but low ease ranks.

As can be seen from the graph, the first quadrant contains barriers 1, 2, and 5, the second quadrant contains barriers 6, 7, and 8, the third quadrant contains barriers 9 and 10, and the fourth quadrant contains barriers 3, 4, 11, and 12.

5.1.2. MKI specialists' results

The results from the MKI specialists were also analysed separately. The tables below show the impact and ease categories' preference graphs from the MKI specialists' results.

Table 7 - Preference matrix for the impact category from BIM specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
2	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9
3	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
4	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	10
5	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	6
6	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	10
7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
8	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	8
9	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	5
10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 8 - Preference matrix for the ease category from MKI specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
6	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	6
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	4
9	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3
10	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
11	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7
12	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	6

Table 9 shows the group rankings from the MKI specialists' results.

Table 9 - Group rankings from the MKI specialists' results

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Impact rank	4	10	8	12	7	12	5	9	6	4	2	1
Ease rank	12	11	10	1	10	7	2	5	4	3	8	7

These group rankings were also visualised in a scatterplot just like the BIM specialists' group rankings, this can be seen in Figure 7 below.

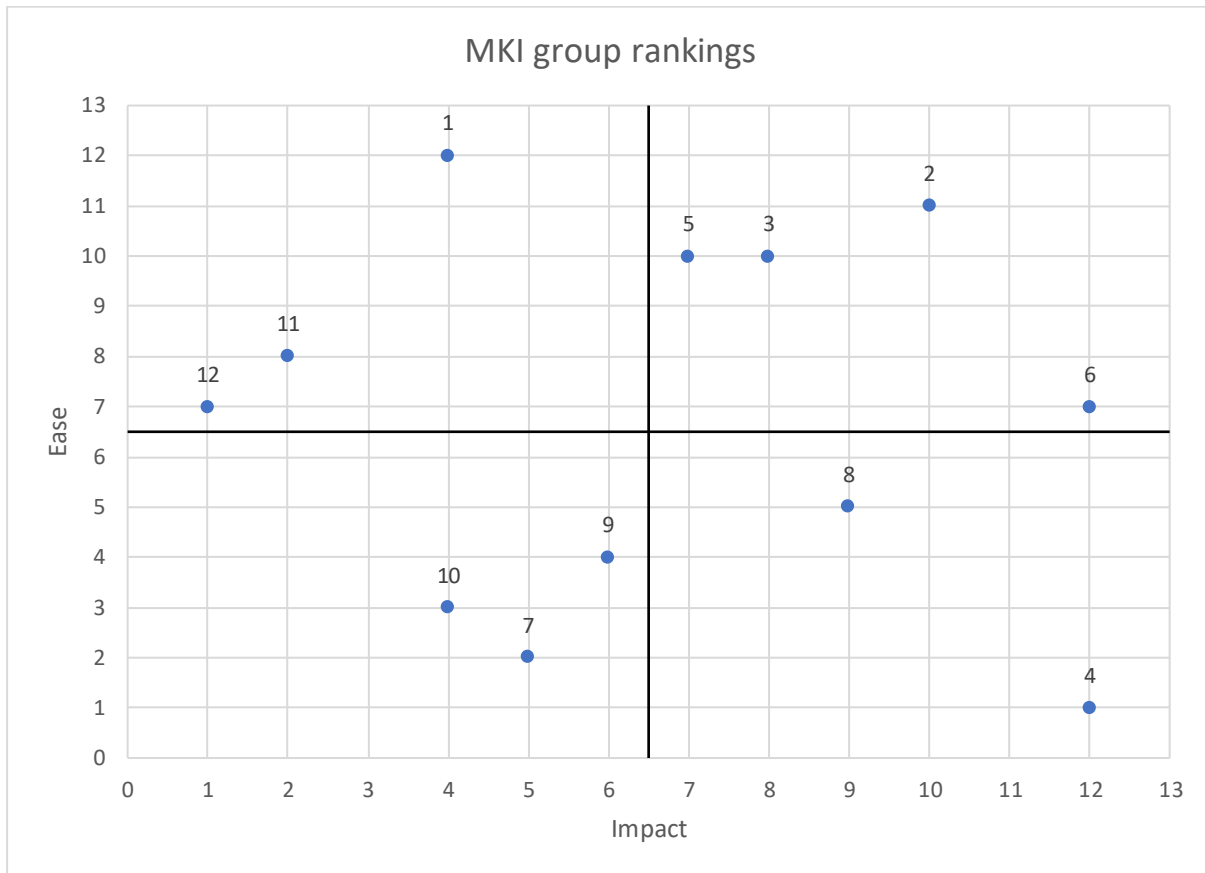


Figure 7 - Group rankings from the MKI specialists' results

As can be seen from the plot, the first quadrant contains barriers 2, 3, 5, and 6, the second quadrant contains barriers 1, 11, and 12, the third quadrant contains barriers 7, 9, and 10, the fourth quadrant contains barriers 4 and 8.

5.1.3. Comparison

When comparing the results from the BIM group with the results from the MKI group, there are some similarities and some differences. Table 10 summarizes the findings when comparing the results from the BIM and MKI groups.

Table 10 - Comparison of the BIM and MKI groups

#	Barriers	BIM quadrant	MKI quadrant	Impact difference	Ease difference
1	Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automatised enough to make it standard for every project	1	2	6	1
2	The tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it	1	1	2	1
3	A reasonable degree of MKI knowledge is still required to use the tool	4	1	1	5
4	Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail (too many simplifications) for an MKI calculation	4	4	3	2
5	There is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process, lack of a standard process	1	1	5	2
6	There is a lack of data standards for BIM modelers regarding inputs for the MKI calculation	2	1	7	1
7	There is little demand for BIM-MKI integration from clients	2	3	0	8
8	There is still little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients	2	4	4	7
9	There is little capacity within the MKI group due to a small number of MKI specialists	3	3	5	1
10	There is little MKI knowledge outside the MKI group	3	3	2	3
11	There is a lack of top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos	4	2	7	3
12	There is a lack of urgency (and awareness) towards BIM-MKI within Witteveen + Bos	4	2	8	4

As can be seen from the table, both groups agree on barriers 2 and 5 having both high impact and ease, since these barriers are positioned in quadrant 1 for both groups. Also, both groups agree that barriers 9 and 10 have low impact and ease since they are positioned in quadrant 3 for both groups.

BIM specialists place barrier 1 in the first quadrant, but MKI specialists do not agree that barrier 1 has a high impact, they think barrier 1 is easy to overcome but not impactful. Since barrier 1 is about the MKI mapping table, MKI specialists could have more knowledge about that than BIM specialists.

MKI specialists also consider barrier 3 to be easy and impactful enough to put it in the first quadrant, but BIM specialists do not consider it as easy to overcome. Barrier 3 says that there is still a reasonable degree of MKI knowledge required to use the tool right now. This barrier has some overlap with barrier 2, which says that the tool is not user-friendly enough for people who did not develop it. Therefore, barrier 3 could be overcome by overcoming barrier 2.

MKI specialists consider barrier 6 impactful and easy enough to put it in the first quadrant. However, BIM specialists do not think that this barrier is impactful. Barrier 6 is about the lack of data standards regarding inputs for MKI calculations. This barrier could be overcome by fixing barrier 5, which is the lack of a standard process for using the MKI tool.

Lastly, MKI specialists consider barrier 7 to be hard to overcome and not impactful, while BIM specialists also do not consider it impactful, but do consider it easy to overcome. Barrier 7 is about the lack of demand from clients for the MKI tool. This barrier could also be overcome by overcoming barrier 8, which is about the lack of knowledge among clients regarding the possibilities of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos.

5.2. Aggregated responses

Lastly, the aggregated responses of the BIM and MKI group are analysed. The tables below show the impact and ease categories' preference graphs for the aggregated results.

Table 11 - Preference matrix for the impact category

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	6
2	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	10
3	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	6
4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	7
5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	5
7	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
8	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	8
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	4
12	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3

Table 12 – Preference matrix for the ease category

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Preference
1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
3	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	8
6	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4
7	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3
8	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	8
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	4
11	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	6
12	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	6

Table 13 shows the group rankings of the aggregated survey results.

Table 13 - Aggregated group rankings

Barrier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aggregated impact rank	8	12	8	9	12	5	8	10	1	2	4	3
Aggregated ease rank	12	11	8	1	10	5	3	10	2	5	7	7

Once again, these group rankings are visualised in a scatterplot, which can be seen in the figure below.

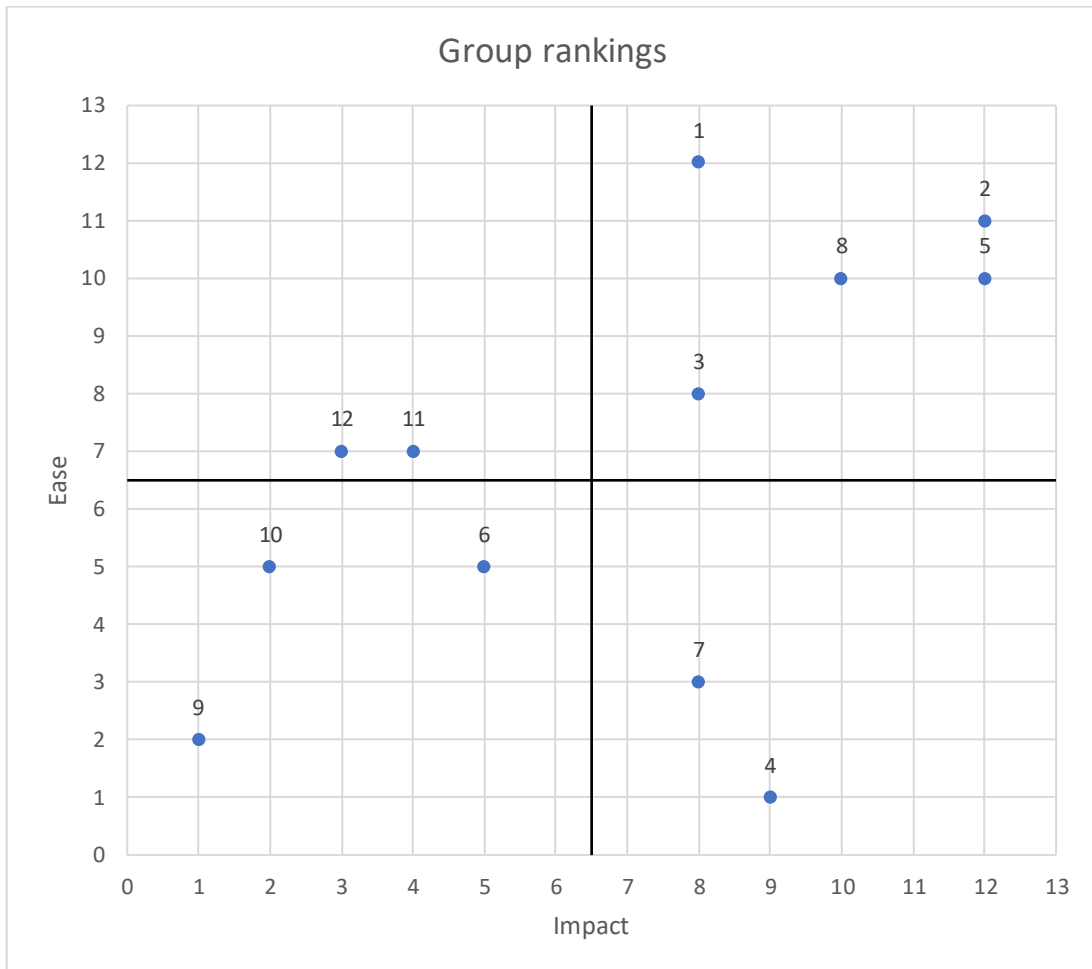


Figure 8 - Scatterplot of the aggregated group rankings

To summarize, table 14 gives an overview of the results and analysis.

Table 14 - Summary of the aggregated survey results

#	Barriers	Impact rank	Ease rank	Quadrant
1	Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automatised enough to make it standard for every project	8	12	1
2	The tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it	12	11	1
3	A reasonable degree of MKI knowledge is still required to use the tool	8	8	1
4	Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail (too many simplifications) for an MKI calculation	9	1	4
5	There is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process, lack of a standard process	12	10	1
6	There is a lack of data standards for BIM modelers regarding inputs for the MKI calculation	5	5	3
7	There is little demand for BIM-MKI integration from clients	8	3	4
8	There is still little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients	10	10	1
9	There is little capacity within the MKI group due to a small number of MKI specialists	1	2	3
10	There is little MKI knowledge outside the MKI group	2	5	3
11	There is a lack of top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos	4	7	2
12	There is a lack of urgency (and awareness) towards BIM-MKI within Witteveen + Bos	3	7	2

As can be seen from the figure and the table, barriers 2 and 5 are placed in the first quadrant, as was expected from the separate results. However, barrier 8 is placed in the first quadrant in the aggregated results despite not being placed in the first quadrant by either specialist group.

In the aggregated scores, barriers 6, 9, and 10 are all placed in the third quadrant due to them being considered to have low impact and be hard to overcome. Barriers 9 and 10 about Witteveen + Bos not having enough MKI knowledge to perform MKI calculations for each project. However, by overcoming barrier 2 (making the tool user-friendly for people who did not develop the tool) there might not be a need for more MKI knowledge at Witteveen + Bos anymore since people who do not have too much MKI knowledge would still be able to use the MKI tool. This way MKI specialists would not necessarily have to perform the MKI calculations themselves anymore but rather could be involved in validating the calculations.

Barrier 6 is placed in the third quadrant with the aggregated results despite being placed in the first and second quadrants with the separate results.

6. What would be a logical roadmap for integrating BIM and MKI?

After the survey responses have been analysed and the barriers' impact and ease to overcome have been assessed, a roadmap is drawn for Witteveen + Bos to follow for integrating BIM and MKI. For this, the order in which the barriers should be tackled is determined, and possible solutions to the barriers are considered.

6.1. In what order should the barriers be overcome?

From research question 2 it was concluded that barriers 2 and 5 have the most priority to overcome since considered impactful and easy to overcome by both specialist groups. After that, barriers 3 and 1 can be tackled since they are quite similar (automatizing the mapping table via DuboCalc decreases the required MKI knowledge to operate the tool). When these four barriers have been overcome Witteveen + Bos is already able to use BIM-MKI integration much easier in their projects and can therefore much better market this product to clients, thus overcoming barrier 8. Now, all barriers in the first quadrant (from the aggregated responses) have been overcome.

Now that Witteveen + Bos is able to use the MKI-tool effectively enough to market it to clients, the next step is scaling up. The MKI group also put barrier 6 in the first quadrant in their separate responses, overcoming this barrier is also a necessary next step for scaling up, and it could be a simple expansion of the standard protocol created by overcoming barrier 5. Therefore, barrier 6 is the most important to tackle next.

Also, when these improvements in BIM-MKI integration have been made Witteveen + Bos can also market the product within the organization itself, thus increasing awareness of the possibilities of this technology. If done well, this will increase the awareness and urgency of this technology within Witteveen + Bos, drawing attention from the top of the company and yielding more top-down steering, thus overcoming barriers 11 and 12.

Then, barrier 7. The lack of demand from the market for BIM-MKI integration is something to which Witteveen + Bos only has so much influence. Raising awareness from clients regarding the possibilities of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos would certainly increase demand. However, since MKI calculations are not yet legally mandatory (in the Netherlands) it is hard to say how much the demand will increase. Should MKI calculations become mandatory in the future, however, the demand will certainly skyrocket and Witteveen + Bos could be the market leader when a proper BIM-MKI methodology is present.

Barrier 4 is the hardest to overcome, as the fact that BIM models are often incomplete and have too low a level of detail for MKI calculations is inherent to a design process. However, having some kind of standard protocol for using the MKI tool including requirements for the BIM models at early stages in the design process and data standards for modelers would automatically improve the quality and level of detail of early BIM models, thus facilitating earlier MKI calculations.

Lastly, the barriers in quadrant 3 that have low impact and are hard to fix must be overcome. Barriers 9 and 10 are similar, in that they are both about the amount of MKI knowledge within Witteveen + Bos. If the barriers talked about earlier are properly overcome, Witteveen + Bos should have a user-friendly BIM-MKI integration methodology wherein people without expert MKI knowledge would still be able to make MKI calculations via the tool, therefore the severity of these two barriers would have automatically been diminished. However, if the lack of MKI knowledge within Witteveen + Bos would still be a problem at this point, Witteveen + Bos should overcome this.

6.2. What are possible solutions?

Now that the order of overcoming the barriers has been determined, solutions are proposed. This report proposes that Witteveen + Bos focuses on four main activities: increasing the tool's user-friendliness, creating a standard protocol/procedure for using the tool, reducing the required MKI knowledge to run the tool, and marketing the BIM-MKI integration possibilities. Table 15 below shows the technology roadmap with proposed solutions to the prioritized barriers in the form of activities, actions, and required resources. In this table, the first row is the first step in the roadmap, and the last row is the last step.

Table 15 - Technology roadmap

Priority	Barrier	Activities	Actions	Resources
1	The tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it	Improve user-friendliness	<ul style="list-style-type: none"> Minimize the number of operations Minimize the number of used applications Create MKI-tool manual 	<ul style="list-style-type: none"> MKI tool developers
2	There is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process, lack of a standard process	Create a standard protocol of how the MKI tool should be used during the design process	<ul style="list-style-type: none"> Include the MKI tool in the project plan (template) Write a standard protocol for project managers for how (and in what design phases) they should incorporate the tool into their projects 	<ul style="list-style-type: none"> Project managers MKI tool developers
3	Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automatised enough to make it standard for every project	Automate the MKI input	<ul style="list-style-type: none"> Reuse mapping tables from previous projects, and have an MKI specialist check if they are up-to-date 	<ul style="list-style-type: none"> MKI specialists
4	A reasonable degree of MKI knowledge is still required to use the tool	Make an effective task division between tool operators and MKI specialists	<ul style="list-style-type: none"> Give MKI specialists a supervising rather than an operational role in the usage of the tool by checking the accurateness of the mapping tables and calculations 	<ul style="list-style-type: none"> Standard protocol for project managers for how to incorporate the tool into their projects Project managers MKI specialists
5	There is still little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients	Market the possibilities of BIM-MKI integration to clients	<ul style="list-style-type: none"> Apply the MVP (minimum viable product) MKI tool in a number of projects 	<ul style="list-style-type: none"> MVP MKI tool
6	There is a lack of data standards for BIM modellers regarding inputs for the MKI calculation	Create a list of semantic standards for BIM modelers regarding MKI input	<ul style="list-style-type: none"> OTL (object-type-libraries) Making clear project agreements on object naming in BIM 	<ul style="list-style-type: none"> MKI specialists BIM Modelers
7	There is a lack of top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos	Internal marketing at the top of the company	<ul style="list-style-type: none"> Present successful pilot projects to top people within Witteveen + Bos 	<ul style="list-style-type: none"> Successful pilot projects
8	There is a lack of urgency (and awareness) towards BIM-MKI within Witteveen + Bos	General internal marketing	<ul style="list-style-type: none"> Revise the MKI poster and share it through W+B connect Share successful applications of the tool in projects via W+B connect 	<ul style="list-style-type: none"> MKI poster Successful pilot projects

9	There is little demand for BIM-MKI integration from clients	Improve marketing strategy, and increase product-market-fit	<ul style="list-style-type: none"> Review if this is still a barrier after overcoming the previous barriers Perform market research to revise marketing strategy and increase product-market-fit 	<ul style="list-style-type: none"> Pilot projects Feedback from clients
10	Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail (too many simplifications) for an MKI calculation	Expand the standard MKI protocol and include more information on level of detail	<ul style="list-style-type: none"> Review if this is still a barrier after overcoming the previous barriers Revise the MKI tool protocol, and include more norms for the level of detail of models 	<ul style="list-style-type: none"> MKI specialists BIM modelers Project managers
11	There is little capacity within the MKI group due to a small number of MKI specialists; 10: There is little MKI knowledge outside the MKI group	Hire new MKI specialists and/or provide training sessions to employees	<ul style="list-style-type: none"> Review if this is still a barrier after overcoming the previous barriers Analyze what the best solution would be: hiring new MKI specialists or providing training sessions 	<ul style="list-style-type: none"> New MKI specialists <u>OR</u> MKI training sessions

As can be seen in the table, the first thing Witteveen + Bos should focus on is making the tool user-friendly enough for people who did not develop the tool to use it. From the interviews, it became clear that most employees want a tool which when used only users press one button, so to speak, and an MKI value comes out. The fewer steps the person must take to use the tool, the better. So, minimizing the number of steps that the user should take is the most important activity for overcoming this barrier.

Also, minimizing the number of different applications that the tool encapsulates. The more different applications that are needed for the tool the more complex it is and thus the less user-friendly. Lastly, a manual would be helpful for people to be able to understand the tool. These activities are to be performed by the tool's developers.

Secondly, a standard protocol should be written for using the MKI tool in their projects. This ensures that people know how the MKI tool is going to be used during the design process, and what consequences that brings to the process.

Also, for projects worth more than €25.000, project managers are obliged to write a project plan. For the project plan, there is a Word template, including a line about MKI in the project plan would already remind project managers to consider how this is used from the very beginning of the project.

Thirdly, Witteveen + Bos should automate the MKI input. This is an activity that takes time, as mapping tables from previous projects can be reused and updated to over time build up a complete mapping table of all materials Witteveen + Bos has used in their project. This works, since in general many of the same materials are used in different projects (Roelofs, 2023).

Currently, the tool still requires quite some MKI knowledge to operate. Therefore, Witteveen + Bos should make a clear and more effective task division between MKI specialists and tool operators. MKI specialists are required to check and update (reused) mapping tables for the MKI input and check the calculations in general. This way tool operators do not require nearly as much MKI knowledge as before and more people are able to operate the tool.

After completing these activities, Witteveen + Bos has an MVP (minimum viable product) version of the tool, that is ready to be tested and brought to attention among clients. Therefore, the next step in the roadmap is to apply the MVP MKI tool in several pilot projects to market the possibilities of BIM-MKI integration to clients, so that clients become aware of Witteveen + Bos's possibilities and are more likely to ask for BIM-MKI integration in future projects.

While testing and marketing the MVP tool, Witteveen + Bos can build up a list of semantic standards for BIM modelers regarding MKI input, so that there are clear agreements on object naming in BIM. Eventually, this should be included in the OTL (object-type-library), but in the short term it is enough to make clear agreements on object naming per individual project in the BIM execution plan of that project.

After completing a few successful pilot projects, the possibilities of the MKI tool can also be marketed internally within Witteveen + Bos via W+B connect (the news platform of Witteveen + Bos) but also results can be shared among colleagues but especially at the top of the company to enthuse them and yield more top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos.

After the MVP has been tested, this is a good moment to re-evaluate whether the lack of demand BIM-MKI integration from clients is still a problem. If so, Witteveen + Bos should perform market research (partly based on the pilot projects) to improve both the marketing strategy but also increase product-market-fit to better align the tool's functionalities with market needs.

If at this point in the roadmap the level of detail of BIM models is still a problem, it would be a good idea to revise the MKI tool protocol for project managers (written earlier) and include more norms for the level of detail of models.

Lastly, Witteveen + Bos should revise whether the small number of MKI specialists and the lack of MKI knowledge outside the MKI group are still relevant problems. If so, it should be analyzed what the best solution to this problem is: hiring more MKI specialists, or providing current employees with MKI training sessions (or maybe both), and take appropriate action.

Figure 9 shows a Gantt chart of the roadmap.

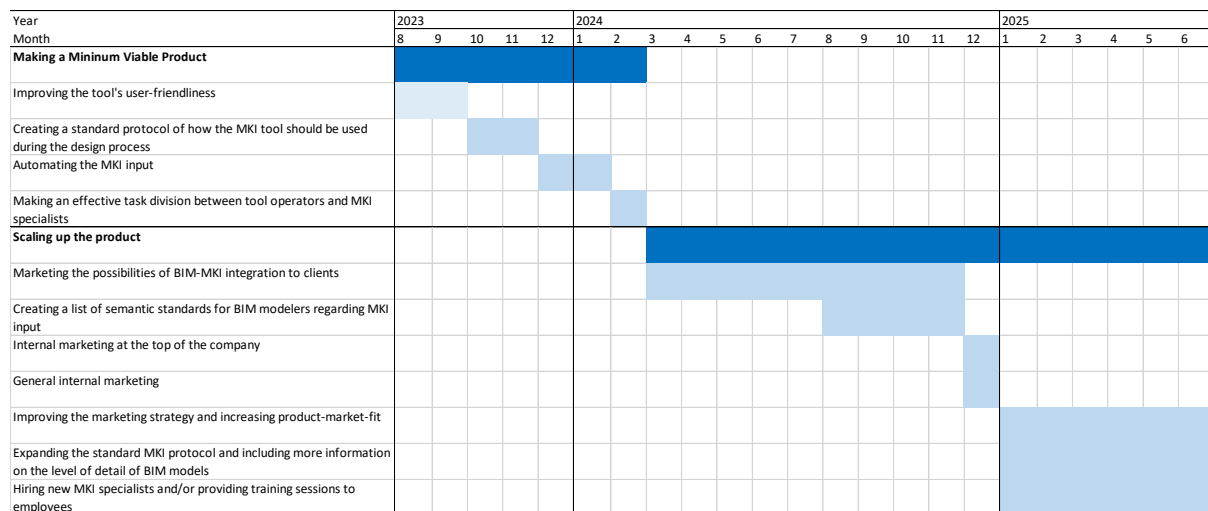


Figure 9 - Gantt chart of the roadmap

It is estimated that the BIM-MKI integration technology can be developed and scaled up in two years, as can be seen in the figure.

7. Discussion and recommendations

Based on the presented results, this report contributes to the problem context by investigating why the BIM-MKI integration technology is not yet used as often as would be desirable at Witteveen + Bos, despite being quite similar to cost estimation, which is already a standard part of design processes in most projects.

That being said, there are some limitations to this research. Firstly, it is assumed that every respondent of the survey has equal experience and knowledge about the tool. In practice, this was probably not fully true. Whether this has a significant impact on the results is hard to say as all respondents are BIM- or MKI specialists.

The method used to analyse the barriers involved ranking the barriers based on their impact and ease to overcome, which leaves little room for nuance. It allowed the barriers to be compared to one another, but it did not allow respondents to add nuances which would be possible when giving each barrier a score from 1 to 10, for example. This was not chosen for because when prioritizing the barriers, it is more important to compare the barriers to one another in terms of which one is most important rather than how important is the barrier.

Another limitation is that no market research has been done before setting up the roadmap. This was not done due to a lack of time. Normally, roadmaps do include this aspect.

Lastly, although the roadmap is time-bounded, it is very hard to estimate how much time certain activities take. An estimate is made, but due to the limited time and knowledge these estimates can be off by quite some margin.

It is suggested for Witteveen + Bos to follow the roadmap and work on the main activities. After these have been completed, it should be assessed whether the integration of BIM and MKI using the tool applied as well and consistently as Witteveen + Bos desires, and whether the barriers have indeed been overcome. Based on that assessment, the roadmap can be reviewed.

In future research, it is recommended to perform market research to be able to get a better understanding of BIM-MKI integration among other civil engineering firms. The same thing goes for making the roadmap time bounded, setting (realistic) deadlines for the activities in the roadmap so that Witteveen + Bos can get an idea how long it would take to complete the roadmap and compare that to the state of this new technology at other civil engineering firms. In the current roadmap, it is estimated that the product can be developed in two years, but this is hard to estimate for a non-employee with little knowledge about how long processes like these generally take.

8. Conclusion

In this report, a roadmap is drawn for Witteveen + Bos to follow to be able to integrate BIM and MKI into the design process for all projects in the future. This was done by answering three research questions: (1) What barriers are encountered when integrating BIM and MKI? (2) How can these barriers be prioritized? (3) What would be a logical roadmap for Witteveen + Bos to follow when integrating BIM and MKI?

The first research question was analysed by performing interviews. The current role of MKI calculations in the design process was identified, and the ideal process was discussed. Twelve barriers were identified: (1) Setting up the MKI mapping table (via DuboCalc) is not yet automatised enough to make it standard for every project. (2) The tool is not yet user-friendly enough for people who did not develop it. (3) A reasonable degree of MKI knowledge is still required to use the tool. (4) Early BIM models are often incomplete and have too low a level of detail (too many simplifications) for an MKI calculation. (5) There is too little guidance at the beginning of projects towards the use of the MKI tool during the design process, lack of a standard process. (6) There is a lack of data standards for BIM modellers regarding inputs for the MKI calculation. (7) There is little demand for BIM-MKI integration from clients. (8) There is still little knowledge about the possibilities of BIM-MKI integration among clients. (9) There is little capacity within the MKI group due to a small number of MKI specialists. (10) There is little MKI knowledge outside the MKI group. (11) There is a lack of top-down steering towards the development and implementation of BIM-MKI integration within Witteveen + Bos. (12) There is a lack of urgency (and awareness) towards BIM-MKI within Witteveen + Bos.

For the second research question, experts were asked to rank these barriers based on their impact on BIM-MKI integration, and their ease to overcome. From these responses it was determined which barriers have most responsibility. As a result, barriers 1, 2, 3, 5, and 8 were determined to be the most important barriers to overcome.

After the barriers were prioritized, a roadmap was drawn for Witteveen + Bos to follow for overcoming the barriers. The roadmap is split up into two sections: making a minimum viable product, and scaling up the product. With this, Witteveen + Bos has a two-year planning for developing and selling the BIM-MKI integration technology.

9. References

- Asdrubali, F., Baldassarri, C., & Fthenakis, V. (2013). Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings. *Energy and Buildings*, 73-89.
- Cole, J. (2011, September 14). *The Secret Formula for Managing Change*. Retrieved from Process Excellence Network: <https://www.processexcellencenetwork.com/lean-six-sigma-business-performance/columns/the-secret-formula-for-managing-change>
- Craig, L. E., Churilov, L., Olenko, L., Cadilhac, D. A., Grimley, R., Dale, S., . . . Middleton, S. (2017). *Testing a systematic approach to identify and prioritise barriers to a successful implementation of a complex healthcare intervention*. Sydney: BMC Medical Research Methodology.
- digiGO BIM Locket. (2023, March 13). *Waarom open standaarden?* Retrieved from digiGO BIM Locket: <https://www.bimloket.nl/p/195/Waarom-open-standaarden>
- digiGO BIM Locket. (2023, February 20). *Wat is BIM?* Retrieved from BIM Locket: <https://www.bimloket.nl/p/134/Wat-is-BIM>
- Eldik, M. v., Vahdatikhaki, F., dos Santos, J., Visser, M., & Doree, A. (2020). BIM-based environmental impact assessment for infrastructure design projects. *Automation in Construction*, 120.
- Franklin, B. (1748). *Advice to a Young Tradesman*.
- Hendriks, R. (2023, May 3). (S. Oostrik, Interviewer)
- Hillege, L. (2019, June 13). *Environmental Cost Indicator (ECI) – Overview*. Retrieved from Ecochain: <https://ecochain.com/knowledge/environmental-cost-indicator-eci/#:~:text=How%20ECI%20is%20being%20used,contractors%20can%20be%20compared%20objectively.%E2%80%9D>
- Jansen, K. (2023, March 13). *Levenscyclusanalyse en MKI-berekeningen*. Retrieved from Aveco de Bondt: <https://www.avecodebondt.nl/nl/onze-programmas-diensten/alle-diensten/levenscyclusanalyse-en-mki-berekeningen>
- Keller, G. W., & Papasan, J. (2013). *The ONE Thing: The Surprisingly Simple Truth Behind Extraordinary Results*. London: John Murray Press.
- Lubberman, W. (2023, May 11). (S. Oostrik, Interviewer)
- Maier, N. R. (1963). *Problem-solving discussions and conferences: leadership methods and skills*. New York: McGraw-Hill.
- Mentink, B. (2023, May 3). (S. Oostrik, Interviewer)
- Mind Tools. (2023, April 11). *5 Whys*. Retrieved from Mind Tools: <https://www.mindtools.com/a3mi00v/5-whys>
- Najjar, M., Figueiredo, K., Palumbo, M., & Haddad, A. (2017, November). Integration of BIM and LCA: Evaluating the environmental impacts of building materials at an early stage of designing a typical office building. *Journal of Building Engineering*, 14, 115-126.
- Obrecht, T., Röck, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2020). *BIM and LCA Integration: A Systematic Literature Review*. Ljubljana: Slovenian National Building and Civil Engineering Institute.

- Péntek, G. (2023). *Implementation of a stochastic LCA method into BIM environment at infrastructure design projects - a case study of a bridge*. Enschede: University of Twente.
- Roelofs, B. (2023, May 12). (S. Oostrik, Interviewer)
- Safari, K., & AzariJafari, H. (2021). Challenges and opportunities for integrating BIM and LCA: Methodological choices and framework development. *Sustainable Cities and Society*.
- Schäffner, M. (2023, May 5). (S. Oostrik, Interviewer)
- Sobhkhiz, S., Taghaddos, H., Rezvani, M., & Ramezaniapour, A. M. (2021). Utilization of semantic web technologies to improve BIM-LCA applications. *Automation in Construction*, 130.
- Taken, M. (2023, May 12). (S. Oostrik, Interviewer)
- Utley, M., Gallivan, S., Mills, M., Mason, M., & Hargraves, C. (2006). *A consensus process for identifying a prioritised list of study questions*. London: University College London.
- Vahdatikhaki, F. (2023, November 18). BIM, 5D and Planning - Lecture 2: Object-oriented Design and BIM. Enschede, Overijssel, Tte Netherlands: University of Twente.
- Van Eldik, M. A. (2023, May 2). (S. Oostrik, Interviewer)
- Wolbrink, S. (2023, May 5). (S. Oostrik, Interviewer)

10. Appendix

10.1. Appendix A – Interview transcripts

In this part of the appendix, all transcripts (in Dutch) of the interviews performed for research question 1 are presented.

2 mei '23 – Maarten van Eldik – BIM ontwikkelaar en coördinator

1. Wat kan je me vertellen over de rol van MKI (berekening) in het huidige ontwerpproces?

Vooraf als resultaatproduct. Als het ontwerp klaar is wordt er een MKI berekening gemaakt inclusief rapport. Er worden geen ontwerpkeuzes gemaakt gebaseerd op MKI waarden. Nu bezig met een project waarbij meerdere varianten getest worden met een tradeoff matrix, waar een MKI waarde ook in meegenomen wordt.

- a. Hoe vaak, en in welke fase(s) van het ontwerpproces vind er een MKI berekening plaats?

Vaak alleen op het eind, één keer dus.

- b. In hoeverre worden er nog aanpassingen gedaan aan het ontwerp nadat de MKI waarde berekend is?

In het verleden nog niet echt dus, maar ze proberen het wel meer te doen.

- c. Denk je dat het waardevol is om meer met MKI waarden te doen tijdens het ontwerpproces? Waarom?

Witteveen + Bos heeft als doel om duurzamer te ontwerpen. Maar het wordt ook steeds vaker vanuit opdrachtgevers gevraagd om tijdiger inzicht te geven in MKI, en ook op basis daarvan te ontwerpen.

2. Wat zijn problemen of obstakels waar jij met jouw werk nu tegen aanloopt (met betrekking tot MKI)

In het begin is er nog weinig informatie in het ontwerp, en dat staat ook nog eens niet vast. Voor MKI berekeningen heb je informatie nodig (hoeveelheden en materialen).

- a. Denk je dat BIM hierbij kan helpen? Zo ja, hoe?

Jazeker! Met BIM kan je in elk geval veel sneller een soort van aanname doen. In mijn tool hoef je alleen in hoofdlijnen het materiaal te weten, bijvoorbeeld beton. Als dit later verandert pas je hem aan en berekent hij het automatisch weer. Dit scheelt gewoon heel erg veel tijd.

- b. Je hebt het hier dus vooral over de situaties waar vroegtijdig een materiaalkeuze al enigszins gemaakt is (bijvoorbeeld beton), maar is het ook mogelijk om nog een stapje daarvoor te kijken en de keuze voor überhaupt beton in dit geval in twijfel te trekken?

Kan, het risico is wel dat de constructie verandert wanneer je andere materialen kiest. Een stalen constructie heeft een hele andere geometrie dan een betonnen constructie, hierdoor moet je dan dus wel het hele model aanpassen waardoor dat wel moeilijk wordt.

Dit is ook een belangrijk risico, het model moet echt kloppen. Dat is een hele belangrijke randvoorwaarde voor de integratie tussen LCA en BIM.

- c. Denk je dat dat ook de belangrijkste reden is dat het nu nog niet gebeurt?

Niet de belangrijkste reden. Ik denk vooral dat er nog te weinig vraag is vanuit projecten naar deze werkwijze, maar ook misschien dat er nog niet genoeg bekendheid is naar de mogelijkheden van BIM-LCA integratie. De software werkend krijgen is ook zeker een obstakel, maar dat zie ik niet als een supergroot risico. De

software fixen is in principe best wel te doen, maar vooral de vraag is het probleem. Het is vooral de vraag, als er geen vraag naar deze werkwijze is dan is het ook zonde van de tijd om er aandacht aan te besteden (dit is natuurlijk de essentie van een kapitalistische economie, vraag en aanbod ~ Stan).

3. In hoeverre worden BIM en LCA op dit moment geïntegreerd?

Op dit moment weinig. We hebben het wel getest op bepaalde projecten. We hebben wel de ambitie om dit meer toe te passen en de vraag ernaar wordt ook steeds groter, dus ook vanuit opdrachtgevers komt er wel meer interesse in het onderwerp.

- a. Maarten vertelde me dat hij vindt dat zijn tool meer gebruikt zou kunnen worden, wordt deze op dit moment helemaal niet gebruikt of alleen weinig?

De tool wordt al wel gebruikt, alleen weinig.

- b. Zou dit meer kunnen? Zo ja, waarom gebeurt dat niet denk je?

Vooraf omdat er weinig vraag naar is dus.

4. Hoe zie jij een proces voor je waarbij BIM en LCA volledig geïntegreerd zijn?

Wanneer je een aantal varianten naast elkaar zet kan het heel nuttig zijn, in de vroege ontwerpfase. Als we van deze varianten duurzaamheid een structureel onderdeel maakt valt er nog heel veel te winnen. Natuurlijk zijn kosten en tijd bijvoorbeeld ook heel belangrijk, maar je kan duurzaamheid hier zeker een vast onderdeel van maken in deze afweging.

Het zal nog steeds altijd een hulpmiddel zijn voor het hele team, want een constructeur blijft (mede)verantwoordelijk voor de materiaalkeuze en een MKI specialist blijft belangrijk om een advies te geven over duurzaamheidsgebaseerde keuzes.

5. Wat zouden nadelen van dit proces kunnen zijn voor jou?

Je zal meer tijd kwijt zijn aan zo'n berekening, maar dit zal niet superveel impact hebben. Ook belangrijk, tijdens een MKI berekening in BIM doe je wel een aantal aannames, je weet bijvoorbeeld dat er beton gebruikt gaat worden maar welke soort beton dat kan natuurlijk altijd nog veranderen. In een complete (handmatige) MKI berekening zit veel meer nuance en detail, wat je in zo'n automatische berekening vaak een beetje overslaat. Het doel verandert een beetje, je berekening wordt minder accuraat maar je kan sneller alternatieven naast elkaar leggen. Voor het vergelijken van alternatieven is het dus prima, maar voor een eindrapportage zal je nog wel een handmatige berekening moeten doen. Dit is niet per se een risico, maar wel iets waar je je bewust van moet zijn. Je kan dus deze automatische berekening niet voor alles gebruiken.

In de toekomst moet het vast mogelijk zijn om een tool te maken die goed genoeg is voor een eindrapportage, want nu gebeurt zo'n handmatige berekening met DuboCalc (wat een supergoed programma daarvoor is) alleen dat is nu nog (technisch) niet mogelijk. Je zal daardoor nu nog altijd een verschil in principe hebben tussen een automatische en handmatige berekening.

6. Ontwerpers zullen hun werkwijze aan moeten passen, denk je dat dit een groot probleem zal zijn?

Nee, ik denk dat dat wel meevalt. Op dit moment hoeven ontwerpers nog niet zoveel informatie toe te voegen aan het model (mits het model klopt), de output is dus niet echt anders maar het moet wel echt kloppen.

De duurzaamheidsspecialist moet ook het een en ander inrichten om het juiste MKI kerngetal op te zetten, het inrichten van het project zal wat tijd kosten maar over het algemeen zal het wel meevallen.

7. Waar loop je precies tegenaan wanneer je de software kloppend wil maken?

We werken nu met een Dynamo script of hoeveelheden uit het ontwerp (Revit of Civil3D) te halen. Nu was er laatst een python update (taal van Dynamo) en daardoor klopte de taal niet meer en dat was een probleem.

8. MKI berekeningen en BIM-LCA integratie een vast onderdeel van het ontwerpproces maken is dus in jouw ogen niet een supergroot probleem?

Nee, het doel van de tool is altijd geweest om een berekening zo makkelijk mogelijk te maken. Als je de workflow gewoon volgt zoals we die gemaakt hebben is het eigenlijk niet zo heel erg moeilijk om die berekening te maken.

Een belangrijke randvoorwaarde is wel dat het model klopt, helemaal als je alternatieven gaat vergelijken. Dat is de belangrijkste randvoorwaarde binnen het project. En natuurlijk is het nodig dat bedrijven weten dat d it (BIM-LCA) mogelijk is en dat het een optie is.

- a. Loop je daar vaak tegenaan, dat modellen niet kloppen?

Zeker in vroege ontwerpfases komt dat wel voor ja. Een project was een hek gemodeleerd als een stalen blok van 2 hoog en een halve meter dik, terwijl het gewoon een hek was. Hier klopt natuurlijk helemaal niks van, dan heb je ineens een paar kuub staal wat er niet is in realiteit. Dan zeggen mensen vaak "voor nu is dat prima" maar als je deze werkwijze wil gebruiken is dat dus niet prima.

- b. Waarom denk je dat dit voorkomt, dat ontwerpen in de vroege fase niet kloppen?

Deels tijd, je hebt niet alle tijd om alles gedetailleerd uit te werken. Maar in dit geval is het ook zo dat we later in het project pas besloten om vroeg MKI berekeningen te maken. In het vervolg wil ik bij projecten zorgen dat dit in de voorkant al geregeld wordt, dus dat we zeggen goh het is dat misschien maar een VO, maar je geometrie moet wel kloppen. Maar goed, zelfs dan is tijd altijd nog een belangrijk aspect.

- c. Dus communicatie is een obstakel?

Het is wel belangrijk om hier goed over na te denken ja.

- d. Misschien ook het gebrek aan een standaard ontwerpproces.

Het proces is wel standaard maar er verandert wel iets. Eerder was het in een VO genoeg om zo'n hek als een blok te modelleren omdat het vooral belangrijk was om te weten waar zo'n ding stond. Maar nu willen we er toch wat meer mee en moet het wat accurater zijn.

- e. De diversiteit in project is een obstakel?

Diversiteit in projecten is wel inherent aan de infrastructuur sector. De manier wa arop je ze aanpakt is wel altijd hetzelfde, maar hoe je een probleem oplost is anders. Als je dit van tevoren goed inricht dan kan je hier ook goed mee omgaan, maar dan moet je dat dus wel doen.

- f. Dit heeft dus niet per se te maken met de interoperability van de BIM tool?

Klopt, de tool werkt op basis van een Revit model en zolang daarin de parameters goed staan en de hoeveelheden kloppen. Maar goed, stel dat we andere software gaan gebruiken dan werkt het (nog) niet.

(Dit is natuurlijk logisch, want elke software heeft weer net een andere taal in die zin ~ Stan)

3 mei '23 – Ronald Hendriks – CO2/MKI-impactanalyse

1. Wat kan je me vertellen over de rol van MKI (berekening) in het huidige ontwerpproces?

Van 'oudsher' is het een aanbestedingsproduct dus wordt het vaak aan het eind van de ontwerpfase berekend, maar tegenwoordig proberen we dit ook steeds naar voren te trekken in projecten om duurzame keuzes te kunnen maken tijdens het ontwerpen.

MKI wordt nog lang niet altijd in vroege fases berekend. Een reden daarvoor is dat er niet altijd vraag naar is bij opdrachtgevers. Als het niet gevraagd wordt ga je het niet doen, dat kost gewoon extra geld.

Opdrachtgevers willen niet teveel risico in hun vraag stoppen. Ze willen geen dingen vragen die ons vertraging of moeilijkheden oplopen. Als ze er niet zeker van zijn dat zo'n MKI integratie zonder verdere vertraging toegepast kan worden zullen ze het niet sneller vragen.

Aan de ene kant gaan wij het dus niet doen als het niet gevraagd wordt, aan de andere kant is het ook zo dat wanneer wij de juiste ontwerpprocessen en tools hiervoor hebben en we communiceren dat goed naar opdrachtgevers dan zullen opdrachtgevers het ook meer vragen.

Het is niet alleen die berekening doen, maar ook de informatie die je daaruit krijgt gebruiken in het keuzeproces in je ontwerpproces, en vastleggen waarom je welke keuzes op welk moment maakt. Op deze manier kan het net zo'n standaardonderdeel van het proces worden als een kostenraming of gewoon de stabiliteit van een bouwwerk bijvoorbeeld. Op dit moment hebben duurzaamheid en MKI gewoon nog niet die waarde die een kostenraming wel heeft in een ontwerpproces.

Dus als wij kunnen aantonen dat wij dit heel makkelijk kunnen integreren en gebruiken, dan zal de vraag ook hoger worden.

- a. Is het gebrek aan vraag in jouw optiek de grootste reden waarom het nu nog niet gebruikt wordt?

Het werkt een beetje beide kanten op. Zodra de opdrachtgever weet wat wij kunnen vragen ze meer, en zodra zij meer vragen kunnen wij beter laten zien wat we kunnen, hoe makkelijk het is en dat het niet te duur is. De vraag is dan hoe kunnen we dat proces versnellen, dat is gewoon aan allebei de kanten wat sneller ontwikkelen dan de andere kant. Opdrachtgevers met meer risico een groter aandeel maken, opdrachtnemers moeten meer initiatief nemen en gewoon MKI nu al integreren en aan de ontwikkeling en automatiseren werken zodat we kunnen laten zien wat de mogelijkheden zijn.

- b. In hoeverre worden er nog aanpassingen gedaan aan het ontwerp nadat de MKI waarde berekend is?

Niet genoeg, of zoveel als zou kunnen dus.

- c. In hoeverre wordt de MKI waarde meegenomen in het ontwerp, op dezelfde manier als stabiliteit, bijvoorbeeld?

Zie vorige vraag

2. Wat zijn problemen of obstakels waar jij met jouw werk nu tegen aanloopt (met betrekking tot MKI)

Met onze groep MKI specialisten hebben we niet de capaciteit om elk project door te rekenen. Dat is eigenlijk wel zonde, want dat betekent dat we maar iets van 10 tot 15 proces van de projecten actief bij betrokken zijn om de berekening te maken en ook advies te geven. Bij veel projecten worden we dus gewoon nog niet betrokken.

Dat is niet het enige probleem, we hebben het ook gewoon nog niet goed genoeg geautomatiseerd om het standaard te maken voor alle projecten.

- a. Denk je dat BIM hierbij kan helpen? Zo ja, hoe?

Dat kan zeker heel nuttig hierin zijn, al is mijn ervaring wel dat je voor deze tool op dit moment nog steeds een redelijke mate van expertise nodig van zowel MKI specialisten als BIM modellers. Ik zie het eigenlijk nog niet echt gebruikt worden buiten het groepje BIM modellers wat hier dus mee bezig is, omdat je toch goed moet snappen waar je mee bezig bent.

- b. Waarom gebeurt dat op dit moment nog niet denk je?

Onze organisatiestructuur is ook niet ideaal om dit soort dingen te ontwikkelen, omdat we heel erg projectgefocusd zijn. Al onze geldstromen en budgetten lopen via projecten. Hierdoor is het lastig om te investeren in tools en ontwikkelen die zichzelf moeten terugverdienen met meerdere projecten. Eigenlijk is de enige manier nu om een PMC leider ervoor te kiezen om zijn winst hierin te investeren. Het moet dus een investeringskeuze zijn van of een PMC of een project, hierdoor is het moeilijk om hier budget voor te krijgen. Het is gewoon bijna niet te doen om hiervoor 10 man een paar maand vrij te spelen om dit probleem echt professioneel aan te pakken en goed uit te voeren.

3. Hoe gaat de MKI berekening in zijn werk?

We hebben een materiaallijst met materialen en hoeveelheden, die hoeveelheden worden gekoppeld aan DuboCalc bibliotheek. Hierin staan allemaal productkaarten met als het goed is dezelfde type materialen. In een excel sheet worden die hoeveelheden gekoppeld aan de productkaarten van dubocalc. Het is in die zin half-geautomatiseerd, de sheet is makkelijk en werkt heel snel en er zit vaak in zo'n kostenraming ook heel veel herhaling, waardoor er veel gekopieerd en geplakt kan worden.

Het is niet geautomatiseerd in de zin dat een BIM model iets uitleest. Het lastige in automatisering zit vooral in de interpretatie van de productkaarten in DuboCalc, matcht het met de materialen die in die hoeveelheden staan.

Mensen die geen MKI expertise hebben zien MKI vooral als een getal wat de duurzaamheid aangeeft. Maar in praktijk is dat getal opgebouwd uit zowel meerdere milieueffecten als levensfasen. Een deel van ons werk is dus ook om te kijken of die levenscyclus uit de productkaart goed overeenkomt met de toepassing in ons project. Als bijvoorbeeld de transportafstanden of implementatiemethode niet overeenkomt is er gewoon sprake van interpretatie. Dit is heel moeilijk te automatiseren, omdat we met de nationale database werken en uiteindelijk gewoon moeten kiezen welke 'standaardkaart' het meest representatief is voor ons project. Dit automatiseren brengt een groot risico met zich mee want dit soort details ga je missen. Hoe ga je daarmee om en wie is er verantwoordelijk voor eventuele fouten die hieruit voortkomen? Er moet nog wel een soort van controle plaatsvinden, het is niet zo dat dat niet kan, maar er moet wel over nagedacht worden.

- a. In hoeverre heeft dit te maken met een gebrek aan complete informatie in BIM modellen in de vroege ontwerpfases?

Als je het wil koppelen aan BIM is er soms best een probleem dat het BIM model in de vroege fase dus niet gedetailleerd genoeg gemodelleerd is. Er worden vaak simplificaties gemaakt, bijvoorbeeld dat een buis gemodelleerd wordt als een massief stalen buis terwijl in realiteit hij natuurlijk hol is van binnen. Met dit soort modellen kan je natuurlijk geen accurate MKI berekening maken, de volumes moeten gewoon wel kloppen. Dit betekent dus dat je in dit geval in vroege projectfases veel gedetailleerder moet modelleren dan dat je eigenlijk zou willen.

Je ziet dat hier veel verschillende meningen over zijn. Maarten van Eldik is bijvoorbeeld heel erg voorstander van de modellen zo vroeg mogelijk zo gedetailleerd mogelijk te modelleren, maar er zijn ook modelleers die er heel erg voor zijn om alleen dat te modelleren wat op dat moment relevant en nodig is om keuzes te kunnen maken.

4. Hoe worden de voordelen van BIM-LCA integratie op dit moment gebruikt voor het berekenen van een MKI waarde?

Je moet wel goed snappen wat het doel van de integratie is. Je wil een duurzaam project neerzetten, dit ga je doen door vroeger in een ontwerpproces duurzame keuzes te maken dan nu. Deze keuzes vinden in elk moment van je ontwerpproces plaats. De meeste duurzaamheidswinst kan vroeger in je proces behaald worden. Bijvoorbeeld het verschil tunnel en brug is een wereld van verschil, meer dan of de brug nou 5 of 8 meter breed wordt.

De grootste tijdswinst is op het eind te behalen, als een MKI berekening geautomatiseerd zou kunnen worden scheelt dat heel veel tijd. Dit is wel heel moeilijk zoals al eerder benoemd en tijdswinst in deze fase is ook niet het hoofddoel van de BIM-LCA integratie. Het doel is een duurzaam project.

5. Wat zijn in jouw ogen de (belangrijkste) redenen dat een proces als dit op dit moment nog niet gebruikt wordt, specifiek met het doel om eerder in het proces een beeld te krijgen van duurzaamheid en MKI om hier dus betere keuzes in te kunnen maken?

Er zijn een aantal projectfases waarin de BIM-LCA koppeling de meest efficiënte manier zal zijn om duurzamere keuzes te kunnen maken. Dit zal ergens tussen de SO en DO fase zijn (VO), tussen de keuze brug of tunnel heeft het bijvoorbeeld geen zin want dan hebben we überhaupt nog geen BIM model. In de VO fase kan het dus echt wel de beste manier en snelste manier zijn om duurzamere keuzes te maken.

- a. Wat zijn in jouw ogen dan de redenen waarom dit nog niet gebeurt?

Ten eerste, de eerste mensen die er nog mee willen en kunnen werken zijn de personen die de tool ontwikkeld hebben, dat zijn dus Maarten en zijn clubje. Dit is denk ik omdat mensen die de tool niet ontworpen hebben de tool nog niet als gebruiksvriendelijk genoeg ervaren om er mee te werken. Hierdoor kost het op dit moment nog teveel tijd en bewerkelijkheid voor de andere modelleers. Hierdoor kost het dus op dit moment nog teveel geld om het in te zetten wanneer er niet specifiek naar gevraagd wordt, en zullen we het dus ook niet gebruiken.

Aan de ene kant moet het makkelijker worden, aan de andere kant moet het uitgevraagd worden door opdrachtgevers en moeten wij ervoor zorgen dat opdrachtgevers het vaker uitvragen.

- b. Dus om het samen te vatten: acceptance, gebruiksvriendelijkheid, tijd (= geld), en te weinig vraag voor zoveel extra kosten?

Hoe goed je de tool ook maakt zal het altijd een extra stap blijven, waarvoor gewoon betaald moet worden en dat moet gewoon uitgevraagd worden. Zodra het geld wat de opdrachtgever er (extra) voor wil geven genoeg is om te compenseren voor de hoeveelheid extra tijd die wij erin moeten steken en het ons dus netto geld oplevert, zal het gebruikt gaan worden. Het is de klassieke vraag en aanbod situatie, of er moet meer vraag en geld beschikbaar komen, of de kosten voor ons moeten lager worden.

3 mei '23 – Bas Mentink – Dynamisch modelleur

1. In hoeverre hou jij je in je werk bezig met MKI waarden?

Niet heel erg, vaak komt het vooral voort uit geldoverwegingen. Dus soms denk je goh hier kan ik beton weghalen om geld te besparen. Maar nu ben ik bijvoorbeeld wel voor een opdrachtgever bezig met een variantenstudie bij een tunnel, hierin wordt de MKI waarde ook meegenomen in de ontwerpprocessen.

2. Wat kan je me vertellen over de rol van MKI (berekening) in het huidige ontwerpproces?

Er wordt niet echt aan de voorkant gestuurd op MKI waarden, vooral aan het eind van het proces dat ze zo'n ontwerp even door een MKI berekening heenjagen.

3. Wat zijn problemen of obstakels waar jij met jouw werk nu tegen aanloopt (met betrekking tot MKI)

Bij dit project wordt nu gevraagd bepaal even de MKI waarde, maar dat is vrij lastig. Dit komt meer in de buurt bij zo'n tool van Gréti

4. Heb je al eerdere ervaring met zo'n MKI tool als beschreven in de uitnodiging?

Nee, als ontwerper lever je alleen input voor zo'n tool. Dus hoeveelheden, type damwanden, staalkwaliteit etc.

5. In zo'n proces is het wel essentieel dat een model redelijk vroeg al gedetailleerd gemodelleerd is, clasht dat met jouw opvattingen als ontwerper?

We zijn nu met een variantenstudie bezig, stel dat je daarvan nu je MKI waarde wil zien dan betekent dat dat ik van 9 tunnels een volledig 3D BIM model moet maken. Dat heb ik nu niet gedaan.

Het kan wel, maar dit kost gewoon tijd.

6. Heb je het met Maarten toevallig gehad over gedetailleerder modelleren in vroegere fases?

Nee, dat niet. Maar ik weet wel dat het toen heel veel tijd heeft gekost om alle gegevens uit het model te halen. Het is ook lastig dat in zo'n vroeg stadium veel informatie nog niet bekend is.

Je kan wel een aanname doen van goh er zit zoveel kilo wapening in een kuub beton.

7. Kan je je voorstellen wat de voordelen van dit proces zijn?

Ik kan me dit wel voorstellen ja, en ik denk ook wel dat het goed is. Maar ik denk dat mensen het pas gaan doen als er meer naar gestuurd wordt vanuit de opdrachtgever.

8. Wat zouden nadelen van dit proces kunnen zijn voor jou?

Nu coderen we vaak elementen, ik denk dat we niet per se meer coderen hoeven te doen. Ik denk dat wanneer de tool goed is dat het niet per se belemmering oplevert voor de ontwerper.

9. Waar zou zo'n tool aan moeten voldoen voor jou om het te kunnen maar ook echt willen gebruiken?

Als het makkelijk, snel, en automatisch is is het top. Zolang je maar niet zelf nog veel handmatig hoeft toe te voegen.

10. Zie je het feit dat voor deze methode een ontwerp vroeger in het ontwerpproces gedetailleerder moet zijn als een obstakel voor het gebruik van de methode?

Ja en nee, vaak krijg je gewoon een bepaalde tijd en als het gedetailleerder moet worden dan krijg je meer tijd. Soms willen opdrachtgevers het ook niet eens zo gedetailleerd, ligt aan het project.

Vaak moet die input toch komen van de specialisten zoals de geotechnici en constructeurs, die zijn vaak bij een RO nog niet betrokken.

11. Eigenlijk is het voor jou niet heel veel meer werk dan toch, want als ik het goed begrijp hebben de mensen van kostenraming en MKI waarden bijna dezelfde gegevens van jou nodig?

Ja, maar toch hebben ze wel hun eigen manier. Kostenraming wil graag damwanden in strekkende meters maar voor de MKI willen ze dan de hoeveelheden in tonnen, bijvoorbeeld.

En wat ik ook vaak merk is dat ik een model opzet, en dan achteraf ineens hoor "Oh ja, wil je de hoeveelheden ook nog even aanleveren?"

a. Gebeurt dat niet automatisch dan? Ik zou me kunnen voorstellen dat als jij in je BIM model een blokje tekent dat het model wel weet wat de hoeveelheden zijn.

Jawel, maar je moet je voorstellen als je een tunnel van 1.5 kilometer met ik weet niet hoeveel elementen hebt, als je dat slim opzet kan je dat in een tabelletje zetten waardoor je weet goh ik heb 800 damwanden die zijn zo breed en dan gaat de berekening daarna heel makkelijk in Excel ofzo.

Als je dat van tevoren niet verteld wordt moet je dat achteraf nog inbouwen en dat kost je dan in totaal meer tijd dan wanneer je het van tevoren weet. Wat dat betreft is het met MKI vaak zo dat je halverwege ineens hoort ohja er moet ook nog een MKI berekening bij.

b. Dus als het van het begin af aan duidelijk is scheelt dat voor jullie heel veel?

Absoluut, dan bouw je je ontwerpproces net iets anders op.

c. Dus het is vooral belangrijk dat je het op tijd weet?

Ja, maar ook dat je als bedrijf een soort van standaarden maakt:

- *Beton moet in kuub*
- *Damwanden moeten in strekkende meters*
- *Etc.*

5 mei '23 – Stefan Wolbrink – Ontwerpleider

1. In hoeverre hou jij je in je werk bezig met MKI waarden?

Nog niet zoveel, je hoort het wel vaak bij klanten ook. Maar op dit moment hoeven we effectief vaak nog geen berekening te maken. Het wordt gewoon nog niet altijd verwacht.

2. Wat kan je me vertellen over de rol van MKI (berekening) in het huidige ontwerpproces?

Als we het doen is het op dit moment reactief. We maken een ontwerp en maken een MKI berekening. Idealiter zou je gedurende het ontwerpproces verschillende meetmomenten hebben voor MKI. We zouden dit aan de voorkant beter en onderbouwer moeten doen.

- a. Loop je er nu wel eens tegenaan dat je een MKI waarde berekent op het eind en er dan achterkomt dat die te hoog is?

Niet per se, als je bijvoorbeeld beton gebruikt weet je van tevoren al dat de uitstoot superhoog is. Uiteindelijk ben je altijd reactiever bezig dan wanneer je het materiaal beton zelf al in twijfel trekt.

- b. Denk je dat het waardevol is om duurzaamheid en MKI waarden als een actief onderdeel van het ontwerpproces te behandelen?

Ik denk dat het voor de klant wel moet op den duur. Er hoeft maar één iemand te roepen dat we circulair moeten zijn en het komt in een beleidsplan. Ik denk dat we dit op een gegeven moment dus wel moeten toepassen.

Ik denk dat het waardevol is om hier nu al mee bezig te gaan, het zal geen 5 jaar meer duren voordat opdrachtgevers hier tegenaan lopen. We willen natuurlijk ook niet achter de feiten aanlopen. Laten we dus alsjeblieft zorgen dat we de tooling al gereed hebben. De eerste projecten zullen geld gaan kosten, maar dit is een investering voor de toekomst in mijn ogen. Het moet zich op lange termijn terugwinnen maar dat is het wel waard.

- c. Ronald had het met mij over de projectgebaseerde bedrijfsstructuur van Witteveen + Bos die het moeilijk maakt om geld voor dit soort projecten vrij te maken. Hoe kijk jij daar tegenaan?

In principe is het zo dat je op je projecten moet werken en daarin moet het geld verdiend worden. Maar, als je naar je PMC leider gaat en zegt goh we moeten een MKI tool maken en je kan dit met een goed verhaal onderbouwen is er geen enkele PMC leiders die zal zeggen nee dat gaan we niet doen. Ik denk juist dat we bij W+B de kans en ruimte bieden om dit soort dingen te ontwikkelen.

3. Wat zijn problemen of obstakels waar jij met jouw werk nu tegen aanloopt (met betrekking tot MKI)

Elk bedrijf/overheid waar ik mee werk heeft bepaalde ambities. Nu zijn we een beetje aan het 'greenwashen', dan besparen we materialen op basis van kosten en zeggen we "Kijk nou hoe duurzaam we zijn!". Wat ik wel eens mis is dat we dat stapje extra doen om echt die meerwaarde te leveren. Dit zou in een vroege fase het best werken. Dan kan je ook inzichtelijk maken "Wat zijn de aanpassingen aan mijn werk? Welke invloed heeft dat op die MKI waarde?" Dan heb je een goed verhaal.

Als je naar de gemeente gaat en ze zeggen wij willen een brug kunnen wij zeggen "Dat kost zoveel, MKI waarde is zoveel". Willen ze een fietspad bij op de brug? Dan kunnen wij ze wederom laten zien wat dat voor je MKI waarde doet. Wil je een losse brug en een losse fietsbrug? Dan zal het qua MKI waarde nog veel erger worden. En ik denk dus juist in die vroege variantenstudie dat een MKI tool heel goed kan helpen om inzichtelijk te maken wat er met zo'n MKI waarde gebeurt.

- a. Denk je dat een BIM-LCA geïntegreerde tool bij dit proces kan helpen?

Ik denk dat zo'n tool erbij moet helpen. Als je hier geen tool voor ontwikkelt wordt het te duur om MKI waarden mee te nemen in een variantenstudie. De tool is er puur voor gemaakt om op een snelle manier de MKI waarde inzichtelijk te krijgen.

- b. Waarom denk je dat dat op dit moment nog niet echt gebeurt?

Omdat het nog niet hoeft. Zolang de opdrachtgever het nog niet vraagt gebeurt het niet. Als de opdrachtgever morgen zegt wij willen dit, hebben we over 2 weken een betaversie van de tool klaar. Er is gewoon een gebrek aan urgentie op dit moment, iemand moet het voortouw nemen om deze tool te maken en gebruiksvriendelijk te maken.

- c. Denk je dat W+B een rol kan spelen in het creëren van meer vraag bij opdrachtgevers?

We kunnen meer laten zien dat we het kunnen, als er een tool klaarligt. Dan genereert het vanzelf wel interesse en werk. Op het moment dat die er niet ligt natuurlijk niet. Dus W+B kan wel iets doen, maar de bulk komt pas wanneer de overheden hier de urgentie van in gaan zien.

Het zou wel slim zijn om dit nu al te gaan doen, want dan kan je straks voorloper in de markt zijn.

4. Hoe zie jij zo'n BIM-LCA geïntegreerd proces voor je?

Vooral de variantenstudie, de SO fase. Zo vroeg mogelijk. Na de DO fase moet je niet meer gaan sleutelen over dat soort dingen.

5. Wat zouden nadelen van dit proces kunnen zijn voor jou?

Ja, het kost meer tijd. Dit zorgt voor een duurder product, de opdrachtgever vraagt voor tekeningen zodat hij een vergunning aan kan vragen. Op dit moment hebben ze daar een Aerius berekening (stikstof) voor nodig, daar betalen ze voor. Op het moment dat zo'n MKI tool erbij komt wordt het product duurder, ze krijgen er ook meer voor, maar dat moeten ze dat wel zelf inzien.

Nu moet je om een vergunning aan te kunnen vragen een stikstofberekening maken, dit gaat op den duur met MKI waarden ook gebeuren. Wanneer dit zo is moet je wel, dat kan je niet eens een project beginnen als het niet binnen de norm valt.

6. Stel nou dat je dus MKI een standaard actief onderdeel van je ontwerpproces wil maken, wat zijn dan dingen waar je tegenaan gaat lopen?

Je moet ervoor waken dat je je werk niet op 15 verschillende programma's moet doen. Ik heb als ontwerpleider al genoeg verschillende omgevingen waar ik in moet werken. Het komt er wel weer bij. Het moet één tool zijn, snel te gebruiken zijn, makkelijk zijn. Zorg dat het één pakketje is waarmee je bij wijze van spreke alleen even op de knop hoeft te drukken en dan rolt de MKI waarde eruit.

7. Soms zie je ook dat er in het begin van zo'n ontwerpproces nog dingen gesimplificeert moeten worden?

Het betekent dat je in een vroegere fase meer geld moet uitgeven. Een leuning kan niet meer gewoon even 2D een zijaanzicht en dan klaar. Het ontwerp gaat meer geld kosten, maar als daar voor betaald wordt dan is dat prima. Het gaat ons meer werk kosten op modelleergebied. Nu zegt iemand wel eens "Kijk dan die tooling kost maar 5 uur om in te vullen en dan hebben we resultaat!" maar dat klopt natuurlijk niet, het kost inderdaad 5 uur om in te vullen maar daarbij kost het ook nog 2 dagen extra om aan het model te werken, omdat het gewoon gedetailleerder moet zijn.

5 mei '23 – Maarten Schöffner – CO2/MKI-impactanalyse

1. Bij de meeste projecten wordt de MKI wel vaak als een eindproduct berekend, in plaats van gedurende het proces, klopt dat?

Het is een beetje een paradox. Aan de ene kant wil je zoveel mogelijk aan de voorkant keuzes op basis van duurzaamheid maken, maar tegelijkertijd kan je nog niet helemaal in het begin van het project MKI berekeningen maken omdat er gewoon nog niet genoeg informatie is.

2. Wat zijn obstakels waar jullie op dit moment tegenaan lopen met betrekking tot MKI binnen het ontwerpproces?

Het is natuurlijk steeds verder naar voren geschoven, steeds vroeger willen we MKI berekeningen maken. Dit geldt ook voor kostenraming, dat gebeurde eerst alleen nog op het eind van het project maar dat is nu ook een actief deel van het ontwerpproces geworden. Je zou het liefst op het moment dat je een idee hebt willen zien wat de impact van dat idee is op je MKI waarde. In de toekomst zou je het liefst met een soort van Big Data en Artificial Intelligence op basis van historische data zien hoeveel impact een wegverbreding bijvoorbeeld op je ontwerp zou hebben, hier zijn we natuurlijk nog lang niet. We komen van de wereld dat we alles aan het einde deden en we niet eens stuurden op duurzaamheid. Dit leidt tot onzekerheden en spanningen in die zin, daar is onze projectstructuur nog niet op ingericht.

- a. Zijn jullie nu al bezig met MKI berekeningen opslaan? Dat is natuurlijk wel nodig voor zo'n big data aanpak?

Nee, hiervoor is de capaciteit er gewoon nog niet. Bovendien kan je niet alle berekeningen zomaar vrijgeven binnen de organisatie.

- b. Denk je dat BIM-LCA integratie hierbij kan helpen?

Ik heb niet zoveel verstand van BIM, maar ik ben het er over eens dat we integraler moeten ontwerpen. Dit geldt voor stikstof, weinig ruimte, energietransitie, etc. Het is niet meer zo simpel als "Ik moet een brug ontwerpen", je moet iets ontwerpen wat een verbinding is maar wat ook energie opwekt en binnen de stikstofnormen blijft, ga zo maar door. Hiervoor zijn dus wel systemen nodig die je in een vroege fase inzicht geven in dit soort problemen, zodat keuzes ook hierop gebaseerd kunnen worden want anders gaan dit soort projecten ook gewoon niet door. Straks komen we op een punt dat we project gewoon niet meer mogen doen als het teveel CO2 uitstoot, daar moeten we wel op voorbereid zijn. Hierin kan de integratie van BIM en LCA heel waardevol zijn.

Waar we tegen aanlopen is dat je niet altijd een BIM model gebruikt, of dat zo'n model vaak laat pas gemaakt wordt. Toch zijn dit voor mij 'kinderziektes', we moeten gewoon toch naar een proces waarbij er vroeg BIM modellen gemaakt worden zodat we dus eerder datagebaseerde keuzes kunnen maken.

- c. Waarom denk je dat MKI op dit moment toch nog niet zo betrokken is in het ontwerpproces als stabiliteit of kostenraming?

Die MKI berekening is op dit moment geen verplichting. In de wet staat helemaal niet dat opdrachtgevers dat moeten toepassen. Rijkswaterstaat wel bijvoorbeeld, omdat zij natuurlijk een overheidsinstantie zijn en met klimaatambities en het klimaatakkoord zitten, dus zij vinden dat wel belangrijk. Hiermee zit het wel in de projecten, maar is het wel fictief. Uiteindelijk is het een fictieve prijs, je kiest een aannemer, maar als die aannemer aan boord is worden best wel wat dingen

teruggeschroefd vanuit die MKI of die duurzaamheid om gewoon het project maar uitvoerbaar te krijgen, maar aan monitoring gebeurt nog niet zoveel. Dus die MKI is belangrijk, maar iets anders is natuurlijk dat de MKI niet alles wat betreft duurzaamheid omvat. Het is niet perfect, je zult naast de MKI waarde ook altijd goed moeten nadenken over duurzaamheid. Is het bijvoorbeeld makkelijk uit elkaar te halen? Zit niet in de MKI berekening. Lokale effecten zoals stikstofdepositie en biodiversiteit zitten niet in je berekening. Je kan dus niet zomaar zeggen we maken een MKI berekening en dan hebben we alles.

3. Wat zouden de nadelen van een MKI tool kunnen zijn, en het groter maken van MKI in dit proces?

In principe zijn er geen nadelen, het kan gewoon nog niet altijd. Hoe eerder hoe beter.

4. Wat zijn de redenen dat zo'n proces nog niet bij elk project gebruikt wordt?

We moeten volwassener in het proces worden, we moeten het willen. Maar ook het gebrek aan instrumenten, nu gebruiken we nog heel veel Excel sheets die ook nog niet echt voldoen. We halen wel lessons learned uit projecten maar bij het volgende project doen we het gewoon weer zoals we altijd doen.

- a. Denk je dat een gebrek aan bewustzijn binnen W+B een probleem is?

Ik denk het niet. Vroeger was dit wel zo, maar we hebben een aantal jaar geleden de Duurzame Ontwerpprincipes (DOP's) geïntroduceerd. Toen hebben we de eerste jaren enquetes gehouden onder collega's met vragen als "ken je de DOP's?" "Pas je de DOP's toe?" "In hoeveel procent van je projecten pas je de DOP's toe?" Na een aantal jaar zijn we met die enquetes gestopt omdat iedereen de DOT's kende. Wij moeten wel tegen een opdrachtgever durven zeggen "Kijk nou, je kan dit duurzamer doen" Dus wij moeten wel proactiever die ruimte opzoeken. We moeten ons constant af blijven vragen "Is dit wel duurzaam?".

- b. Dus het willen gebruiken van dit proces is geen probleem?

Nee, ik denk dat ontwerpers binnen Witteveen + Bos zeker ruimdenkender geworden zijn. Je ziet wel met betatypes dat ze niet van vaag houden. Het moet echt duidelijk voor ze zijn wat ze moeten doen, en dan gaan ze het ook doen. Toch merken we dat het nog wel lastig is om duurzaamheid als een soort protocol bij ze neer te leggen, dus nu denken ze veel ik kan er niet zo veel mee dus ik parkeer het even. Dit vraagt iets van zowel ons als duurzaamheidsadviseurs als van ontwerpers.

5. Jij ziet dus niet zozeer een gebrek uit de markt?

Ik ben een MKI specialist, ik zal waarschijnlijk ook vooral met de projecten bezig zijn die het topje van de ijsberg zijn op dat gebied. Onder die projecten zitten ook zat uitvragen waar het gewoon niet gevraagd wordt. Ik kan me voorstellen dat het frustrerend is als je allerlei duurzaamheidsprojecten ziet terwijl jouw opdrachtgever daar niet om vraagt.

Dit heeft wel twee kanten want wij moeten die markt natuurlijk ook een beetje in beweging brengen. Wij moeten ook altijd zeggen "Waarom staat duurzaamheid niet in deze uitvraag?"

11 mei '23 – Wouter Lubberman – Projectleider

1. Veel mensen binnen Witteveen + Bos zijn het er over eens dat het implementeren van MKI in het ontwerpproces helemaal niet zo complex is, het is eigenlijk hetzelfde als kostenraming. Maar juist omdat het niet zo complex is, waarom gebeurt het dan nog niet zoveel? Complexiteit is dus niet de reden.

Je mist de functionaliteit, het is nog niet zo toegankelijk voor iedereen. De MKI-database is nog best een uitdaging, er zitten best nog veel vertaalslagen in om de juiste koppeling te vinden waardoor er op dat punt nog wel een (MKI-)specialist nodig is. Dat maakt het vooral lastig, hoewel de formule technisch gezien heel simpel is.

- a. Hoe kan het zijn dat het halverwege het project ineens naar boven komt dat MKI berekeningen gemaakt moeten worden en niet aan het begin?

Dat weet ik niet, durf ik niet te zeggen. Het vraagt ook wel een standaardwijze van ontwerpen en families en data. Daarin zie je dat we binnen Witteveen + Bos nog best wel chaotisch zijn en dat vermoedelijk het proces natuurlijk wel.

- b. Zou je dat verder kunnen toelichten?

Je hebt een object, een wand bijvoorbeeld. Daarvan heb je gegevens nodig bijvoorbeeld volumes, lengtes, etc. Als de ene lengte 'lengte' heet en ergens anders is het weer 'lengte damwand' en daarna is het weer 'lengte diepwand' is het heel moeilijk te automatiseren. Het vergt wel een gestructureerde opzet van je ontwerp. Als je vanuit het bedrijf daar al een goeie basis hebt liggen maakt het dit een stuk makkelijker, maar omdat we een groot bedrijf met verschillende sectoren zijn zijn dit soort dingen nog een beetje een chaos bij ons helemaal omdat het nog in ontwikkeling is.

- c. Bas noemde het inderdaad een gesprek aan standaarden, dat bedoel jij ook?

Dat is inderdaad precies wat ik bedoel. Je kan allemaal gegevens toevoegen aan het element, maar je moet het wel weten dat het toegevoegd moet worden, en ook qua uniforme en consequente naamgeving.

- d. Kost het ook minder werk om dit aan het begin te doen dan later?

Ja.

2. Is er binnen Witteveen + Bos een gebrek aan urgentie voor deze methode?

Absoluut. Veel ontwikkelingen die we als bedrijf doorvoeren zijn gelinkt aan een project. Als jij binnen een project een goed idee hebt of je hebt een afstudeerder die dat kan implementeren ondersteunt dat een bepaalde ontwikkeling. Maar we zijn best wel een bedrijf wat 'uurtje factuurtje' werkt, we willen het liefst alles binnen projecten terugwinnen.

- a. Hoe urgent denk jij dat het is?

Dit is meer een vraag voor een MKI specialist. Het is wel zo dat technische haalbaarheid en constructieve veiligheid echt het belangrijkste zijn.

3. Wat zou er in jouw optiek moeten gebeuren om MKI net zo'n standaard en actief onderdeel van het ontwerpproces te maken als kostenraming?

Er moet om gevraagd worden door een opdrachtgever, anders gaan we het niet doen. Je wil een opdracht slim en effectief uitvoeren dus gebeurt het niet.

Wat je wel zou kunnen doen is dat we in kansen denken. We bieden het simpel aan en proberen op die manier meer werk binnen te halen. Dit kan als je het dus ook daadwerkelijk makkelijk kan implementeren. Dan kan het ook commerciëel verkopen.

- a. Kan Witteveen + Bos hier ook een rol in spelen, in de vraag naar deze methode?

Jazeker, dan zou je het al wel op orde moeten hebben dat je het makkelijk kan aanbieden. Hierin zou je dan wat tijd moeten investeren om de methode zo goed op orde te hebben dat het makkelijk te implementeren is. Op dat moment kan je het gewoon aanbieden

- b. Dus op dit moment kost het ons nog teveel moeite, maar als we het zo ontwikkelen dat het heel makkelijk is kunnen we het ook (ondanks dat het niet gevraagd wordt) aanbieden. Dus laten zien goh we hebben een MKI studie gedaan, en dan betaalt het zich op lange termijn vanzelf terug.

Ja, en zo kan je het dus in de opdracht krijgen.

Als je iets standaard wil implementeren in de werkwijze moet je ook zorgen dat het makkelijk te gebruiken is en dat je bij wijze van spreke met één klikje de tool kan openen en gebruiken.

4. Wat ik als hoofdprobleem heb ervaren is dat de MKI database kant van de tool dus problemen oplevert. De MKI groep heeft weinig specialisten, dus weinig capaciteit. Maar het kost ook redelijk veel tijd omdat er veel interpretatiewerk aan te pas komt.

Klopt, maar als je een soort omgeving hebt waarbij de mapping aan een ontwerper toegelaten wordt kan het wel. Want ik denk dat je een civiel infrastructuurproject best makkelijk van versimpelen om een MKI schatting te maken die niet superlang duurt.

Als je het goed genoeg automatiseert kan je misschien een deel van die vertaalslag aan ontwerpers overlaten zodat een MKI specialist daarna eigenlijk allee nog een soort van controlerende rol heeft om te kijken of dus die mapping klopt, maar het mapping zelf dus niet te doen.

5. Het doel is dus ook niet om de laatste MKI rapportage te vervangen maar gewoon een goed genoeg schatting van de MKI waarde te kunnen maken om het in een variantenstudie mee te nemen.

Nee precies, dan mag het ook best grof zijn en mag je best een paar elementen afschalen. Dan heb je eigenlijk al een MKI inzicht krijgen.

- a. Ja, want in zo'n variantenstudie is dat eigenlijk al genoeg.

Ja en dan kan je het commerciëel misschien ook verkopen. Als je kan laten zien goh zo vroeg kan je al een inzicht krijgen, en dan kan je het ook verder pakken. We kunnen het in een vroege fase al identificeren. Hierin kan je best verdiepen en er keuzes op baseren.

- b. Het kan ook niet zo heel lastig zijn want met kostenraming kan het ook

Ja precies, het moet kunnen. Ik denk dat het handig is dat je een soort dummyversie van de tool hebt waar je mee verder kan. Dit is dan misschien heel pragmatisch maar zolang je maar weet wat de bandbreedte is kan je verder, dat is in principe met een kostenraming ook niet anders, daar heb je ook een bandbreedte.

- c. Ik neem aan dat je bij kostenraming ook een soort van range krijgt in vroege fases, omdat dus informatie nog niet vaststaat.

Ja, tussen een SO en UO zit een hele andere range. Je begint misschien met een 50% foutmarge, en dit gaat later dan naar 15% of 30%. Het is afhankelijk van de fase en het uitwerkingsniveau.

12 mei '23 – Marc Taken – (BIM) Projectleider

1. Ik heb gehoord dat kostenraming eerst ook alleen aan het eind van het ontwerpproces berekend werd, maar dat is nu een actief onderdeel van het ontwerpproces. Eigenlijk is MKI niet heel veel anders, waarom wordt MKI dan op dit moment nog niet als actief criterium meegenomen in het ontwerpproces?

Als het actief geëisd wordt in het contract is het natuurlijk vanzelfsprekend. Het wordt vaak niet uitgevraagd door de opdrachtgever, dus is het geen vanzelfsprekendheid. Er wordt hierdoor niet op gestuurd. Vervolgens ligt het aan de projectleider bij W+B of diegene het belangrijk vindt en er aandacht aan wil besteden.

De projectleider is verantwoordelijk voor het project. Zijn eerste prioriteiten zijn de producten die de opdrachtgever uitvraagt op tijd leveren en intern de uren die er voor die producten staat beheerst. Als dan de projectleider het niet super belangrijk vindt wordt MKI niet per se meegenomen.

2. Denk je dat er binnen Witteveen + Bos een gebrek aan urgentie is op het gebied van MKI integreren in het ontwerpproces?

Bij de opdrachtgevers is zeker niet altijd die urgentie er. Binnen onze sector zijn er zeker mensen die die urgentie hebben, maar er gebeurt heel veel bottom up. Dit wordt absoluut niet top down geregeld, terwijl dat hier wel zou moeten.

3. Waarom kost het integreren van MKI op dit moment nog teveel moeite, waar zit die tijd precies in?

De tool is er, maar om die tool te kunnen gebruiken moeten bij het ontwerpen een aantal parameters meegegeven worden. Niet alles wordt in 3D ontworpen (95%). De ontwerpers beginnen vaak al met ontwerpen zonder te weten wat ze zouden moeten doen om makkelijk MKI mee te nemen. Bij asfalt moet je het bijvoorbeeld in tonnen hebben en niet in kuubs. Bij beton moet je bijvoorbeeld weten wat voor soort beton het is. Dit zijn kleine aspecten die in het begin gelijk al meegegeven moeten worden aan de ontwerper. Hierbij zou het misschien helpen als er een boekje of een protocol is wat zegt "beste ontwerper, weet dat bij dit project ook een kostenraming en MKI berekening gemaakt wordt (tussendoor). Zorg dat je bij elk 3D object wat je toevoegt minimaal ook ... toevoegt"

- a. Dit zei Bas Mentink me inderdaad ook. Hij zei ook dat er soms halverwege ineens pas gezegd wordt goh ik heb ook hoeveelheden voor MKI nodig. Komt dit vaker voor? En waarom komt dit voor?

Dat lijkt misschien voor de ontwerper zo. Vaak is het voor de projectleider al vanaf het begin af aan al duidelijk, maar de projectleider heeft misschien op dat moment andere dingen aan zijn hoofd waardoor hij nog geen tijd gehad heeft om aan de ontwerper duidelijk te maken wat er van hem verwacht wordt. Dus het is dan al wel bekend dat erom gevraagd wordt, alleen deze behoefte is nog niet doorgesijpeld in de organisatie naar de ontwerper.

- b. Wat zou er dan precies moeten gebeuren om MKI wel een standaardonderdeel van het ontwerpproces te maken?

Het zou helpen als er dus een soort van protocol is, en dat moet zijn plek krijgen in het projectplan. Bij projecten boven de €25.000 wordt er standaard een projectplan opgesteld, dat is verplicht. Hiervan hebben we een template in word. Als je in deze template nou ook een regeltje maakt voor kostenraming en MKI wordt er meteen aan gedacht. Elke projectleider weet dat ie een projectplan moet maken, en zo'n template bevat gewoon een aantal reminders. Juist daarom zou het zo goed werken om MKI hierin te vermelden.

Marc laat een template projectplan zien

Oh kijk, kostenraming staat er zelfs al in. Hierin zou je dus zo een MKI regeltje in toe kunnen voegen.

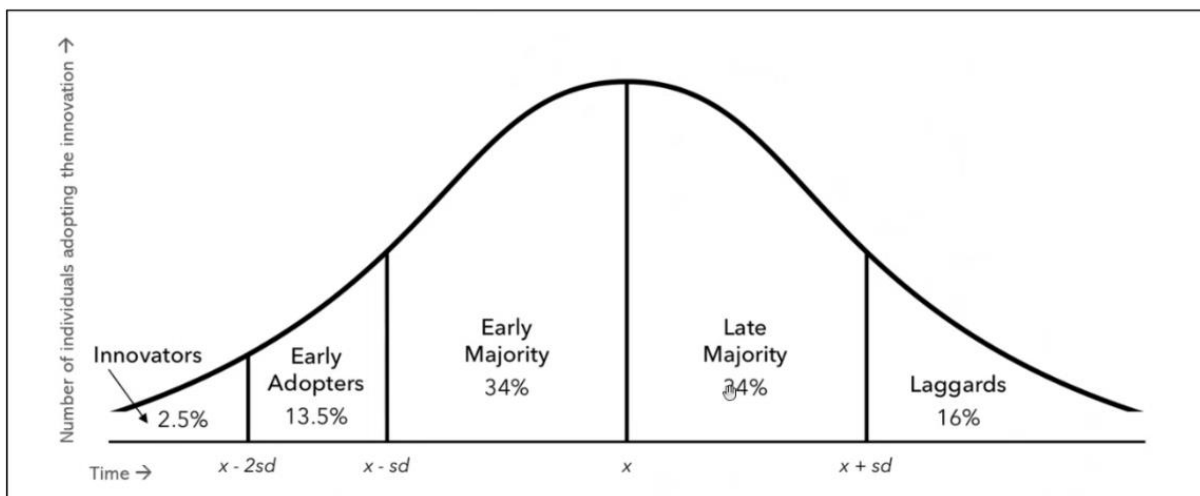
4. Zijn er verder nog technische obstakels waar de tool tegen aanloopt?

Het zou helpen als er bij de tool nog een soort van instructies zitten voor de projectleider. Zodat hij met plaatjes ofzo even kort kan volgen wat hij moet doen, met wie hij contact op kan nemen en misschien een stukje promotie in de vorm van een poster ofzo. Zo kunnen we het misschien meer onder de aandacht brengen.

Plat gezegd: maak het voor de projectleider zo makkelijk mogelijk, ga ervan uit dat de projectleider totaal geen verstand van MKI heeft.

We hebben ooit een afstudeerder gehad op adoption of technology ofzo, hij heet Irfan.

Professor Roger heeft een categorisering van innovatie adoptie gemaakt. Hier heb je innovators, early adopters, early majority, late majority, en laggards. De mensen die vooruit lopen op de technologie zoeken het zelf wel uit, mensen zoals Maarten en ik redden zich er wel mee. Het gaat juist om hoe je die grote achtergroep mee gaat nemen. Die grote groepen voor en achter de middellijn zegmaar die moet je mee zien te nemen.



Dit klinkt inderdaad heel simpel maar in praktijk is dat toch niet zo makkelijk als dat het lijkt.

5. Wat zou er moeten gebeuren om te zorgen dat MKI implementatie niet meer teveel moeite kost om het (ongevraagd) toe te passen?

Het moet onder de aandacht gebracht worden, dus in het projectplan bijvoorbeeld. Zo'n poster bijvoorbeeld die er al is zou ook een hele goeie toevoeging zijn. Succesvolle voorbeelden waar een serieus besparingspotentiëel gerealiseerd is door de MKI tool zouden ook heel erg helpen.

- a. Dus eigenlijk gewoon doen?

Ja nou gewoon doen en aan de opdrachtgever laten zien wat de voordelen ervan zijn. Dus laten zien goh we hebben aan het beginstadium een MKI tool gebruikt waardoor we vroeg inzicht over de impact kregen en minimale engineeringkosten hadden om het ontwerp aan te passen (doordat we vroeg in het ontwerpproces zaten). De opdrachtgever zal altijd denken "what's in it for me?". Dit kan de projectleider dan naar de opdrachtgever sturen, maar dit kan net zo goed verspreid worden onder de projectleiders binnen W+B, bijvoorbeeld.

12 mei '23 – Bas Roelofs – CO2/MKI-impactanalyse

1. Wat zijn de stappen van een MKI berekening?

Eerst goed om het verschil tussen LCA en MKI te benoemen, dit is niet hetzelfde namelijk. Een groot verschil is dat bij MKI we productkaarten uit DuboCalc halen waarin al LCA's zijn toegepast namens de NMD (Nationale Milieudatabase), hierin is het standaard dat alle fases van A tot en met D meegenomen zijn, dit zijn dus grondstofwinning tot en met verwerking of recycling.

Een LCA als methode is wel net iets flexibeler, je kan bijvoorbeeld ook best een LCA voor alleen grondstofwinning en productie doen, afhankelijk van het doel van je onderzoek. Je kan hierbij allerlei milieu impacten afwegen. Dus BIM-LCA is voor mij echt nog wel een stapje verder, maar BIM-MKI is wat simpeler, hierin gebruik je de MKI kengetallen alleen. LCA is de onderliggende methode en MKI is meer een eindproduct.

Voor een MKI wil je eigenlijk eerst het proces weten, je hebt hoeveelheden en werkzaamheden nodig. Hoeveel kuub materiaal, hoeveel transport, etc. Dat is de hoofdinput. Dit zet je in het model. Dan zit er volgens de LCA ook nog weer een interpretatie, gevoeligheidsanalyse en onzekerheidsanalyse bij, maar dit is niet nodig voor de MKI.

Deze informatie kan je ook grotendeels uit je 3D model halen. Dan gaat het er ook om of je BIM goed uitvoert, leg je alles netjes vast? Krijgen materialen de juiste materiaalaanduiding? Zorg je dat het goed kan omrekenen naar massa's? Dat is allemaal heel belangrijk. We merkten namelijk uit onze eerste berekeningen dat je in het begin groffe ontwerpdata hebt waardoor niet alles bekend is en je ook heel veel dingen nog niet meeneemt. Dit kunnen dan toevallig net de RVS buizen zijn die niet meegenomen worden terwijl die wel een hele grote milieupact hebben. Hierdoor zagen we dat toen ze wel toegevoegd werden de milieupact ineens twee keer zo groot werd bij wijze van spreke.

Dus het is heel goed om je te beseffen ik zit in een vroege ontwerpfase nog niet al mijn onderdelen zijn meegenomen, tegelijkertijd zie je dat ontwerpers soms ook wel hoekjes afsnijden vanwege tijdsdruk of onduidelijkheid. Dus alle parameters moeten netjes in je model staan, maar het moet ook geometrisch gewoon goed gemodelleerd worden. Maar je hebt hier gewoon heel weinig zicht op en dat maakt het moeilijk. Zeker met de methode hoe wij werkten waarin je als het ware twee sporen had dus de input van het model die ingeladen wordt aan de ene kant en aan de andere kant ga ik er dan met een mapping table van alle materialen een MKI kengetal aan toekennen. Als hier iets niet klopt zie je dat pas als je het hele proces hebt doorgelopen en moet je weer opnieuw beginnen. Dat is niet handig, en ik denk ook niet dat je alle foutjes eruit kan halen. Het vraagt gewoon om een hele nette modellering en BIM goed uitvoeren, dan werkt het heel mooi.

- a. Het is hier ook goed om te snappen wat het doel is, in mijn optiek is het geen vervanging voor de MKI eindrapportage maar meer een tool om tijdens de variantenstudie MKI mee te nemen in een vroege ontwerpfase. In die zin moet het wel correct gemodelleerd worden, maar het is hierin wel minder belangrijk dat de MKI waarde precies klopt toch?

Dat is waar, je wil natuurlijk wel dat het klopt. Het is wel zo dat in een variantenstudie het nog best grof mag zijn, zolang je maar de juiste dingen buiten scope houdt. We hebben ook wel eens gezien dat bijvoorbeeld de hele gebruiksfase niet meegenomen is (dit was niet goed). Maar in een aanbesteding moet de MKI wel van alle kanten kloppen. Als je dit niet waar kan maken krijg je een dikke boete.

Ik denk wel dat als je eenmaal een variantenstudie vanuit BIM met die MKI tool gedaan hebt het gevaar is dat je het niet zo goed gaat checken. Je gaat niet die hoeveelheden nalopen ofzo. Als je zo'n

uitgebreid rapport opstelt ga je toch wat kritischer kijken naar die resultaten. Als het te gestroomlijnd is gaan mensen er misschien in die zin iets te makkelijk over denken.

2. Iets anders, ervan uitgaande dat een modelleur alles netjes modelleert, wat is dan precies de taak van een MKI specialist in de MKI berekening?

De NMD is het orgaan wat allerlei LCA's opstelt en productkaarten maakt waaruit een MKI kengetal rolt. Deze kengetallen staan allemaal in DuboCalc. De modelleur beschrijft een materiaal met hoeveelheid. Dit materiaal is nog niet meteen gekoppeld aan een materiaal uit de NMD. Dit vraagt interpretatie en soms omrekenen omdat niet alles in de NMD staat. Uit het model volgt een unieke lijst materialen, vaak vraag ik ook aan een ontwerper goh wil je deze materialen zo en zo noemen omdat ik weet wat ik wel en niet kan benaderen met MKI kengetallen en de ontwerper niet. Dan ga ik op basis van de lijst uit BIM bepalen welk materiaal welke productkaart krijgt. Dus op die manier maak ik een mapping table waar door die automatische berekening doorheen gezocht wordt om te kijken welk materiaal welke impact heeft.

Het idee is wel dat je op een gegeven moment steeds minder input van een MKI specialist nodig hebt voor de berekening zelf. Wel willen we later nog steeds een soort van controles van iemand die er verstand van heeft dus een MKI specialist en zeker bij de interpretatie van goh hoeveel zegt nou één zo'n Euro MKI precies is het wel heel handig om een MKI specialist te hebben die hierbij kan helpen.

Uiteindelijk zou een MKI berekening dan voor 90% alleen export van materialen en hoeveelheden zijn en dan draait het vanzelf. Als dit compleet is kan je de berekening zonder hulp van een MKI specialist elke keer rerunnen.

- a. Wat automatiseert de tool nou precies wel en wat nog niet?

De tool automatiseert de materialen import, dus de hoeveelheden en materialen. Greti heeft er ook een soort van onzekerheid in ingebouwd. De berekening is ook automatisch.

De tool automatiseert niet het uploaden van de materiaaldata, maar dit is in principe een druk op de knop. En de tool automatiseert ook de toekennings (mapping) tabel niet. Dit is een handmatige slag die als het goed is na een paar keer die berekening uitvoeren gewoon staat en niet meet aangepast hoeft te worden.

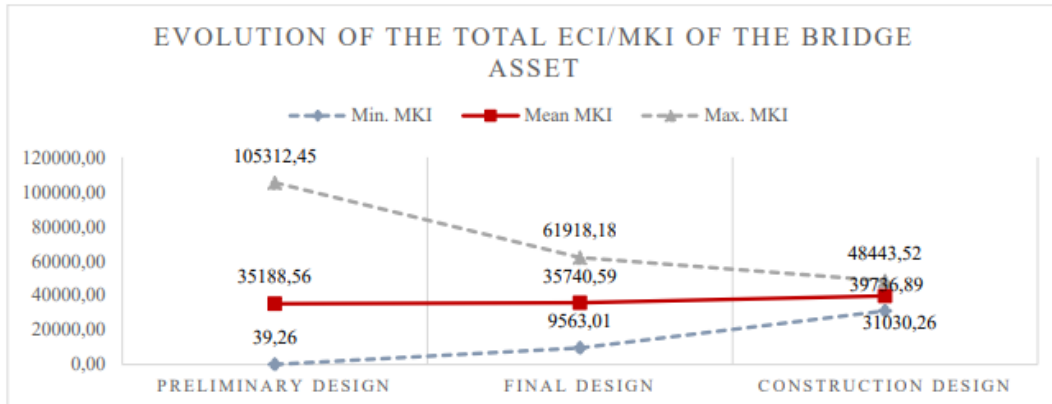
- b. En dat is ook vooral het lastige toch, het automatiseren van die mapping table?

Dat vraagt een beetje interpretatie. Die NMD heeft bijvoorbeeld een eindig aantal producten, dus als je eenmaal allemaal gelinkt hebt aan een bepaalde materiaalsoort is dat oké. Maar, als je echt naar LCA gaat, dat is een database van echt duizenden processen en daar kan je veel meer specifieke processen samenstellen. Een staalproductieproces bestaat bijvoorbeeld weer uit allerlei subprocessen die op zichzelf weer uit subprocessen bestaan. Als je dan weet dat er ergens in die keten iets anders gebeurt dan het standaardproces zou je dat helemaal daarin kunnen aanpassen. Zo zijn daar een eindeloze hoeveelheid customprocessen in. Ik zie ook eigenlijk niet hoe dat automatisch zou kunnen want dat vraagt om een interpretatie van wat de modelleur heeft opgesteld.

- c. Maarten zei dat de tool soms bepaalde aannames maakt, op welke manier gebeurt dit?

Er zitten zeker aannames in de berekening tussendoor. Dit kon je heel mooi in het rapport van Greti zien. Ze had dan verschillende fases in het ontwerpproces uit elkaar gezet, ze had mij dan een MKI berekening laten doen met definitieve ontwerphoeveelheden, en ze had het model per fase alle

variaties doorrekenen waardoor er een soort trechtervorm ontstond. In het begin zaten er echt onzinnige modellen tussen zoals 100% houten ontwerpen en gigantisch overgedimensioneerde ontwerpen. Dat gaf dus aan welke aannames je maakt. Aannames zijn dus bijvoorbeeld welk soort beton je gebruikt (dit kan nog veranderen), maar ook de breedte van een brug (die kan nog veranderen). Maar zolang je het niet weet maak je standaardaannames. Daarom is het in vroege fases zo dat een verschil van 30% in een MKI waarde niet eens zo doorslaggevend is. Hiervoor zijn dus gevoeligheidsanalyses heel handig.



d. Wat heb je precies aan die gevoeligheidsanalyse?

De gevoeligheidsanalyse zegt eigenlijk goh ik heb beton gekozen ik kan een hoge en een lage sterkteklasse zijn, dan toets je dat eigenlijk. Voor een maatregel zou het kunnen zijn goh die lage klasse heeft een stuk lagere impact die pas ik toe of juist goh ik moet die hoge klasse gebruiken voor stabiliteit.

3. Wat kan de tool nog niet wat je in de toekomst graag wel zou willen zien?

Als je echt naar BIM gaat, en dan ook dingen toevoegt als waar komt het materiaal vandaan hoe is het geproduceerd wat zijn de transportafstanden kan je in theorie een specifieke LCA toepassen op je model, maar dit is in realiteit lastig omdat je heel veel taken bij de modelleur neerlegt, de datavraag wordt steeds groter.

Het zou ook top zijn als de tool door de NMD gevalideerd zou worden als zijnde deze mag je in je aanbesteding gebruiken. Er is voor gebouwen al wel zo'n tool gemaakt die heet BIMpact, misschien voor jou ook wel interessant om naar te kijken, maar dit is voor gebouwen wel veel makkelijker dan voor infrastructuur hoor.

4. Denk je dat de voornaamste reden dat MKI niet standaard in het ontwerpproces zit het gebrek aan een workflow is?

Niet per se, een probleem is ook gewoon het gebrek aan informatie in vroege fases terwijl we juist in deze fase keuzes op basis van duurzaamheid willen maken. Wat ik merk als we in vroege fases MKI berekeningen willen doen is dat er gezegd wordt is "Ja we hebben nog geen BIM" en dan vraag je hoeveel kuub zand gaat erin dan hoor je "ja zo breed en zo hoog wordt het ongeveer dus zoveel kuub" en daar werk je dan mee. In deze fases willen we wel keuzes maken, en liever niet in een DO fase pas.

In deze zin beginnen we eigenlijk niet optijd met BIM om de totale potentie te benutten.

Ook is er gewoon vaak geen budget hiervoor in een project.

5. Zou je zeggen dat er binnen Witteveen + Bos een gebrek aan urgentie voor deze werkwijze is?

Niet per se, sterker nog, de MKI specialistengroep kan alle berekeningen niet eens aan. Er is juist vanuit ons heel erg de behoefte om dit te doen, vanuit opdrachtgevers ook steeds meer. Ik denk vooral dat het gewoon nog niet in de workflow is opgenomen.

- a. Dat is dus eigenlijk het grootste obstakel?

Ja eigenlijk wel, en soms wordt BIM niet eens toegepast soms is het alleen een SO. De modellers moeten ook wel kennis hebben van en weten wat ze aan het doen zijn en de parameters goed invullen. Je zou hier een kostenraming op dezelfde manier toe kunnen passen.

Ik kijk ook vaak naar kostenraming, want op de een of andere manier lukt het hun wel. Dat gezegd hebbende, het idee van BIM-MKI is ook nog niet zo oud he. En zo'n organisatie en werkwijze verandert niet zomaar. Het zou best kunnen zijn dat we gewoon nog een paar pilot cases nodig hebben en ook de tool nog niets robuuster moeten maken, zodat we op een gegeven moment kunnen zeggen nu kunnen we het en we het dan kunnen uitrollen over verschillende ontwerpdisciplines. Maar goed, je moet ergens beginnen.

6. Is de capaciteit van de MKI groep nog een probleem? De mapping table moet nog wel handmatig gemaakt worden toch?

Nee juist niet, als het alternatief is dat we zelf de berekening moeten doen dan scheelt het ons alleen maar tijd. Dit legt juist heel veel neer bij de ontwerper die dingen goed in het model moet zetten, dit zou ons dus juist tijd kunnen schelen omdat wij normaal alle stappen zelf moeten doen.

Nogmaals, het controleren van de juiste kengetallen enzo is nog steeds een functie van de MKI specialist maar als dit gewoon gebeurt kunnen we ook vanzelf lekker opschalen want eigenlijk moet iedereen gewoon lekker die MKI berekening kunnen maken want dan kunnen we ook voor elk project een inzicht in CO2 en MKI krijgen.

10.2. Appendix B – How can the barriers be prioritised

This part of the appendix includes all relevant data for research question 2, that was not given in the report itself.

Survey results

Table 16 shows the ranked lists for the impact category per respondent, the respondents are numbered 1 to 7.

Table 16 - Impact responses

Barrier	1	2	3	4	5	6	7
1	7	9	6	1	12	2	9
2	9	11	12	6	8	6	6
3	8	8	9	2	6	4	11
4	5	6	7	11	11	5	7
5	10	7	8	8	9	9	4
6	6	4	5	10	10	3	12
7	3	12	11	3	1	12	3
8	4	10	10	7	3	11	5
9	1	3	3	5	2	1	10
10	2	2	4	4	4	7	8
11	12	5	2	12	5	8	1
12	11	1	1	9	7	10	2

Table 17 shows the ranked lists for the ease category per respondent, the respondents are number 1 to 7.

Table 17 - Ease responses

Barrier	1	2	3	4	5	6	7
1	6	11	12	11	6	9	8
2	1	10	11	10	8	10	6
3	3	4	9	12	7	8	5
4	2	8	4	1	1	12	1
5	10	7	7	9	3	7	12
6	7	6	8	8	2	11	2
7	8	9	1	4	11	1	4
8	9	12	5	5	10	2	9
9	5	1	3	3	5	5	7
10	4	3	2	6	12	6	3
11	12	2	10	2	9	3	10
12	11	5	6	7	4	4	11