

# Glulamstructuren hergebruikt

Analyse van terugwinningsprocessen en milieu-  
impact aan de hand van 7 recente casussen

**Emiel Defever & Emiel Feys**



# Glulamstructuren hergebruikt: Analyse van terugwinningsprocessen en milieu-impact aan de hand van 7 recente casussen

Emiel Defever, Emiel Feys

Studentennummers: 02008077, 02008231

Promotoren: prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman, prof. dr. Lionel Devlieger

Begeleider: Katrien Devos

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de ingenieurswetenschappen: architectuur -  
architectuurontwerp en bouwtechniek

Academiejaar 2024-2025



# Voorwoord

Binnen de hedendaagse architectuur- en bouwpraktijk heerst een groeiende belangstelling voor duurzaam bouwen. Waar dit thema in de bacheloropleiding eerder op algemene wijze aan bod kwam, wakkerde de masteropleiding de interesse voor de thematiek verder aan. Dit onderzoek gaf ons de gelegenheid om onze interesse voor duurzaamheid vanuit een praktijkgerichte, specifieke invalshoek te benaderen en het onderzoek zelfstandig vorm te geven.

In dit voorwoord wensen wij enkele personen in het bijzonder te bedanken die ons tijdens dit traject hebben ondersteund. Onze oprechte dank gaat uit naar onze promotoren, prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman en prof. dr. Lionel Devlieger. Tijdens de begeleidingen konden we immers steeds rekenen op constructieve feedback en waardevolle nieuwe ideeën. Een bijzonder woord van dank gaat ook uit naar onze begeleidster ir. arch. Katrien Devos voor haar voortdurende betrokkenheid gedurende het volledige onderzoeksproces. We konden steeds rekenen op haar advies en enthousiasme, wat ons hielp om gemotiveerd te blijven en richting te geven aan het werk.

Dit onderzoek was niet mogelijk geweest zonder de hulp van talloze personen uit de praktijk, waaronder materiaalhandelaars, aannemers, opdrachtgevers, onderzoekers en architecten, van wie we de medewerking één voor één ten zeerste waarderen. In het bijzonder wensen wij Thieme Engelborghs (Buildwise) te bedanken, wiens uitgebreide kennis en netwerk ons in het begin van het traject toegang gaven tot relevante contacten en inzichten.

Onze dank gaat eveneens uit naar onze families voor hun blijvende interesse en ondersteuning tijdens dit traject. Hun betrokkenheid en de vele uren nalezen worden sterk geapprecieerd. Ook willen we graag onze vriendinnen bedanken voor de momenten van afwisseling en motivatie tussen het werken door.

Ten slotte willen we ook elkaar bedanken. Door middel van een duidelijke taakverdeling met voldoende afwisseling, gezamenlijke (werf)bezoeken en vele overlegmomenten werd het een bijzonder aangename samenwerking. Met een blij en voldaan gevoel blikken we beiden terug op dit gedeelde traject, en bij uitbreiding op de gehele opleiding.

Wij hopen dat deze masterproef met interesse wordt gelezen en danken allen die dit werk, op welke wijze dan ook, mee mogelijk hebben gemaakt.

Emiel Defever & Emiel Feys



# Toelating tot bruikleen

De auteurs geven de toelating om deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik.

Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.

The authors give permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use.

In all cases of other use, the copyright terms have to be respected, in particular with regard to the obligation to state explicitly the source when quoting results from this master dissertation.

22 mei 2025

Emiel Defever & Emiel Feys

Deze masterproef vormt een onderdeel van een examen. Eventuele opmerkingen die door de beoordelingscommissie tijdens de mondelinge uiteenzetting van de masterproef werden geformuleerd, werden niet verwerkt in deze tekst.

This master's dissertation is part of an exam. Any comments formulated by the assessment committee during the oral presentation of the master's dissertation are not included in this text.



# Overzicht

## **Glulamstructuren hergebruikt: Analyse van terugwinningsprocessen en milieu-impact aan de hand van 7 recente casussen**

**Auteurs:** Emiel Defever  
Emiel Feys

**Promotoren:** prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman  
prof. dr. Lionel Devlieger

**Begeleider:** ir. arch. Katrien Devos

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de ingenieurswetenschappen: architectuur - architectuurontwerp en bouwtechniek

Universiteit Gent

Academiejaar 2024-2025

### **Abstract**

De bouwsector is verantwoordelijk voor een aanzienlijk aandeel van de globale CO<sub>2</sub>-emissies en heeft een grote impact op andere milieuaspecten. Het gebruik van houtmaterialen vormt een mogelijke oplossing voor deze milieuproblematiek, aangezien hout tijdens de groei CO<sub>2</sub> opneemt uit de atmosfeer. Door materialen daarnaast te hergebruiken, kan het verbruik van eindige grondstoffen en de uitstoot van emissies bij productie- en afvalverwerkingsprocessen worden teruggedrongen. Het hergebruik van structurele houten elementen, die vaak een lange levensduur hebben, biedt zo een strategie om klimaatverandering tegen te gaan. Structurele onzekerheid, logistieke uitdagingen, ontbrekende regelgeving, beperkte ervaring en een heersende lineaire mentaliteit in de bouwsector vormen echter knelpunten.

Deze masterproef onderzoekt het hergebruik van gelijmd gelamelleerde houten (glulam) structuren, die in België vaak voorkomen in hallen en loodsen. Aan de hand van zeven geslaagde casusvoorbeelden wordt de praktische haalbaarheid geëvalueerd en worden de noodzakelijke initiatieven voor een succesvolle hergebruikoperatie geïdentificeerd. Daarnaast beschrijft het onderzoek gedetailleerd de hergebruikprocessen, op basis van gesprekken met specialisten uit de hergebruiksector. Met deze gegevens wordt via een levenscyclusanalyse de milieu-impact van hergebruikte elementen vergeleken met die van nieuw geproduceerde constructie-elementen. Door verschillende scenario's en de invloed van specifieke operaties op het milieu te analyseren, worden aandachtspunten en aanbevelingen opgesteld voor toekomstige procedures.

De vaststellingen uit het onderzoek tonen aan dat het hergebruik van gelijmd gelamelleerde structuren praktisch haalbaar is en aanzienlijke milieuvoordelen kan opleveren. Deze inzichten dragen bij aan de verdere ontwikkeling van deze praktijk.

### **Trefwoorden**

Gelijmd gelamelleerd hout, glulam, structureel hergebruik, levenscyclusanalyse

# Reusing glulam structures: Analysis of reclamation processes and environmental impact based on 7 recent cases

Emiel Defever & Emiel Feys

Supervisors: prof. dr. ir. arch. Marijke Steeman, prof. dr. Lionel Devlieger, ir. arch. Katrien Devos

**Abstract** - The construction sector is responsible for a significant share of global CO<sub>2</sub> emissions and has a major impact on other environmental aspects. The use of timber offers a potential solution to these environmental issues, as wood absorbs CO<sub>2</sub> from the atmosphere during its growth. By reusing materials, the consumption of finite resources and emissions from production and waste processing can be reduced. The reuse of structural timber elements, which often have a long lifespan, thus provides a strategy to mitigate climate change. However, structural uncertainty, logistical challenges, lack of regulations, limited experience, and a prevailing linear mindset in the construction sector pose obstacles.

This analysis investigates the environmental impact of the reuse of glued laminated timber (glulam) structures, which are commonly found in halls and warehouses in Belgium. Based on seven successful case studies and data from interviews with experts from the reuse sector, a detailed description of the reuse process is presented. Using these findings, a life cycle assessment is conducted to compare the environmental impact of reused elements with those of newly produced glulam beams. By analysing different scenarios and the impact of specific reuse operations on environmental performance, key considerations and recommendations are formulated for future practices. The findings demonstrate that the reuse of glulam structures can offer significant environmental benefits, while being practically feasible.

**Keywords** – glued laminated timber, glulam, structural reuse, life cycle assessment

## I. INTRODUCTION

The construction sector accounts for up to 40 % of global CO<sub>2</sub> emissions, which makes it a strong contributor to climate change. The production of industrial construction products requires a significant amount of energy and therefore contributes to these emissions, as well as to the extraction of finite resources. The production energy is also called the ‘embodied energy’ of a material. Often, materials end up in landfills or get burned at the end of a building’s lifespan, which makes this energy go to waste [1]. One strategy to mitigate these impacts is the reuse of construction elements, which avoids both the extraction- and production phase of a new material [2]. At the same time, negative impacts of waste processing are avoided for reused elements as well [3]. Reuse practises also have the potential to develop local economies, as considerable manual labour is needed in most cases to prepare materials for a new use [4].

A second strategy towards a less polluting sector, is using renewable materials such as timber. Timber stores carbon and therefore has a positive effect on climate change when used over a long period, as the CO<sub>2</sub> remains extracted from the atmosphere. A key requirement is that the timber originates

from sustainably managed forests where regrowth is ensured [5] [6]. By reusing long lasting structural timber elements, a dual environmental benefit can therefore be gained.

The reuse of timber is a historical practice, which was common in pre-industrial European economies [7]. After the industrial revolution, reuse practices declined significantly, to the point that only 1% of the building materials in Northwestern Europe are being reused today [8] [9]. Currently there are some important barriers that hinder a broad implementation of reuse practices. Within the construction sector, the focus is mainly on short term financial interests, which makes carefully dismantling elements economically challenging from a contractor’s perspective [10] [11]. Especially for structural elements, the lack of research and guidelines forms an important barrier. No technical or legal frameworks currently guarantee the mechanical properties of reused elements for a second lifecycle [12]. Despite these challenges, a growing number of specialised dealers are offering recovered wooden elements in Belgium. Generally, these dealers are focusing their business around interior or finishing elements. Although structural elements are less common in these stocks, two main types of recovered structures can be recognised: old oak beams and recently recovered solid wood.

Another, more recent, material that is often present within demolished buildings today, is glued laminated timber. It was developed in the 20<sup>th</sup> century as an alternative to steel and reinforced concrete elements, and is a performant material that can span great distances [13]. Glulam has a strong reuse potential when it becomes available through demolition of existing buildings, as the elements are mostly between 30 and 60 years old and have an estimated total lifespan of 100 years [14]. Yet most existing reuse dealers lack experience with its structural reuse for several reasons. Due to the grand scale of most of these structures, logistic challenges (transport and storage) arise when a conventional dealer wants to dismantle, prepare and offer these materials, as they mostly do not have the necessary tools and other means to carry out such operations. As a result, reuse agreements on these large structures often occur directly between actors within a demolition process and project stakeholders who want to use the elements. The main challenge in this model is timing. There is a limited time in the demolition process to find a client, and the project of the potential client should be at an early stage, so that the structure can still be integrated into the project. A mismatch can lead to the demolition of the element. Although challenging, the development of glulam reuse procedures in Belgian projects helps to overcome barriers and support the development of a stable market for contractors.

## II. METHODOLOGY

### A. Collecting data

As literature on the reuse of glulam is lacking, this study relies mainly on practical experience. Seven successful, recent reuse projects in Belgium were identified and analysed as case studies. During site visits and interviews with stakeholders, data was collected to document the reuse process and its necessary steps. In addition, three dealers with experience in reusing glulam material were interviewed. By visiting these companies, further insights into the processing of reused elements were collected. This information forms the basis for the life cycle assessment in this study.

The interviews revealed that there are multiple approaches to the reuse of glulam structures. To provide a general framework, a process diagram is presented in Figure 1. Depending on the specific project application, the number and sequence of these recovery steps can vary.

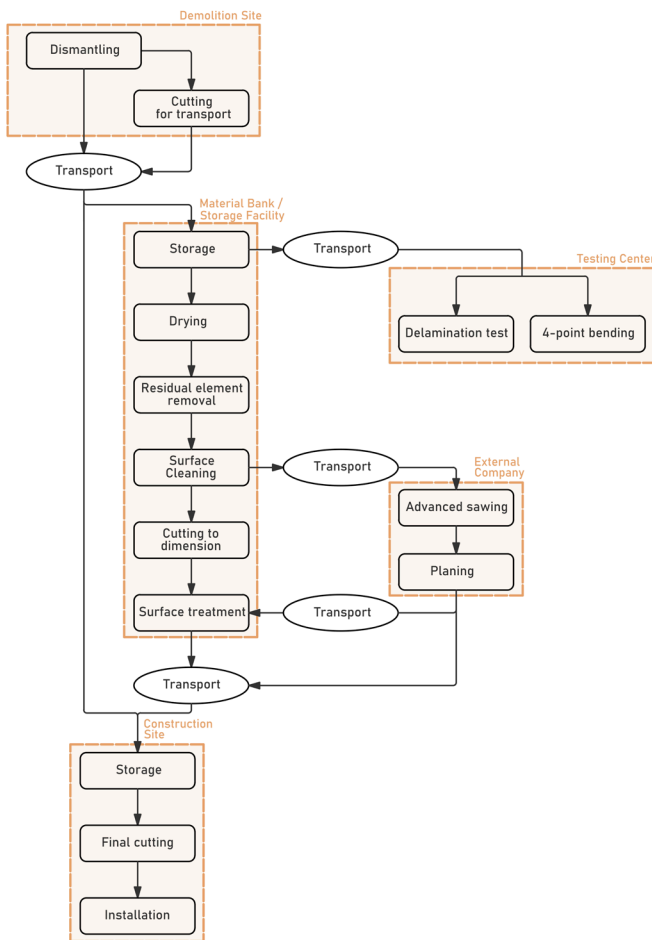


Figure 1: Process diagram for the reuse of structural glulam elements

In most cases, beams are dismantled in full using a crane. However, when timing or rigid connections in the construction are limiting, the ends of the beams may be sawn off, resulting in a material loss. These dismantling operations are typically carried out by the contractor with machinery present on the demolition site, such as a crawler excavator. Alternatively, contractors may collaborate with a specialised firm that handles the dismantling, transport and resale of the beams. These firms typically use a lorry with a mounted crane. In this case, the beams are delivered directly to the new construction site without intermediate recovery steps. If the dismantling is done by the contractor, on the other hand, the

beams are mostly sold directly to stakeholders in a new project, or to reuse dealers when the beams are of manageable dimensions. These clients then transport the elements to their own storage facilities. The distances of these transports are mostly limited and are 100 km on average in the case studies.

At the storage facility, several recovery operations can be carried out. First, residual (metal) elements from demolition must always be removed to obtain workable material. This process happens with manual tools, which means it can take a significant amount of time, depending on the beam's condition. This step is necessary to be able to cut the beam into the correct dimensions for a new application without damaging machinery. Surface cleaning and treatment are only carried out when this is desired for the final application in a project. Due to the labour-intensive nature of these tasks, dealers tend to minimise or avoid these recovery operations to maintain profitability. During all processes at the storage facility, no material loss occurs. The only loss in the operation consists of residual pieces from cutting, although these can be reused for furniture or finishing materials if their size is sufficient. After the necessary processing and any project-specific testing procedures, the reused beam can be transported to the construction site for installation.

### B. Life cycle assessment

To evaluate the environmental impact of the various recovery processes, transportation steps, and other operations required to enable reuse, a life cycle assessment (LCA) is conducted. The analysis is performed using SimaPro software, in accordance with the EN 15804+A2 standard. To obtain detailed insights across the different life cycle stages, partial assessments are carried out for modules C1–C4, A1–A5 and ultimately A1–C4. Module B is excluded from all analyses.

In addition to using background processes from the Ecoinvent 3.10 database, specific primary data from case studies and stakeholder interviews were used to ensure relevance and accuracy for reuse-related processes. This data includes detailed information on processing times, machine power requirements, and the use of auxiliary materials. Beyond assessing the environmental impact of individual steps within the reuse process, the LCA also aims to compare the full life cycle impact of reused glulam beams with that of newly manufactured beams. A recent EPD from Belgian manufacturers provided additional data on packaging materials in a new production process and machine use during the construction stage (A5) for both new and reused beams [15].

All environmental indicator results are normalized and weighted using the Product Environmental Footprint (PEF) methodology and expressed as a single score in mPt/m<sup>3</sup>. This functional unit enables direct comparison of the environmental impacts of different reuse approaches with those of a new beam.

### C. Approach to the various sub-analyses

To account for a broad spectrum of possibilities and to enable a nuanced comparison with newly manufactured beams, four reuse scenarios are defined. Each scenario represents a distinct sequence of processes, informed by the

practical case studies considered in the study. Scenario I describes a direct reuse process, where beams are transported directly from the deconstruction site to the new construction site with no intermediate treatments. Scenario II involves a more elaborate process in which the beams are transported from the deconstruction site to a material bank, where additional processing occurs. Scenario III is the most extensive, incorporating further treatment by an external company as well as testing procedures. Finally, Scenario IV represents in-situ reuse, where structural glulam elements remain in place, and are reworked directly on site. Within each scenario, two beam types are analyzed: a 15-meter beam and a 30-meter beam of different cross sections, both with an integrated slope. It was assumed that for the dismantling and processing of these beams, different machine types were needed. The typological distinction thus allows for the analysis of the environmental impact of different beam sizes, as well as of varying methods.

Transport distances per scenario were derived from averages observed in real-life cases: 25 km in total for Scenario I, 115 km for Scenario II, and 275 km for Scenario III. A default distance of 100 km was assumed for newly manufactured beams. A uniform average density of 420 kg/m<sup>3</sup> was applied for all glulam beams throughout the study.

The life cycle assessment is subdivided into several comparative analyses. The first focuses on end-of-life stage C (C1–C4), comparing different demolition scenarios. Specifically, the environmental impact of selective dismantling is compared with scenarios dominated by either recycling or incineration. Given the uncertainty surrounding waste processing for glulam, these two treatment options are considered. Subsequently, modules A1–A5 are considered to evaluate the environmental impact of various reuse processes (A1–A3), including transportation from the deconstruction site to the material bank. The analysis is further expanded to include the impacts from transport to the construction site (A4) and installation of beams (A5). This allows a comparison between the impact of recovery processes and that of the production and implementation of a new beam across same modules. Finally, a full life cycle analysis (A1–C4) is conducted to evaluate and compare reused beams in all scenarios against newly produced glulam beams. In this comprehensive assessment, consistent and conservative assumptions are applied for the end-of-life stage of both reused and new beams.

### III. RESULTS

#### A. Modules C1-4

This first section compares the environmental impact of waste processing scenarios with that of selective dismantling for both a 15-meter and a 30-meter beam.

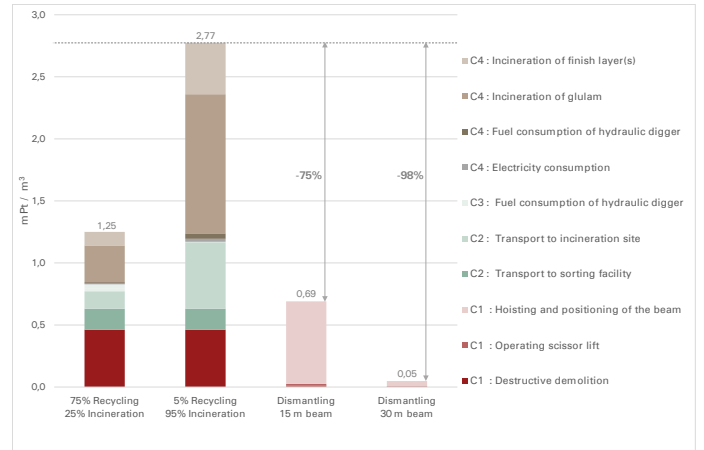


Figure 2: Total score broken down by module for different end-of-life scenarios

The results show that dismantling a 30-meter beam results in a significantly lower impact than dismantling a 15-meter beam. This difference arises from two key factors. Firstly, the specific dismantling method for the 30-meter beam, using a truck-mounted crane, has a lower impact per beam. Secondly, the larger volume of the 30-meter beam further amplifies the benefit through a scale effect, reducing the environmental impact per cubic meter.

Among the modeled waste processing scenarios, those dominated by incineration show a higher environmental impact than those dominated by recycling. Compared to a waste scenario involving 95% incineration, selective dismantling during end-of-life stage achieves an impact reduction of 75% to 98%, depending on the beam size. A key determinant influencing the environmental impact of dismantling is the duration required to meticulously hoist and position the beam.

#### B. Modules A1-A5

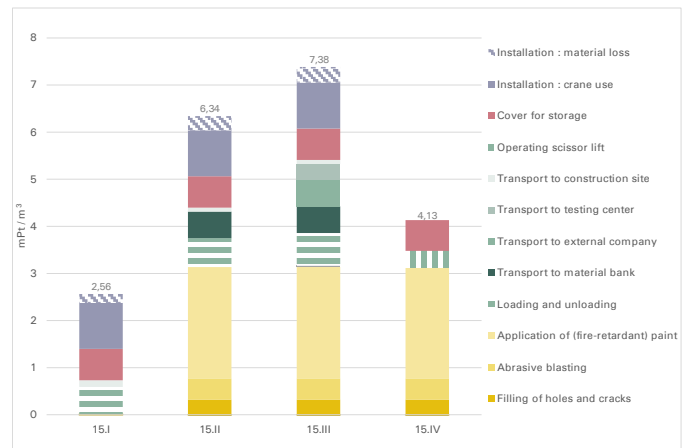


Figure 3: Total score broken down by process for different scenarios

Figure 3 presents a comparison of the impact of all reuse scenarios across the entire A module, encompassing recovery processes through to installation. Basic operations such as cutting and drilling openings contribute negligibly to the overall impact and are therefore not represented in the figure. A substantial share of the environmental impact stems from more intensive processing steps, particularly the application of

finishing layers. The application of paint was taken into account in scenario II to IV, which significantly increases the impact of the recovery procedure.

The transport-related impact is broken down into distinct components, including a specific category for ‘loading and unloading’. This handling of beams at the material bank or external processing sites contributes notably to total transport emissions. Among the various transport stages, the routes from the dismantling site to the material bank, and from there to an external firm, tend to cause the highest increase in impact due to the typically longer distances involved.

### C. Modules A1-C4

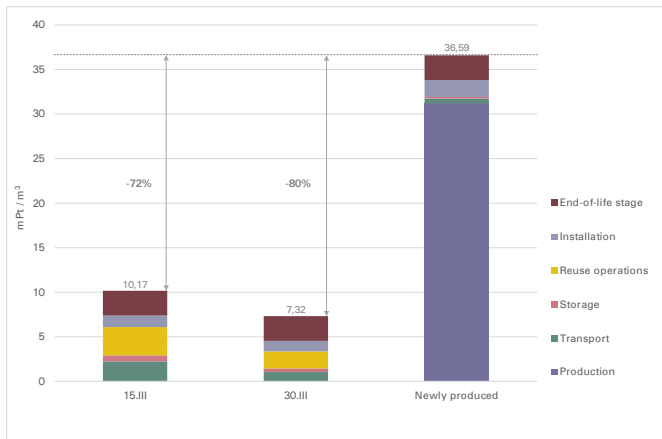


Figure 4: Total score broken down by categories for different reused beam lengths and new production

In the final analysis, total environmental impacts are presented across multiple categories in Figure 4. The impact attributed to the end-of-life stage (C1–C4) is assumed to be identical for each element. Storage and transport exhibit higher impact values for reused elements due to the inclusion of a thicker waterproof cover and generally longer transport distances. The most substantial difference lies in the production impact of the new beam. This impact is primarily driven by environmental indicators related to land use, particulate matter emissions and climate change, all of which contribute heavily to the overall environmental load.

Applying a reused beam within a project under the most comprehensive reuse scenario (Scenario III) results in a reduction in environmental impact of 72% for a 15-meter beam. This reduction is further amplified by scale effects and the use of more impact-efficient methods for longer beams, resulting in reductions up to 80% for a 30-meter beam, compared to using a new beam. Also, even greater reductions may be achieved by adopting less intensive reuse scenarios.

### D. Sensitivity analysis

A sensitivity analysis identifies which variables the LCA results are sensitive to and whether the results change significantly under different assumptions. An initial key factor, already analysed statically, is the beam length. An additional analysis performs continuous calculations for beam lengths ranging from 10 to 30 meters. With rising length, a general decrease in environmental impact per cubic meter is

confirmed. Additionally, the density parameter was examined and found to have a limited influence on the impact of both the reused and new beams.

To validate the reference baseline (i.e., the impact of a new beam), two additional sources were used: a generic TOTEM component and the results from the EPD [15]. The findings demonstrate that the initial assumption is the most conservative, and that greater environmental benefits can be achieved when reuse is compared with alternative assumptions. Several process parameters are also varied: the impacts of transport distances, replacements, and material loss are investigated. Only at very extreme transport distances, between 4500 and 10,000 kilometers to the construction site, does the impact of the reused beam approach that of a new beam. The reduction remains 57% even at distances of 1000 kilometers. By examining different amounts of replacements, it is shown that the lifespan of a reused beam or its finishing layer does not need to match that of a new beam to be beneficial. Even when full replacements are included, the environmental impact remains significantly lower. Finally, the parameter of material loss is considered during both processing and testing procedures. No significant increase in impact is observed here, although the impact is reduced when material loss occurs earlier in the process. As alternatives to destructive testing procedures, which involve material loss and extra transport, oversizing and non-destructive testing prove to be more environmentally friendly options.

## IV. CONCLUSIONS

Throughout this research, the environmental impact of glulam was assessed across four reuse scenarios. While results varied, all scenarios showed significant impact reduction compared to newly produced beams, ranging from 72% to 92% over the entire life cycle. The study examined various processing steps. Basic operations, necessary for reintegrating beams, were found to have negligible environmental impact. In contrast, surface treatments with finishing layers significantly increase the total impact. The required working time also makes these processes less attractive from an economic perspective. Finally, beam length (and size) was found to be an important determinant, with longer elements offering the most substantial reductions compared to new production.

Next to this, dismantling for reuse results in an environmental benefit in comparison to a demolition. A key factor influencing this benefit is dismantling time, which underscores the importance of site coordination.

Overall, basic and well-prepared reuse processes lead to greater environmental gains. Therefore, further development of protocols, knowledge, and experience will remain crucial. However, every reuse process starts with the initiative of the stakeholders involved. Active early engagement is required during both demolition and project planning phase. This is especially true for large glulam beams, where timing and coordination between deconstruction and reuse are essential. When successfully aligned, the reuse of these elements can lead to considerable environmental benefits.

## REFERENCES

- [1] M. Kitek Kuzman *et al.*, 'Architectural Perspectives on Wood Reuse within Circular Construction: A South-Central European Study', *Buildings*, vol. 14, no. 3, Mar. 2024, doi: 10.3390/buildings14030560.
- [2] E. Douguet and F. Wagner, 'Milieuvoordelen (impact) van hergebruik in de bouwsector', 2021. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: [https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-01-environmental\\_impact-NL.pdf](https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-01-environmental_impact-NL.pdf)
- [3] S. Naval, 'Product of afval?: Status van hergebruikmaterialen', Sep. 2021. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: [https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-04-Product\\_waste-NL.pdf](https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-04-Product_waste-NL.pdf)
- [4] T. Smeyers, M. Deweerdt, and M. Mertens, 'Toolkit hergebruik: De hergebruikinventaris', Dec. 2022. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: [https://opalisis.eu/sites/default/files/2023-01/NL\\_FCRBE%20WPT%20D1.2%20gids\\_compressed\\_1.pdf](https://opalisis.eu/sites/default/files/2023-01/NL_FCRBE%20WPT%20D1.2%20gids_compressed_1.pdf)
- [5] CE Delft, 'Kennisnotitie Circulair Zuid-Holland: Biobased bouwen', Feb. 2021. Accessed: Mar. 01, 2025. [Online]. Available: <https://circulair.zuid-holland.nl/activiteit/kennisnotitie-biobased-bouwen/>
- [6] SGS Search, 'Onderzoeksrapport: "Voorstel berekeningsmethodiek om koolstofvastlegging in biobased bouwmaterialen te kunnen waarderen"', Jul. 2022. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.rijksverheid.nl/documenten/rapporten/2022/07/29/onderzoek-berekeningsmethodiek-koolstofvastlegging-in-biobased-bouwmaterialen>
- [7] Reuse Toolkit, 'Massief constructiehout met rechthoekige doorsnede', 2021. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: [https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-01/2.10\\_nl\\_-\\_massief\\_constructiehout\\_met\\_rechthoekige\\_dwarsdoorsnede\\_v01.pdf](https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-01/2.10_nl_-_massief_constructiehout_met_rechthoekige_dwarsdoorsnede_v01.pdf)
- [8] G. Bertino, J. Kisser, J. Zeilinger, G. Langergraber, T. Fischer, and D. Österreicher, 'Fundamentals of Building Deconstruction as a Circular Economy Strategy for the Reuse of Construction Materials', *Applied Sciences*, vol. 11, no. 3, 2021, doi: 10.3390/app11030939.
- [9] FCRBE, 'FCRBE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe'. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>
- [10] Vlaanderen Circulair (OVAM), 'Gerichte call: projecten circulaire bouweconomie', 2020, Accessed: May 06, 2025. [Online]. Available: <https://vlaanderen-circulair.be/src/Frontend/Files/userfiles/files/Gerichte%20Call%202020.pdf>
- [11] G. Hobbs and K. Adams, 'Reuse of building products and materials – barriers and opportunities', Jun. 2017. Accessed: May 06, 2025. [Online]. Available: <https://resolver.tudelft.nl/uuid:d511af0d-2c03-4234-a6c2-ffb38ab0f232>
- [12] Y. Niu, K. Rasi, M. Hughes, M. Halme, and G. Fink, 'Prolonging life cycles of construction materials and combating climate change by cascading: The case of reusing timber in Finland', *Resour Conserv Recycl*, vol. 170, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105555.
- [13] M. Rinke and R. Haddadi, 'An industry in transition: on the network of early glue-laminated timber production in Switzerland', *Construction History*, vol. 37, no. 2, pp. 19–41, 2022, [Online]. Available: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/industry-transition-on-network-early-glue/docview/3086409632/se-2?accountid=11077>
- [14] Reuse Toolkit, 'Constructieve elementen van gelijmd gelamelleerd hout', 2021. Accessed: Dec. 20, 2024. [Online]. Available: [https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-01/2.11\\_nl\\_-\\_constructieve\\_elementen\\_van\\_gelijmd\\_gelamelleerd\\_hout\\_v01\\_0.pdf](https://opalisis.eu/sites/default/files/2022-01/2.11_nl_-_constructieve_elementen_van_gelijmd_gelamelleerd_hout_v01_0.pdf)
- [15] Office économique Wallon du Bois and Hout Info Bois, 'Poutre en bois lamellé-collé fabriquée en Belgique', Dec. 2020. Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.houtinfo Bois.be/downloads/analyse-de-cycle-de-vie-dune-poutre-en-lamelle-colle-2020/0>



# Inleiding

Deze thesis is opgebouwd uit vier delen die elk een specifiek aspect van het hergebruik van glulamstructuren behandelen.

Deel 1 bestaat uit een literatuuronderzoek, waarin de context wordt geschetst door de voornaamste begrippen en principes rond de klimaatproblematiek, bio-based bouwen, hergebruik, levenscyclusanalyse en glulam toe te lichten.

In Deel 2 worden aan de hand van zeven concrete casussen bestaande hergebruikpraktijken met glulamstructuren in België onderzocht. Zowel geslaagde als minder geslaagde voorbeelden worden geanalyseerd, met aandacht voor betrokken actoren, toegepaste bewerkingen en obstakels of succesfactoren in het proces.

Deel 3 focust op de terugwinningsprocessen, van demontage tot herinstallatie, en bundelt deze in een volledig overzicht van een 'best practice' hergebruikproces. Deze processen worden geïllustreerd met voorbeelden uit de casussen.

In Deel 4 wordt een levenscyclusanalyse uitgevoerd om de milieu-impact van het hergebruik van glulam te kwantificeren en het ecologisch voordeel van hergebruik in kaart te brengen. Hierbij dienen deel 2 en deel 3 als input.

# Inhoudstafel

<b>Deel 1: Literatuuronderzoek .....</b>	<b>1</b>
1 Context klimaatproblematiek .....	2
2 Bio-based economie .....	3
2.1 Belang gebruik houtproducten in strijd tegen CO <sub>2</sub> .....	3
2.2 Hout als carbon sink.....	4
2.3 Druk op het bosbestand .....	6
2.4 Cascadering van hout.....	7
3 Hergebruik .....	10
3.1 Voordelen van hergebruik.....	11
3.2 Uitdagingen bij hergebruik .....	14
3.3 Europees kader voor hergebruik .....	15
3.4 Hergebruikproces in de praktijk .....	18
3.5 Hergebruikpotentieel van hout.....	20
3.6 Hergebruik van structureel hout: Hedendaagse praktijken .....	22
4 Levenscyclusanalyse (LCA) .....	27
4.1 Milieu-impact bepalen met een LCA .....	27
4.2 LCA in de praktijk .....	28
4.3 Biogene koolstof en LCA .....	30
4.4 Hergebruik en LCA .....	32
5 Glulam .....	34
5.1 Materiaalgeschiedenis.....	34
5.2 Productieproces.....	35
5.3 Milieu-impact .....	38
5.4 Glulam als materiaal met een onbenut hergebruikpotentieel .....	39
<b>Deel 2: Casussen .....</b>	<b>41</b>
1 Methodologie .....	42
2 Praktijkvoorbeelden .....	43
2.1 Recypark .....	45
2.2 Woning Dirk en Sally / Woning Thys .....	50
2.3 Natuureducatiecentrum / Stadsatelier De Ville .....	57
2.4 Farys-loods .....	65
2.5 Jeugdsite.....	69

3	Praktische uitdagingen voor een structureel hergebruik .....	72
3.1	Sloop voormalige sporthallen .....	72
3.2	Verzaging spanten uit loods.....	76
4	Deelconclusie: Stand van zaken .....	79
4.1	Gebouwtypologieën als hergebruikbron .....	79
4.2	Een proces dat verder gaat dan conventioneel hergebruik.....	80
4.3	Van pioniersproject tot maturiteit in procedures .....	84
<b>Deel 3: Terugwinningsprocessen .....</b>		<b>87</b>
1	Methodologie – Materiaalhandelaars .....	88
2	Terugwinningsprocessen.....	92
2.1	Ontmanteling .....	93
2.2	Transport.....	98
2.3	Opslag .....	101
2.4	Bewerkingen .....	102
2.5	Testprocedures.....	111
2.6	Nieuwe toepassing.....	115
<b>Deel 4: Levenscyclusanalyse .....</b>		<b>117</b>
1	Achtergrond levenscyclusanalyse .....	119
1.1	Doel en reikwijdte .....	119
1.2	Levenscyclusinventarisatie (LCI) .....	123
1.3	Levenscyclusimpactanalyse (LCIA) .....	124
1.4	Interpretatie .....	126
2	Methodologie analyse.....	127
2.1	Referentiebalken .....	127
2.2	Hergebruikscenario's .....	130
2.3	Terugwinningsprocessen en aannames.....	132
2.4	Nieuw productieproces en aannames .....	135
2.5	Aannames A5-C4 .....	136
2.6	Deelanalyses .....	139
3	Resultaten .....	145
3.1	Terugwinningsprocessen: A1-3 .....	145
3.2	Terugwinning en installatie: A1-5 .....	160
3.3	Einde-levensfase: C1-4 .....	168
3.4	Hergebruikcyclus: C1 <sub>L1</sub> -A5 <sub>L2</sub> .....	176

3.5	Volledige levenscyclus: A1-C4 .....	178
4	Sensitiviteitsanalyse .....	181
4.1	Lengte (omvang) .....	181
4.2	Densiteit .....	189
4.3	Impact van een nieuwe balk .....	192
4.4	Transportafstand .....	198
4.5	Levensduur van bewerkingen en structuur .....	201
4.6	Materiaalverlies .....	205
4.7	Conservatieve structurele maatregelen .....	210
5	Biogene koolstofopslag .....	214
5.1	Methodologie .....	214
5.2	Resultaten .....	216
	<b>Algemene Conclusie .....</b>	<b>221</b>
	<b>Bronnen .....</b>	<b>225</b>
I.	Literatuur .....	226
II.	Persoonlijke communicatie .....	239
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>241</b>
	Bijlage 1: Maatschappelijke reflectie .....	242
	Bijlage 2: Verantwoord gebruik van generatieve artificiële intelligentie .....	244
	Bijlage 3: Waarden en aannames .....	245
	Bijlage 4: Input SimaPro .....	249
	Bijlage 5: Aannames afkomstig van 'Environmental profile of buildings' (TOTEM-methodologie) .....	257

## Lijst met afkortingen

(B-)EPD	(Belgian) Environmental Product Declaration
B-PCR	Belgian Product Category Rules
CE	Conformité Européenne (Europese conformiteit)
FCRBE	Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements
FSC	Forest Stewardship Council
GL20	Glulambalk met buigsterkte van 20 MPa
GL24	Glulambalk met buigsterkte van 24 MPa
GWP <sub>100</sub>	Global warming potential over 100 jaar
ILCD	International Reference Life Cycle Data System
LCA	Levenscyclusanalyse
MPG	MilieuPrestatie Gebouwen
mPt	Millipunten
OEWB	Office économique Wallon du Bois
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
PE	Polyetheen
PEF	Product Environmental Footprint
TOTEM	Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials
VLAREM	Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning

## Lijst met normen

ISO 14040	Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Principes en raamwerk
ISO 14044	Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Eisen en richtlijnen
NBN B 16-520:2009	Visuele sortering van structuurhout met rechthoekige doorsnede
NBN-EN 408	Houtconstructies - Hout voor houtconstructies en gelijmd gelamineerd hout - Bepaling van enkele fysische- en mechanische eigenschappen
NBN-EN 14080	Houtconstructies – gelijmd gelamineerd hout en gelijmd massief hout
NEN-EN 15804 + A2	Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten
NEN-EN 15978	Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen – Rekenmethode

# Deel 1: Literatuuronderzoek

# 1 Context klimaatproblematiek

Sinds het vijfde klimaatrapport van de Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering van de Verenigde Naties uit 2014, bestaat er een wereldwijde consensus dat de menselijke activiteiten de atmosferische balans verstoren, en sinds een eeuw de voornaamste oorzaken zijn voor de opwarming van de aarde. 70% van de uitstoot van CO<sub>2</sub> is te wijten aan menselijke activiteiten zoals verbranding van fossiele brandstoffen, industriële vervuiling, gebruik van staal, beton, kunststof en ten slotte ook ontbossing (Jeffree, 2019). De bouwsector is momenteel verantwoordelijk voor ongeveer 28% van de globale CO<sub>2</sub>-emissies. Indien daarnaast de emissies voor productie van bouwmaterialen worden meegerekend, stijgt dit tot 40% (Kitek Kuzman et al., 2024). Er zijn verschillende strategieën nodig om deze problematiek aan te pakken.

Een eerste belangrijke pijler is om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen terug te dringen en **efficiënt om te gaan met de eindige grondstoffen** die nog resten (Jeffree, 2019). Initiatieven zoals passiefhuizen zetten in op dit probleem, en slagen er veelal in om de uitstoot van een gebouw tijdens de 'gebruiksfase' tot een minimum te herleiden. Hierdoor schuilt het merendeel van de uitstoot (50-70%) van een gebouw veelal niet meer in het gebruik ervan, maar wel in de voorafgaande productiefases (Amiri et al., 2020). Constructie-elementen hebben immers een significante hoeveelheid energie nodig om verwerkt te worden, de zogenaamde 'ingebede energie' (Kitek Kuzman et al., 2024).

Daarom vormt het stimuleren van het gebruik van **hernieuwbare** en biologische (**bio-based**) **grondstoffen** in de bouwsector een tweede belangrijke pijler. Hout geldt in dit kader als een ecologisch verantwoord bouw materiaal, aangezien de milieubelasting ervan aanzienlijk lager is dan die van eender welk menselijk gefabriceerd alternatief. Bovendien kan hout gerecycleerd, teruggewonnen en hergebruikt worden (Jeffree, 2019).

**Hergebruik** biedt een derde belangrijke oplossing voor het mitigeren van emissies in de bouwsector. De term hergebruik verwijst naar het hergebruiken van componenten, die geen afvalstoffen zijn, op dezelfde manier (of grotendeels de vorm behoudend) zoals ze origineel waren ontworpen (Godina, 2021). Dit begrip maakt deel uit van de circulaire economie, waarbinnen de gebruikswaarde van producten, materialen en grondstoffen zo lang mogelijk in de economie wordt gehouden (SPF Economie et al., 2021).

Het hergebruiken van bouwmaterialen zorgt ervoor dat ze langer in de omloop blijven, wat het verbruik van fossiele brandstoffen en eindige grondstoffen voor nieuwe materialen terugdringt. Ook de emissies voor de afvalverwerking van het materiaal kunnen worden uitgespaard (Douguet & Wagner, 2021).

De bouwsector is echter zodanig geïndustrialiseerd en geëvolueerd, dat hergebruik naar de achtergrond is verschoven in de hedendaagse praktijk (VRT CANVAS, 2021). Ondanks dat een grote hoeveelheid materiaal, zoals hout, technisch gezien herbruikbaar is na een eerste levenscyclus, wordt in Noordwest-Europa vandaag slechts 1% van alle bouwmaterialen hergebruikt (FCRBE, 2021).

Het hergebruik van houtmateriaal biedt dus een aanzienlijke, maar nog grotendeels onbenutte, dubbele kans om de klimaatproblematiek in de bouwsector aan te pakken.

## 2 Bio-based economie

In een biogebaseerde economie zijn de basisbouwstenen van materialen, chemische stoffen en energie, afkomstig uit hernieuwbare grondstoffen in plaats van fossiele, niet-hernieuwbare bronnen. Door nieuwe grondstoffen te vervaardigen uit organisch materiaal, afkomstig van dieren of planten, is het mogelijk om de uitstoot van broeikasemissies te verminderen, de afvalberg te verkleinen, en zo de ecologische en sociale draagkracht van de aarde te respecteren (Departement Leefmilieu Natuur en Energie, 2013; Vandermeulen et al., 2010).

Biogebaseerde grondstoffen worden al van oudsher gebruikt om in levensbehoeften te voorzien. De opkomst van de petrochemische industrie in de negentiende eeuw en de productie van goedkopere synthetische producten, maakten hier voor een groot deel een einde aan. De fossiele grondstoffen die hiervoor nodig zijn, zullen echter op termijn uitgeput raken. Op dat moment zal de volledige economie moeten schakelen naar materialen zoals vlas, hennep, koolzaad en *hout* (Vandermeulen et al., 2010).

### 2.1 Belang gebruik houtproducten in strijd tegen CO<sub>2</sub>

Binnen de Europese Green Deal, opgesteld in 2020 met als doel om van Europa het eerste klimaatneutrale continent te maken, speelt hout een belangrijke rol als constructiemateriaal. Dankzij fotosynthese slaat een kubieke meter hout 0,9 ton koolstofdioxide op, wat van hout een *Carbon sink* maakt (Ecobuild Brussels, 2023).

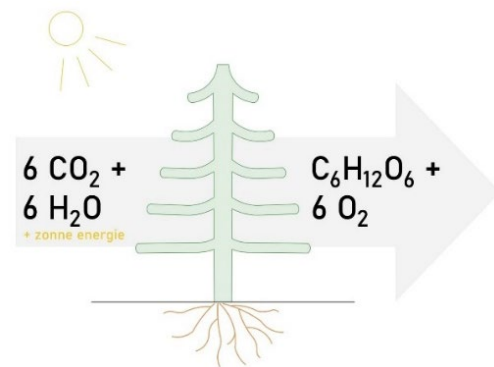
Naast vastlegging van CO<sub>2</sub>, dragen houten materialen ook bij aan een algemenere emissievermindering. Verschillende houtsoorten hebben immers geschikte technische eigenschappen om gebruikt te worden voor performante toepassingen binnen de bouwsector. Hierdoor kan hout als alternatief voor materialen met een hogere impact gebruikt worden. Zo wijst onderzoek uit dat de emissies bij het bouwen van een gebouw met performante houtproducten significant lager liggen dan een functioneel equivalent gebouw uit staal of gewapend beton (Kumar et al., 2024).

Deze eigenschappen alleen, maken een houten constructie-element echter nog niet per definitie duurzaam. Het is van belang om alle aspecten van houten materialen in acht te nemen, van oorsprong tot het einde van de levensduur, zodat duidelijk wordt welke aspecten de duurzaamheid van constructiehout verder beïnvloeden (Jeffree, 2019).

## 2.2 Hout als carbon sink

### 2.2.1 Groeiproces van een boom

Tijdens zijn groei doet een boom aan fotosynthese. Hiervoor heeft het mineralen, water, licht en CO<sub>2</sub> nodig. Koolstof- (uit CO<sub>2</sub>) en wateratomen (uit H<sub>2</sub>O) worden in dit proces gebonden tot suikers met behulp van licht. Deze suikers worden dan opgeslagen in de boom onder de vorm van cellulose (hout), wat een toename van biomassa veroorzaakt (Broeckeaert & Verstraete, 2023; Hout Info Bois, 2019).



Figuur 1: Fotosynthesereactie in een boom

De groei van de boom zorgt ervoor dat de kruin voldoende zonlicht kan opvangen. Dit doet een boom via de bladeren, die vol met chlorofyl zitten. Tevens wordt hier de CO<sub>2</sub> uit de lucht opgenomen. Mineralen en water komen dan weer binnen via de wortels (Hout Info Bois, 2019; Prins, van Roeden, & van der Lugt, 2021).

Het groeiproces van een boom is dus het resultaat van deze interne energieproductie. Tijdens deze groei ontwikkelt de boom een structuur die stijfheid, flexibiliteit en sterkte heeft. Dit gebeurt met een minimale hoeveelheid houtmateriaal, wat tevens zorgt voor een lichte structuur. De oorsprong van deze eigenschappen ligt in de microscopische opbouw van de celwanden (Prins, van Roeden, & P. van der Lugt, 2021).

### 2.2.2 Biogene koolstof

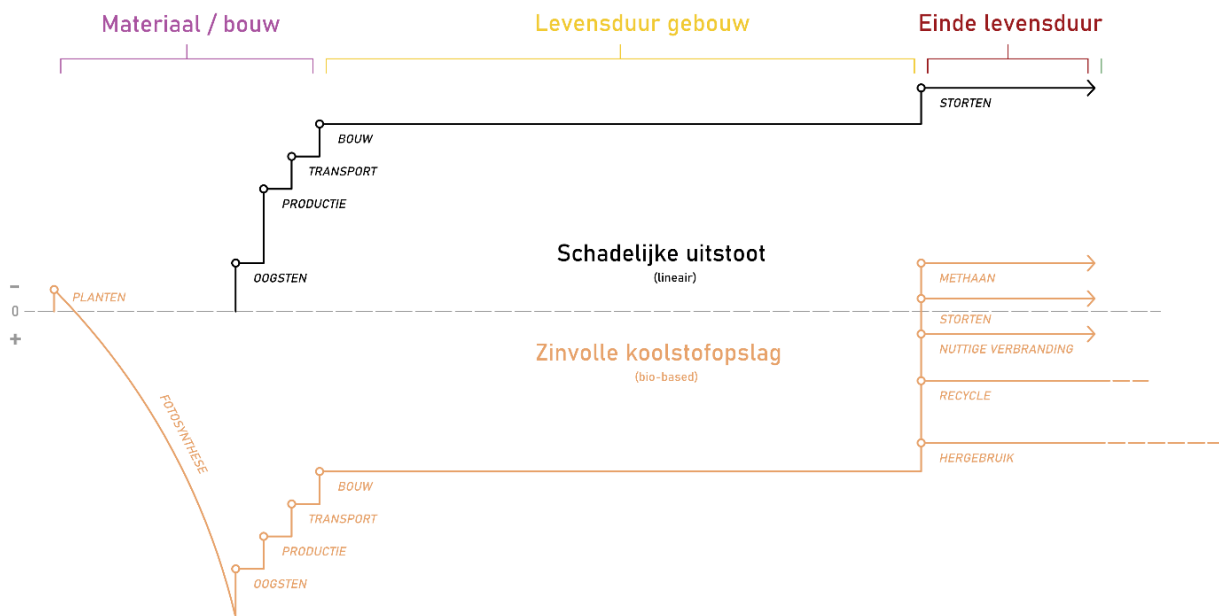
Een boom neemt dus gedurende zijn levensduur CO<sub>2</sub> op en fungeert daardoor als een *carbon sink*. De koolstof uit de atmosfeer wordt opgeslagen in de biomassa voor een bepaalde periode, totdat deze terug vrijkomt aan het levenseinde van het hout. Hoe langer de koolstof in het bouw materiaal vastgelegd blijft, hoe langer ze uit de atmosfeer is onttrokken en de schadelijke effecten van deze CO<sub>2</sub> worden voorkomen (CE Delft, 2021; SGS Search, 2022).

Wanneer een bio-based materiaal, zoals hout, uit een ecosysteem wordt onttrokken en toegepast wordt in een bouwwerk, leidt dit tot een tijdelijke afname van de beschikbare biomassa. Op dat moment ontstaat een *carbon debt*: een koolstofschuld die voortkomt uit het feit dat de verwijderde biomassa niet langer in staat is om CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer op te nemen via fotosynthese. Deze schuld wijst op de tijdelijke toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer (Strengers et al., 2024).

Door het rooien van gewassen, zoals bomen, neemt de totale koolstofopslag, de *carbon sink*, af, waardoor de *carbon debt* toeneemt. Wanneer echter over langere termijn (25-30 jaar) gekeken wordt naar het ecosysteem waarin een boom zich bevindt, kan de CO<sub>2</sub>-balans op macro schaal neutraal blijven. Deze neutraliteit is slechts geldig als het om een duurzaam beheerd bos gaat, bijvoorbeeld met FSC of PEFC keurmerk. Deze keurmerken waarborgen het duurzaam beheer van bos. (SGS Search, 2022).

Op het einde van de levensduur, zal de biogene koolstof uit houtproducten ook weer vrijkomen in de atmosfeer door verbranding of verrotting. De warmte die bij dit proces vrijkomt is in essentie pure zonne-energie die initieel was opgenomen. Ook door methaangisting komt de opgenomen koolstofvoorraad terug vrij (Broeckaert & Verstraete, 2023). Wanneer houtmateriaal uit een duurzaam beheerd bos zijn biogene koolstof pas na een lange termijn vrijgeeft, blijft CO<sub>2</sub> onttrokken uit de atmosfeer. Terwijl de opgenomen CO<sub>2</sub> langdurig opgeslagen zit in het materiaal, blijft het bos in dit geval ook actief CO<sub>2</sub> opnemen, wat zorgt voor een tijdelijk cumulatief effect van koolstofonttrekking (CE Delft, 2021).

Langdurige opslag van CO<sub>2</sub> heeft ook een netto-effect op de stralingsforcering, wat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Aangezien de koolstofopname voorafgaat aan de afgifte, ontstaat er een tijdelijke daling van de opwarmingseffecten van CO<sub>2</sub> tijdens de levensduur van een houtmateriaal (Claeys, 2022). Bij houtstructuren met een lange levensduur is dit effect dus groter. Door hergebruik in te zetten als alternatief voor verbranding of gisting, kan de levensduur nog verder verlengd worden na een eerste gebruik, waardoor de koolstofvoorraad langer in de gebouwde omgeving wordt gehouden (Douguet & Wagner, 2021).



Figuur 2: Koolstofopslag in bouwmaterialen (SGS Search, 2022)

## 2.3 Druk op het bosbestand

Als gevolg van de transitie naar een meer bio-based economie, zal de vraag naar hout in Europa incrementeel toenemen (Lerink et al., 2023). De hernieuwde focus op hout als bouw materiaal voor een klimaatvriendelijkere bouwomgeving, valt ook binnen deze transitie. De biomassa in bossen vormt vandaag de belangrijkste bron van hernieuwbare energie in Europa en vormt de helft van de totale hernieuwbare energieconsumptie in de EU. De totale Europese bosoppervlakte bedraagt ongeveer 40% van de grondoppervlakte van Europa, waarvan 130 miljoen hectare beschikbaar is voor houtproductie (Kutnar & Muthu, 2018).

Wanneer de vraag te snel stijgt of te hoog zou worden, bestaat de kans dat de overgang naar een bio-based economie gepaard gaat met een netto verlies van koolstofdioxide naar de atmosfeer en een degradatie van de boskwaliteit (Lerink et al., 2023). Bij de ontbossing van een gebied zonder een correcte teruggroei, komt immers heel wat opgeslagen CO<sub>2</sub> direct vrij in de atmosfeer, zonder dat deze opnieuw kan worden opgenomen door nieuwe bomen. Wereldwijd is ontbossing verantwoordelijk voor 15% van de uitstoot van broeikasgassen (FSC België, z.d.).

Het Europese bos groeit daarentegen al enkele decennia. Voorlopig is er dus voldoende bijgroei om aan de vraag te voldoen, waardoor er in theorie zelfs een verhoogd houtgebruik kan worden opgevangen (Prins, van Roeden, & P. van der Lugt, 2021). Ook de groeisnelheid zelf is de afgelopen decennia toegenomen. Dit komt volgens verschillende studies door een verschil in bosmanagement, een toename van stikstof in de bodem, toegenomen CO<sub>2</sub> concentraties en verandering van het klimaat. Het bosbestand bestaat momenteel dan ook vooral uit sneller groeiende naaldbomen, voornamelijk dennen en sparren. Deze hebben snellere oogstcycli, als gevolg van specifieke managementkeuzes bij de productie (Lindner et al., 2021).

Hoewel er een Europese groei is, ligt in België de jaarlijkse bijgroei lager dan de houtoogst, wat een vermindering van de productieve bosoppervlakte oplevert (Van Cauwenberge, 2018). Deze lokale productie wordt slechts beperkt in praktijk gebracht in Vlaanderen. Het hout uit de eigen bossen wordt veelal geëxporteerd of krijgt een laagwaardige toepassing, terwijl het merendeel van het gebruikte hout in Vlaanderen afkomstig is uit het buitenland. Het is dus belangrijk dat Vlaanderen meer gaat inzetten op een korte-keten houtproductie voor hoogwaardigere toepassingen. Daarnaast is het cruciaal dat de duurzame herkomst en productie van hout gegarandeerd wordt, ook bij import (Bos+, z.d.).

Duurzaam bosbeheer houdt het behouden van het bosbestand als hernieuwbare bron in. Regeneratief hout komt voort uit bossen waarin geoogst hout tijdig en gefaseerd vervangen wordt door de jaarlijkse aangroei van overblijvende bomen, natuurlijke verjonging of nieuwe aanplanting. Op die manier worden ook de ecologische en sociale functies van het bosesysteem in stand gehouden (Bos+, z.d.).

Om te weten of een bos duurzaam wordt beheerd, is certificering van belang. Het internationale, onafhankelijke keurmerk FSC garandeert de duurzaamheidswaarde van door hen gecertificeerd hout. Om dit keurmerk te krijgen moeten het bosbeheer, de

natuurbelangen, economische belangen en sociale aspecten van het beheer in balans zijn. De voorwaarden verschillen per land en regio. Het duurzaamheidskeurmerk PEFC doet in essentie hetzelfde (Prins, van Roeden, & van der Lugt, 2021; VRT CANVAS, 2021).

Ondanks deze Europese groei, komen de bossen onder steeds grotere druk te staan, zowel ten gevolge van natuurlijke processen als toegenomen menselijke activiteit. De klimaatverandering zorgt voor een afgenomen weerstand tegen plagen, vervuiling en ziekten, terwijl ook bosbranden hierdoor zijn toegenomen. Dit legt bijkomende uitdagingen op voor het bosbeheer en is in het bijzonder van toepassing op monospecifieke en gelijkjarige bosopstanden (Europese Commissie, 2021).

Daarnaast vormen de toenemende en soms concurrerende eisen, die op het bos worden gelegd vanuit de bio-based economie, ook een uitdaging. Er moet op worden toegezien dat het houtgebruik binnen de duurzaamheidsgrenzen blijft en dat er een optimaal gebruik is van materiaalstromen. Om met deze uitdagingen om te gaan, stelde de EU een nieuwe bosstrategie op voor 2030 (Europese Commissie, 2021).

Om de druk op de bossen te verlichten, is het belangrijk om hout zo lang mogelijk in een hoogwaardige toepassing te gebruiken. Hiertoe kan het hergebruik van houten element in eenzelfde toepassing ervoor zorgen dat de levensduur van reeds bestaande materialen wordt verlengd (Reuse Toolkit, 2021c). De terugwinning van nieuw hout uit bossen kan daardoor worden uitgespaard.

## 2.4 Cascadering van hout

In de Europese unie werd 46,79 Mt houtafval gegenereerd in 2022, waarvan 17% afkomstig uit de bouwsector. 41,40 Mt van het houtafval werd behandeld. Van dit behandeld houtafval werd 51% verbrand voor energierugwinning, terwijl 48% werd gebruikt voor recyclage en 1% werd gestort (Eurostat, 2024).

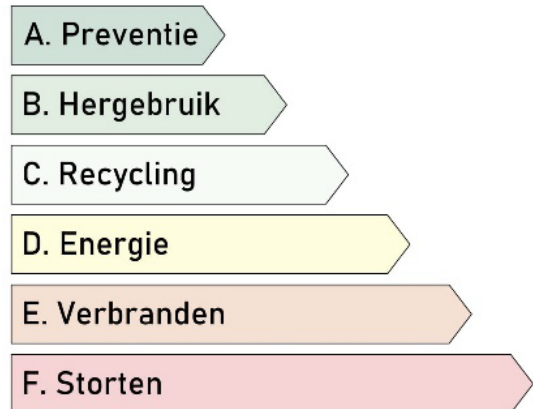
In België werd 1,77 Mt van de 2,57 Mt houtafval behandeld, waarvan een hoger aandeel van 57% werd gerecycleerd. Daarnaast werd 39% verbrand voor energierugwinning en 4% gestort. In België is eveneens 17% van het houtafval afkomstig uit de bouwsector. Hier is recyclage dus de dominante verwerkingswijze van houtafval, terwijl het aandeel verbranding en recyclage bijna gelijk zijn op Europees niveau (Eurostat, 2024).

Deze cijfers geven aan dat de houtafvalverwerking in Europa en België vandaag vooral gericht is op recyclage en energierugwinning. Het EU-actieplan voor de circulaire economie spreekt in dit opzicht van een aanpak gericht op 'cascadering', wat betekent dat waarde van materialen zo lang mogelijk wordt behouden in de economie en product- en materiaalketens gesloten worden. Dit gebeurt in de praktijk door afvalproductie te minimaliseren en recyclage en hergebruik te maximaliseren (Europese commissie, 2018).

Het doel van cascadering ligt in het gebruiken van de houtachtige biomassa gedurende de gehele levenscyclus, zodat koolstof blijvend wordt opgeslagen in het materiaal (Europese commissie, 2018). De de-carbonisatie van de atmosfeer zal voortvloeien uit het gebruik van houtproducten die een langere tijd meegaan (cascadering), eerder dan uit het veelvuldig gebruik van laag-kwalitatief hout (Brunet-Navarro et al., 2021). Terwijl het hout

telkens nieuwe levensfasen krijgt, kunnen nieuwe bomen groeien die ook opnieuw CO<sub>2</sub> uit de lucht halen (Prins, van Roeden, & P. van der Lugt, 2021).

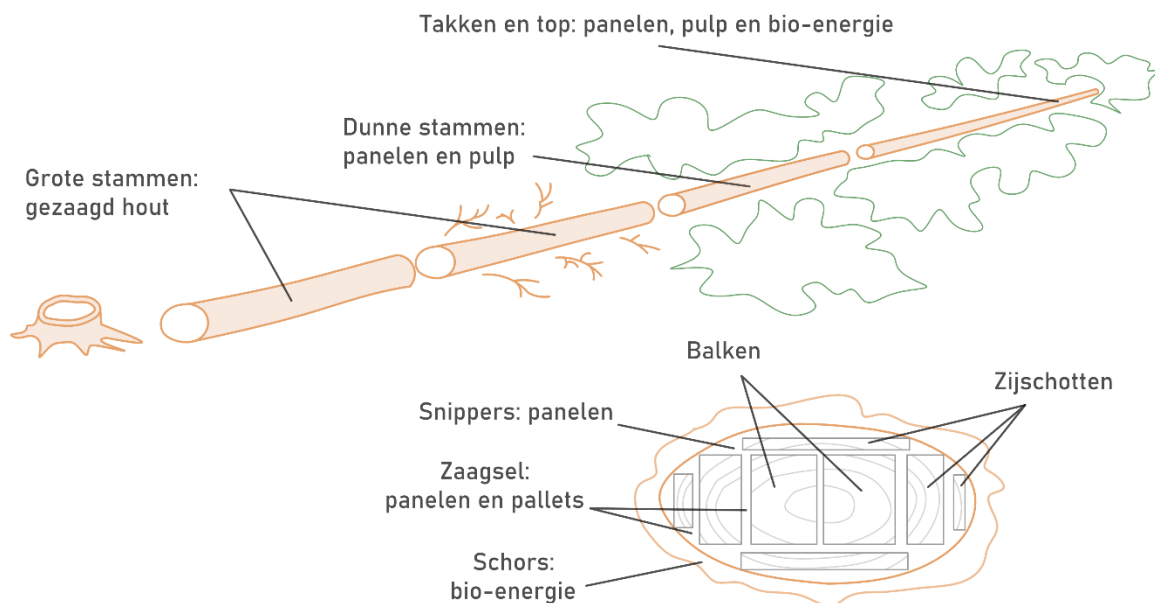
De ladder van Lansink biedt inzicht omtrent de hiërarchie die zou moeten bestaan binnen deze cascaderwerking. Hoewel recyclage en hergebruik vaak op hetzelfde niveau staan binnen de richtlijnen van de EU, is het belangrijk om hergebruik hoger te plaatsen op de waardeketen. Beide processen besparen de ontginning van grondstoffen van een materiaal, maar hergebruik vermijdt bovendien ook de productie-impact. De milieuvoordelen van hergebruik liggen dus hoger ten opzichte van recyclage. Recycling zou dus pas mogen gebeuren bij materialen die ongeschikt zijn om te worden hergebruikt (Douguet & Wagner, 2021).



Figuur 3: Ladder van Lansink

De terugwinning van energie door verbranding van biomassa, dient enkel te gebeuren wanneer er geen verdere milieuvriendelijke of economisch rendabele mogelijkheid tot verdere verwerking is. Verbranding helpt om de energieproductie uit niet-hernieuwbare bronnen te verminderen (Europese commissie, 2018).

Verschillende cascaderingspraktijken zijn reeds gangbaar. Zo is slechts een deel van de boom, veelal groter stamhout, bruikbaar in de bouwindustrie. Nevenproducten en resten, die ontstaan bij het verzagen van rondhout uit het bos, worden gebruikt om panelen op houtbasis, papierpulp en bio-energie te produceren. Alle ontgonnen delen van de boom worden dus in een zo hoogwaardig mogelijke toepassing gebruikt (Europese commissie, 2018).



Figuur 4: Bestemming van verschillende boomdelen (Europese commissie, 2018)

Een toonaangevend voorbeeld van het cascaderingsbeginsel, is de productie van panelen op houtbasis. Laagwaardig hout en houtafval worden hier omgezet in nieuwe panelen, wat leidt tot minder afval en een meerwaarde van de gebruikte grondstoffen. Zo bestaat een spaanplaat doorgaans voor 70% of meer uit gerecycleerd hout, wat het dus een sector maakt die grote hoeveelheden afvalhout opnieuw verwerkt. Daartegenover staat echter wel dat de productie van panelen energie-intensief is. Tegenwoordig wordt de benodigde energie opgewekt door het verbranden van procesgerelateerde brandstoffen, wat de impact van de industrie gedeeltelijk beperkt. (Europese commissie, 2018).

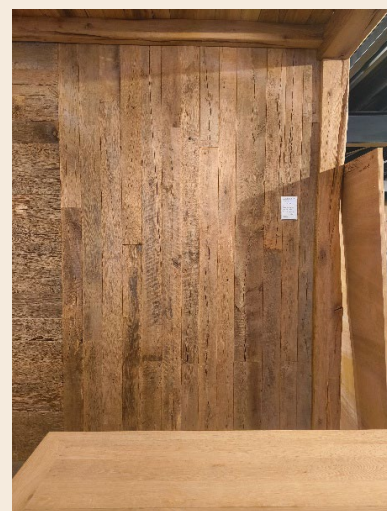
### **Cascadering van hout – Europort Pittem**

**Europort** (Pittem) is gespecialiseerd in de recuperatie van antiek (eiken)hout. Prioriteit is altijd om de **gerecupereerde balken** door ontnageling, zaag- en schuuroperaties terug op te schonen, om ze daarna in te zetten voor **structurele doeleinden**. Vaak ontstaat er tijdens deze operaties resthout, of zijn bepaalde balken niet meer geschikt om te dienen in een constructie. Dit 'resthout' wordt gebruikt voor de vervaardiging van **planken voor houtvloeren**. Met een lintzaag worden planken vervaardigd van 25 tot 30 millimeter dik. Deze worden bij een externe firma voor 3 weken gedroogd in de droogoven, zodat deze bij gebruik niet kromtrekken door hun geringe dikte. Na het drogen worden de planken nog verder geschaafd en verzaagd, totdat ze uiteindelijk vlak genoeg zijn om geïnstalleerd te worden als vloer (M. Abeele, persoonlijke communicatie, 4 november 2024).

Het afval dat tijdens deze verzaagoperaties vrijkomt, wordt naar een nabijgelegen **spaanplaatbedrijf** (Spano, Oostrozebeke) gestuurd (M. Abeele, persoonlijke communicatie, 4 november 2024). Het is aannemelijk dat de plankenvloer aan het einde van zijn leven ook in een soortgelijk verwerkingsbedrijf zal terechtkomen. Wanneer ook deze levensfase als spaanplaat is beëindigd, kan het hout finaal **verbrand** worden voor energieopwekking. Dit soort procedure kan ervoor zorgen dat het hout een lange levenscyclus kent, en dus een lange opslag van CO<sub>2</sub> met zich meebrengt, van balk tot brandstof.



Figuur 5: Lintzaagmachine waarmee balken tot planken worden verzaagd. Rechts ligt een stapel afgewerkte planken



Figuur 6: Een massieve houtvloer in de showroom van Europort

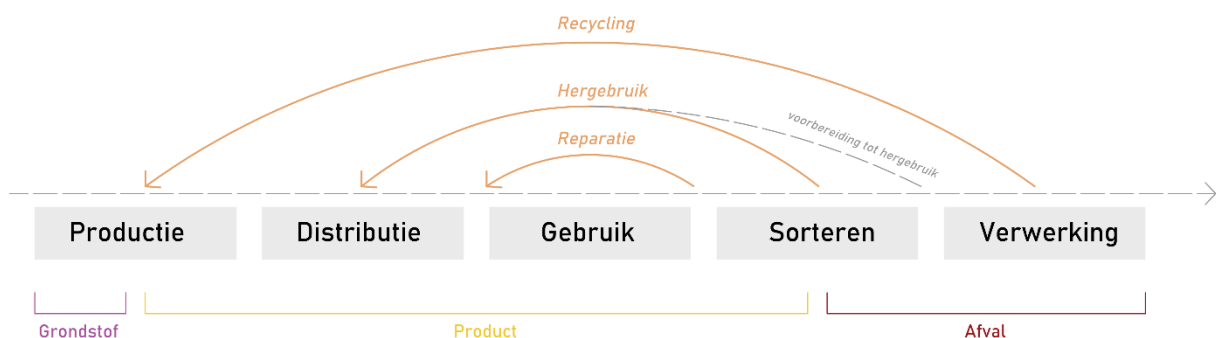
### 3 Hergebruik

Bij hergebruik krijgt materiaal bij een afbraak niet de afvalstatus, maar behoudt het haar productstatus. Vaak verkrijgen materialen de afvalstatus omdat deze reeds werden gedeponeerd, achtergelaten of naar een afvalverwerkingsinstallatie gevoerd vooraleer hergebruik zeker was. Ook onbehandelde, ongesorteerde materialen vallen hieronder, aangezien ze in hun huidige staat niet geschikt zijn voor hergebruik (Naval, 2021).

Deze materialen hebben de afvalstatus, maar kunnen opnieuw de productstatus verkrijgen wanneer het hergebruik alsnog verzekerd kan worden, bijvoorbeeld door het doorlopen van verschillende sorteer- en herstelfases. Tijdens het doorlopen van deze fasen krijgt het materiaal een versoepelde afvalstatus, wat ook de 'voorbereiding voor hergebruik' wordt genoemd. Om over hergebruik te spreken, beperken deze bewerkingen zich tot procedures waarbij de samenstelling van het materiaal niet verandert. De bewerking kan het materiaal aanpassen voor gebruik binnen een nieuwe toepassing (bv. verzagen, lakken, schilderen, schuren van planken), maar mag de belangrijkste kenmerken ervan niet radicaal veranderen (bv. het verbrijzelen van planken tot spaanders) (Naval, 2021).

Net deze aard van bewerkingen, waarbij de oorspronkelijke kwaliteiten van het materiaal bewaard blijven, duidt het grootste onderscheid met recycling. Gedurende een recyclageproces zullen materialen diepgaande transformaties ondergaan van fysisch-chemische aard, wat hen herleidt tot grondstoffen voor een nieuw productieproces. Binnen dit proces doorlopen de materialen de afvalstatus, waardoor ze door erkende exploitanten moeten worden beheerd (Janssens, 2019; Naval, 2021).

Vaak gaat binnen dit recyclageproces de (economische) waarde van een materiaal, dat nog kon dienen voor hergebruik, verloren (Janssens, 2019). Daarnaast biedt een gerecycleerd materiaal minder gebruiksmogelijkheden dan een hergebruikt materiaal en moet het vaak worden gecombineerd met een nieuw materiaal om te kunnen worden verwerkt. Een gerecycleerd materiaal ligt hierdoor dichterbij de uiteindelijke afvalstatus, en dus een niveau lager in de afvalbeheerhiërarchie, dan een hergebruikt materiaal (Naval, 2021).



Figuur 7: Materiaalstatus en processen binnen circulaire economie (Naval, 2021)

## 3.1 Voordelen van hergebruik

### Milieu-impact

Naast de emissie van CO<sub>2</sub> en bijbehorend effect op de klimaatopwarming, zijn er nog andere mogelijke bijdragen aan uiteenlopende milieuproblemen die een product heeft over zijn hele levenscyclus. Dit gaat bijvoorbeeld over de bijdrage aan uitputting van natuurlijke hulpbronnen, water- en bodememissies of ozonafbraak. Om ook deze milieu-effecten mee te nemen, kan de milieu-impact van een materiaal worden gekwantificeerd aan de hand van een levenscyclusanalyse (zie *hoofdstuk 4*). Deze analyse houdt rekening met alle levensfasen die een materiaal doorloopt, van productie tot afvalverwerking, en kwantificeert de outputs die deze hebben op het milieu (Douguet & Wagner, 2021).

Hergebruik zorgt ervoor dat er een aantal stappen in de levenscyclus van bouwmaterialen kunnen worden overgeslagen, met name de productie en de afvalverwerking op het einde van hun levensduur (Seys et al., 2016). Daarnaast vermindert het de hoeveelheid bouw- en sloopafval door bouwelementen langer in omloop te houden. De impact van afvalverwerking wordt voor deze elementen vermeden. Deze afvalverwerking kent immers een negatief effect door de uitstoot van vervuilende stoffen tijdens transport, verbranding of de aanleg van kunstmatige bodems voor het ingraven van afval (Naval, 2021; Smeyers et al., 2022).

Door het hergebruiken van bouwmaterialen wordt ook de impact van de ontginning van grondstoffen en de productiefase vermeden, die er wel zou zijn wanneer een nieuw materiaal wordt gebruikt. De hulpbronnen, die vandaag voortdurend benut worden, zijn niet onuitputtelijk, waardoor het van belang is om het gebruik van de gewonnen grondstoffen te optimaliseren. Daarnaast kan de uitstoot van broeikasgassen en het verbruik van energie, die gepaard gaat met de winnings- en productiefase, worden uitgespaard. Uit eerdere levenscyclusanalyses is gebleken dat de impact van hergebruikte materialen in dezelfde toepassing gemiddeld 2 tot 12 keer lager ligt dan het gebruik van nieuwe equivalenten. Het in omloop houden van bouwelementen is dus een doeltreffende strategie om de milieu-impact van de bouwindustrie te verminderen (Douguet & Wagner, 2021; FCRBE, 2022; Naval, 2021; Smeyers et al., 2022).

Hoewel bepaalde grote impacten kunnen worden uitgespaard, zullen er ook bij een hergebruikproces meestal nog bijkomende processen aan te pas komen vooraleer een materiaal klaar is om effectief hergebruikt te worden. Zo hebben selectieve ontmantelingen, logistieke overdrachten en de sorteer- en herstelfase ook een milieu-impact die kan worden afgewogen ten opzichte van een nieuw materiaal. Meestal zal het hergebruikscenario desondanks nog steeds een duidelijk milieuvoordeel aantonen in vergelijking met een nieuw alternatief (Douguet & Wagner, 2021).

### Ontwikkeling van de lokale economie

Naast het potentieel om de milieu-impact te verminderen, biedt het terugwinnen van bouwmaterialen ook potentieel voor het ontwikkelen van de lokale economie. Tijdens het terugwinningsproces zijn verschillende handelingen vereist die vaak arbeidsintensief zijn, waardoor mogelijkheden kunnen ontstaan voor nieuwe, lokale werkgelegenheden

(Smeyers et al., 2022). Door de hoeveelheid manueel werk en de hoge precisie, zou voor deconstructie ongeveer 7 keer meer arbeid nodig zijn dan voor een klassiek sloopproject, wat ertoe leidt dat er veel meer arbeiders nodig zijn om dit op te vangen. Daarnaast vinden de activiteiten binnen de hergebruiksector vaak erg lokaal plaats in het centrum van steden (bijvoorbeeld Brussel), wat dan weer werkgelegenheid creëert in regio's waar er veel vraag naar werk is. Een toename van arbeidsuren brengt echter ook een toename van kosten met zich mee, vooral in België waar arbeid bijzonder duur is. De afname van economische efficiëntie vormt dan ook een grote uitdaging voor de bouwsector die hierop gericht is (Ghyoot et al., 2018).

De sociale economie kan hierin een uitweg bieden, aangezien deze sector niet primair gericht is op het maximaliseren van winst maar wel op het maken van een sociale impact en het bieden van een meerwaarde voor de gemeenschap. Om hergebruik op grotere schaal te integreren zou een samenwerkingsvorm, die zowel het potentieel van de sociale economie als de conventionele bouwsector benut, kunnen ontwikkeld worden (Ghyoot et al., 2018). Deze samenwerkingsvorm is reeds aanwezig bij verschillende hergebruikhandelaar en -actoren.

### **Behoud van culturele waarden**

Ten slotte bewaart hergebruik ook het materiële en immateriële erfgoed in de gebouwde omgeving. Wanneer een gebouw wordt afgebroken, kunnen de onderdelen ervan als een herinnering blijven bestaan bij hergebruik. Specifieke materiaalkennis en bouwtechnieken uit het verleden gaan op deze manier ook minder snel verloren (FCRBE, 2022).

## Betrekken van de sociale economie - *Hergebruik van hout*

**Maatwerkbedrijven** zijn bedrijven die mensen tewerkstellen die niet terecht kunnen in het 'reguliere' arbeidscircuit. Ze streven niet naar winstmaximalisatie, maar wel naar een maximale tewerkstelling van personen met een beperking (Groep Maatwerk, 2024).

Binnen het hergebruikproces van hout wordt voor de vele uren manuele arbeid vaak een beroep gedaan op deze bedrijven. Zo werkt **Buurman in Antwerpen** samen met maatwerkbedrijven Manus en De Brug voor het verwijderen van nagels, nieten of schroeven uit gerecupereerde houtelementen. De verwerking van het hout gebeurt in het atelier van Buurman. Ook voor het ontmantelen en verzamelen van hout op locatie doet Buurman een beroep op Manus, dat een aannemersvergunning heeft. Manus staat zelf in voor het transport en de gereedschappen van haar werknemers op een werf, terwijl Buurman instaat voor de opleiding en begeleiding. Buurman ontvangt subsidies van Trividend (Vlaams participatiefonds voor de sociale economie) en de provincie Antwerpen omdat het als circulaire onderneming zorgt voor bijkomende jobs in de sociale economie. Hiermee betaalt het de maatwerkbedrijven en blijft de activiteit voldoende betaalbaar (provincie Antwerpen, 2024; S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).

Ook **Atelier Circuler in Leuven** werkt samen met 'Wonen en Werken', tevens een sociale onderneming. Deze staan in het atelier in voor manuele operaties als ontnagelen, rechtzagen en in rekken leggen van houtelementen. Voor grotere loten worden operaties (zoals het schaven van planken) uitbesteed aan bedrijven als Akwadraat, die als maatwerkbedrijf over eigen houtbewerkingsmachines van grotere schaal beschikken (W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).



Figuur 8: Werkplaats Buurman



Figuur 9: Werkplaats Atelier Circuler

## 3.2 Uitdagingen bij hergebruik

Hoewel de kwantificeerbare voordelen van hergebruik duidelijk zijn, wordt in Noordwest-Europa vandaag slechts 1 procent van de bouwmaterialen gebruikt na een eerste toepassing (FCRBE, 2021). De omslag van een lineaire naar een circulaire economie kent nog heel wat barrières die een verdere ontwikkeling van de hergebruikpraktijk in de weg staan. Circulaire oplossingen passen namelijk niet zomaar in de huidige routines en gewoontes. Zowel betrokkenen in het bouwproces, als de overheid vormen vandaag nog vaak een hindernis in de transitie naar een circulaire economie.

Binnen het bouwproces worden beslissingen vandaag vaak enkel gemaakt op basis van een kort termijnperspectief en louter financiële argumenten (Vlaanderen Circulair (OVAM), 2020). Er is een gebrek aan tijd op de meeste afbraakwerven, waardoor het ontmantelen en voorzichtig inpakken van hergebruikelementen teveel tijd kost en onaantrekkelijk wordt. Deze tijdsdruk komt bijvoorbeeld voort uit eigenaars die geen inkomsten van een nieuw gebouw willen mislopen ten gevolge van een uitgelopen planning (Hobbs & Adams, 2017).

Daarnaast vormt ook het gebrek aan kennis over hergebruikprocessen een belangrijke uitdaging. Omdat er bij veel actoren nog maar weinig ervaring is met hergebruik, heerst er vaak terughoudendheid bij de implementatie van hergebruik in een project (Knoth et al., 2022). Uitvoerders en investeerders zijn vaak conservatief ingesteld en mijden liever de risico's die gepaard gaan met circulaire bouwtechnieken (Vlaanderen Circulair (OVAM), 2020).

Bovendien vertrekken bouwactoren ook vaak vanuit individuele belangen, waardoor er weinig onderling vertrouwen is binnen een bouwproject (Vlaanderen Circulair (OVAM), 2020). Vertrouwen en samenwerking zijn net belangrijk om een hergebruikproces op te zetten, aangezien dit ervoor zorgt dat actoren met meer hergebruikervaring anderen kunnen informeren en betrekken in een andere mindset (Knoth et al., 2022).

Bij bouwheren en gebruikers vormt het gebrek aan bewustzijn of gevoel van urgentie daarnaast vaak een hindernis voor het ontwikkelen van een circulaire economie (SERV, 2018). Het is voor hen vandaag nog niet altijd duidelijk welke individuele voordelen en maatschappelijke kansen circulair bouwen te bieden heeft, waardoor hier minder snel uit eigen initiatief voor wordt geopteerd (Vlaanderen Circulair (OVAM), 2020).

Op het vlak van regelgeving, vormt het normatieve kader voor bouwmaterialen vaak een hindernis. Deze is in de huidige vorm niet altijd direct van toepassing op hergebruikte materialen (Poncelet & Engelborghs, 2023a). Bij een hergebruikmateriaal heerst namelijk vaak onzekerheid over de eerdere levensduur of exacte herkomst. Dit zorgt ervoor dat bij veel afnemers en overheden vandaag twijfel bestaat om hergebruikte elementen toe te passen, zeker als het gaat om structureel materiaal. Testprocedures kunnen hierin uitsluitel brengen, maar drijven de kostprijs vaak te hoog op (Hobbs & Adams, 2017). Er is vandaag dus een gebrek aan geharmoniseerde regelgeving, die steun biedt voor het hergebruiken van bouw materiaal (Knoth et al., 2022).

Om de hergebruikpraktijk te stimuleren, is actie vanuit de overheid noodzakelijk voor het ontwikkelen van een beleid dat hergebruik van bouwmaterialen stimuleert. Het opstellen

van een geschikt beoordelingssysteem voor hergebruikproducten met gestandaardiseerde informatie, zal de onzekerheid bij bouwactoren verminderen door de voorspelbaarheid te verhogen. Daarnaast zal ook het nationaal beleid voor afvalbeheer verder moeten worden afgestemd op een transitie naar hergebruik (Knoth et al., 2022). Ook het opnemen van een voorbeeldfunctie, bijvoorbeeld door het financieren of opzetten van circulaire pilootprojecten, kan bijdragen tot een shift in de sector. Door de projecten grondig te documenteren, wordt een kennisopbouw opgezet (Vlaanderen Circulair et al., 2023).

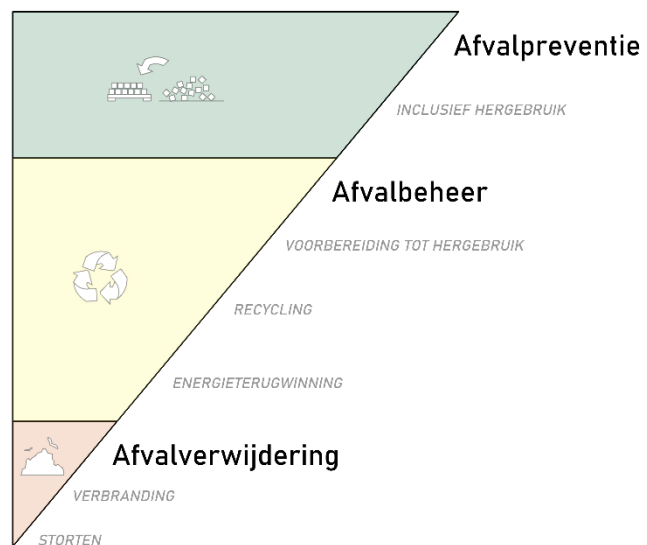
Om uitdagingen in de sector aan te gaan, moet de overheid de hergebruikpraktijk dus verder stimuleren en ondersteunen. Daarnaast dienen actoren binnen de bouwsector zelf ook initiatief op te nemen om af te wijken van de conventionele denkkaders, die vandaag nog veelvuldig een circulaire bouwsector in de weg staan.

### 3.3 Europees kader voor hergebruik

Het Europese project FCRBE (*Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements*), dat liep tussen 2018 en 2023, richt zich erop om het aantal gerecupereerde bouwmaterialen die in de omloop worden gebracht tegen 2032 met 50% te verhogen binnen Noordwest-Europa (FCRBE, 2021).

Daarnaast past hergebruik ook binnen andere Europese beleidsmaatregelen zoals de *Green Deal* (2019), de *kaderrichtlijn afval* (2008/2018) en het *actieplan voor circulaire economie* (2020) (Gobbo et al., 2022). De kaderrichtlijn afval heeft als doel om de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen, door negatieve gevolgen van afvalproductie en -beheer te voorkomen of verhinderen.

De richtlijn benadrukt het belang om in de eerste plaats de productie van afval te verminderen en om vervolgens, als preventie niet mogelijk blijkt, te streven naar een zo efficiënt mogelijk gebruik van afval als grondstof (recyclage). Hergebruik wordt binnen deze richtlijn gezien als een manier van afvalpreventie, omdat het materiaal zo niet langer de afvalstatus krijgt. De Europese Unie stelt met deze argumentatie een hiërarchie op, waarbij afvalpreventie (en dus hergebruik) op de eerste positie staat (Naval, 2021).



Figuur 10: Afvalhiërarchie volgens de kaderrichtlijn afval (2008/2018) (Gobbo, 2021)

Hergebruik wordt erkend als een belangrijke sleutel bij de invoering van een circulaire economie, en heeft invloed op de gehele levenscyclus van producten, waardoor actie nodig is op verschillende gebieden: zowel innovatie, overheidsaanbesteding, reglementering, de oprichting van platformen, en ruimtelijke ontwikkeling. Aandacht voor de ontwikkeling van strategieën en tools zou de hergebruiksector verder kunnen stimuleren, ondersteunen en ontwikkelen (Gobbo, 2021).

Toch worden, ondanks de uitgebreide Europese aandacht, de duidelijk opgestelde hiërarchie en het toenemend aantal circulaire strategieën, hergebruik en recyclage binnen de Europese regelgeving nog te weinig onderscheiden. De rol en impact van hergebruik, tegenover recyclagepraktijken en afvalbehandelingsmethodes, lijkt nog niet altijd duidelijk (Gobbo, 2021). Tevens gaan deze Europese documenten vaak niet in op de specifieke contexten van deelstaten, en stellen ze geen specifieke trajecten om de doelen te bereiken met betrekking tot hergebruik. Een vertaling in nationale, regionale of lokale beleidsmaatregelen is dus vaak nog aan de orde (Gobbo et al., 2022). In de praktijk resulteert dit gebrek aan onderscheid vaak in een voorkeur voor recyclageprocessen, aangezien dit gemakkelijk past binnen de industriële normen en gestandaardiseerde producties van de samenleving (Naval, 2021)

Bij een evaluatie van de verschillende EU-lidstaten, valt het op dat de meeste lidstaten inzetten op afvalmanagement (26 landen in 2018, 12 in 2015). Slechts in enkele lidstaten wordt echter de noodzaak erkend om het gebruik van secundaire materialen verder op te drijven en zo materiaalkringlopen te sluiten, hoewel dit net de essentie is van een circulaire economie. Een groot deel van de EU lidstaten heeft dan ook geen meetbare doelstellingen als het gaat om het reduceren van afval en het terugbrengen van consumptie van nieuwe grondstoffen. Uitzonderingen hierop zijn Nederland (50% reductie in primaire materialen tegen 2030) en Frankrijk (materiaalconsumptie terugbrengen met 30% tegen 2030) (Mazur-Wierzbicka, 2021). Ondanks dat het aantal strategieën die vandaag specifiek inzetten op hergebruik schaars zijn, zijn er toch reeds verschillende documenten ontwikkeld die op erop doelen een strategie op te zetten om de hergebruiksector te ontwikkelen en te integreren in beleid (Gobbo, 2021).

## Ambitieuw beleid voor hergebruik - *Routekaart Brussel*

In Brussel werd, door talrijke actoren en experts uit de bouwsector, een routekaart uitgewerkt die concrete doelstellingen vastlegt om de **circulaire economie in de Brusselse bouwsector** verder te ontwikkelen. De visie is gericht op circulair ontwerpen, onderhoud van gebouwen, hergebruik, en herkwalificatie op het Brusselse grondgebied. Het in circulatie houden van materiële hulpbronnen en bouwen met gerecupereerde elementen staan centraal binnen deze visie. Recyclage maakt geen deel uit van de doelstellingen, waaruit blijkt dat deze ambitieus zijn en hoger op de circulaire ladder mikken dan andere Europese documenten (be circular & leefmilieu Brussel, 2019). Het document stelt **6 strategische doelstellingen** voor, en legt **drie fases** vast waarbinnen deze worden ontwikkeld:

-In de periode 2019-2025 worden publieke en private sectoren aangespoord om op vrijwillige wijze circulaire doelstellingen te verwezenlijken. Actoren worden in deze transitiefase ondersteund, terwijl een regelgevend en logistiek kader wordt voorbereid. Dit laatste vertaalt zich onder andere in het ontwikkelen van opslag- en verpakingsruimtes, en logistieke hubs, die kunnen worden gebruikt door hergebruikspelers (be circular & leefmilieu Brussel, 2019).

-In de periode 2025-2030 zou een overgang van vrijwillige naar dwingende maatregelen plaatsvinden door het invoeren van een nieuwe reglementering voor openbare gebouwen. Deze moet er voor zorgen dat de translatie van de *circulaire economie* in projecten wordt vergemakkelijkt. (be circular & leefmilieu Brussel, 2019).

-In de periode 2030-2040 is de overgang voorzien naar een regelgeving voor alle gebouwen (be circular & leefmilieu Brussel, 2019).

Het routeplan maakt duidelijk dat het mogelijk is om een ambitieuze strategie op te stellen, maar dat hiervoor actoren in de hele sector moeten worden samengebracht. Het routeplan legt bij de doelstellingen ook concrete acties op die zullen worden uitgevoerd, wat het niet zomaar een vrijblijvende ambitie maakt maar een actieplan.



Figuur 11: Overschakelen van een lineair economisch model naar een circulair economisch model in Brussel (be circular & leefmilieu Brussel, 2019)

### 3.4 Hergebruikproces in de praktijk

Zoals besproken, brengt de algemene toepassing van een hergebruikbenadering uitdagingen met zich mee voor bedrijven. Aannemers en andere actoren binnen de bouwsector zijn genoodzaakt om hun praktijken aan te passen en nieuwe gewoontes te ontwikkelen om materialen te recupereren en te hergebruiken (Poncelet & Engelborghs, 2023b). In de volgende alinea's worden de verschillende kernfasen van een nieuwe werkwijze, met het oog op recuperatie, praktisch toegelicht.

#### **De hergebruikinventaris**

De duurzame sloop van een gebouw start met de vraag of een deel van het gebouw kan worden behouden. Indien dit niet mogelijk is, moet worden overwogen welke onderdelen kunnen worden hergebruikt. Hierbij vormt het opstellen van een hergebruikinventaris een eerste stap. De hergebruikinventaris wordt opgesteld in het kader van een hergebruik-audit, die kan evolueren van een snelle analyse tot een intensief onderzoeksproces (Smeyers et al., 2022).

Deze hergebruikinventaris, die tijdens de levensduur van het gebouw of vlak voor de afbraak wordt opgesteld, geeft gedetailleerde informatie over de kenmerken van de aanwezige materialen en producten met een potentieel voor hergebruik. De inventaris is een noodzakelijke stap om bouwheren en ontwerpers te informeren over de opportuniteiten. Sloopaannemers worden ook geïnformeerd over de te ontmantelen elementen. Het invullen van de inventaris kan door verschillende actoren, met de nodige expertise, gedaan worden (Poncelet & Engelborghs, 2023b).

Vandaag wordt bij een afbraak vaak een sloopinventaris opgesteld, die momenteel als belangrijkste taak heeft om gevaarlijke afvalstoffen te identificeren. Een hergebruikinventaris zou hiermee gepaard kunnen gaan, al is de huidige vorm van de sloopinventaris hier niet op voorzien. Het blijft vandaag dus een apart document zonder vaste vorm, dat wel gelijktijdig kan worden opgesteld (Debacker et al., 2021). Het is echter aangewezen de inventarisatie van asbest uit te voeren voor het opstellen van een hergebruikinventaris, zodat kan worden ingeschat welke materialen eventueel vervuild zijn en daardoor ongeschikt zijn voor ontmanteling (Poncelet & Engelborghs, 2023b).

Het doel en de reikwijdte van de hergebruik-audit en de motivatie van de belanghebbenden bij een project, zullen de omvang van de inventaris bepalen (Smeyers et al., 2022). Ongeacht de mate van detaillering, is het vooral belangrijk om ervoor te zorgen dat de inventaris een nauwkeurige beoordeling van het hergebruikpotentieel mogelijk maakt. Vaak gebeurt dit door eerst op snelle wijze een basisinventaris aan te maken van de aanwezige materialen met productkenmerken. Vervolgens kan voor materialen met een hoog potentieel een aanvullend onderzoek uitgevoerd worden. Dit aanvullend onderzoek zal ook afhangen van interacties met vragende partijen op de markt. Mogelijks hebben zij verdere specifieke informatie nodig om het hergebruikpotentieel in te schatten, vooraleer ze deze willen afnemen. Deze info komt samen in een elementenfiche, die verdere bijzonderheden duidt en ook de aannemer verdere leidraad geeft (bijvoorbeeld met betrekking tot ontmantelingsprocedures). (Gids Duurzame Gebouwen Brussel, 2023).

## **Recuperatiewerkzaamheden**

De recuperatiewerkzaamheden kunnen gebeuren in 3 fases. In de voorontmantelingsfase worden makkelijk te verplaatsen elementen, voornamelijk interieurelementen, verwijderd. Elementen zonder structurele waarde, zoals ramen en scheidingsmuren, vereisen zwaarder materieel en worden in de volgende fase ontmanteld, de demontagefase. Dragende elementen, zoals balken en bakstenen, worden gerecupereerd in de laatste fase. Deze kunnen enkel ontmanteld worden tijdens de effectieve sloop. (Poncelet & Engelborghs, 2023b; Smeyers et al., 2022).

## **Bestemmen van recuperatiematerialen**

Na ontmanteling uit het afbraakgebouw, kunnen de recuperatiematerialen op verschillende bestemmingen terecht komen. Het hergebruikpotentieel van een materiaal dient te worden afgewogen met het bestaan (of creëren) van een markt voor deze elementen. Het potentieel tot hergebruik kan namelijk enkel bevestigd worden wanneer het product effectief wordt hergebruikt. Het verkennen van de mogelijke afzetmarkt, dient daarom ook reeds in de hergebruik-audit te worden meegenomen (Smeyers et al., 2022).

Bouwelementen die courant worden gerecupereerd, kunnen worden ingezameld door bedrijven op de professionele hergebruikmarkt. De bedrijven staan meestal zelf in voor ontmantelings-, sorterings- en kuisoperaties die nodig zijn om een effectief toepasbaar materiaal te krijgen (Poncelet & Engelborghs, 2023b). Deze bestemming levert een stabiele en voorspelbare markt en kan daarmee een toepassing vinden in veel projecten. Echter is de variatie in materiaal- en elementtypes veelal beperkt en biedt dit enkel resolutie voor materialen die tot op heden economisch interessant zijn gebleken (Gids Duurzame Gebouwen Brussel, 2023).

Gerecupereerde bouwmaterialen kunnen ook rechtstreeks worden geïntegreerd binnen het ontwerp van een specifiek bouwproject op de site of elders. Het proces is hierbij afhankelijk van een bepaalde opportuniteit die zich voordoet: bijvoorbeeld een partnerschap tussen een sloop- en bouwteam. Een logistieke oplossing is bij deze vorm van hergebruik vereist, aangezien het tijdsvenster voor het slopen vaak kort is en deze moet worden afgestemd met het andere bouwproject. Bij dit proces is een uitstekende coördinatie vereist, en zal hierbinnen ook moeten worden afgesproken wie welke bewerkingen ter voorbereiding van het hergebruik uitvoert op de werf (Smeyers et al., 2022).

Ook op online marktplaatsen worden tweedehandsmaterialen aangeboden door aannemers of bouwheren. Deze worden veelal gekocht door particuliere consumenten of bedrijven. Wanneer tweedehandsmaterialen op deze websites rechtstreeks worden aangeboden door een aannemer, zal deze hoogstwaarschijnlijk in zijn oorspronkelijke staat worden verkocht. In dit geval zal de koper zelf verantwoordelijk zijn voor nodige bewerkingen (Poncelet & Engelborghs, 2023b).

### 3.5 Hergebruikpotentieel van hout

Een resem aan voorbeelden doorheen tijd en ruimte tonen aan dat het hergebruik van hout een historische praktijk is. Archeologische vondsten bewijzen immers dat houten constructies doorheen de geschiedenis vaak uit elkaar gehaald en weer heropgebouwd werden: structuren in de proto-industriële Europese economie, constructies met scheepshout in het faraonische Egypte, Middeleeuwse nederzettingen in Frankrijk, grachtenpanden in Amsterdam, enzovoort (Creasman, 2014; Reuse Toolkit, 2021b; van Tussenbroek, 2009). Een katalysator voor hergebruik was in de meeste gevallen de schaarste en de hoge prijs van nieuw hout (Sands, 2022).

Hout is van nature een bewerkelijk en aanpasbaar materiaal. Een massief houten gebouw kan droog in elkaar worden gezet en uit elkaar worden gehaald zonder het materiaal dermate te beschadigen. Met hout valt dus een gebouw te ontwerpen dat een tweede leven kan krijgen als casco van een nieuw huis. Wanneer daarentegen een betonnen gebouw demontabel ontworpen wordt, blijkt dat hier zo'n 20% extra materiaal voor nodig is. Het gebrek aan flexibiliteit van beton zorgt ervoor dat het moeilijk is om het voor andere doeleinden te hergebruiken, iets wat bij hout wel mogelijk is (Prins, van Roeden, & van der Lugt, 2021).

Hoewel het potentieel om een demonteerbaar gebouw op te bouwen er is, zijn de meeste gebouwen die vandaag worden gesloopt niet zo opgebouwd. Het demontagepotentieel voor houten elementen uit een gebouw hangt af van zowel de verbindingwijze als de doorsnede. Houten elementen met een grote doorsnede zullen minder snel beschadigd raken tijdens afbraak (Piccardo & Hughes, 2022). Gebouwen van meer dan 100 jaar oud bevatten vaak dergelijke grotere doorsnedes en zullen hierdoor vaak makkelijker te ontmantelen zijn (F. Llana et al., 2020).

Gebouwen die na de jaren 50 werden opgetrokken, hebben een opbouw die vaak veel meer lineair is uitgedacht, waarbij sloop als enige optie werd gezien aan het einde van de levensduur (F. Llana et al., 2020; Kiesnere et al., 2024). Het gebruik van een hoge hoeveelheid nagels en lijm, die vaak ook nog eens andere materialen aan het hout hechten, vormen hier een uitdaging bij de demontage (F. Llana et al., 2020; Piccardo & Hughes, 2022).

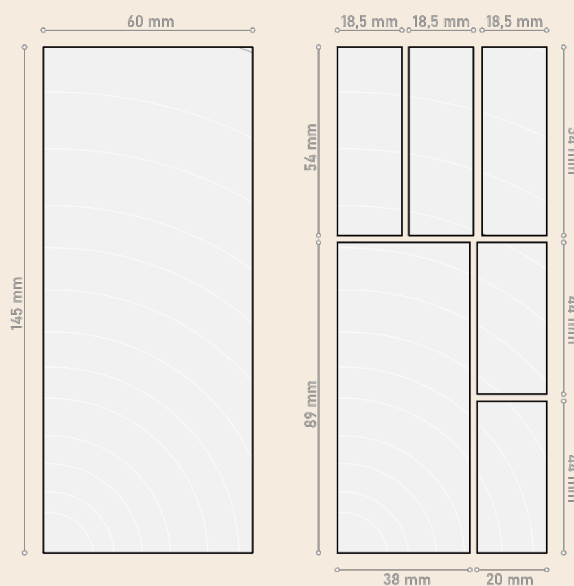
Om het hergebruikpotentieel van hout in de toekomst ten volle te benutten, zouden houten gebouwen kunnen worden opgebouwd met demontage, in plaats van sloop, in gedachten voor het einde van de levensduur. Gebouwen kunnen hierbij gezien worden als materiaalbanken die het potentieel tot hergebruik van hun materialen in zich dragen. Hout leent zich door zijn bewerkelijkheid in het bijzonder voor dit soort ontwerpen. Het kan worden opgebouwd met gestandaardiseerde verbindingen die toelaten om elementen simpel te ontmantelen en te vervangen zonder andere delen van de constructie te schaden. Door het gebruik van spijkers en lijmen te vermijden, en het gebruik van bouten en vijzen toe te passen, wordt hergebruik van hout verder gefaciliteerd (Kiesnere et al., 2024).

De bewerkelijkheid van het hout laat ten slotte ook toe om een cascaderwerking van houten elementen te doorlopen. Zo kunnen bijvoorbeeld houten panelen worden omgevormd tot trappen of tafels, waarbij men van een structurele naar een niet structurele toepassing overgaat. De cascaderwerking kan de levensduur van het hout verlengen door de houtproducten zo lang mogelijk in een hoogwaardige structurele toepassing te gebruiken, om daarna pas over te gaan naar minder structureel gebruik (Brunet-Navarro et al., 2021; Niu et al., 2021).

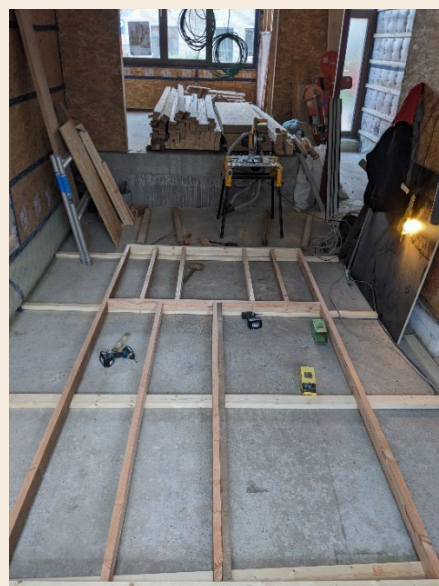
### Cascaderen van structurele elementen – *Heropbouw met hergebruik van houtelementen*

In samenwerking met *Durv architecten* zochten Herty en Nancy een oplossing om hun **19<sup>de</sup> eeuwse woning in Gent** om te vormen tot een woning geschikt voor cohousing. Een renovatie werd overwogen maar wegens de ouderdom van het pand werd toch gekozen voor nieuwbouw. Tijdens het strippen van de woning voorafgaand aan de sloop, besepte het koppel dat er nog heel wat waardevolle elementen aanwezig waren in de woning (H. Van Der Meirsch & N. Pausenberger, persoonlijke communicatie, 2 november 2024).

Er werden **plankenvloeren, deuren en ramen** ontmanteld, maar ook **structurele balken**. Deze grenen balken, waren wegens hun onconventionele formaat (60x145 mm) en ouderdom niet geschikt voor een integratie als tussenvloer in de nieuwe woning. Toch werd, in samenspraak met de architect naar een manier gezocht om de balken te hergebruiken, wat resulteerde in onderstaand zaagplan. Uit de 20 balken konden op die manier **20 stijlen** voor nieuwe binnenwanden worden gehaald (38x89 mm), **40 latten** voor het eerste lattenwerk van het dak (20x44 mm), en **60 druklatten** voor het tweede lattenwerk (18,5x54 mm). Deze verzaging gebeurde met een tafelzaag, waarbij werd uitgegaan van een zaagsnede van 2 millimeter (H. Van Der Meirsch & N. Pausenberger, persoonlijke communicatie, 2 november 2024).



Figuur 12: Zaagplan voor de doorsnede van één recuperatiebalk



Figuur 13: Opbouw van een binnenwand met verzaagde recuperatiebalken (H. Van Der Meirsch, 2024)

## 3.6 Hergebruik van structureel hout: Hedendaagse praktijken

### 3.6.1 Context

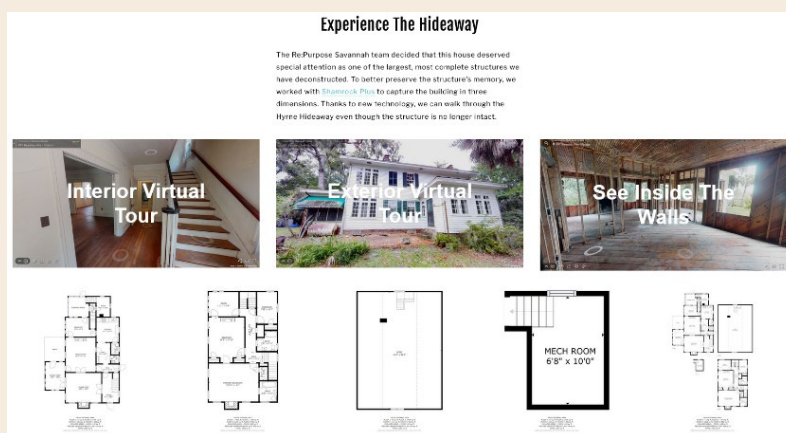
Hoewel hout zich historisch heeft geleend tot hergebruik, werd deze praktijk na de industriële revolutie meer en meer uitgesloten, zeker in Noordwest-Europa waar houtbouw ook geen courante bouwtechniek meer is (Bertino et al., 2021; Reuse Toolkit, 2021b).

In Noord-Amerika bestaat wel nog een traditie in houtbouw en de bijbehorende recuperatie van houten elementen (Reuse Toolkit, 2021b). De Verenigde Staten zijn grotendeels opgebouwd uit het hout dat werd gekapt in oerbossen, die honderden jaren natuurlijk groeiden zonder menselijke interventie. Dit hout heeft erg waardevolle kwaliteiten, zowel esthetisch als technisch, en draagt daarnaast ook een geschiedenis mee die verbonden is aan de historische houtkapactiviteit. Vandaag is het hout nog te vinden in 19<sup>e</sup>-eeuwse en vroeg 20<sup>e</sup>-eeuwse constructies, zoals schuren, oude woningen, industriegebouwen en watertanks. Gedurende verschillende jaren werden deze houten gebouwen gesloopt met zware machines en herleid tot puin (Armster et al., 2019).

#### Impactvolle hergebruikinitiatieven – Amerikaanse context

Verschillende organisaties in de Verenigde Staten richten zich op het ontmantelen van houtconstructies en stimuleren deze praktijk bij anderen. 'Re:Purpose Savannah' is een door vrouwen + geleide non-profit organisatie die voornamelijk houten gebouwen op grotendeels manuele wijze ontmanteld en de materialen verkoopt op hun 'lumber yard'. Ze willen gebouwen historisch laten voortbestaan door de structuur te documenteren, zowel tijdens als voorafgaand aan de sloop. Deze documentatie wordt, samen met een historisch onderzoek, samengevoegd in een online archief.

Daarnaast biedt Re:Purpose trainingen aan voor demontage en het beheren van een materialenhub, met speciale aandacht voor het betrekken en opleiden van ondervertegenwoordigde groepen in de traditioneel mannelijke bouwsector (Re:Purpose Savannah, z.d.-a).



Figuur 14: Online archief van een gesloopt gebouw (Re:Purpose Savannah, z.d.-b)



Figuur 15: Ontmanteling van gevelplanken (Re:Purpose Savannah, 2022)

Vandaag wordt de waarde van het hout in de VS opnieuw ingezien, en worden de constructies vaker afgebroken door slopers die het gebouw zorgvuldig ontmantelen met koevoet en hamer. Deze ontmantelingsmethode komt voort uit zowel een erkenning voor de waarde van oerhout, als een veiligheidsoverweging die speelt bij constructiewerven in dichtbebouwde steden waar niet langer kan worden gewerkt met grote machines. Er zijn verschillende initiatieven en bedrijven die zich specifiek richten op het ontmantelen of hergebruiken van hout (Armster et al., 2019).

Hoewel in België geen soortgelijke traditie bestaat, spitst een toenemend aantal hergebruikhandelaars zich wel toe op het aanbieden van gerecupereerde houten materialen. Veelvuldig aangeboden elementen zijn bijvoorbeeld binnendeuren, parket, lambrisering, steenschotten en eiken balken (Poncelet & Engelborghs, 2023a). Veel van deze handelaars kunnen teruggevonden worden op hergebruikgids *Opalis*, een gebruikersplatform ontwikkeld door hergebruikvereniging Rotor (Opalis, z.d.-b). Op de website kan voor elk materiaaltype een lijst aan handelaars worden gevonden.

Zeventien Belgische handelaars, vermeld op Opalis, handelen in structureel hout, waarvan negen in eiken balken; en veertien in andere spanten, kepers en balken (Opalis, z.d.-a). Deze twee types structureel hout kunnen respectievelijk ruimer worden omschreven als *oude balken* en *technisch* hout. Echter bleek uit de omschrijvingen op Opalis en uit een bevraging en bezoek aan verschillende handelaars, dat deze structurele elementen vaak niet de core business vormen en dat vooral afwerkingsmaterialen of interieurelementen worden aangeboden (M. Abeele, persoonlijke communicatie, 4 november 2024; Opalis, z.d.-a; S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).

Het ontbreken van heel wat onderzoek en richtlijnen voor het hergebruik van structurele elementen, vormt een belangrijke hindernis voor de bredere implementatie. De meeste structurele elementen zijn immers ontworpen om mee te gaan gedurende de gehele levensduur van het gebouw. Om deze materialen nog te hergebruiken na de levensduur van het gebouw, moeten de mechanische eigenschappen nog gegarandeerd kunnen worden. Dit vormt steeds een technische uitdaging, waar vandaag nog geen éénduidig antwoord op bestaat (Niu et al., 2021).

## 3.6.2 Types constructiehout die zich lenen voor hergebruik

Volgende secties bieden een overzicht van constructiehout dat vandaag wordt hergebruikt in Belgische context of een potentieel heeft om in de toekomst hergebruikt te worden.

### 3.6.2.1 Oude balken

*Oude balken* kunnen afkomstig zijn van naaldhout, zoals den, vuren of lork, maar in de praktijk gaat het hoofdzakelijk om loofhout – en dan vooral om eik, die bijzonder geliefd is. Eiken balken, die doorgaans meer dan honderd jaar oud zijn, zijn te verkrijgen bij gespecialiseerde handelaars die een grote stock ontwikkeld hebben en een vaste afzetmarkt kennen. Vele van deze handelaars ontstonden reeds tijdens de vorige eeuw. Echter daalt de beschikbaarheid van dit materiaal in België, waardoor men het vaak buitensporig ver ontgint in het buitenland (M. Abeele, persoonlijke communicatie, 4 november 2024; Poncelet & Engelborghs, 2023a; Reuse Toolkit, 2021c; J. Vanhaelemeesch & K. Vanhaelemeesch, persoonlijke communicatie, 26 oktober 2024).

#### Handel in oude balken – *Vanhaelemeesch*

Vanhaelemeesch (est. 1928) is een familiebedrijf in Oostkamp dat al drie generaties lang antiek hout verkoopt. Via bevriende afbraakaannemers komen **eiken balken** uit oude kloosters, kastelen, kazernes en herenhuizen bij hen terecht. Voor de ontginning beperkt het bedrijf zich tot België en Frankrijk. De balken zijn vaak **meer dan 100 jaar oud**, waardoor ze volledig droog en schimmelvrij zijn. Na ontgagen, schuren en eventueel reinigen met een hogedrukreiniger, is het hout terug klaar voor verkoop (J. Vanhaelemeesch & K. Vanhaelemeesch, persoonlijke communicatie, 26 oktober 2024).

Door hun rustieke, onregelmatige uitstraling trekken ze een breed klantenbestand aan. Volgens Katrien Vanhaelemeesch strekt de afzetmarkt zich uit ‘van Zwevezele tot Oregon’. De balken vinden hun standaardtoepassing in **landelijke woningen en restauratieprojecten**. Katrien geeft echter aan dat de kennis over het materiaal verdwijnt, samen met het op pensioen gaan of overlijden van vakmannen. Om de stiel terug leven in te blazen zal het cliënteel bereid moeten zijn om veel tijd en leergeld te betalen (J. Vanhaelemeesch & K. Vanhaelemeesch, persoonlijke communicatie, 26 oktober 2024).



Figuur 16: Antieke verzagingsmachine voor het verwerken van balken



Figuur 17: Stockage van eiken balken

### 3.6.2.2 Technisch hout

*Technisch hout* heeft meestal een zekere regelmaat, met afmetingen die overeenkomen met de normen voor nieuwe constructie, en wordt verkocht als een goedkoper en milieuvriendelijker alternatief voor het nieuwe equivalent. Het gaat hierbij hoofdzakelijk om naaldhoutsoorten zoals douglasspar, vurenhout, den, zilverspar en lork. Deze elementen komen vaak vrij uit demontage van daken en vloeren, maar kunnen ook een veel diversere oorsprong hebben zoals steigerhout, of tropisch stuthout dat vrijkomt in havens. Meestal zijn deze elementen afkomstig van lokale afbraakwerven (Poncelet & Engelborghs, 2023a; W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).

#### Handel in technisch hout – *Buurman*

Buurman (Antwerpen) is een circulaire bouwmarkt die inzet op **lokaal hergebruik**. Hun materialenhal biedt een divers aanbod van **planken, plaatmaterialen en balken**. De aanwezige materialen zijn afkomstig uit donaties, afgekeurde producten en verzaagd stadshout. De organisatie gaat ervan uit dat er voldoende hout aanwezig is in de regio, dus beperkt het zich tot elementen die zich binnen 20 kilometer van hun vestiging bevinden. Na het verkrijgen van foto's van bevriende aannemers of stadsdiensten, beslist Buurman of het lot hout interessant is. Daarna wordt eventueel zelf een ontmanteling uitgevoerd door samenwerking met circulaire sloopteams of halen ze het materiaal op (S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).

De charme van de gebruikte materialen wordt als een troef gezien. Daarom wordt het aantal bewerkingen op de inkomende balken beperkt. Spijkers, nietjes en schroeven worden wel verwijderd, en afgebroken stukken worden afgezaagd. Vaak wordt ook na verloop van tijd een grotere balk tot meerdere kleinere verzaagd, omdat dit sneller aangekocht wordt door particulieren. Door het gebrek aan eenheid in de materialen, en de onmogelijkheid tot het verlenen van enige zekerheid rond de sterkte of kwaliteit, worden de materialen **hoofdzakelijk aangekocht door particuliere doe-het-zelvers**, die een balk of plank aan verminderde prijs wensen te kopen (S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).



Figuur 18: De verkoopruimte van Buurman



Figuur 19: De stock van Buurman met o.a. balken, platen en volledige deuren

### 3.6.2.3 CLT

CLT (Cross Laminated Timber), ofwel kruislaagshout, kwam in de jaren '90 tot stand uit een samenwerking tussen Oostenrijkse universiteiten en lokale zagerijen. Het product bereikt een hoge draagsterkte, door het verlijmen van houten planken en panelen. In plaats van lijm bestaan er ook varianten waarbij spijkers of houten deuvels worden gebruikt (Poncelet & Engelborghs, 2023a).

Aangezien bouwen met CLT nog maar een dertigtal jaar gecommmercialiseerd is, zijn er nog nauwelijks gevallen te noemen waarin een paneel werd ontmanteld en hergebruikt. Het lijkt echter mogelijk dat de panelen worden losgeschroefd en gedemonteerd, en daarna als bouw materiaal of meubilair in een nieuwe levenscyclus terechtkomen (Jeffree, 2019; Prins, van Roeden, & van der Lugt, 2021).

Uitdagingen bij het hergebruik van CLT liggen in het optimaliseren van de dimensies bij hergebruik, aangezien er tot 30% materiaalverlies kan optreden bij een nieuwe toepassing, en dus een nieuw ontwerp. Een tweede uitdaging betreft opslag van de ontgonnen panelen onder adequate omstandigheden, om dimensionele veranderingen en biologisch verval tegen te gaan (Passarelli, 2018).

### 3.6.2.4 Glulam

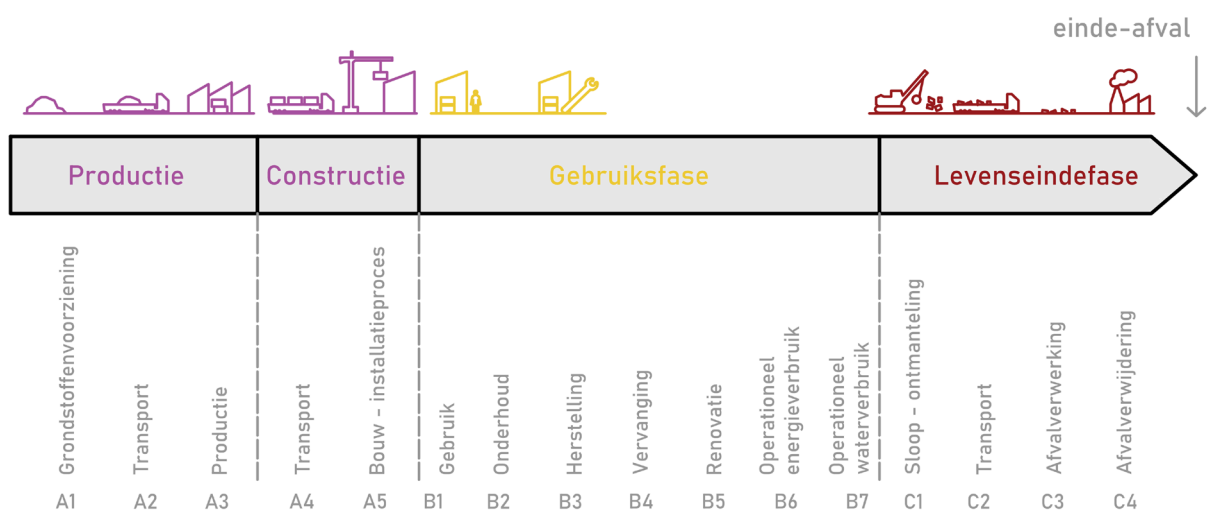
Constructiebalken van gelijmd gelamelleerd hout, of kortweg glulam, worden verder besproken in hoofdstuk 5. Geschat heeft het product een levensduur van 100 jaar, maar vaak worden gebouwen met een glulamstructuur al veel vroeger gesloopt. Indien er daarna sprake is van hergebruik, betreft het vaak niet-structurele doeleinden zoals meubilair (Reuse Toolkit, 2021a). Voor deze elementen zijn er weinig vaste, gespecialiseerde handelaars te vinden, hoewel het potentieel tot hergebruik groot is.

## 4 Levenscyclusanalyse (LCA)

### 4.1 Milieu-impact bepalen met een LCA

Over hun gehele levensduur veroorzaken bouwmaterialen een impact op het milieu. Momenteel heeft deze materiaalimpact voor een typisch Belgisch huis, gebouwd voor 2001, een aandeel van 10 tot 30 procent in de totale milieu-impact van een gebouw gedurende haar leven. Naarmate isolatienormen verstrengen en er wordt overgegaan naar lage-energie-, passief- en energieneutrale gebouwen, zal dit aandeel de komende decennia steil toenemen, aangezien deze maatregelen zorgen voor extra materiaalgebruik en een daling van het aandeel gebruiksenergie. Vandaag ontbreekt bij beslissings- en beleidsmakers als architecten, ingenieurs, aannemers en gebouweigenaars echter vaak nog de nodige kennis om transparante en objectieve keuzes te maken die leiden tot een ecologische materiaalkeuze. Een kwantitatief onderzoek is daartoe essentieel om de potentiële milieu-impacten van een materiaal reeds in de ontwerpfase te kunnen identificeren (OVAM et al., 2023).

Een levenscyclusanalyse (LCA) biedt een mogelijkheid om de totale milieu-impact van een product, materiaal, element of gebouw over de gehele levenscyclus in kaart brengen. Om dit te doen, wordt de levenscyclus opgesplitst in verschillende levenscyclusfasen: productie (A1-3), constructie (A4-5), gebruik (B1-7) en levenseinde (C1-4). Om de LCA door te voeren, worden inputs (grondstoffen, energiebronnen, enz.) en outputs (lucht-, water- en bodememissies) geïnventariseerd. Het resultaat van een LCA-berekening zal inzicht geven in indicatoren die bijdragen aan verschillende milieuproblemen, zoals klimaatopwarming en bodemvervuiling. Daarnaast kan ook het aandeel van de verschillende levenscyclusfasen in de totale impact worden bepaald (Douguet & Wagner, 2021; Wastiels et al., 2021).



Figuur 20: Fases binnen een levenscyclusanalyse

## 4.2 LCA in de praktijk

### 4.2.1 Europees kader

De hoofdprincipes van LCA zitten gevat in de internationale normen *ISO14040* en *014044*. De Europese bouwsector heeft daarnaast ook eigen normen, namelijk *EN 15804* op productniveau en *EN 15978* op gebouwniveau (Douguet & Wagner, 2021). Met norm *EN 15804* werd de PEF-methode geïntroduceerd, waarmee de voetafdruk (*environmental footprint*) van producten wordt berekend. Diezelfde norm beschrijft ook hoe milieuproductverklaringen (EPD's) (*Environmental Product Declarations*) kunnen worden opgesteld. Deze documenten verschaffen gekwantificeerde milieu-informatie over een bouwproduct- of activiteit op basis van een LCA. (Claeys, 2022; Douguet & Wagner, 2021).

In talloze Europese landen zijn de databanken waar fabrikanten hun EPD's beschikbaar stellen publiek toegankelijk. In België is dit de '*B-EPD*' databank, die de basiseenheden bevat om uiteindelijk de LCA van een gebouw te berekenen. Tot nu toe bevatten deze databases vooral EPD's van nieuwe producten, maar het is in theorie mogelijk om deze ook op te stellen voor hergebruikproducten (Douguet & Wagner, 2021).

Op Europees niveau werd met *Level(s)* een gemeenschappelijk kader ontwikkeld om de duurzaamheid van kantoorgebouwen en woningen te beoordelen. Dit kader is geen certificeringsschema maar wel een, vrijwillig te gebruiken, tool om in een gemeenschappelijke taal maatregelen te treffen die bijdragen aan de doelstellingen binnen het Europees milieubeleid. *Level(s)* doet dit door een vereenvoudigde LCA-methodiek voor te leggen, die kan worden gebruikt om milieuprestaties van gebouwen te meten. Het kader heeft dan ook de bedoeling om tot een breder Europees gebruik van de LCA te komen (Dodd et al., 2021).

In verschillende Europese landen zijn LCA's reeds onderdeel van de regelgeving binnen de bouwsector:

-Zo ging **Frankrijk** in 2022 over van een thermische regelgeving, *RT2012*, naar milieuregels, *RE2020*. Deze nieuwe set regels houdt niet alleen rekening met het energieverbruik, maar ook met de CO<sub>2</sub>-uitstoot die gepaard gaat met de bouwfase van het gebouw. De regelgeving introduceert milieuprestaties voor nieuwbouw die worden gestuurd door LCA-analyses. De totale milieu-impact van een gebouw bij deze regelgeving, wordt bepaald door het gebouw op te splitsen in haar materialen en alle energiestromen die nodig zijn voor productie, transport, gebruik en afbraak. De milieugegevens in de regelgeving, hebben hier betrekking op de equivalente CO<sub>2</sub> uitstoot per m<sup>2</sup>. Hiervoor worden maximale waarden vastgelegd per gebouwfunctie, die steeds zullen verstrengen. De EPD's die nodig zijn om deze impacten te bepalen, worden verzameld in de INIES databank die vrij toegankelijk is (Ministère de la transition écologique, 2024).

-In **Nederland** is het sinds 2013 verplicht om bij elke aanvraag voor een omgevingsvergunning een MPG (Milieu Prestatie Gebouwen) te hebben, indien men een vergunning wil voor kantoren van meer dan 100 m<sup>2</sup> of nieuwbouwwoningen. De MPG geeft aan wat de milieubelasting is van de materialen die in een gebouw worden

toegepast. De milieubelasting van een materiaal wordt bepaald aan de hand van 19 indicatoren die worden berekend met een LCA, en worden samengevoegd in één waarde, de 'schaduwkost'. De MPG ziet milieu-impact dus breder dan enkel het effect van broeikasgassen (zoals in Franse regelgeving het geval is). De schaduwkost wordt uitgedrukt in euro en voor het hele gebouw wordt de MPG uitgedrukt in euro's per m<sup>2</sup> per jaar. De regelgeving legt een maximale grenswaarde op voor de MPG, die de komende jaren verder zal verstrengen. De LCA's (EPD's) die hiervoor gebruikt kunnen worden, worden opgenomen in de Nationale Milieudatabase (Ibis, 2024; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2024; Stichting Nationale Milieudatabase, 2020).

-In **Zweden** is het sinds 2022 verplicht om bij een omgevingsvergunning van een nieuw gebouw een klimaatdeclaratie af te leveren (Boverket, 2021). In tegenstelling tot de Nederlandse en Franse regelgeving, beperkt de declaratie in Zweden zich tot de impacten die voortkomen uit de constructiefase (A1–A5). Ook hier wordt een LCA-database voorzien door Boverket (Zweedse Nationale Raad voor Huisvesting, Bouw en Ruimtelijke Ordening) om de declaratie mee op te stellen (Boverket, 2024). Momenteel zijn nog geen limietwaarden opgenomen in de regelgeving, al zouden deze wel ten laatste worden geïntroduceerd in 2027. De limietwaardes zouden worden uitgedrukt in CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> en elke 5 jaar verstrengd worden. Daarnaast zal bij het invoeren van de limietwaardes, ook een analyse over de volledige levenscyclus van een materiaal verplicht worden (Boverket, 2023).

Binnen de Europese bouwsector worden levenscyclusanalyses dus reeds ingezet voor beleidsvorming. Echter gebeurt dit nog niet steeds even precies en zijn de methodes niet altijd transparant. Een grote uitdaging bij LCA blijkt de variabiliteit en gebreken die kunnen optreden bij studies. Dit geeft beleidsmakers vaak wantrouwen in de processen en resultaten die bij LCA horen. Dit wantrouwen komt ook vaak voort uit een gebrek aan technische kennis (Sala et al., 2021).

#### 4.2.2 België en TOTEM

In België werd door OVAM, SPW en Brussels Environment een gemeenschappelijke methodologie ontwikkeld om de milieu-impact van elementen in te schatten, namelijk MMG (Milieugerelateerde Materiaalimpact van Gebouw(element)en). De methodologie vormde de basis voor *TOTEM* (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials), waarbij de milieu-impact van gebouwen in Belgische context op gebruiksvriendelijke wijze kan worden beoordeeld. De tool helpt bij het nemen van beslissingen omtrent materiaal- en ontwerpkeuzes. (OVAM et al., 2023).

De LCA-methode van TOTEM volgt de Europese LCA standaarden en werkt dus met de PEF methodologie. De tool neemt 19 verschillende milieu-indicatoren in beschouwing over de gehele levenscyclus (van productie tot end-of-life). Elk van de indicatoren wordt gewogen en genormaliseerd, om zo een enkele score te verkrijgen voor een materiaal. Wanneer de verschillende materialen worden gemodelleerd, levert dit op gebouwniveau een score op die kan worden uitgedrukt in Pt/ m<sup>2</sup> bruikbare vloeroppervlakte. De data voor het bepalen van de milieu-impact van een materiaal, komt voort uit de Zwitserse Ecoinvent

databank, aangepast aan de Belgische context. Daarnaast wordt ook een toenemend aantal B-EPD's opgenomen in de databank (OVAM et al., 2023).

Ondanks dat de tool een goede inschatting kan geven aan de milieu-impact van materialen en gebouwen, zijn er toch enkele beperkingen. Zo is de levensduur van een materiaal meestal vastgelegd op 60 jaar. Echter kan een gebouw ook eerder of later worden afgebroken of kan een component ook op een ander moment worden vervangen, wat een invloed zal hebben op de milieu-impact. Daarnaast heeft ook transport een significant effect op de milieu-impact. De transportafstand in TOTEM is gebaseerd op Belgische gemiddeldes voor verschillende productgroepen, en zal dus niet steeds overeenstemmen met de werkelijkheid (OVAM et al., 2023).

Er is tenslotte geen regelgeving gekoppeld aan de methode die werd opgesteld, deze werkt dus louter als vrijwillige duurzaamheidsevaluatie voor beleidsmakers en bouwprofessionals om de milieu-impact van bouwprojecten te reduceren. De Vlaamse overheid richt zich er wel op om *TOTEM* te gaan integreren in publieke opdrachten voor nieuwbouw of renovatie van gebouwen. Dit niet alleen omdat de overheid een belangrijke opdrachtgever is voor bouwprojecten, maar ook omdat de overheid een voorbeeldfunctie kan uitoefenen op de rest van de bouwsector. Overheidsopdrachten die *TOTEM* in het proces opnemen worden zo gezien als katalysator om de tool ingang te doen vinden in het bouwproces in Vlaanderen. OVAM stelde een document op dat verschillende strategieën voorstelt om *TOTEM* voor te schrijven bij de aanbesteding van overheidsopdrachten (Wastiels et al., 2021).

### 4.3 Biogene koolstof en LCA

Wanneer constructief hout gebruikt wordt als bouw materiaal, betekent dit dat de vastgelegde koolstof in het hout pas na 50 à 60 jaar weer zal vrijkomen. Indien het materiaal wordt hergebruikt, kan deze periode zelfs nog worden verlengd. Dit voordeel van tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub> wordt echter niet gekwantificeerd in de meeste LCA-methodes die vandaag gangbaar zijn (SGS Search, 2022).

De Europese norm waarop LCA-protocollen (Bv. TOTEM) binnen de bouwsector worden gebaseerd, EN 15804+A2, past volgende allocatiemethode toe: de hoeveelheid opgenomen CO<sub>2</sub> wordt in de productiefase (module A) kwantitatief gerapporteerd, onder de aparte milieu-impactindicator 'Klimaatverandering – Biogeen', zodat het aandeel biogene CO<sub>2</sub> inzichtelijk wordt. In module C, de einde-levensfase, komt dezelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> opnieuw vrij. Over de hele levenscyclus heen blijft de netto opname van CO<sub>2</sub> dus nul. Deze methode wordt ook wel de '-1/+1 methode' genoemd (CE Delft, 2021).

Naast deze -1/+1 methode, komt ook een andere statische methode terug in LCA's. De '0/0 methode' gebruikt dezelfde aanname dat er geen netto opname is over de gehele levenscyclus. Echter wordt bij deze methode geen biogene koolstof ingerekend en zal zowel de opname als afgifte gelijkgesteld worden aan 0. Deze methodologie biedt dus geen inzicht in de hoeveelheid biogene CO<sub>2</sub> (Hoxha et al., 2020).

De totale klimaatimpact over de gehele levenscyclus, zal dus bij beide methodes niet wijzigen door de tijdelijk vastgehouden CO<sub>2</sub> (CE Delft, 2021). De norm EN 15804+A2 stelt dan ook expliciet om het effect van tijdelijke koolstofvastlegging en vertraagde emissies niet te waarderen (SGS Search, 2022). Dit zorgt er dus voor dat er in de genormeerde LCA-methodologie geen extra voordeel kan worden toegekend aan bio-based materialen voor hun vastlegging van koolstof. Naast deze conventionele statische methodologieën, zijn er ook andere LCA-methodes die wel een voordeel toekennen aan het uitstellen van CO<sub>2</sub>-emissies.

De dynamische LCA methodologie, ontwikkeld door Levasseur et al (2010), houdt rekening met de tijdelijke verdeling van emissies over de levenscyclus en berekent hun impact op stralingsforcering op elk moment. Dit gebeurt door dynamische karakterisatiefactoren, bestaande uit een continue integratie van het potentieel tot klimaatverandering (GWP) over een vaste tijdshorizon (Brandão et al., 2013). Binnen de methode kunnen twee mogelijke aannames worden gemaakt over het tijdstip van de biogene koolstofopname. Er kan ten eerste worden aangenomen dat de bomen reeds volgroeid zijn vooraleer het houtproduct wordt gebruikt. Hierbij is de koolstof dus al opgenomen uit de atmosfeer vóór het gebruik van het hout. Daarnaast kan ook worden aangenomen dat er, na het ontginnen van de bomen, eenzelfde hoeveelheid bomen begint te groeien net na de ingebruikname van het houtmateriaal. Hierbij wordt de koolstof dus pas opgenomen tijdens het gebruik van het materiaal. De dynamische aanpak wordt gezien als een betrouwbare en transparante methode, wanneer wordt aangenomen dat de koolstofopname gebeurt tijdens het gebruik van het materiaal in een constructie (Hoxha et al., 2020).

Het ILCD (International Reference Life Cycle Data System) handboek van de Europese commissie (2010) stelt een relatief simpele methode voor om de timing van de uitstoot van broeikasgassen mee te nemen in een LCA. Er wordt bij deze methodologie een credit verleend aan vertraagde emissies die optreden tot 100 jaar na productie/ontginning. De emissie bij verbranding van een bio-based materiaal wordt vermenigvuldigd met het aantal jaar waarmee deze werd uitgesteld en met een wegingsfactor -0,01. Het voordeel van het uitstellen van emissies neemt zo lineair toe (Brandão et al., 2013). Dit betekent dat biogene koolstof die na 100 jaar vrijkomt niet in rekening wordt gebracht, en dat hierbij wordt uitgegaan van een permanente opslag. Dit vormt mogelijks een onderschatting van de impact van de vrijgave van deze CO<sub>2</sub> (Pawelzik et al., 2013).

Het resultaat wordt niet opgeteld bij andere LCA-resultaten, maar wordt apart berekend. Daarom wordt in het ILCD handboek wel meegegeven dat tijdelijke koolstofopslag enkel moet worden meegenomen wanneer dit relevant is voor het doel en de scope van de studie. Het is dus geen standaardpraktijk in elke LCA-studie volgens de ILCD methode, maar wel een mogelijke bijkomende analyse (Brandão et al., 2013).

Er is nog geen gestandaardiseerde methode die de voordelen van biogene koolstof kan kwantificeren, maar er bestaan wel verschillende methodes, waarvan enkele hierboven werden toegelicht. Echter worden deze in de huidige Europese methodologie niet gehanteerd en dienen deze steeds te worden uitgevoerd met de juiste scope en doelstelling in gedachten.

## 4.4 Hergebruik en LCA

De voordelen van hergebruik zijn op duidelijke manier kwantificeerbaar via een LCA volgens norm EN 15804+A2. Bij recuperatie zal een materiaal de ene levenscyclus verlaten en overgaan in een andere. De grens tussen beide cycli is hierbij het punt waar het materiaal zijn afvalstatus, die het in de eerste levenscyclus kreeg, verliest. Om de milieu-impacten van het materiaal te alloceren, wordt het principe 'de vervuiler betaalt' gehanteerd. De eerste levenscyclus draagt zo de volledige impact van de fabricage van het product (fase A), terwijl de tweede levenscyclusfase deze impact niet meer meedraagt. De milieu-impact van de afvalbehandeling (fase C) wordt wel geëlimineerd uit de eerste levenscyclusfase, aangezien deze door hergebruik wordt vermeden (Douguet & Wagner, 2021).

Volgens dit principe verkrijgt de afnemer van een recuperatiemateriaal dus meer milieuvoordeel dan een gebruiker uit de eerste levensfase, die zijn materialen op het einde van de levenscyclus opgeeft voor hergebruik. De productiefase zal namelijk meestal een hogere impact hebben dan de afvalbehandelingsfase (Douguet & Wagner, 2021). Echter zijn ook transport- en terugwinningsprocessen meestal noodzakelijk om een materiaal klaar te maken voor hergebruik. Deze bewerkingen ter voorbereiding van hergebruik zijn meestal niet vrij van milieu-effecten. De processen zullen dus ook een invloed hebben op de milieu-impact van een tweede levenscyclusfase. Toch ligt deze impact, door de hoeveelheid manuele arbeid in veel van deze processen, meestal aanzienlijk lager dan de fabricage van nieuwe elementen (Gids Duurzame Gebouwen Brussel, 2024).

Huidige LCA-tools (zoals TOTEM) simplificeren de impact van hergebruik vaak door de impact van hergebruikprocessen te verwaarlozen (zie tabel 1) (Gids Duurzame Gebouwen Brussel, 2024). Deze masterproef zal deze terugwinningsprocessen en hun impact net wel precies in kaart brengen, om zo een genuanceerder beeld te kunnen schetsen van de milieuvordelen die hergebruik biedt.



Figuur 21: Mogelijke scenario's na een eerste levenscyclus (Douguet & Wagner, 2021)

## Hergebruik in LCA-tool TOTEM

TOTEM biedt de mogelijkheid om, zowel in-situ als ex-situ, hergebruikte elementen op te nemen in een analyse en de vermindering van milieu-impact te kwantificeren. Voor hergebruikte elementen zal de milieu-impact van de productiefase (A1-3) worden weggelaten. Indien dit hergebruik in situ gebeurt, zal ook de transportimpact wegvallen, zoals weergegeven in tabel 1 (OVAM et al., 2023).

Hoewel deze methode de mogelijkheid biedt om hergebruik op te nemen in analyses en te motiveren, bevat het rekenmodel enkele sterke abstracties. Zo is het niet steeds correct om alle milieu-impact binnen de productiefase van een hergebruikproces gelijk te stellen aan 0. De impact van eventuele hergebruikprocessen zou moeten gealloceerd worden binnen de productiefase van een gerecupereerd materiaal. Daarnaast levert ook het gebruik van aannames voor nieuwe materialen binnen de overige fases een milieu-impact op die niet steeds zal stroken met de realiteit. Aannames als transportafstand naar de werf en levensduur kunnen bij hergebruik immers verschillen van een nieuw materiaal.

Status van het component	Geïnccludeerde levenscycli					
	Sloop van bestaande componenten (A1-A3)	Productie (A1-A3)	Transport (A4)	Constructie (A5)	Gebruik (B)	Levens einde (C)
Nieuw		X	X	X	X	X
Hergebruik ex situ			X	X	X	X
Hergebruik in situ				X	X	X
Behoud					X	X
Sloop	X					

Tabel 1: Meegenomen levenscyclusfasen bij verschillende scenario's in TOTEM (OVAM et al., 2023)

Om het milieuvoordeel van circulair bouwen ook al in de eerste levensfase mee te nemen, werd *module D* toegevoegd aan de norm EN 15804+A2. In deze module kunnen de voordelen van het toekomstig te recupereren materiaal worden aangeduid als bijkomende informatie in de eerste levenscyclus. De module D bevindt zich echter buiten de grenzen van het levenscyclussysteem en wordt dus niet opgeteld bij de resultaten voor de andere fases (A, B en C) (Delem & Wastiels, 2019).

Hoewel deze module verplicht wordt, blijven de richtlijnen en formules echter nog voor interpretatie vatbaar. Hierdoor is het nog niet geïntegreerd in verschillende LCA-tools (zoals ook TOTEM) (Delem & Wastiels, 2019; OVAM et al., 2023). In deze masterproef wordt hier dan ook geen verdere aandacht aan besteed.

## 5 Glulam

Het nog vaak miskende potentieel voor het hergebruik van glulamstructuren vormt de basis voor het verder onderzoek in deze thesis. Volgende sectie geeft daarom een basis om een dieper begrip te krijgen van gelijmd gelamelleerd hout.

### 5.1 Materiaalgeschiedenis

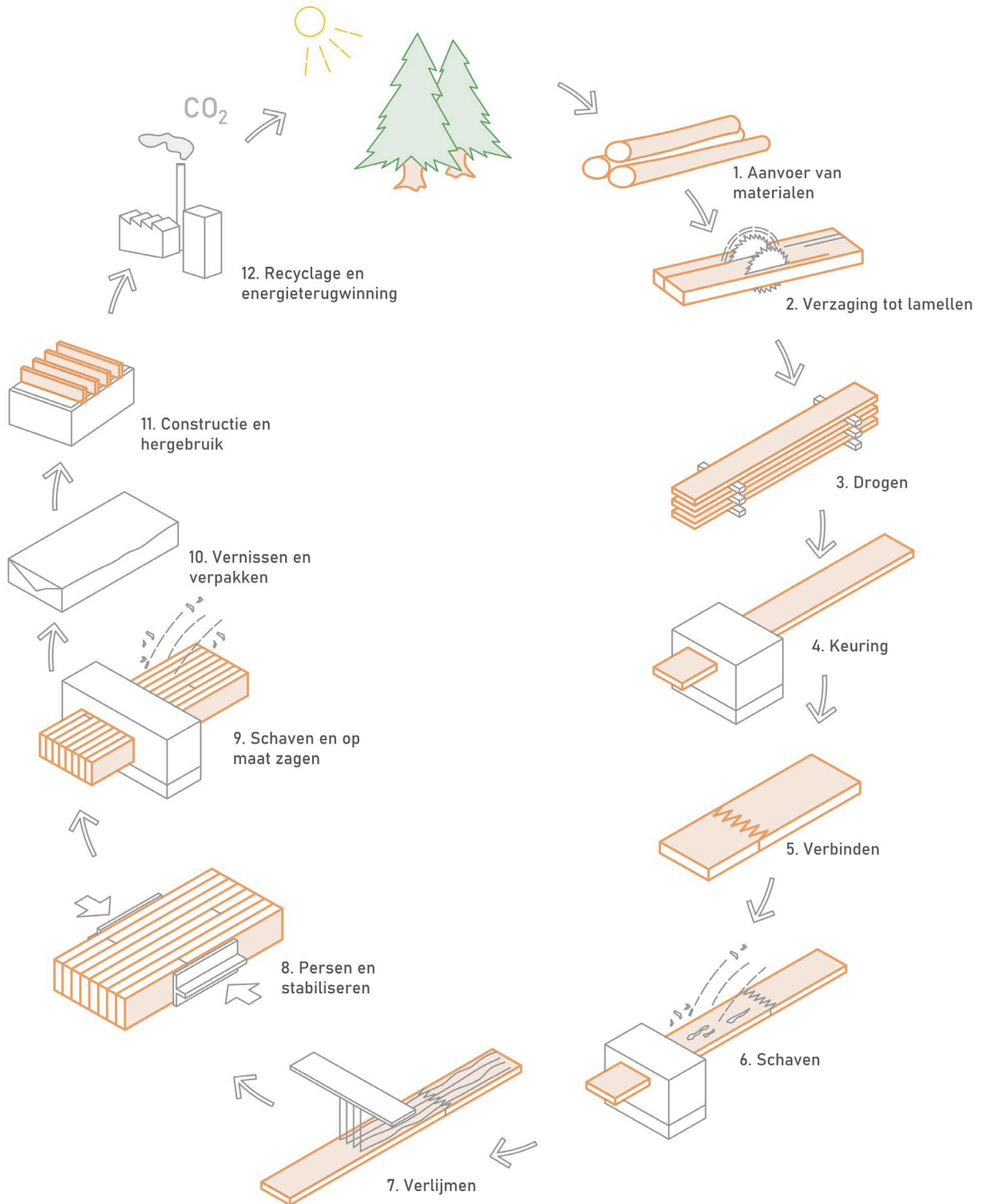
In het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw stond de houtbouwsector onder zware druk door het steeds couranter wordende gebruik van gewapend beton en staal. Voor grote overspanningen zou massiefhout nodig zijn met grootschalige afmetingen, wat vaak erg duur was, waardoor alternatieve industriële materialen de voorkeur kregen (Rinke & Haddadi, 2022).

Otto Hetzer (1846-1911, Weimar) was de eerste om aan te tonen dat houten balken samen gelijmd kunnen worden om zo tot grotere overspanningen te komen. In 1906 patenteerde hij deze uitvinding. De doorbraak van het product kwam er in 1910 met de zogenaamde '*Reichseisenbahnhalle*' op de Wereldtentoonstelling in Brussel. Deze glulambogen met een overspanning van 43 meter toonden het potentieel van dit nieuwe materiaal aan. De ontwikkeling van glulamliggers bood een houten materiaal aan dat grote overspanningen kon overbruggen en daarbovenop een acceptabele prijs had. (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013). Hiermee vormde het een direct alternatief voor gewapend beton of staal, en werd het in bepaalde contexten een aantrekkelijke en goedkopere keuze voor de constructie van grootschalige structuren, zoals treinstations of vliegtuighangars. De tijd tussen de uitvinding en het wijdverspreide gebruik van glulam is op deze manier uitzonderlijk kort gebleken (Rinke & Haddadi, 2022).

Na de tweede wereldoorlog verschoof het centrum voor glulamproductie van Duitsland naar Noorwegen en Zweden. Vandaag bevinden de grootste producenten zich in Oostenrijk, Duitsland en Finland (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013). In België bevinden zich glulamfabrieken in Amel/Born, Couvin, Étalle, Saint Vith, Marche-en-Famenne (2) en Moorslede.

## 5.2 Productieproces

De productie van glulambalken is een geïndustrialiseerd proces, dat meer stappen bevat dan het vervaardigen van regulier massiefhout, zoals weergegeven in figuur 22. Het proces wordt geduid aan de hand van literatuur en een fabrieksbezoek aan producent LTS in Moorslede.



Figuur 22: Productieproces van glulam (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013)

## 1. Aanvoeren van materialen

De gebruikte houtsoorten voor de productie van glulam zijn voornamelijk naaldhoutsoorten zoals spar, den, grenen of douglas, hoewel gebruik van loofhout zoals populier, beuk of eik ook mogelijk is. Vaak wordt gebruik gemaakt van snelgroeïende bomen met kleine diameters (Hout Info Bois, 2019; Ong, 2015; Reuse Toolkit, 2021a). De glulamelementen zullen immers worden gevormd door de verbinding en verlijming van houtstroken van slechts 45 millimeter dik, met vezels die evenwijdig lopen. Deze stroken zijn de lamellen van het hout. Deze kunnen een identieke mechanische sterkteklasse hebben en dienen dan voor de vervaardiging van homogeen gelijmd gelamelleerd hout. De elementen onderling kunnen ook verschillende mechanische eigenschappen hebben, wat dient voor het opbouwen van gecombineerd gelijmd gelamelleerd hout (Hout Info Bois, 2019; Khairun & Uyup, 2016).

## 3. Drogen

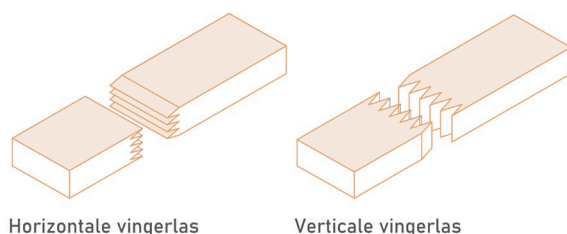
Het aangevoerde hout wordt ofwel aan de lucht, ofwel machinaal gedroogd tot een vochtgehalte van 8-14%. Dit gebeurt om later een goede binding te verkrijgen in het laminatieproces. De energie voor dit droogproces wordt vooral opgewekt door bijproducten van de glulamproductie zelf, onder de vorm van biomassa, wat het elektriciteitsverbruik beperkt (Khairun & Uyup, 2016; Ong, 2015; Swedish Forest Industries Federation, 2024a).

## 4. Keuring

Alleen structureel beoordeelde houten balken komen in aanmerking voor de glulamproductie. Daarom gebeuren vaak niet-destructieve tests of visuele controles, bijvoorbeeld door laserdetectoren. Afgekeurde stukken worden gemarkeerd en verwijderd (Khairun & Uyup, 2016; Ong, 2015).

## 5. Verbinden

De defectvrije stukken worden naar de 'vingerprofilering' gebracht, waar de vingerlas wordt aangebracht. Dit zorgt ervoor dat de lamellen kunnen worden verlengd, en kan zowel horizontaal als verticaal. De eerste is meer gebruikelijk voor meubilair, en de tweede eerder geschikt voor constructiedoeleinden. Het is belangrijk dat de elementen onderling worden verlijmd binnen 6 uur na het aanbrengen van de vingerlas (Khairun & Uyup, 2016; Ong, 2015).



Figuur 23: Types vingerlas (Khairun & Uyup, 2016)

## **6. Schaven**

Om de uniformiteit en gladheid van het oppervlak te verbeteren, worden de lamellen vervolgens geschaafd. Dit zal tevens de latere verlijming faciliteren (Khairun & Uyup, 2016).

## **7. Verlijmen**

Na het schaven, worden de lamellen verlijmd en op elkaar gestapeld met oog op het toekomstige constructie-element. Het verlijmen gebeurt met lijmpistolen of rollers, op beide zijden van de houtlamellen. Er wordt haast uitsluitend gebruik gemaakt van melamine-urea-formaldehyde-adhesief (MUF), maar ook polyeruthaan (PUR) is mogelijk. De lamellen worden zo in positie gebracht, dat overlappende vingerlassen worden vermeden (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013; Khairun & Uyup, 2016; Ong, 2015).

## **8. Persen en stabiliseren**

Na het verlijmen worden de samengelijmde elementen vastgeklampt ofwel op een klamptafel, ofwel in een mal. Deze laatste methode wordt voornamelijk bij gebogen elementen gebruikt. Een druk tussen 1000 en 1400 kPa wordt pneumatisch aangebracht met ankers, vaak gedurende meerdere dagen (Khairun & Uyup, 2016).

## **9. Schaven en op maat zagen**

Binnen de limieten van het productieproces, zijn diverse afmetingen mogelijk. Het samengesteld element wordt geschaafd en aansluitend op maat verzaagd met een CNC-machine (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025). De breedte is beperkt tot 240 mm na het schaven, en de hoogte is beperkt tot 2 meter. De lengte is afhankelijk van de mogelijkheid tot transport, maar de limiet ligt tussen 30 en 40 meter (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013). Deze maximumwaarden zullen echter ook steeds afhankelijk zijn van de aanwezige fabrieksinfrastructuur (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025).

## **10. Vernissen en verpakken**

Als laatste stap wordt een vernislaag aangebracht op het materiaal. Dit kan zowel manueel met een borstel, als machinaal. Vernislagen kunnen één-, twee- of drielaags worden aangebracht, afhankelijk van de uiteindelijke toepassing (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025). Voor het transport kan glulam worden ingepakt om het materiaal te beschermen tegen vocht, uv-straling, en mechanische schade (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013).

### 5.3 Milieu-impact

De productie van glulam zal – in vergelijking met regulier massief constructiehout – meer grondstoffen en processen vereisen. Dit levert, volgens verschillende onderzoeken met EPD's en LCA's, een hogere milieu-impact op voor een glulamproduct met hetzelfde volume en dezelfde buigsterkte als een massiefhouten variant (Dias et al., 2020; Lasvaux et al., 2015).

De grondstoffen voor de productie zijn voornamelijk hout en adhesieven. Glulambalken zijn vaak projectspecifiek vervaardigd, waardoor materiaalverliezen in de vorm van hout beperkt blijven. De adhesieven die in glulam worden gebruikt, zorgen ervoor dat schadelijke stoffen vrijkomen in het milieu. Voor deze emissie van formaldehyde zijn maximumwaardes vastgelegd in norm EN 14080. De hoeveelheid adhesieven per eenheidsvolume glulam is daarnaast zeer klein, waardoor het risico op milieuvervuiling afneemt (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013).

Daarnaast hebben eerder genoemde processen ook een milieu-impact. Zo vragen drogen, frees-, schaaf-, pers- en zaagbewerkingen een hoeveelheid energie, en ontstaan er ook bijkomende emissies, onder meer via afvalwater (Swedish Forest Industries Federation, 2024c). Een andere grote impact wordt gevormd door het conditioneren van de fabrieksomgeving, zeker in de winter. De temperatuur van de productiehal moet namelijk steeds op 18-20°C gebracht worden, zodat de MUF lijm kan uitharden door te reageren met het vocht uit de lucht. Ten slotte heeft transport een relatief grote impact. Hout wordt voor productie ingevoerd uit Duitsland, Oostenrijk en Scandinavië. Deze loten moeten door de leveranciers naar België getransporteerd worden (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025). Ook het transport naar een werf zal een relatief grote impact meedragen. Het gaat immers om zware, grote elementen die met gepast transport moeten worden vervoerd (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013).

Hoewel het materiaal een zekere productie-impact kent, wordt glulam echter vaak gebruikt als alternatief voor gewapend beton en staal, aangezien dit materialen zijn die veelvuldig gebruikt worden om gelijksoortige grote overspanningen te maken. Studies tonen aan dat het gebruik van glulam ten opzichte van deze materialen wel gunstige milieuvoordelen kan opleveren voor dezelfde toepassing. Zo zal een glulam balk een lagere koolstofdioxide-uitstoot met zich meedragen dan een stalen balk met dezelfde overspanning. Deze reductie wordt zelfs groter naarmate de overspanning toeneemt (Hassan & Johansson, 2018). Voor een glulam kolom kan een soortgelijke redenering gemaakt worden ten opzichte van een betonnen kolom (Hassan et al., 2022).

De milieu-impact dient dus steeds relatief te worden beoordeeld ten opzichte van een ander gangbaar alternatief. Op die manier wordt duidelijk dat glulam voor grote overspanningen een groot potentieel voor het reduceren van de milieu-impact meedraagt. Voor kleine overspanningen, waarbij ook massief hout kan worden gebruikt, vormt het een minder milieu-efficiënte keuze.

## 5.4 Glulam als materiaal met een onbenut hergebruikpotentieel

Hout heeft zijn geschiktheid tot hergebruik reeds aangetoond in een eeuwenlange traditie. Ook vandaag richt een toenemend aantal gespecialiseerde recuperatiehandelaars zich op het verhandelen van gerecupereerde massief houten materialen (*zie 3.6.1*).

Glulam is een materiaal met een veel kortere geschiedenis, en komt daarom ook pas sinds enkele jaren vrij bij afbraken. Hoewel het materiaal zelf tot 100 jaar kan meegaan, worden de balken regelmatig gebruikt in gebouwen met een eerder beperkte levensduur zoals hallen, stallen en hangars. De elementen blijven bij afbraak dus technisch geschikt voor een tweede leven, zeker ook omdat ze doorgaans in binnenomgevingen zijn gebruikt en een hoge structurele capaciteit bezitten. Daarnaast is het materiaal, in tegenstelling tot enkele andere types herbruikbaar constructiehout (*zie 3.6.2*), vaak lokaal te vinden in grote volumes.

Ondanks dat het materiaal door productie- en transportprocessen reeds een relatief hoge ingebedde energie heeft, worden de elementen bij afbraak echter vaak als afval behandeld (Reuse Toolkit, 2021a). Met hergebruik kan het potentieel van deze elementen benut worden door ze een tweede levensduur te geven. Zo gaan de ingebedde energie en koolstof niet verloren (*zie 2.2*). Om deze levensduur zo lang mogelijk te verlengen, moet worden gestreefd naar een hoogwaardige toepassing (*zie 2.4*) bij hergebruik. Dit betekent dat de elementen zoveel mogelijk opnieuw zouden moeten worden ingezet met een structurele functie. Voor hergebruikhandelaars en consumenten vormt structureel hergebruik echter een uitdaging. Daarnaast is er ook nog niet veel ervaring met deze elementen bij gespecialiseerde recuperatiehandelaars en zal de omvang van de elementen een georganiseerde, grootschalige ontmanteling en recuperatie noodzakelijk maken. Indien er vandaag wel glulam wordt hergebruikt door de handelaars, betreft het vaak een verwerking tot meubilair of afwerkingsmateriaal (Reuse Toolkit, 2021a).

Hergebruik van glulam heeft dus een, nog vaak onbenut, potentieel om bij te dragen aan het reduceren van de milieu-impact van de bouwsector, en kan – als industrieel, recent en performant materiaal – ingeschreven worden in de traditie van het hergebruik van hout.



# Deel 2:

# Casussen

Aan de hand van 7 geslaagde hergebruikcasussen, wordt in volgend hoofdstuk een beeld geschetst van de hergebruikpraktijk voor glulamstructuren in België. De casussen tonen het potentieel aan dat verscholen zit in structuren van gebouwen die vandaag worden afgebroken, en geven in hun hoeveelheid ook de praktische haalbaarheid van het hergebruik aan. Elke casus wordt hiertoe ontleed en de overeenkomsten tussen de verschillende actoren die het hergebruik tot stand brachten, worden uitgelicht. Op die manier wordt uitgelicht welke acties, initiatieven, afspraken en praktische bewerkingen noodzakelijk zijn geweest voor een geslaagd hergebruikproces. Verder wordt voor elke casus ook de toepassingsmethode van het hergebruikte materiaal uitgelicht. Daarnaast worden enkele moeilijkheden in het proces blootgelegd door twee minder geslaagde casussen uit te lichten. Finaal volgt op het einde van het hoofdstuk een deelconclusie die de huidige stand van zaken omschrijft en weergeeft waar nog moeilijkheden of opportuniteiten liggen.

# 1 Methodologie

Om de casussen en hun context in beeld te brengen, zijn actoren uit de praktijk de belangrijkste informatiebron. Daarnaast vormen bronnen uit de literatuur binnen dit onderzoek een bevestiging van, of uitbreiding op, de praktijkbronnen.

Contact met beleidsmatige en praktijkgerichte actoren diende tijdens het onderzoek als startpunt voor het opzetten van een netwerk binnen de hergebruiksector. Er werden hierbij auteurs gecontacteerd die hebben bijgedragen aan kennis rond het hergebruik van hout binnen het FCRBE-project (Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe). Daarnaast werden ook enkele woningprojecten met structurele hergebruikselementen bezocht, die via *ecobouwers.be* werden opengesteld voor het publiek. De eigenaars stelden hun eigen project voor, maar boden daarnaast ook toegang tot nieuwe contacten binnen de hergebruiksector. Via deze eerste contacten werd het netwerk steeds verder uitgebreid met nieuwe actoren. De gevoerde gesprekken gaven aanleiding tot het vinden van verschillende hergebruikcasussen waarin gelijmd gelamelleerd hout werd hergebruikt.

Verschillende actoren binnen deze casussen werden vervolgens bevroegd. Dit gebeurde meestal tijdens een werfbezoek, waarbij bepaalde bewerkingen binnen het hergebruikproces konden worden bijgewoond. Tegelijk werd met de aanwezige actoren een conversatie gevoerd omtrent vorige en toekomstige stappen in het hergebruikproces. Daarnaast werd ook op andere manieren contact opgenomen met verdere betrokkenen om een volledig beeld te kunnen verkrijgen. Bij al deze contacten en bevestigingen werd niet gewerkt met een vaste vragenlijst, maar werd voor de vragen wel vertrokken vanuit de persoonlijke rol en het initiatief dat een betrokkene opneemt in het proces.

Uit dit onderzoek kwam informatie naar voren omtrent initiatieven, gebeurtenissen en omstandigheden die hebben geleid tot een succesvol hergebruik. Daarnaast gaven gesprekken met actoren ook praktische moeilijkheden en uitdagingen binnen het hergebruikproces aan. Om deze moeilijkheden des te meer uit te lichten, werden ook minder succesvolle ontmantelingsprojecten opgenomen en ontleed. De omstandigheden die hier geleid hebben tot het (deels) uitblijven van een succesvol hergebruik, ondanks de ondernomen initiatieven, bieden evenzeer een waardevol inzicht in de hedendaagse praktijk. Met deze insteken wordt elke casus in kaart gebracht en kan finaal de haalbaarheid en het draagvlak van structureel hergebruik van glulam worden omschreven.

De casussen, die het hergebruikproces van verschillende elementen omvatten, vormen de leidraad binnen deze thesis en dienen later ook binnen de omschrijving van terugwinningsprocessen (*Deel 3*) en de levenscyclusanalyse (*Deel 4*) als voornaamste input.

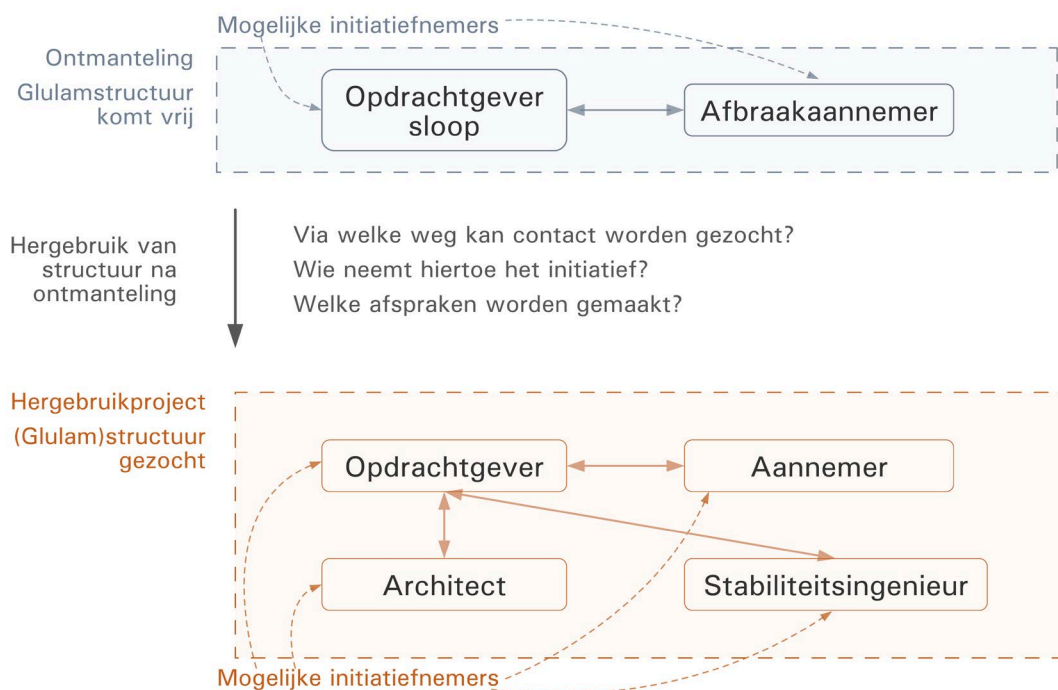
## 2 Praktijkvoorbeelden

Onderstaande casestudies analyseren projecten met succesvol hergebruikte glulamstructuren. In elk van de casussen zal blijken dat de houding van de betrokken bouwactoren van fundamenteel belang is om een succesvol hergebruikproces op te zetten en te voltrekken.

Allereerst dient er binnen het slooproces van het af te breken gebouw steeds iemand initiatief te nemen om aan te geven dat de glulamstructuur beschikbaar is voor ontmanteling. De wil om een structuur te ontmantelen, is afhankelijk van verschillende praktische factoren. Zo spelen structurele typologie, opbouw en tijdsduur voor afbraak een rol in de uiteindelijk keuze om al dan niet te ontmantelen. Om dit te begrijpen, wordt bij elke casus vastgelegd welk type gebouw afgebroken wordt en in welke context dit gebeurt.

Zonder het aanbieden van een structuur, zal deze verloren gaan en als afval worden afgevoerd. Elke casestudie geeft weer welke actor het initiatief heeft genomen voor ontmanteling en op welke manier, aangezien dit steeds aan de basis ligt van het gehele proces.

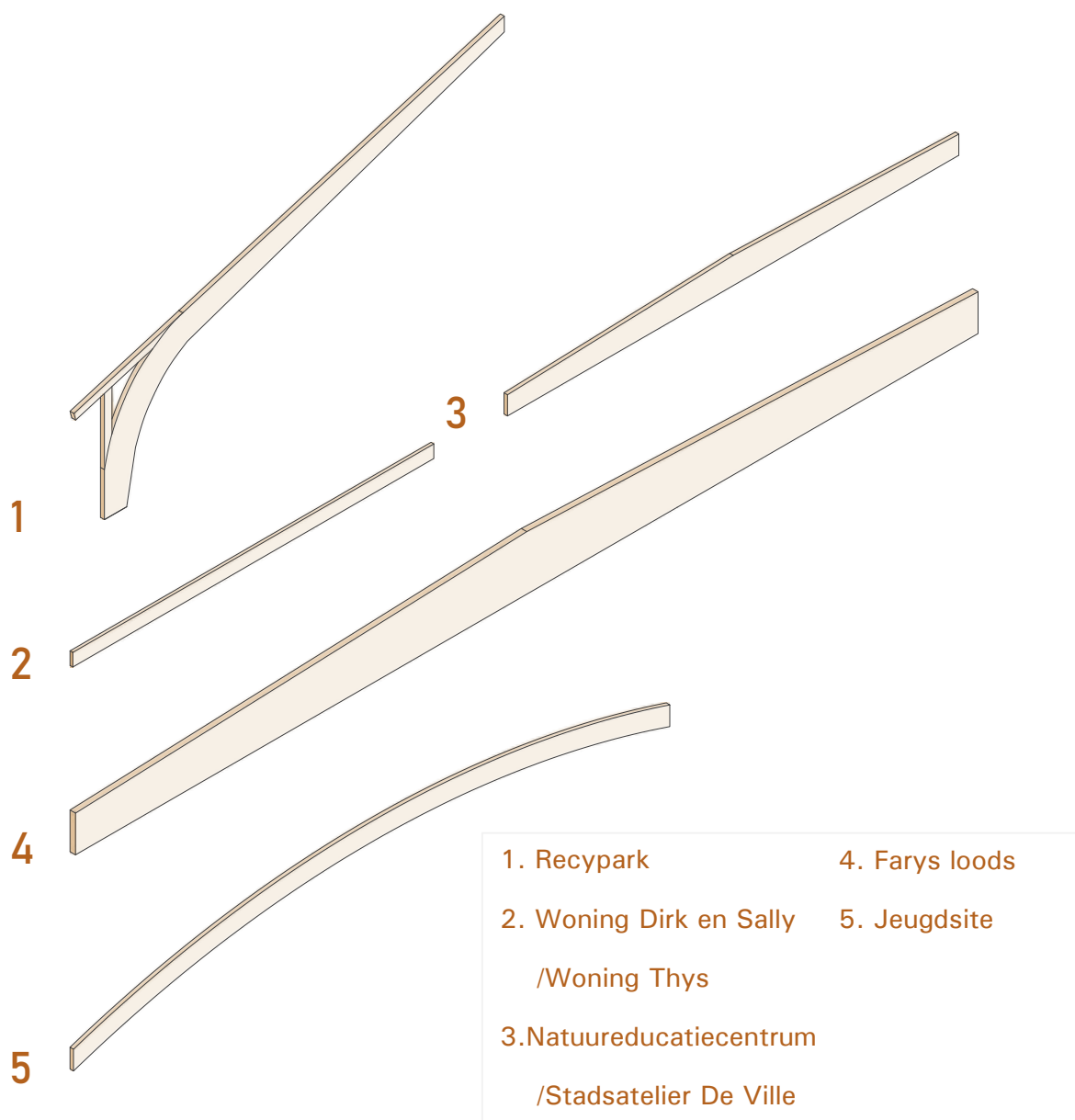
Daarnaast is het ook essentieel om een hergebruikbestemming te vinden voor de structuur, zodat deze kan worden ontmanteld met het oog op een concrete afnemer. Om dit te kunnen doen, dient een actor binnen een nieuw project het initiatief te nemen om op zoek te gaan naar een hergebruikstructuur. Ook een materiaalhandelaar kan in principe instaan voor het afnemen van een structuur en de opslag hiervan. Elke casus geeft weer welke actor het initiatief nam tot gebruik van een hergebruikstructuur binnen het project en vanuit welke insteek.



Figuur 24: Overzicht van actoren binnen een hergebruikproces

Zelfs wanneer er bij zowel ontmanteling, als bij het opzetten van een nieuw project, initiatief is voor hergebruik, is dit niet voldoende om de overgang van de structuur te verzekeren. De juiste contacten dienen hiervoor te worden gelegd, alsook de juiste afspraken gemaakt. Elke casus geeft weer hoe het hergebruikproces uiteindelijk in zijn geheel tot stand is gekomen en op welke manier ontmantelaar en afnemer in contact kwamen.

Om een hergebruikelement uiteindelijk toe te passen binnen een project, zijn langs de zijde van de afnemer ook nog bewerkingen en maatregelen nodig, opdat alle actoren binnen het project een nieuw gebruik kunnen toestaan. Binnen het nieuwe project wordt verder dan ook voor elke casus geanalyseerd welke bewerkingen gebeurd zijn en welke maatregelen genomen zijn om het element te integreren, ondanks structurele onzekerheid.



Figuur 25: Visuele inventaris van elementen uit de onderzochte casussen

## 2.1 Recypark

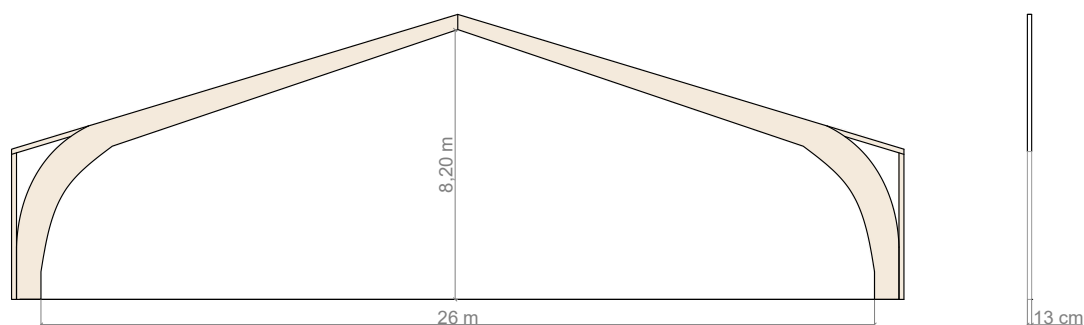
Het Recypark vormt een Belgisch pioniersproject als het gaat om het structureel hergebruik binnen een publiek project. Binnen het project werden gelijmd gelamelleerde boogspanten met een totale overspanning van 25 meter hergebruikt als structuur voor een overdekte buitenruimte. Het gebouw doet dienst als recyclagepark en bevat daarnaast ook een skatepark. Opdrachtgever *Agence Bruxelles-Propreté* stelde een wedstrijd op, die werd gewonnen door architectenbureau *51N4E* met hergebruikconsultant *Rotor (Rotor, z.d.)*. Het project kende hierna een lange doorlooptijd van 8 jaar tussen de wedstrijd in 2016 en de opening in 2024, wat aangeeft dat dit voornamelijk een 'trial-and-error' proces geweest is. Het gebrek aan ervaring met structureel hergebruik lag hiervoor en de basis en zorgde ervoor dat het moeilijk was om aansprakelijkheden tussen de verschillende partijen te verdelen en de verantwoordelijkheden in te schatten. Zonder bestaande en erkende werkwijze voor structureel hergebruik, moest het projectteam vaak improviseren wanneer het op obstakels stuitte. Dit zorgde ervoor dat verschillende keuzes moesten worden herzien en dat moest worden bedacht hoe met conventionele bouwnormen werd omgegaan (Cousins, 2025). Desondanks zijn binnen het project uiteindelijk 10 van de 27 toegepaste kolommen afkomstig uit hergebruik en heeft het op deze manier haar belangrijke pioniersrol succesvol vervuld (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 20 december 2022).

### Ontmantelingv manege

<b>Locatie</b>	Luik
<b>Bouwjaar</b>	Ca.1970 - 1990
<b>Ontmantelaar</b>	Afbraakaannemer volledige hal
<b>Sloopdatum</b>	2018
<b>Aantal elementen</b>	26

### Toepassing binnen af te breken gebouw

De elementen deden dienst als hoofdstructuur van een manegehal in Luik. Het gebouw met gelijmd gelamelleerde boogspanten maakte deel uit van een voormalige boerderij, die in bezit was gekomen van SOWAER (Société wallonne des aéroports) (Rotor, z.d.; Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 20 december 2022).



Figuur 26: Aanzicht en afmetingen van spanten uit manegehal

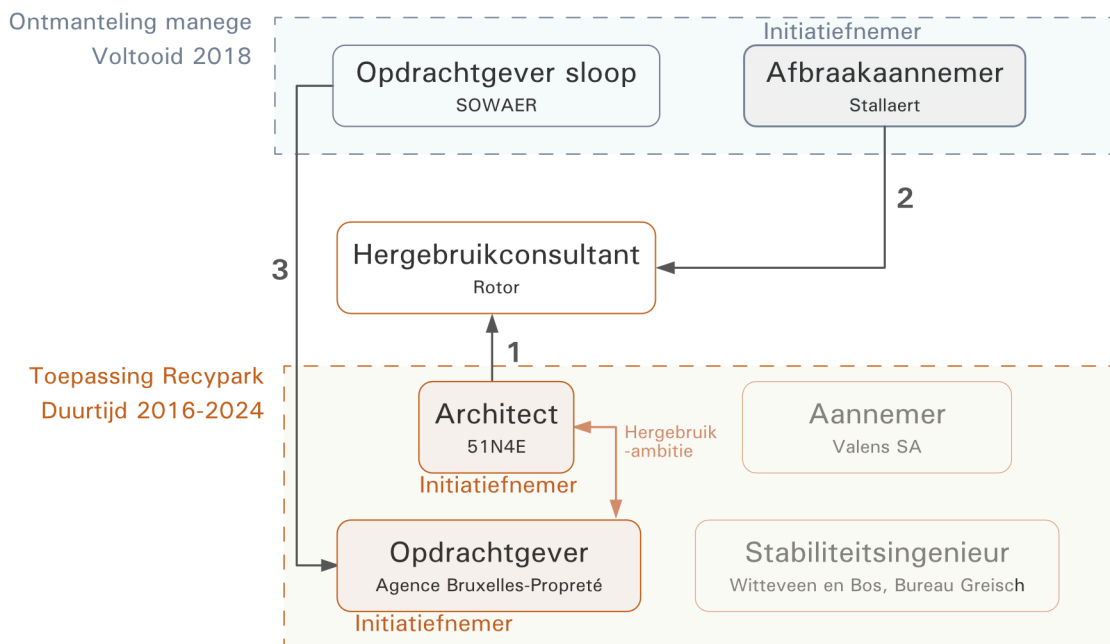
## Initiatief ontmanteling

Reeds tijdens de wedstrijdphase voor het Recypark, werd *Rotor* door architect *51N4E* betrokken als hergebruikconsultant om geschikte structuren voor te stellen voor het ontwerp van een nieuwe hal. Afbraakfirma *Stallaert* signaleerde aan *Rotor* dat de gelijmd gelamelleerde structuur beschikbaar was die mogelijks geschikt zou zijn voor het project (*RotorDC*, 2024).



Figuur 27: De manegehal in Luik (*Rotor*, z.d.)

SOWAER wilde de manege slopen, om hier een nieuwe uitbreidingen te ontwikkelen voor de luchthaven van Luik (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022). Opdrachtgever van het Recypark *Agence Bruxelles-Propreté* legde contact met de eigenaar en kocht de hal op de site. Hierna nam het binnen de afbraakovereenkomst, met een zelf aangestelde aannemer, een zorgvuldige demontage van de spanten op, om deze zo te kunnen opnemen in de constructie van het Recypark (*Rotor*, z.d.; Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022).



Hergebruikproces 1. Ingeschakeld als hergebruikconsultant 2. Inlichtingen over sloop 3. Verkoop manege sloop

Figuur 28: Onderlinge contacten en overeenkomsten tussen actoren voor het ontmantelen en hergebruiken van de balken uit de manege

## Toepassing: Recypark

Locatie	Anderlecht
Datum voltooiing	Oktober 2024
Opdrachtgever	Agence Bruxelles-Propreté
Architect	51N4E
Hergebruikconsultant	Rotor
Aannemer	Valens SA
Stabiliteitsingenieur	Witteveen & Bos, Bureau Greisch
Opslaglocatie voor toepassing	Nijvel
Toegepaste elementen	20
Volume hergebruikt materiaal	34 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

*Bruxelles-Propreté* stelde een competitie op voor het ontwerp van het Recypark en had hierbij vanaf het begin de ambitie om hergebruik te promoten door het te integreren in de architectuur van het project (Rotor, z.d.). Hierop stelde *51N4E* een ontwerp voor waarvan de finale vorm zou afhangen van hergebruikte structurele elementen, op dat moment nog onbekend. *Rotor* hielp bij het opzetten van een hergebruikmethodologie en het voeren van een marktonderzoek naar beschikbare draagstructuren. Zo spoorde het de manege in Luik op als één van vier mogelijke structuren. Zonder al zekerheid te hebben over welke structuur het precies zou worden, verkoos de opdrachtgever het voorstel van *51N4E*, *Rotor* en *Witteveen & Bos*. Later werd de reeds gelokaliseerde spantenstructuur uit Luik dan gekozen voor hergebruik in het project (Cousins, 2025; RotorDC, 2024).



Figuur 29: De hergebruikte elementen na installatie, in werffase (Rotor, 2023)

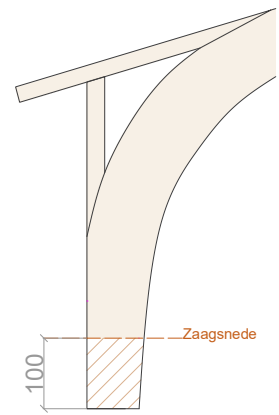


Figuur 30: Het Recypark tijdens de afwerkingsfase (alleen nieuwe spanten zichtbaar) (51N4E, z.d.)

## Bewerkingen

Na ontmanteling werden de balken overgebracht naar een loods in Nijvel om hier te drogen voor twee en een half jaar. Het transport werd georganiseerd door opdrachtgever *Agence Bruxelles-Propreté* (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022).

Na de droogperiode werden de balken overgebracht naar de fabriek van glulam-producent *StructureWood*, die instond voor de verdere verwerking van de gerecupereerde balken, alsook de productie van (bijna) gelijkvormige nieuwe balken voor het project (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022). De gerecupereerde balken werden bij *Structurewood* geschaafd om deze lichter te maken. Daarnaast werd ook één meter hout afgezaagd, aangezien hier een aantasting was van vocht en er ook bijsporen van paarden te vinden waren (F. Bertrand, persoonlijke communicatie, 31 maart 2025).



Figuur 31: Verzaging van de boogspanten; afmetingen in cm

## Nieuwe toepassing: omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

Om de geschiktheid van de structuur reeds te verifiëren voor ontmanteling, werd door studie bureau *SGI* een analyse gemaakt van de elementen in de manege voor demontage. Hieruit bleek dat 5 bogen onbruikbaar waren, terwijl andere bogen een vochtprobleem aan de voet hadden en deze dus moest worden afgezaagd (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022).

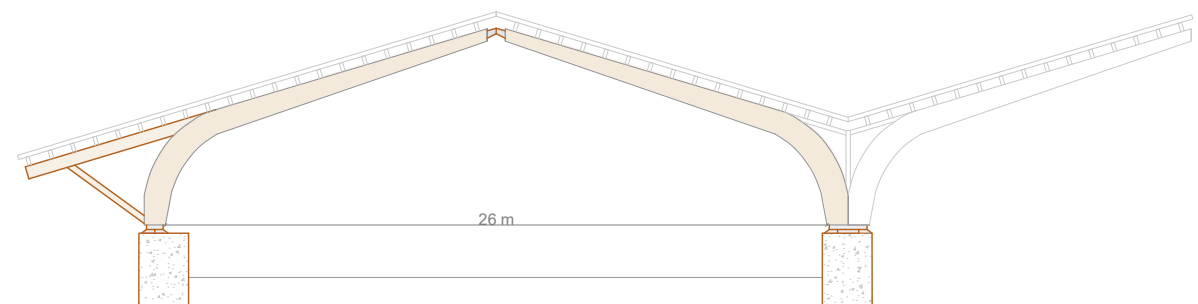
Na ontmanteling werden verschillende tests uitgevoerd op de houten boogspanten om meer zekerheid te verkrijgen over de structurele prestaties, zodat deze zeker overeenstemden met het ontwerp van de stabiliteitsingenieur *Witteveen & Bos*.

De exacte testmethode werd voorgeschreven door bureau *Greisch*, die deze resultaten ook interpreteerde en zo extrapoleerde naar de andere elementen. Dit ging gepaard met een tweede visuele controle om de overeenkomst van de testmonsters met de overige elementen te verifiëren (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022).

Door het ontwerp van de hal worden verschillende risico's gemitigeerd. De elementen worden gebruikt voor de minst belaste delen van de structuur en werden overgedimensioneerd. De andere spanten in de constructie kennen een hogere belasting en zijn nieuw geproduceerd. De overdimensionering van de gerecupereerde spanten werd bekomen door telkens twee spanten aan elkaar te bouten en zo de draagcapaciteit te verhogen. Daarnaast werden de spanten gemonteerd op een betonnen sokkel, om de elementen te beschermen tegen opstijgend vocht. Ten slotte werd ook een extra overkraging ontworpen over de gebogen zijde van de balk, om deze volledig te kunnen vrijwaren van regen (Cousins, 2025). De integratie deze maatregelen in het ontwerp, wordt weergegeven op figuur 33.



Figuur 32: Ontdubbeling van de spanten en montering op een betonsokkel (Cousins, 2025)



Figuur 33: Integratie van de hergebruikte boogspanten binnen het ontwerp voor het Recypark

### Behaalde voordelen

Het experimentele proces vormde een leerproces voor alle betrokken partijen, waardoor ze met deze ervaring vandaag hun praktijk kunnen bijstellen. Omdat het project afwijkt van de hedendaagse constructienormen, werd *SECO* betrokken als onafhankelijk controlebureau. Ze hielden toezicht en gaven advies omtrent de uitvoering en berekeningen die werden gemaakt binnen dit project, zodat zij een veiligheidsgarantie konden geven aan decennale verzekeraars om het project te dekken (Cousins, 2025). Op basis van hun ervaringen en de moeilijkheden tijdens de uitvoering, werd bij *SECO* een protocol opgezet voor toekomstig hergebruik van structureel hout (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).

Dit project maakte ook aan *aannemer Eiffage – Valens* duidelijk dat gebouwd kan worden met elementen uit gebouwen die bestemd zijn voor sloop. Projectleider José Rangel zegt dat hiervoor een andere mindset nodig is dan bij een traditionele bouw, en dat er vertrouwen moet zijn dat je zal vinden wat je nodig hebt op afbraakwerven. De aannemer plant in de toekomst ook andere projecten waarbij meerdere elementen zullen worden hergebruikt (Cousins, 2025).

Bureau Greisch wist binnen het project de stabiliteit te verifiëren op basis van de Eurocode, wat geen sinecure is aangezien deze is opgebouwd voor een typische levensduur van 50 jaar voor structurele elementen. Om zekerheid te bieden dat deze elementen met een ouderdom van 40 à 50 jaar nog 50 jaar kunnen worden toegepast, moest het originele wetenschappelijk artikel, dat ten gronde ligt van de Eurocode, worden bestudeerd. Op die manier kon een correcte veiligheidscoëfficiënt ingerekend worden. Zo wordt duidelijk voor stabiliteitsingenieurs dat hergebruikelementen kunnen worden genormeerd voor structurele toepassingen, met de nodige aanpassingen binnen de standaardmethodologie (Cousins, 2025).

Het project toont tenslotte aan dat de realisatie van een constructie met grootschalige hergebruikte structurele boogspanten niet duurder hoeft te zijn dan het werken met nieuwe elementen. Zo geeft projectarchitect Yann Gueguen aan dat de kost voor de constructie van de hergebruikte elementen, ondanks het huren van transport, het huren van een opslagplaats, materiaalstudies en -tests etc., equivalent of zelfs licht goedkoper was dan het bouwen met nieuwe boogspanten (Cousins, 2025).

## 2.2 Woning Dirk en Sally / Woning Thys

Hoewel gelijmd gelamelleerde balken veelal vrijkomen uit grootschalige structuren met aanzienlijke overspanningen, kunnen deze bij hergebruik ook toepassing vinden in de particuliere woningbouw. De gelijmd gelamelleerde draagbalken van beide voorgestelde woningen zijn afkomstig uit een kantoorgebouw in Charleroi. De balken werden opgeslagen in de voorraad van hergebruikhandelaar *Trovo*. Deze handel is ontstaan vanuit de werking van *HuisMus*, een houtskeletbouwaannemer/timmerbedrijf dat zoveel mogelijk probeert te werken met herbruikbare bouwmaterialen (Ecobouwers, 2024; Trovo, z.d.-b).

### Ontmanteling uit een kantoorgebouw

<b>Locatie</b>	Charleroi
<b>Bouwjaar</b>	Ca. 1990
<b>Ontmantelaar</b>	Afbraakaannemer volledig gebouw
<b>Sloopdatum</b>	Oktober 2022

### Toepassing binnen af te breken gebouw

De elementen deden dienst als dakbalken uit de bovenste verdieping van een kantoorgebouw in Charleroi. Binnen de opbouw van de hoofdstructuur, rustten de balken op glulam-kolommen (N. Meersschant, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).

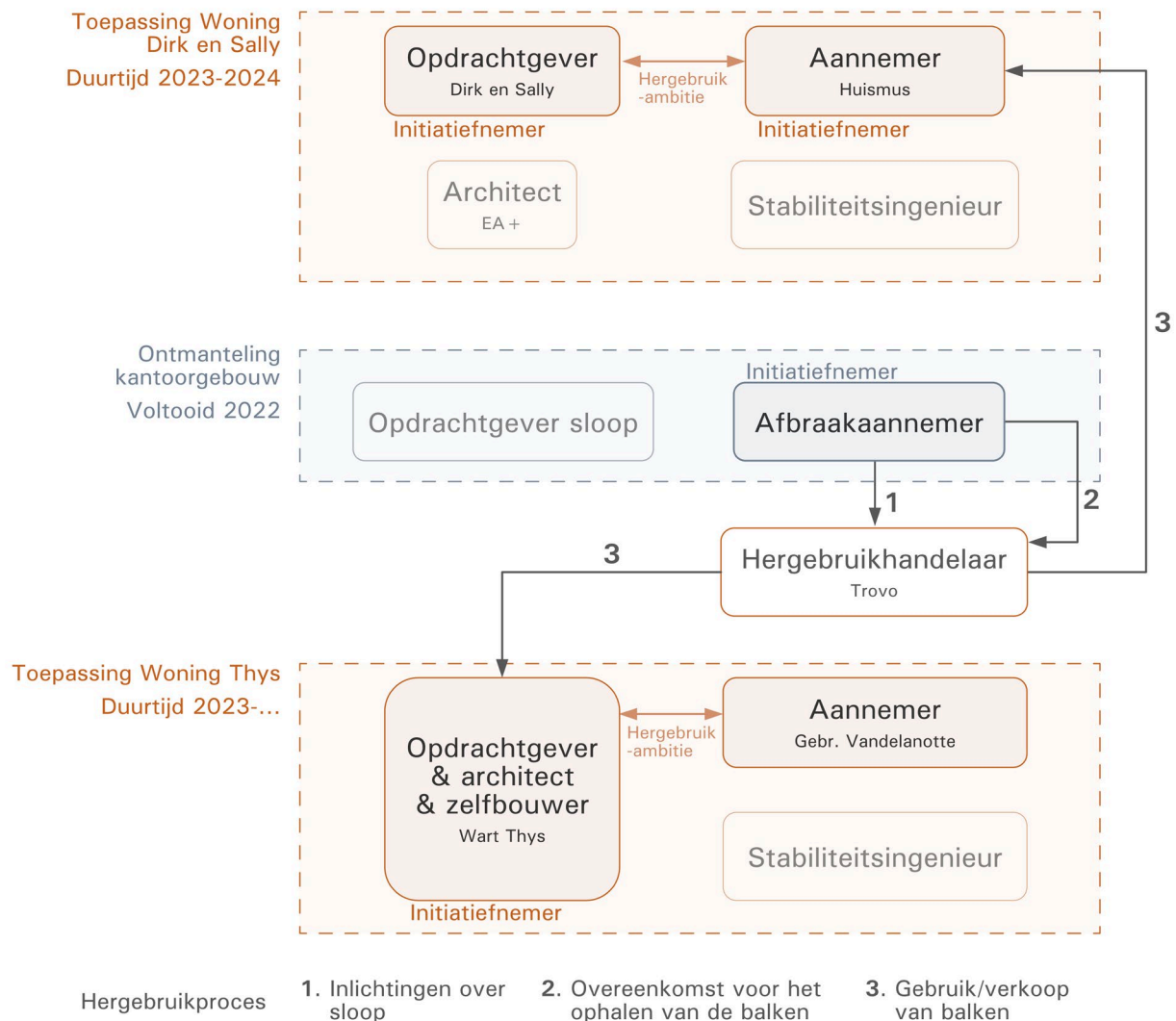


Figuur 34: De bovenverdieping van het kantoorgebouw met zichtbare opbouw van de *glulamstructuur* (N. Meersschant, 2022)

## Initiatief ontmanteling

De sloopaannemer die actief was op deze werf, bracht materiaalhandelaar *Trovo* op de hoogte van de balken die zouden vrijkomen. Hierop werd afgesproken dat de aannemer de verbindingen loszaagt en de balken met de torenkraan verplaatst op een oplegger, die wordt aangeleverd door *Trovo* (N. Meersschant, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).

Na een eerste visuele controle, bleek dat de ontmantelde balken op verschillende plaatsen waren ingesneden door een cirkelzaag. Deze stond namelijk niet op de correcte diepte ingesteld bij het verwijderen van de platen die zich op de balken bevonden. Dit zorgde ervoor dat niet alle balken bruikbaar waren en dat de operatie enkel rendabel was voor *Trovo* als er geen materiaalkost moest worden betaald, aangezien reeds moest worden ingestaan voor transport. De sloopaannemer stemde ermee in om geen vergoeding te vragen, aangezien de besparing op afvaltransport ook een belangrijke afname in kosten biedt voor hen (N. Meersschant, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).



Figuur 35: Onderlinge contacten en overeenkomsten tussen actoren voor het ontmantelen en hergebruiken van de balken uit het kantoorgebouw

## Toepassing 1: Woning Dirk en Sally

<b>Locatie</b>	Boekhoute
<b>Datum voltooiing</b>	November 2023
<b>Opdrachtgever</b>	Dirk en Sally (particulier)
<b>Architect</b>	EA + Architecten
<b>Aannemer</b>	HuisMus
<b>Opslaglocatie voor toepassing</b>	Evergem, in Magazijn Trovo
<b>Toegepaste elementen</b>	13
<b>Volume hergebruikt materiaal</b>	3,5 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

Opdrachtgevers *Dirk en Sally* wensten hun woning op ecologische wijze op te bouwen en hierbij veelvuldig hergebruikmaterialen toe te passen, aangezien dit volgens hen een meer ecologisch alternatief vormt dan werken met nieuwe hernieuwbare materialen. Hiervoor gingen ze een samenwerking aan met *EA + architecten* en aannemer *HuisMus*, waarop deze laatste een offerte opmaakte voor een opbouw met nieuwe materialen. Hierna legde *HuisMus* geleidelijk aan opties voor van materialen binnen de offerte, die zouden kunnen worden vervangen door recuperatiemateriaal. Op die manier werden door de aannemer ook de balken die ter beschikking waren bij *Trovo* aangeboden ter vervanging van nieuwe draagbalken. Binnen de woning werden ook de alle dragende buitenwanden opgebouwd uit hergebruikplanken en is de isolatie gerecupereerd uit kantoorgebouwen (S. Maes & D. Smet, persoonlijke communicatie, 10 november 2024).

### Bewerkingen

De balken werden voor de toepassing manueel ontdaan van de meeste grove zichtbare nagels en lijmresten bij hergebruikhandelaar *Trovo*. Daarnaast werden ze op maat van de toepassing verzaagd met een cirkelzaag. Verdere bewerkingen gebeurden niet, aangezien het materiaal onzichtbaar werd toegepast en dit de prijs van de balken te hoog zou opdrijven. De balken zijn dus niet toegepast in een volledig opgeschoonde staat (N. Meersschant, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).



Figuur 36: Randbalk met nog zichtbare lijmresten tijdens de werffase (D. Smet, 2023)

## Nieuwe toepassing: omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

De balken werden in de woning toegepast met de volledige sectie van 40 op 9 cm. Ze fungeren over de volledige omtrek als randbalk, terwijl één balk ook dient als hoofd draagbalk. Na afwerking zijn de balken niet meer zichtbaar in de woning, aangezien een vals plafond werd geïnstalleerd (Ecobouwers, 2024).

Het lot aan balken werd visueel gecontroleerd bij *Trovo* op delaminaties en op mechanische schade nabij punten waar de kraan gegrepen had. Beschadigde delen werden weggezaagd, zodat een kortere bruikbare lengte overbleef. Bij toepassing van gelijmd gelamelleerd hout binnen een nieuw project, werkt *HuisMus* in berekeningen, door de onzekerheid over het materiaal, met de laagste glulam-klasse van de laatste 20 jaar. De ingenieur is binnen het proces verantwoordelijk voor het bepalen van de secties van het

hout met deze klasse, terwijl *Trovo/HuisMus* de verantwoordelijkheid draagt voor de kwaliteit van het hout. Dit levert conservatieve berekeningen op, waardoor zekerheid voor de opdrachtgevers wordt ingebouwd. De toepassing binnen de woning is dus vooral gebaseerd op vertrouwen tussen de verschillende partijen, aangezien tests niet gebeurden. Een test uitvoeren zou hier namelijk niet rendabel geweest zijn (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).



Figuur 37: Opbouw van de woning tijdens werffase met gebruik van gerecupereerde glulam als randbalken (N. Meersschaut, 2023)

## Behaalde voordelen

Door de toegang van *HuisMus* tot de eigen opgezette materialenbank van *Trovo*, kan het als aannemer veel hergebruikmaterialen aanbieden en hiermee ervaring opbouwen. Daarnaast biedt hun transparante offerteprocedure een houvast voor de bouwheer om de kosten van het project in de gaten te houden. Zo is het door het wederzijds vertrouwen tussen de partijen mogelijk geweest om een woning met verregaand materiaalhergebruik – van structuur tot isolatie – te realiseren terwijl deze ook financieel haalbaar bleef (Ecobouwers, 2024).

Hoewel de woning met een haalbaar budget is opgebouwd, bleken hergebruikmaterialen binnen deze toepassing geen kostenbesparing op te leveren ten opzichte van een volledig nieuwe houtskeletwoning. Opties voor hergebruik die door *HuisMus* worden aangeboden op basis van de nieuwbouwofferte, kunnen namelijk zowel een hogere als lagere kost met zich meebrengen. De mogelijke extra kosten komen voort uit het verzagen, ontnagelen en extra controles die bij nieuwbouw niet nodig zijn. Keuzes hierrond werden dan ook gemaakt uit een ecologisch bewustzijn, eerder dan een economische drijfveer (S. Maes & D. Smet, persoonlijke communicatie, 10 november 2024).

## Toepassing 2: Woning Thys

<b>Locatie</b>	Gentbrugge
<b>Start werken</b>	Augustus 2023
<b>Opdrachtgever</b>	Wart Thys (particulier)
<b>Architect</b>	Wart Thys
<b>Aannemer</b>	Gebr. Vandelanotte + Zelfbouw
<b>Opslaglocatie voor toepassing</b>	Evergem, in Magazijn Trovo
<b>Toegepaste elementen</b>	40
<b>Volume hergebruikt materiaal</b>	2,5 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

Architect *Wart Thys* stelde bij de verbouwing van zijn eigen woning vanaf de start de doelstelling om te bouwen met hergebruikte en bio-based materialen. Hiertoe was het nodig om de materialen binnen de woning al vanaf het begin te kunnen benoemen en dimensioneren. Door dit te doen, is er voldoende tijd om te onderzoeken welke elementen kunnen worden ingevuld met hergebruik-elementen. *Wart Thys* werkt voor de uitvoering samen met schrijnwerker *Stefaan Vandelanotte*, die de rol van aannemer op zich neemt. *Wart* werkt als zelfbouwer mee tijdens de werken en voert simpele taken zelf uit, samen met zijn vader. Doordat hij zelf nauw betrokken is bij de opbouw en verwerking van de materialen, is het mogelijk voor hem om in te staan voor het toeleveren van hergebruikmaterialen. (W. Thys, persoonlijke communicatie, 20 maart 2025; 28 maart 2025).

De structurele balken binnen de opbouw werden gedimensioneerd op een sectie van 24 op 8 cm. Bij materialenhandel *Trovo* vond hij glulambalken met een sectie van 40 op 9 cm, die dus konden verwerkt tot de correcte maat. Op basis van de inventaris van *Trovo* en een bezoek aan het magazijn, kon *Wart* met zijn lijst de balken met geschikte lengte selecteren voor het project. *Wart* kocht uiteindelijk balken van verschillende lengtes aan, die allen konden teruggebracht worden naar de nodige maten voor het project (W. Thys, persoonlijke communicatie, 20 maart 2025).

De balken werden aangekocht aan een prijs per volume-eenheid. Om het totale volume te berekenen, werd rekening gehouden met de sectie van het materiaal dat nodig was in de plannen. Hierdoor betaalt de opdrachtgever dus niet extra voor de overmaat aan materiaal die niet nodig is binnen zijn project. (W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025).

## Bewerkingen

Na levering van de balken, was er in het hout nog veel metaal aanwezig en hingen er ook nog andere resten, van bijvoorbeeld lijm, aan de buitenkant. *Wart* wenste binnen de woning de balken zichtbaar toe te passen, maar vindt hierbij niet dat hergebruik er steeds 'circulair' moet uitzien. Hij verkoos om de balken terug te brengen naar een esthetiek die dichter aanleunt tegen deze van een nieuw materiaal (*W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025*).



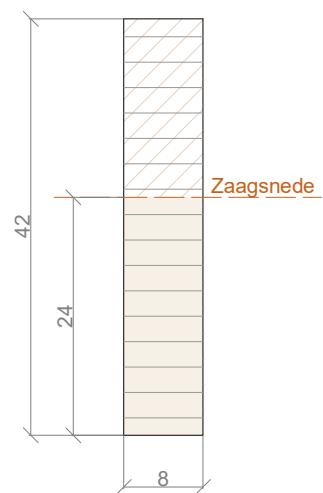
Figuur 38: De balken na het verwijderen van metalen onderdelen en opschonen (*W. Thys, 2024*)



Figuur 39: De balken na het schaven (*W. Thys, 2024*)

Om dit doel te behalen, zijn eerst alle metalen onderdelen uit de balken verwijderd en zijn de balken opgeschoond, met het oog op verdere bewerkingen. De balken werden hierna verder verzaagd en geschaafd in het atelier, om tot een maat van 24 cm hoogte te komen. De overgebleven reststukken met hoogte 16 cm werden bewaard en ook benut binnen de vloeropbouw. Aan beide kanten van de balk werd nog eens 0,5 cm weggeschaafd, om zo een effen oppervlak te krijgen. Daarna werden de balken nog ingeolied met lijnolie met wit pigment, om de balken te bleken en ze een uiterlijk te geven dat dicht aanleunt bij dat van nieuwe balken. Op het einde van deze reeks bewerkingen, worden de balken op volle lengte door de aannemer meegenomen in een bestelwagen naar de werf (*W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025*).

Op de werf werden de balken precies verzaagd met een cirkelzaag tot de benodigde lengte van 4 meter voor de overspanning van de tussenvloer, en geïnstalleerd. Finaal zullen de balken nog een tweede olielaag krijgen, en zullen deze eventueel nog eens worden afgeschuurd terwijl ze al in positie zitten (*W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025*).



Figuur 40: Verzaging van balken in de doorsnede; afmetingen in cm

## Nieuwe toepassing: omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

De glulambalken werden gebruikt voor de uitbouw achteraan de woning, waarbij ze zowel dienst doen als draagbalken voor de verdiepingvloer, als kolommen ter ondersteuning van de gordijngewel. De hart-op-hart afstand binnen de structuur bedraagt steeds 80 cm (W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025).

De stabiliteitsingenieur paste binnen het project geen extra veiligheidsfactor toe en zag geen problemen in het toepassen van hergebruik-elementen. Binnen het project is dus geen grote overdimensionering van de elementen opgenomen ten opzichte van een conventionele opbouw (W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025).



Figuur 41: De opbouw van de gordijngewel en verdiepingvloer in werffase

## Behaalde voordelen

Door de unieke dubbelrol die de opdrachtgever in dit project speelde als architect en zelfbouwer, werd het voor hem mogelijk om hergebruikopties vroeg te gaan onderzoeken en ook zelf te beslissen welke pistes al dan niet haalbaar zijn. Ook het ontwerp kan door deze combinatie aan rollen flexibeler worden aangepast om zo bepaalde materialen te integreren die niet de exacte ontwerpmaten bezitten. Zo werden binnen het project, naast de balken, ook houtskeletstructuur, isolatie en een productierest gevelbekleding hergebruikt.

Ondanks de opeenvolging van bewerkingen, en dus werkuren, die zijn uitgevoerd binnen dit project, zal de kostprijs voor de balken binnen het project iets lager liggen dan de aankoopprijs van nieuwe balken. De voordeligere prijs komt enerzijds voort uit de goedkopere kostprijs voor de onbewerkte balken bij *Trovo*, in vergelijking met nieuwe productie. Anderzijds werd ook voordeel behaald omdat opdrachtgever *Wart Thys* als zelfbouwer zelf mee de bewerkingen heeft uitgevoerd met de aannemer. Als de werkuren waarin hij zelf meewerkte aan het verwerken van de balken zouden worden doorgerekend, zouden de hergebruikbalken wel een hogere prijs kennen dan een nieuwe variant. (W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025).

## 2.3 Natuureducatiecentrum / Stadsatelier De Ville

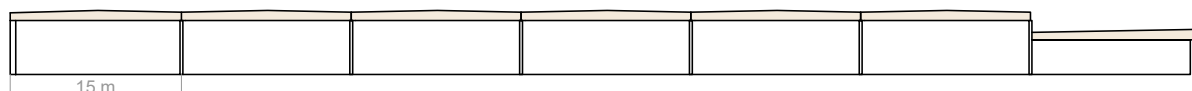
In de loop van 2025 worden twee grootschalige projecten voorbereid waarbinnen een belangrijk volume gelijmd gelamelleerde liggers zal worden hergebruikt. Beide projecten gebruiken balken die afkomstig zijn uit eenzelfde grootschalige ontmanteling in Kortrijk. Om de balken opnieuw structureel toe te passen, is voor beide projecten reeds een protocol uitgewerkt voor de implementatie van de te hergebruiken balken.

### Ontmanteling fabrieksloods

<b>Locatie</b>	Kortrijk
<b>Bouwjaar</b>	Gefaseerde opbouw uit 1971, 1976 en 1989
<b>Ontmantelaar</b>	Afbraakaannemer volledige hal, Alheembouw
<b>Sloopdatum</b>	September 2024
<b>Aantal elementen</b>	159

### Toepassing binnen af te breken gebouw

De spanten, de grote meerderheid met 15 meter overspanning, werden gebruikt als draagstructuur van een fabrieksloods die werd opgebouwd in 1971. Later volgden nog twee uitbreidingen aan de fabriek in 1976 en 1989. Zowel de originele opbouw als de uitbreidingen, goed voor een totale vloeroppervlakte van ongeveer 9000 m<sup>2</sup>, werden gesloopt (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).



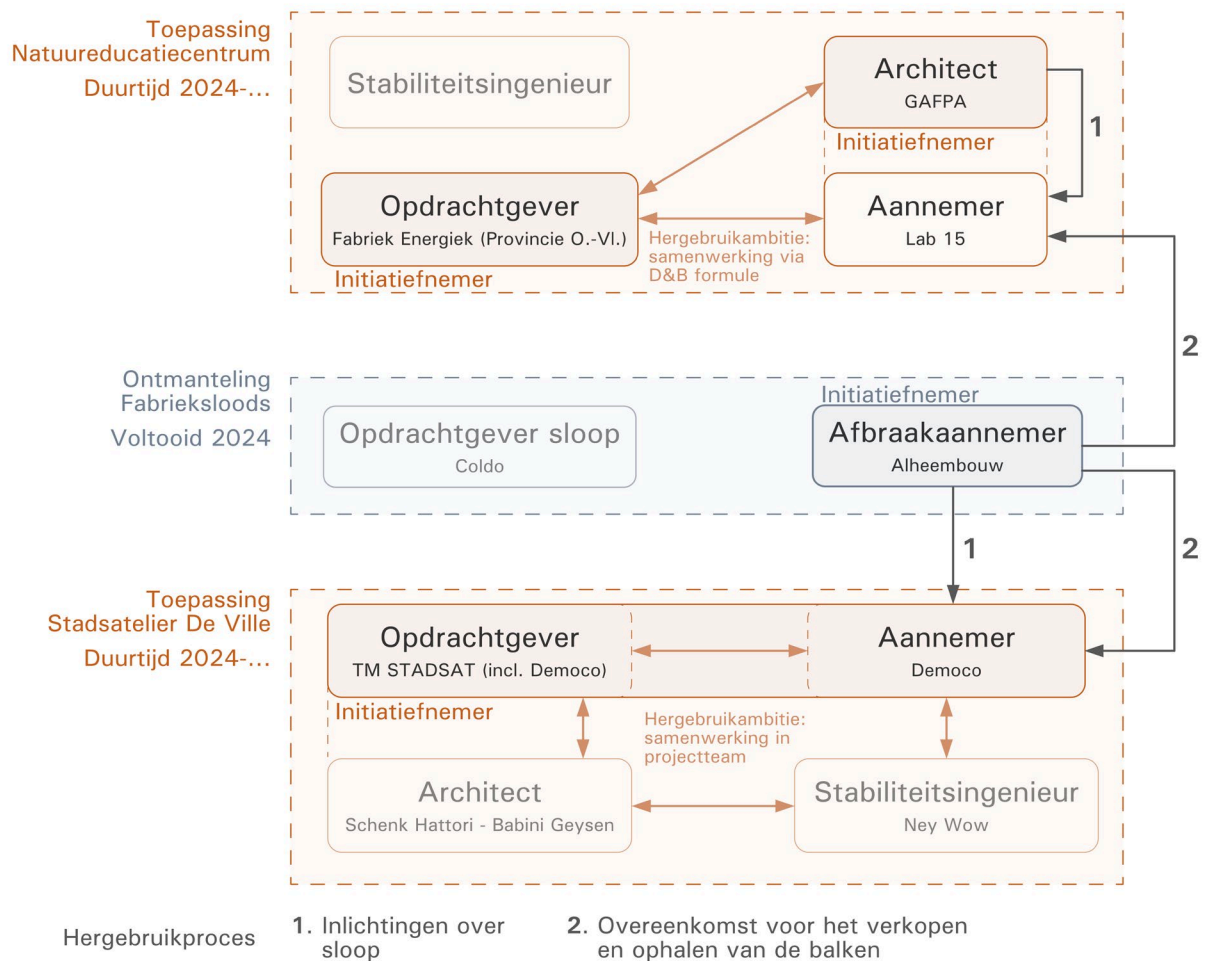
Figuur 42: Doorsnede van de loods in Kortrijk (fase 1971)

### Initiatief ontmanteling

Het gebouw, dat doorheen zijn levensduur verschillende industriële invullingen heeft gekend, werd overgekocht en afgebroken door *Coldo* om op het terrein een nieuw diepvriesmagazijn te bouwen (De Wilde, 2023). *Alheembouw* nam hierbij zowel de sloop, als de opbouw van het nieuwe gebouw, voor haar rekening (*Alheembouw*, z.d.). De partijen die de glulam balken wilden hergebruiken, sloten een overeenkomst om de spanten over te kopen. De afbraakaannemer rekende in welke meerkost nodig was om de balken zorgvuldig, en dus trager, te ontmantelen. Hierna volgde een onderhandeling tussen de partijen van de hergebruikprojecten met bouwheer *Coldo* en de afbraakaannemer om de prijs van de balken vast te leggen (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).



Figuur 44: De opbouw van de deels blootgelegde spanten in de loods (Provincie Oost-Vlaanderen, 2024)



Figuur 43: Onderlinge contacten en overeenkomsten tussen actoren voor het ontmantelen en hergebruiken van de balken uit de loods in Kortrijk

## Toepassing 1: Zonneberg Natuureducatiecentrum

<b>Locatie</b>	Zelzate
<b>Verwachte start werken</b>	April 2025
<b>Opdrachtgever</b>	Zonneberg cv
<b>Architect</b>	GAFPA
<b>Aannemer</b>	Lab 15
<b>Opslaglocatie voor toepassing</b>	Gent, kantoor Lab 15
<b>Toegepaste elementen</b>	45 (5 verschillende types)
<b>Volume hergebruikt materiaal</b>	54 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

Het Zonneberg Natuureducatiecentrum is een toekomstig project van Fabriek Energiek, waarin zal worden geëduceerd over duurzame energieprocessen. Het is een initiatief van de provincie Oost-Vlaanderen en Zonneberg cv, die bij de bouw van het nieuwe centrum willen inzetten op circulariteit en een ecologisch voorbeeldgebouw willen vormen (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024; L. Lannoo; persoonlijke communicatie; 13 februari 2025).

Architect GAFPA kwam de balken in de loods op het spoor tijdens de 'Winter school: Regenerating Kortrijk-Noord'. Tijdens deze workshop werd nagedacht over scenario's om het bedrijvenpark Kortrijk Noord (waarop de toekomstige loods van Coldo zich bevindt) te regenereren met een circulaire denkbenadering (Vlaams Architectuurinstituut, 2023). De loods in Kortrijk werd hierbij in kaart gebracht door studenten, terwijl ook toen al duidelijk was dat deze zou worden gesloopt. Vennoot Floris De Bruyn van GAFPA zetelde binnen de 'Winter school' als jurylid en kwam de balken zo op het spoor. Dit gebeurde net tijdens de ontwerpfase van het Natuureducatiecentrum, en GAFPA stelde voor om de balken te recupereren en te integreren binnen de dakconstructie van het project (F. De Bruyn, persoonlijke communicatie, 17 april 2025; B. De Gieter, persoonlijke communicatie, 16 april 2025).

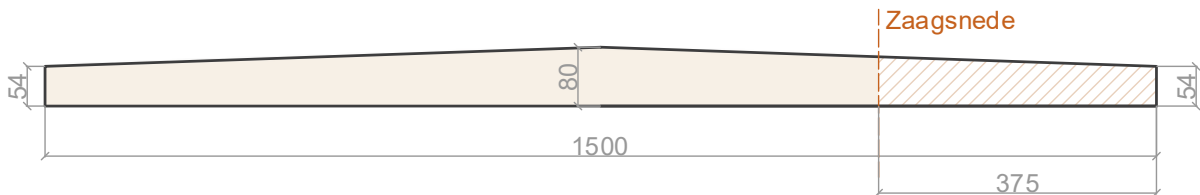
De opdracht loopt via een Design & Build formule, wat ervoor zorgt dat opdrachtgever, aannemer en architect reeds vanaf het begin van het proces samenzitten. Nadat het idee om de structuur te hergebruiken door GAFPA naar voren werd geschoven, werd het mee gedragen door de andere partners binnen het project (B. De Gieter, persoonlijke communicatie, 16 april 2025).

### Bewerkingen

Na ontmanteling werden de balken overgebracht naar het atelier van aannemer Lab 15 te Gent, waar ze buiten liggen opgeslagen. Er werd bij levering een inventaris opgebouwd waarin de balken onderverdeeld zijn in 5 types met verschillende afmetingen. 40 balken

bevinden zich binnen 2 van de 5 types. Daarnaast werden bij het uitladen reeds resterende klossen en grote elementen van de balken verwijderd (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024).

Voor de toepassing binnen het project zal ongeveer één vierde van elke balk worden afgezaagd in het atelier van *Lab 15*, om zo de correcte lengte voor het ontwerp te verkrijgen. Ten slotte wordt de balk bij het verzagen nogmaals opgeschoond met een hogedrukreiniger en klaargelegd voor transport (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024; O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 8 april 2025).

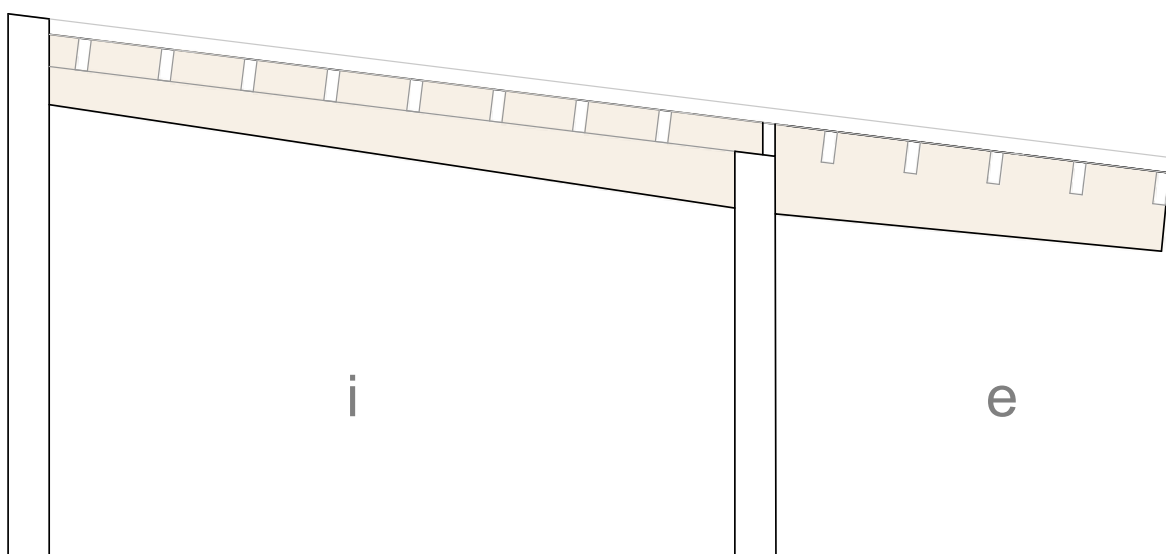


Figuur 45: Verzagingsplan van de glulambalken op maat van het project; afmetingen in cm

### Nieuwe toepassing: omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

Het spant wordt op 'omgekeerde wijze' geïntegreerd in het nieuwe project, waarbij de helft van de originele balk het interieur afschermt en het overige gedeelte in overkraging de buitengalerij afdekt. Het spant bevindt zich dus zowel in de binnen-, als overdekte buitenruimte, zoals zichtbaar op figuur 46 (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024).

Wegens de structurele onzekerheid die heerst, rekt de ingenieur van het project met een conservatieve veiligheidsfactor bij het bepalen van de draagkracht, wat een overdimensionering van de spanten voor hun gebruik oplevert. Verder werd eerder ook visueel gecontroleerd op delaminaties en andere schade bij het opslaan van de balken bij *Lab 15* (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024).



Figuur 46: Integratie van de hergebruikte spanten binnen het ontwerp van het Natuureducatiecentrum

## Behaalde voordelen

De rol van aannemer *Lab 15* biedt een houvast voor de implementatie van de hergebruikelementen. Het bedrijf is binnen dit project in staat om de balken zelf op te slaan (wat vaak een moeilijkheid vormt) en deze te verwerken in het eigen atelier. Hierdoor kunnen ze zelf controle uitoefenen op de uitgevoerde bewerkingen, en kunnen tests worden gedaan voor verschillende bouw- en verwerkingsmethodes. Door alle bewerkingen als aannemer zelf uit te voeren, kan ten slotte ook het aantal logistieke handelingen worden geoptimaliseerd. Aangezien er kan worden gepland om meerdere bewerkingen tegelijk uit te voeren, kunnen deze worden gecombineerd en gekoppeld aan laden en lossen.

Daarnaast levert de Design & Build formule het voordeel dat al vroeg in het proces een aanzienlijk volume hergebruikelementen kan worden opgenomen in het projectvoorstel. Door vanaf het begin met alle actoren samen te werken, kunnen duidelijke afspraken worden gemaakt omtrent de integratie van de balken. Zo ontstaan later geen discussies omtrent structurele onzekerheid of esthetiek.

## Toepassing 2: Stadsatelier De Ville

<b>Locatie</b>	Brussel
<b>Verwachte start werken</b>	Oktober 2025
<b>Opdrachtgever</b>	TM STADSAT (Democo en BC architects & studies & materials)
<b>Architect</b>	Schenk Hattori – Babini Geysen
<b>Aannemer</b>	Democo
<b>Stabiliteitsingenieur</b>	Ney Wow
<b>Opslaglocatie voor toepassing</b>	Brussel, magazijn transportbedrijf Shipit
<b>Toegepaste elementen</b>	113 (4 types)
<b>Volume hergebruik materiaal</b>	147 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

Aannemer *Democo* start samen met circulaire speler *BC architects & studies & materials* een circulaire hub en nieuwe productiesite voor BC materials in Brussel. Het gebouw zelf dient hierbij een voorbeeld van circulariteit te worden (Bouwmeester Maître Architecte, z.d.-b). *Democo* treedt in het bouwproces zowel op als aannemer en opdrachtgever. Het wil in deze combinatie van rollen zo ver mogelijk gaan in hergebruik en stelt hiertoe ook kwantitatieve eisen. Het wil een maximumuitstoot van 80 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> over alle pre-operationele fases heen, 30 % van het gewicht aan bouwmaterialen uit hergebruik halen en zorgen dat het project economisch rendabel is (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).

Hiertoe werd een wedstrijdvraag uitgeschreven door de Brusselse Bouwmeester waarbij 3 architecten, na een eerste inschrijving, werden uitgenodigd om een visie- en strategievoorstel in te dienen op basis van een catalogus aan beschikbare hergebruikelementen. Het voorstel gaat om een aanpak inzake circulariteit en methodologie, niet om een volledig wedstrijdontwerp. Nu de laureaat *Schenk Hattori – Babini Geysen* verkozen is, wordt in een projectteam verder gewerkt (Bouwmeester Maître Architecte, z.d.-a, z.d.-b).

De balken werden toegevoegd aan de catalogus met hergebruikelementen door *Democo*, dat inlichtingen had verkregen over de sloop via contacten in de aannemerij. Ze staan zelf in voor de opslag en verdere verwerking van de balken. Dit is onder meer mogelijk omdat ze zowel optreden als bouwheer en aannemer, wat veel vrijheid biedt (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).

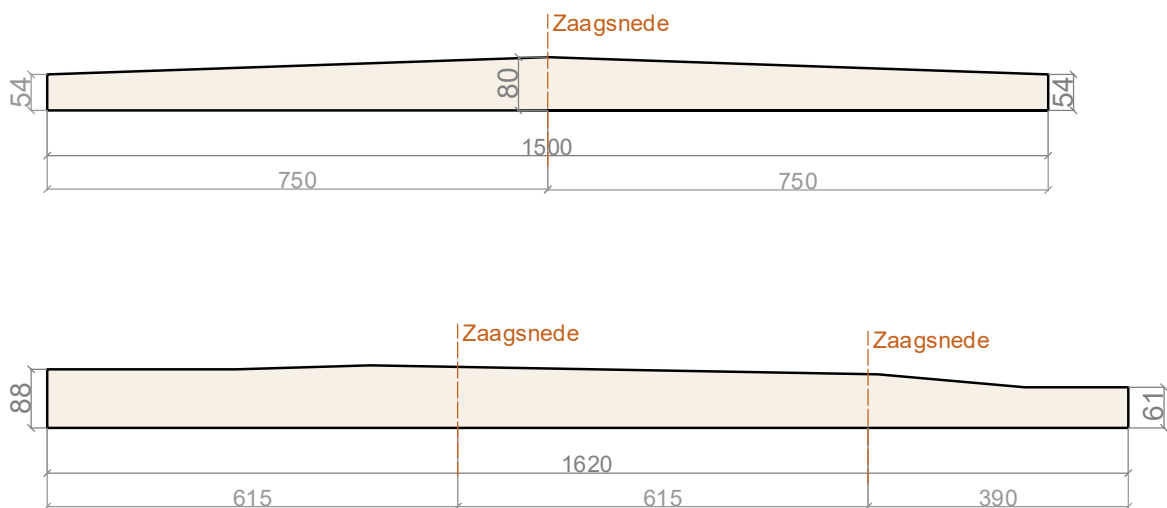
## Bewerkingen

Na de ontmanteling werden de balken genummerd en onderverdeeld in 4 types. De balken werden vervoerd in 6 transporten van Kortrijk naar Brussel, waar ze buiten opgeslagen lagen bij transportbedrijf *Shipit*. Hier huurt *Democo*, op een korte afstand van de uiteindelijke werflocatie, een opslagplaats en schakelt het ook werkkrachten van het bedrijf in om logistieke operaties uit te voeren (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).



Figuur 47: Opgeslagen balken bij Shipit in Brussel

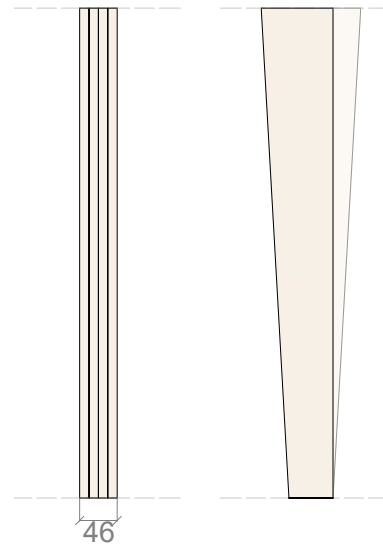
De balken werden vervolgens verzaagd volgens een zaagplan per type balk met het oog op de toekomstige toepassing als kolom in het project. Ze werden nog niet op een exacte maat gezaagd. Na het verzagen, werden de balken binnen opgeslagen bij *Shipit*. Bij het verzagen worden per lot meerdere stalen verzameld, die dan worden opgestuurd naar *Buildwise* voor een delaminatietest. Een testkolom zal in de toekomst, na het verwijderen van eventuele resterende nagels, worden opgebouwd en gecontroleerd door controlebureau *SECO* en *Buildwise* (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024; 16 december 2024).



Figuur 48: Zaagplan van twee types balken, elk versneden stuk kent een toepassing in het project; afmetingen in cm

## Nieuwe toepassing: omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

De hergebruikte balken zullen in het project kolommen vormen door ze op elkaar te leggen en met een grote hoeveelheid vijzen te verbinden. De kolom werd gedimensioneerd op basis van zowel brand-, als structurele vereisten door Stabiliteitsingenieur *Ney Wow*. Aangezien voor het gebouw een klasse R120 (120 minuten behoud van structurele stabiliteit bij brand) moet worden gehaald op het gelijkvloers, is een vierlaagse kolomopbouw noodzakelijk. Dit geeft een totale dikte van 46 centimeter, wat ook volstaat voor de stabiliteit wanneer conservatief wordt gerekend met de laagste glulamklasse. Op de verdieping moet R60 gehaald worden en volstaat waarschijnlijk een tweelaagse opbouw. Een volledig vijsplan werd ook opgesteld voor de opbouw van de kolommen (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).



Figuur 49: Twee aanzichten van de samengestelde kolom uit hergebruikte glulambalken; afmetingen in cm

### Behaalde voordelen

Reeds voor de eerste bewerking werd uitgevoerd, werd bij dit project een protocol uitgeschreven door *Democo* om de kwaliteit, veiligheid en duurzaamheid van de balken te garanderen. Hierin werden zowel de verantwoordelijkheden, als de verschillende controles binnen het proces vastgelegd en omschreven. Zo werden deze voor alle partijen binnen het projectteam duidelijk. Naarmate verschillende hergebruikprocessen doorlopen worden, wordt ook gerapporteerd welke processen reeds gebeurd zijn, op welke manier en met welk doel (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024). Door deze manier van werken, kunnen discussies omtrent methodiek en verantwoordelijkheden in de toekomst beter vermeden worden. Een werkwijze als deze maakt het dus mogelijk om een aanzienlijk volume structurele elementen te kunnen hergebruiken.

Daarnaast houdt *Democo* ook een kostenanalyse bij die de kost van het hergebruikt hout afweegt tegenover de kost van nieuw hout. Voorlopig viel de totale kost veel lager uit. Daarnaast is gebleken dat voornamelijk de hoeveelheid handelingen van belang is voor de kost van hergebruik bij dit project. Wanneer voor een bewerking bijvoorbeeld alle balken opnieuw moeten worden verplaatst, levert dit een extra logistieke kost op. Deze kosten kunnen in de toekomst mogelijks worden voorkomen door in de planning meerdere bewerkingen tegelijk uit te voeren. Bijvoorbeeld door bij het ontmantelen reeds grove elementen te verwijderen en de balken hierna te verzagen. Dit zorgt ervoor dat de balken twee keer minder moeten worden verplaatst en levert, door de tijdsintensiviteit van deze logistieke operaties, mogelijks een belangrijke kostenbesparing op (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).

## 2.4 Farys-loods

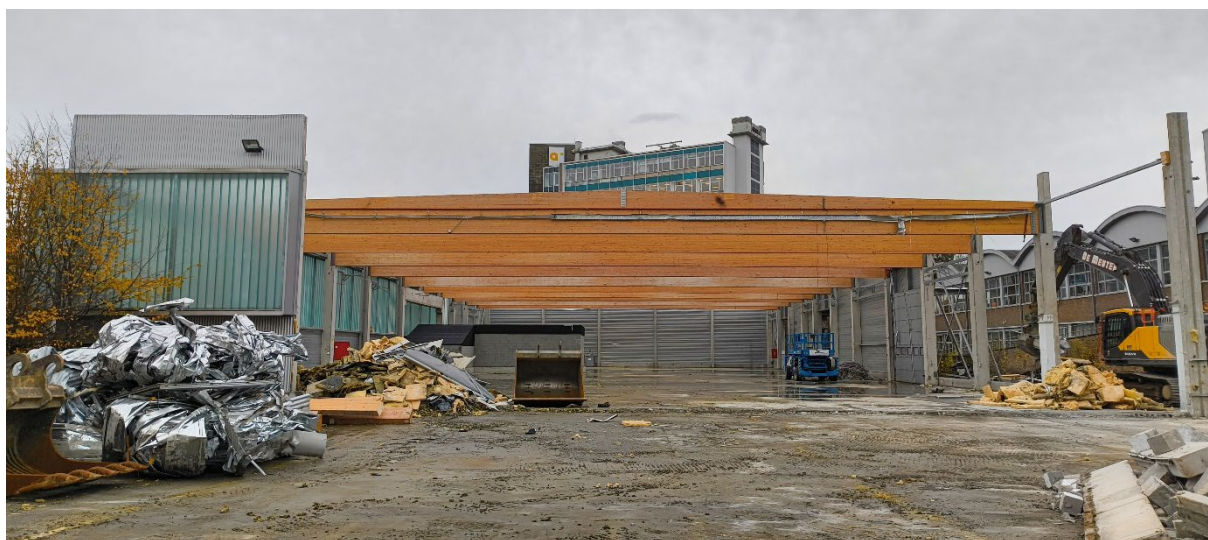
Op de voormalige site van Farys in Gent, werden grootschalige spanten ontmanteld. Binnen het onderzoek vormt deze ontmanteling een belangrijke bron van informatie, aangezien deze nauwgezet kon worden opgevolgd. Het hergebruik van de balk vormde het resultaat van meerdere informele contacten tussen verschillende partijen, wat in dit geval een vlot hergebruikproces opleverde.

### Ontmanteling loods

<b>Locatie</b>	Gent
<b>Bouwjaar</b>	Ca. 2002
<b>Ontmantelaar</b>	Extern transport- en kraanbedrijf Roditrans
<b>Sloopdatum</b>	November 2024
<b>Aantal elementen</b>	10

### Toepassing binnen af te breken gebouw

De balken met geïncorporeerde helling, van 30 m lengte, deden dienst in een loods als dakbalken. Ze waren ingebouwd met een paal- en balksysteem en erboven lagen sandwichpanelen als afdekking. De loods aan de Stropkaai in Gent werd opgebouwd als deel van de site van Vlaams waternutsbedrijf Farys, die het in 2015 verkocht (Swimberghe, 2024).



Figuur 50: De loods met blootgelegde dakbalken

### Initiatief ontmanteling

Op de site, die zich bevindt naast een campus van de Arteveldehogeschool, wordt de loods gesloopt voor de bouw van nieuwe studentenhuisvesting. *De Meuter* werd aangesteld als afbraakaanemer voor de sloop van de loods. Voor de werf werd geen volwaardige hergebruikinventaris opgesteld, maar de afbraakaanemer gaf voor de sloop aan zijn contacten door dat de balken zouden vrijkomen (M. Desiere, persoonlijke

communicatie, 13 februari 2025). Transport- en kraanbedrijf *Roditrans* gaf zijn interesse aan en er werden afspraken gemaakt over het verloop van de ontmanteling. Er werd afgesproken dat *De Meuter* reeds de dakpanelen, en waar mogelijk de wandpanelen, zorgvuldig zou verwijderen met de rupsgraafkraan die al op de werf aanwezig was. Hierna kreeg de transportfirma een week de tijd om de ontmanteling van de balken uit te voeren met eigen (gespecialiseerde) machines (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).

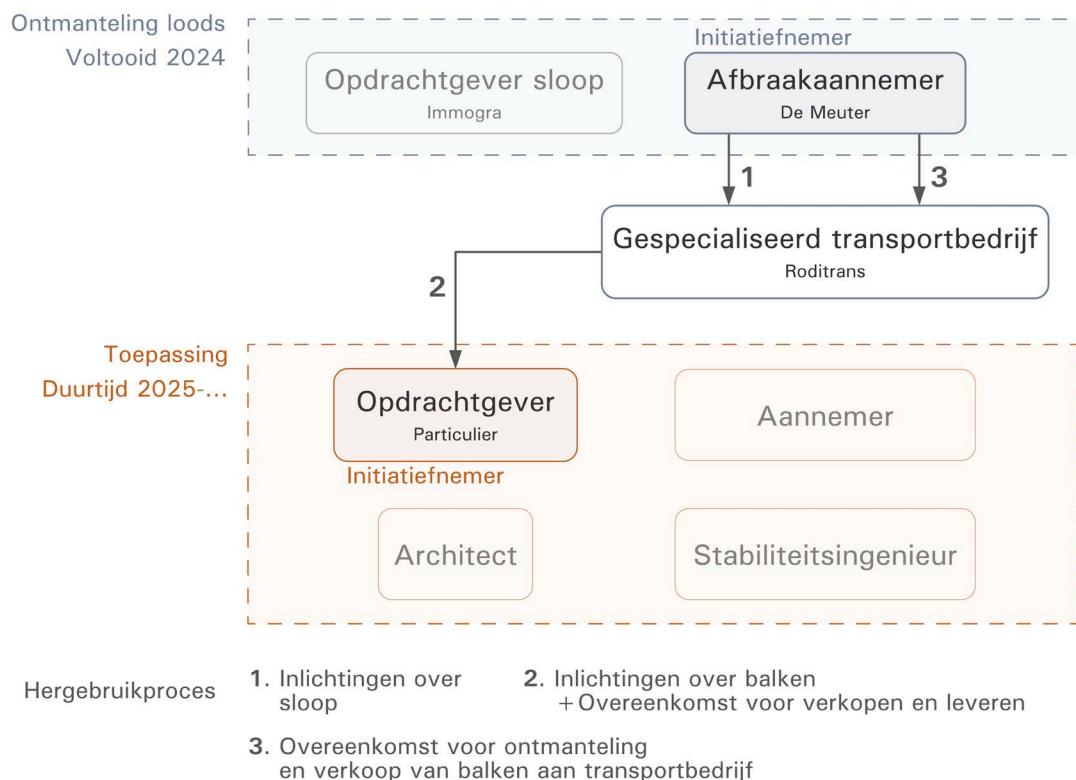


Figuur 51: Uitgestalde ontmantelde balken op de werf

### **Behaalde voordelen**

Deze manier van samenwerken biedt voor beide partijen voordelen. Door de contacten die *De Meuter* heeft, is het mogelijk om herhaaldelijk samen te werken met betrouwbare partijen voor het ontmantelen van interessante elementen. De sloper hoeft zich op deze manier niet zelf te wagen aan de ontmanteling van elementen waar het nog maar weinig ervaring mee heeft. Daarnaast kan tijdsverlies voor de aannemer op deze manier worden voorkomen, aangezien een grotere ervaring vaak ook een vlottere ontmanteling betekent.

De specialist die ter plaatse kwam voor de ontmanteling, kon zijn werk ook vlot uitvoeren dankzij de gemaakte afspraken. De werf werd door *De Meuter* zo achtergelaten dat het volledige grondoppervlak van de loods was vrijgemaakt van afbraakmateriaal. Hierdoor kon deze makkelijk worden betreden en was er weinig tijdsverlies bij de ontmanteling. Gecombineerd met een afgesproken termijn die voldoende lang is, zorgde dit ervoor dat de ontmanteling kwalitatief kon worden uitgevoerd zonder veel schade of materiaalverlies.



Figuur 52: Onderlinge contacten en overeenkomsten tussen actoren voor het ontmantelen en hergebruiken van de balken uit de Farys loods

## Toepassing: Particulier project

<b>Locatie</b>	Erpe-Mere
<b>Opdrachtgever</b>	Particulier
<b>Opslaglocatie voor toepassing</b>	Erpe-Mere, nieuwe werf
<b>Toegepaste elementen</b>	10
<b>Volume hergebruik materiaal</b>	74 m <sup>3</sup>

### Initiatief hergebruik

Ontmantelaar *Roditrans* zocht reeds voor de ontmanteling via marktplatform 2dehands.be iemand die geïnteresseerd was om de balken te kopen. Een particulier kocht de balken, om deze te gebruiken in zijn industriële loods. De loods bevat momenteel een andere draagstructuur, die vervangen zal worden met de glulambalken. De vervanging zal door het bedrijf zelf worden uitgevoerd in eigen beheer (G. Van Winghem, persoonlijke communicatie, 13 mei 2025).

Er werd afgesproken dat *Roditrans* de spanten zou leveren, zonder deze te installeren of al in positie te brengen. De tijd die nodig is voor het installeren, hangt namelijk in grote mate

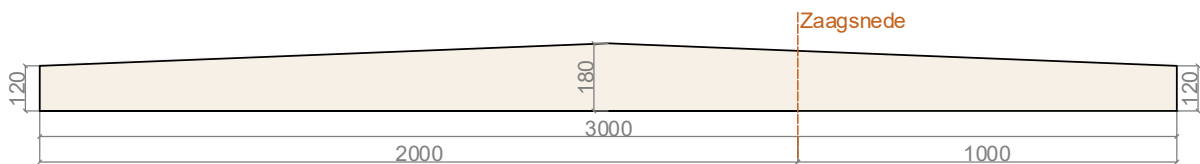


Figuur 53: Opslag van de balken bij het bedrijfsgebouw (T. De Landsheer, 2025)

af van de situatie op de werf. Hierdoor is het moeilijk om hier vooraf afspraken over te maken. Daarnaast werd er ook afgesproken dat, behalve een eerste verzaging, geen verdere bewerkingen zouden worden uitgevoerd na de ontmanteling door *Roditrans* (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024). De spanten liggen momenteel buiten opgeslagen bij het bedrijf tot de werken starten, zoals zichtbaar op figuur 53.

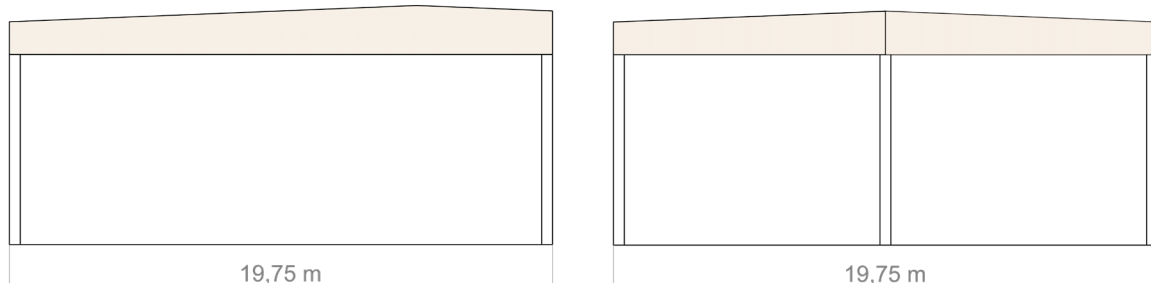
### Bewerkingen

Nadat de balken uit de loods getild werden, kregen deze een eerste zaagsnede om transport mogelijk te maken met de beschikbare opleggers achter de vrachtwagen. De balken werden hiervoor ingekort tot een lengte van 20 meter. Na ontmanteling werden de balken meteen ingeladen en naar de nieuwe werf gebracht.



Figuur 54: Zaagplan voor het verzagen op de werf; afmetingen in cm

De afnemer wil in zijn project met de balken 12 overspanningen van 19,75 m realiseren. Hiervoor zal hij de 10 spanten gebruiken die zijn afgezaagd op 20 m en tweemaal 2 reststukken van 10 m met tussensteunpunt. De spanten worden op de nieuwe werf nog bijgezaagd door de afnemer, zodat deze de exacte lengte binnen het project krijgen en kunnen worden toegepast (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).



Figuur 55: Integratie van de hergebruikte balken binnen het ontwerp

### Behaalde voordelen

Snel en informeel schakelen heeft in deze casus een zekere afzetmarkt opgeleverd, waardoor alle partijen voordeel behalen. De ontmantelaar kon snel de vraag van *De Meuter* doorschakelen naar zijn eigen contacten en hier een afnemer vinden. Dankzij de ervaring van de specialist-ontmantelaar, verliep de demontage erg precies, wat de afnemer ook extra zekerheid bood over de kwaliteit. De materialen konden op die manier worden hergebruikt in een zo goed mogelijke staat.

Doordat de ontmantelaar al bij de demontage wist hoe de elementen zouden worden toegepast, kon een efficiënte procedure worden opgezet. De spanten werden zo op de werf al verzaagd tot op een kortere lengte, wat het transport vergemakkelijkte. Daarnaast kon de afnemer de spanten in dit geval rechtstreeks ontvangen voor zijn project, wat een direct transport mogelijk maakte. De directe contacten, en hiermee gepaarde zekerheid, leverden zo ook tijds winst op voor de ontmantelaar.

## 2.5 Jeugdsite

Deze casus onderscheidt zich van de anderen, omdat het zich één niveau hoger op de circulariteitsladder (ladder van Lansink) bevindt dan hergebruik. Het gaat hier om 'behoud', waarbij dus geen nieuwe structuur moet worden gebouwd op de plaats van afbraak en geen transport van de elementen, noch installatie plaatsvindt.

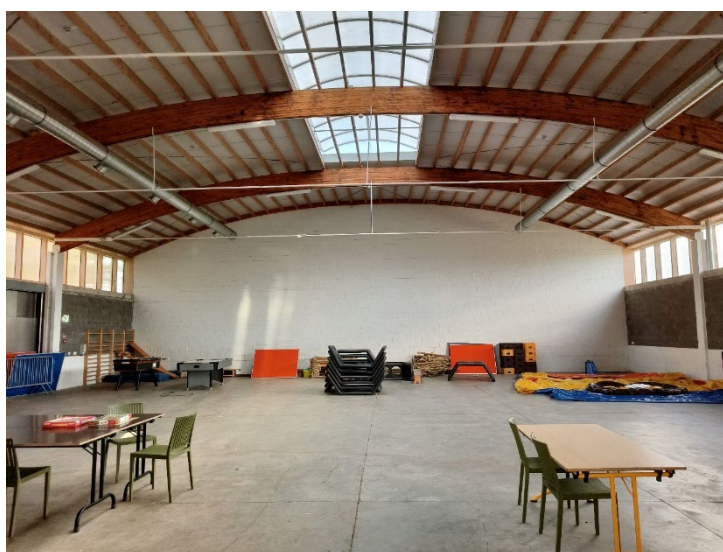
Bij de renovatie van de loods op de jeugdsite in Eernegem (Ichtegem), zijn de boogvormige gelijmd gelamelleerde spanten behouden gebleven als basisstructuur van de nieuwe speelruimte. Om de spanten te behouden en te bestendigen voor de nieuwe invulling van de hal, werden verschillende bewerkingen uitgevoerd.

### Behoud van loods

<b>Locatie</b>	Eernegem
<b>Bouwjaar originele loods</b>	Ca. 1960-1970
<b>Datum voltooiing renovatie</b>	2023
<b>Opdrachtgever</b>	Gemeente Ichtegem
<b>Architect</b>	Raamwerk
<b>Aannemer</b>	Bouw & Renovatie
<b>Stabiliteitsingenieur</b>	Robuust
<b>Aantal elementen</b>	6
<b>Volume behouden materiaal</b>	8 m <sup>3</sup>

### Toepassing voor en na renovatie

Het gebouw werd opgebouwd in de jaren 60 of 70 als papieropslag, waarna het ook enkele jaren dienstdeed als opslag voor bouwmaterialen. Uiteindelijk werd het door de gemeente overgekocht om er de speelpleinwerking te vestigen. Ook na renovatie nam de speelpleinwerking plaats in het gebouw (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024).

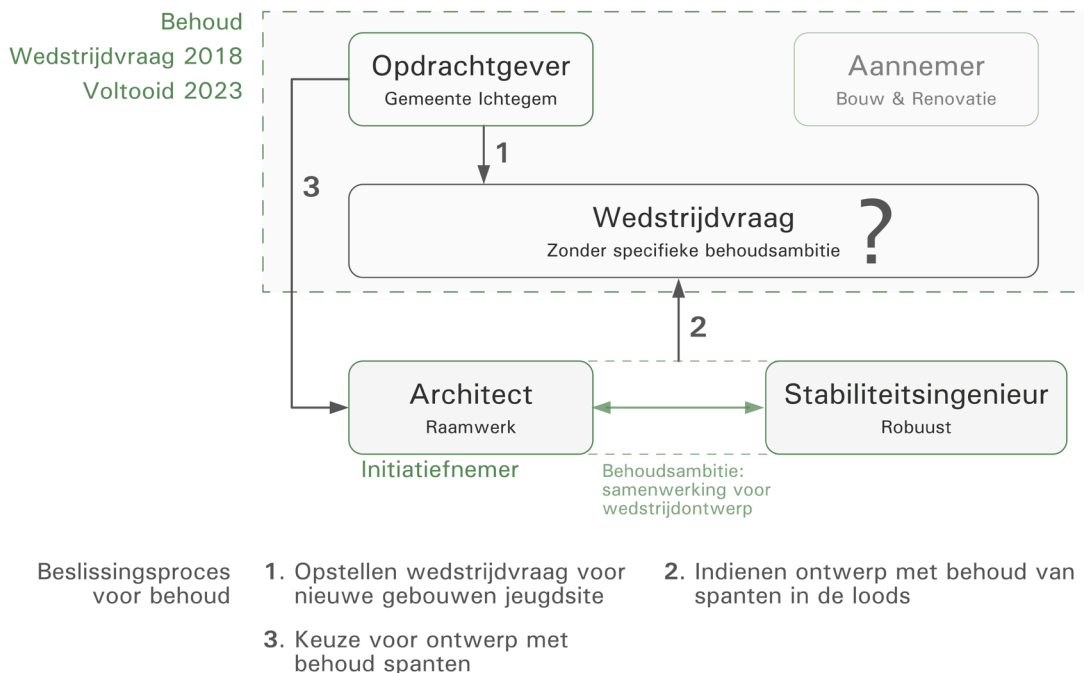


Figuur 56: De speelhal op de jeugdsite na renovatie

## Initiatief behoud

In 2018 werd een wedstrijd opgezet door *de gemeente Ichtegem* voor het ontwerp van een nieuwe buitenschoolse opvang en een overdekt speelterrein voor de speelpleinwerking. In de wedstrijdbeschrijving werd hierbij aangegeven dat de opdrachtgever een nieuwbouw wenst te realiseren (WinVorm, z.d.).

Architectenbureau *Raamwerk* werkte een ontwerpvoorstel uit, bijgestaan door studie bureau *Robuust* en landschapsarchitect atelier Arne Deruyter. Zij stelden in hun ontwerp voor om de bestaande spanten en de basisstructuur van de hal te bewaren en hierrond een nieuwe schil op te zetten, zodat de hal kan worden gebruikt voor de speelpleinwerking (Raamwerk et al., 2018). Dit ontwerp werd verkozen als laureaat en uitgevoerd. Andere wedstrijdvoorstellen namen een volledige afbraak van de loods op in hun ontwerp. Hieruit blijkt dat, dankzij het ontwerpvoorstel, ook door de opdrachtgever doelbewust is gekozen voor behoud van de bestaande glulamspanten, ondanks dat dit niet de insteek was bij het opstellen van de wedstrijdvraag (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024).



Figuur 57: Beslissingsproces en initiatieven voor behoud van de spanten

## Bewerkingen

De originele buitenschil werd afgebroken met behoud van de spanten, de I-vormige betonnen kolommen waarop deze rustten en de achterwand van de loods. Hierna werd de structuur geschoord om deze stabiel te houden bij het aanbrengen van de nieuwe buitenschil. Deze blootgestelde basisstructuur is zichtbaar op figuur 58 (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024).



Figuur 58: De blootgelegde basisstructuur tijdens het metsen van de nieuwe wanden (D. Vandendriessche, 2022)

De spanten kregen verder opeenvolgend twee oppervlaktebewerkingen: de balken werden geschuurd door ze te luchtgommen (stralen onder hoge druk), en behandeld met brandwerende verf (G. De Cock, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; D. Vandendriessche, persoonlijke communicatie, 4 november 2024).

### Omgaan met structurele onzekerheid en moeilijkheden

*Studiebureau Robuust* stond in voor de stabiliteitsberekening van de balken met de lasten van de nieuwe schil. Hiertoe werd de laagste, en dus meest conservatieve, sterkteklasse GL20c aangenomen voor het hout. Verdere proeven werden niet uitgevoerd om de houtkwaliteit te achterhalen (T. Willem, persoonlijke communicatie, 6 november 2024).

Binnen het ontwerp werd een nieuwe tussenvloer ingevoegd over een deel van de oppervlakte. De trekker die normaal voorzien is onderaan de boog, wordt hiertoe vervangen door twee stalen kolommen die rusten op de tussenvloer en de dragende wand eronder. Op plekken waar de hal over de volledige hoogte vrij blijft, wordt de trekker behouden (G. De Cock, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; T. Willem, persoonlijke communicatie, 6 november 2024).



Figuur 59: Stalen kolom (Bollaert, 2024)

### Behaalde voordelen

Door de vrijheid binnen de procedure van een wedstrijdvrage, kreeg de architect de mogelijkheid om een concreet voorstel te doen voor het behoud van de structuur. Door de keuze voor dit ontwerp, koos de gemeente tegelijk bewust voor behoud in plaats van afbraak. Daarbovenop gaf de gemeente ook aan dat de keuze voor het behoud van de structuur de prijs erg gunstig heeft beïnvloed (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024).

## 3 Praktische uitdagingen voor een structureel hergebruik

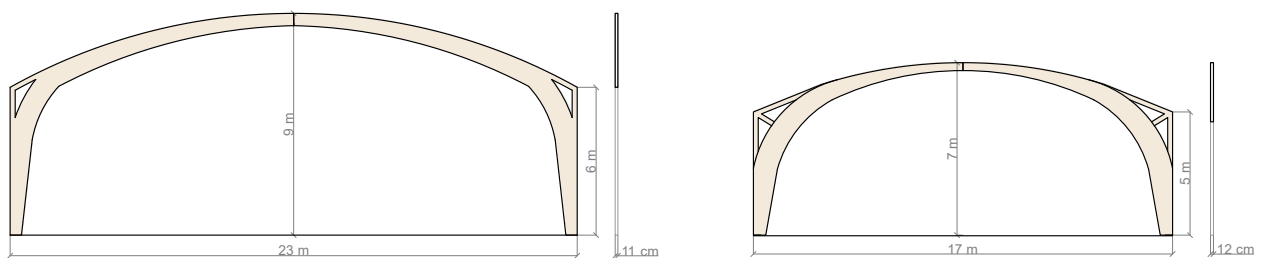
Naast de voorgestelde praktijkvoorbeelden van geslaagde projecten waarbij gelijmd gelamelleerd houten structuren succesvol konden worden hergebruikt, treden er bij andere ontmantelingsinitiatieven uitdagingen op waardoor een soortgelijk hergebruik niet mogelijk blijkt. In onderstaand overzicht worden twee praktijkvoorbeelden uitgelicht van opgezette initiatieven die niet geleid hebben tot een succesvol structureel hergebruik. Binnen deze praktijkcasussen zullen uitdagingen en hindernissen uitgelicht worden, zodat aandachtspunten binnen het hergebruikproces kunnen worden geduid.

### 3.1 Sloop voormalige sporthallen

<b>Locatie</b>	Gentbrugge
<b>Bouwjaar</b>	Ca.1960 - 1970
<b>Sloopdatum</b>	2025
<b>Aantal elementen</b>	24
<b>Volume gesloopt materiaal</b>	30 m <sup>3</sup>

#### Toepassing binnen af te breken gebouw

De twee sporthallen met boogspantstructuur bevonden zich op de voormalige sportsite van sportclub Gantoise. Over de jaren heen verhuisden steeds meer sportactiviteiten weg van de site, met als laatste de tennisclub in 2020. Hierna stonden de hallen leeg en werden ze nog kort benut binnen een tijdelijke invulling van de site met een buurtgerichte werking (Dhondt, 2024; Persteam - Stad Gent, 2021).



Figuur 60: Hoofdstructuur van de twee sporthallen op de site

#### Initiatief ontmanteling

De sporthallen en andere resterende gebouwen op de oude sportsite worden gesloopt om hier een ecologische nieuwbouwwijk op te bouwen. De twee hallen, waarin de glulamspanten aanwezig zijn, bevinden zich in het gebied dat wordt herontwikkeld door projectontwikkelaar *De Stip* (Laklère, 2022).

Bouwpromotor *De Stip* wilde, na aankoop van de site, zoveel mogelijk materialen herbestemmen alvorens de gebouwen gesloopt werden voor de nieuwbouw. Hiertoe nam het contact op met *Scrap* vzw in Gentbrugge, een organisatie die materialen recupereert en een nieuwe bestemming geeft door deze te verkopen in hun eigen winkel. De bouwpromotor gaf aan dat de spanten veel potentieel hebben en schakelde *Scrap* vzw in om op zoek te gaan naar een nieuwe hergebruikbestemming voor de spanten. (Het Arsenaal, 2024; R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 5 november 2024).



Figuur 61: Eén van de sporthallen kort voor de afbraak (R. Osselaer, 2025)

Om een afnemer te vinden voor de spanten, plaatste *Scrap* vzw een advertentie op haar webpagina:

*“Binnenkort worden twee sporthallen in Gent afgebroken. De houten GLT (Glued Laminated Timber, of glulam) dakspanten komen vrij voor hergebruik. Wij zijn op zoek naar een persoon, een organisatie of een project die dit materiaal kan hergebruiken. Als dakstructuur of iets anders. Heb jij een concreet project in gedachten? Neem zo snel mogelijk contact met ons op! ” (Recupcentrale, 2024)*

Er werd op zoek gegaan naar iemand die de spanten rechtstreeks kon afhalen voor hergebruik binnen een project. Opslag van de spanten binnen het eigen magazijn was voor *Scrap* vzw onmogelijk, ondanks het bezit van een magazijn op minder dan een kilometer van de werf. Een andere piste die werd overwogen, indien geen afnemer kon worden gevonden, was om de spanten te verzagen tot stukken en deze bijvoorbeeld te gebruiken voor meubilair (R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 5 november 2024).



Figuur 62: Onderlinge contacten en initiatieven tussen actoren voor het vinden van een afnemer van de boogspanten uit de sporthallen

### Uitdagingen leidend tot destructieve sloop

De advertentie voor het vinden van een afnemer werd in september 2024 geplaatst, terwijl de sloop gepland was voor januari 2025. Deze korte tijdspanne zorgde ervoor dat het moeilijk was om een geschikt project te vinden met een concreet hergebruikplan vooraleer de sloop van start zou gaan.

Voor het vinden van een afnemer van de spanten nam *Scrap vzw* daarnaast ook contact op met *Rotor DC* voor advies, met het oog op hun ervaring binnen het project voor het *Recypark*. Hieruit bleek al snel dat pas bij het vinden van een concreet project de werkwijze van het hergebruikproces kan worden bepaald. Enkel daarna kan een onderzoek starten naar de logistieke operatie, staat van de elementen en de structurele integriteit. *Scrap vzw* kon dus zelf niet aan de slag vooraleer ze in contact stonden met een potentiële afnemer (R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 5 november 2024).

Ondanks de interesse bij twee kandidaten, is het uiteindelijk niet gelukt om een afnemer te vinden voor de spanten met een concreet project en een matchende timing. Aangezien de projecten van de kandidaten nog in een vroeg stadium stonden zonder zekerheid, was het voor hen niet mogelijk om de spanten op het moment van slopen te transporteren en te stockeren (R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 4 februari 2025; 5 maart 2025).

Er werd reeds voor het vinden van een afnemer door de bouwpromotor aan sloopaannemer *Aclagro* gevraagd om een offerte op te maken voor het voorzichtig demonteren van de dakspanten. Hiervoor voerde het enkele tests uit en werd de opbouw van de structuur geanalyseerd. De structuur had klossen bovenaan met dwarsbalken, die met lange vijzen waren vastgevezen van



Figuur 63: Gebroken spanten tijdens de afbraak van de sporthallen (R. Osselaer, 2025)

bovenaf. Deze zouden allemaal moeten worden verwijderd met een hoogtewerker om de spanten niet te schaden. Ook het laden en lossen vormt een hele operatie die veel extra tijd kost. Het ontmantelen van de balken zou dus volgens de aannemer een hoge extra kost opleveren, wat een toegevoegde reden vormde om uiteindelijk toch voor destructieve sloop te gaan (R. Osselaer, persoonlijke communicatie, 6 maart 2025).

Uiteindelijk werden de twee sporthallen gesloopt en bleek volgens de aannemer tijdens de sloop ook dat een ontmanteling erg uitdagend zou zijn geweest. De lamellen van de spanten kwamen bij het grijpen met een kraan al los, en ook de geringe dikte van de spanten zorgde voor een hoge fragiliteit (R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 5 maart 2025).



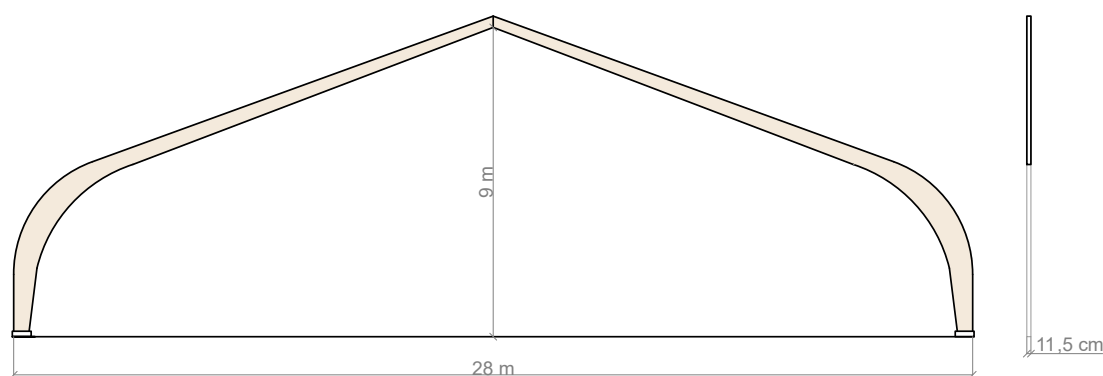
Figuur 64: Afbraak van de sporthallen met grijpkraan (R. Osselaer, 2025)

## 3.2 Verzaging spanten uit loods

<b>Locatie</b>	Gent
<b>Bouwjaar</b>	Ca.1970
<b>Verwachte sloopdatum</b>	Augustus 2025
<b>Aantal elementen</b>	26
<b>Volume gesloopt materiaal</b>	26 m <sup>3</sup>

### Toepassing binnen af te breken gebouw

De loods bevindt zich als opslagruimte op de schoolsite van Freinetatheneum De Wingerd en is in het bezit van de *Stad Gent*. Daarnaast wordt de loods ook ingezet als lokaal voor de werking van een scoutsgroep (C. Saerens, persoonlijke communicatie, 23 april 2025; A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 9 december 2024).



Figuur 65: Hoofdstructuur van de loods bij De Wingerd

### Initiatief ontmanteling

De *Stad Gent* zal de loods slopen om er in de plaats een ecologische nieuwbouw op te zetten voor de school (C. Saerens, persoonlijke communicatie, 23 april 2025). Bij het opstellen van de sloopplannen zette de stad de 13 portieken van de hoofdstructuur op de markt voor recuperatie, aangezien circulair bouwen één van de velden is waar de huidige legislatuur strategisch op wil inzetten (N. Van Steenberge, persoonlijke communicatie, 9 december 2024). Hiervoor werden een 50-tal sloop-, verwerkings-, recuperatiebedrijven en producenten van nieuwe spanten aangeschreven om te polsen naar hun interesse. Hierna werd aan de geïnteresseerde bedrijven een prijsopgave gevraagd en de concrete toepassing waarbinnen de spanten zouden worden hergebruikt. Om een zo hoogwaardig mogelijke hergebruiktoepassing na te streven, werkt *Stad Gent* met een specifieke beoordeling voor de biedingen die ontvangen worden. De biedingen worden voor 30 % beoordeeld op de prijs en 70 % op de hergebruiktoepassing (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 9 december 2024).

De beoordeling op de toepassing werkt als volgt:

*“Ofwel 20 punten indien kan aangetoond worden dat de spanten zullen herbruikt worden tegen 31/12/25, in een toepassing die geen stabiliteitsfunctie heeft*

*Ofwel 35 punten indien kan aangetoond worden dat alle spanten (verzaagd) in een stabiliteitstoepassing zullen herbruikt worden tegen 31/12/25.*

*Ofwel 70 punten indien kan aangetoond worden dat alle spanten in een nieuwe spantconstructie zullen herbruikt worden tegen 31/12/25.*

*Het toekomstige hergebruik kan aangetoond worden aan de hand van stabiliteitsplannen met datumstempel en auteur; stedenbouwkundige vergunningen, of ondertekende contracten waarbij het specifieke herbruik met grafisch materiaal wordt aangetoond. De bewijslast van het vermelde herbruik ligt volledig bij de bieder, en dient vóór afhaling aangetoond te worden.” (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 7 april 2025)*

De stad wenst met dit systeem dus een voordeel toe te kennen binnen de rangschikking aan biedingen met de meest hoogwaardige hergebruiktoepassing van de spanten uit de loods. Deze moet zeker zijn en aangetoond worden met documentatie.



Figuur 66: Onderlinge contacten en initiatieven vanuit Stad Gent voor het vinden van een afnemer van de boogspanten uit de loods

### Uitdagingen leidend tot destructieve sloop

De rondvraag op de markt kreeg slechts reactie van drie aangeschrevenen met interesse. Zij gaven aan dat ze slechts een offerte konden opmaken na bekendmaking van de sloopdatum (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 7 april 2025).

Nadat de opdrachtgever de sloopdatum had bepaald, deed slechts één geïnteresseerde handelaar een aanbod met een zeer lage aankoopprijs voor verzaging en hergebruik als

tafelbladen. De andere twee geïnteresseerden zagen finaal af van hun interesse om verschillende redenen. Een architectenbureau, wenste de spanten te hergebruiken voor een overheidsopdracht, maar vond geen oplossing om een tijdelijke stockage te garanderen. Daarnaast was ook een particulier geïnteresseerd voor de implementatie van de spanten bij de



Figuur 67: De huidige staat van de loods, voor afbraak

bouw van een loods. Echter trok deze zich ook terug nadat bleek dat er veel aanpassingswerk nodig zou zijn voor de beoogde overspanning, wat de kosten mogelijks te hoog zou opdrijven. Finaal werden de spanten dus toegekend om te worden verzaagd door een materiaalhandelaar (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 7 april 2025).

Het lage aantal reacties en het afhaken van verschillende geïnteresseerden, komt daarnaast mogelijks ook voort uit de nauwe termijn waarbinnen de elementen hergebruikt moeten worden. Aangezien in de biedingscriteria vermeld staat dat het hergebruik in een nieuwe toepassing vóór 31 december 2025 moet gebeurd zijn, blijft een beperkte tijd over om deze te integreren in een bestaand project. Wanneer het ontwerp van een structuur nog moet worden gewijzigd om deze spanten te integreren, is het onwaarschijnlijk dat deze enkele maanden later al kan worden opgebouwd (K. Steukers, persoonlijke communicatie, 30 april 2025). Er zijn namelijk naast de ontwerpwijzigingen, ook nog stabiliteitsberekeningen, verzagingen en andere terugwinningsprocessen nodig om de structuur te hergebruiken. Mogelijks is deze logistieke dimensie dus wat onderschat bij het opstellen van de biedingscriteria. Voor een verzaging lenen deze criteria zich wel, aangezien het verzagen tot een tafelblad meteen na de ontmanteling kan gebeuren. De hergebruiktoepassing is hiermee meteen voorzien, en de handelaar kan een vaste stock aanbieden.

Als alternatief voor deze biedingsprocedure, zou genoeg genomen kunnen worden met een projectbeschrijving voor een toekomstig project, dat ook later kan vallen. Op die manier krijgen actoren meer tijd om verdere stappen voor het hergebruik voor te bereiden, al blijft hiermee de moeilijkheid voor het vinden van een opslagplaats bestaan.

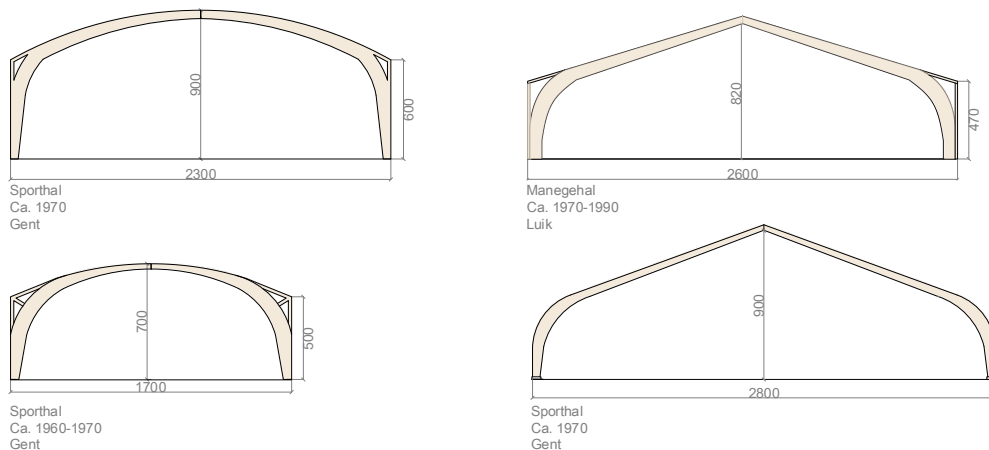
Na het toekennen van de spanten aan de materiaalhandelaar, werd met de sloopaannemer een prijs onderhandeld voor een zorgvuldige demontage. De onderhandelingen liepen stroef, en uiteindelijk bleek de prijs voor de zorgvuldige ontmanteling van de spanten erg hoog te liggen (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 4 februari 2025; 7 april 2025). Er zouden voor deze demontage namelijk 2 hoogtewerkers ingezet moeten worden, terwijl ook de demontage van kolomvoeten, windverbanden en tussenliggers de werktijd en dus de prijs verder opdrijft. Omdat nu bepaald is dat de spanten verzaagd worden, zal een ruwe afbraakmethode worden toegelaten waarbij nog maximaal delen worden gerecupereerd. Beschadigde delen van de structuur zullen dan alsnog afgevoerd worden als afval (A. Stoffels, persoonlijke communicatie, 7 april 2025).

## 4 Deelconclusie: Stand van zaken

### 4.1 Gebouwtypologieën als hergebruikbron

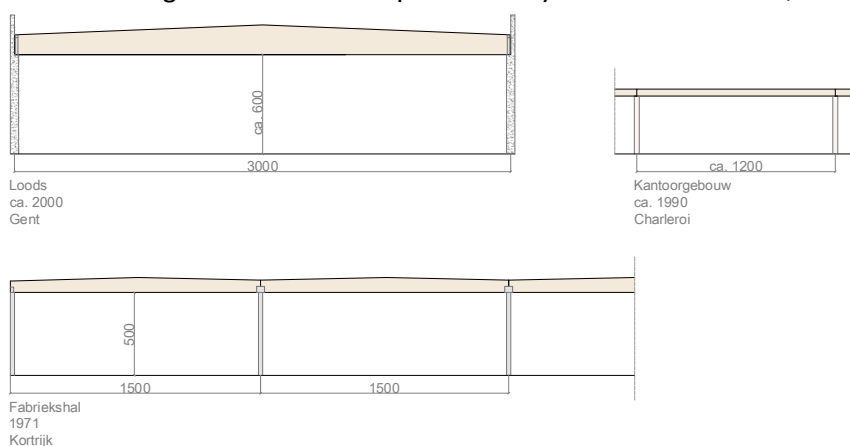
Vele, op het eerste zicht banale, hallen en opslagplaatsen worden gesloopt om deze te vervangen door een nieuwbouw met een andere functie. De hallen hebben veelal een éénduidige hoofdstructuur die is opgebouwd met gelijmd gelamelleerde liggers of spanten. Om te begrijpen welke gebouwtypes vandaag worden afgebroken onder ontwikkelingsdruk, en dus hun structuren kunnen vrijgeven voor hergebruik, wordt hieronder een overzicht geschetst. Hierbij fungeren structuren die binnen het casusonderzoek werden hergebruikt, of afgebroken ondanks pogingen tot hergebruik, als leidraad. Ondanks het feit dat glulamstructuren bijna steeds projectspecifiek worden geproduceerd, zijn er toch 2 hoofdtypes te onderscheiden.

De eerste typologie omvat de hallen met gebogen spanten die werden opgebouwd in de jaren 60 of 70, bijvoorbeeld als hal voor sportactiviteiten. Twee gebogen spanten vormen hierbij samen een driescharnierboog die de volledige overspanning maakt.



Figuur 68: Driescharnierbogen van boogspanten uit het onderzoek; afmetingen in cm

Een tweede typologie omvat de hallen waar de overspanning wordt gemaakt door lineaire balkelementen. Deze typologie komt voor in recentere gebouwen binnen de industriebouw, maar kende ook al toepassing in de jaren 70. De balken zijn meestal in de structuur ingebouwd via een paal-balk systeem met stalen, betonnen of glulam kolommen.



Figuur 69: Lineaire balkelementen in een paal-balk systeem uit het onderzoek; afmetingen in cm

## 4.2 Een proces dat verder gaat dan conventioneel hergebruik

Er heerst een toenemende interesse in het hergebruiken van deze bestaande structurele typologieën, ondanks hun op het eerste zicht anonieme karakter. Een glulamstructuur uit een afbraak hergebruiken levert immers een dubbele impactbesparing op. Enerzijds gaat de opgeslagen CO<sub>2</sub> en energie niet verloren, terwijl ook de productie en aanvoer van een nieuw structureel materiaal binnen een project wordt uitgespaard. Echter vormt de herbestemming van glulamstructuren een uitdaging, die verder gaat dan de standaardmoeilijkheden bij courant gerecupereerde materialen.

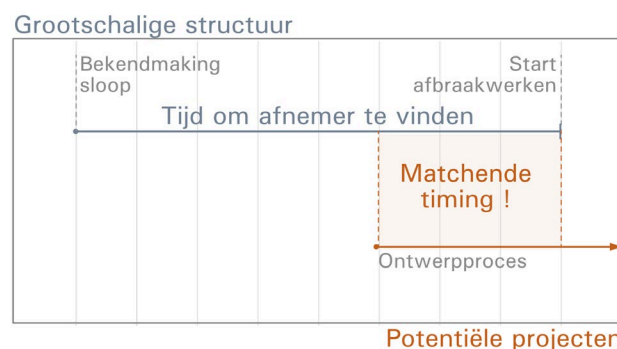
De grootschaligheid van deze structuren zorgt ervoor dat het voor een hergebruikhandelaar meestal niet mogelijk is om een logistieke oplossing (transport en opslag) te voorzien voor het materiaal. Wanneer ze hier toch voor zouden instaan, vraagt de opslag, het transport en de ontmantelingskost een grote investering, die niet zal worden gemaakt wanneer nog onzekerheid bestaat over een potentiële afnemer.

Bij kleinschaligere elementen, is het voor een hergebruikhandelaar wel haalbaar om deze op te halen en te stockeren in zijn opslag (2.2). Wanneer een lot van deze elementen kan worden opgehaald op een sloopwerf, kan de handelaar een stabiele materialenvoorraad voorzien. Uit deze voorraad kunnen aannemers en particulieren putten nadat de effectieve ontmanteling al heeft plaatsgevonden, zoals weergegeven op figuur 70. Deze elementen zijn daarom tegenwoordig ook soms te verkrijgen bij handelaars in technisch (structureel) hout, zoals bijvoorbeeld *Trovo*. Hier worden ze aangeboden naast gerecupereerd massiefhout. Kleinschaligere elementen zijn ook eenvoudiger verder te bewerken, wat ervoor zorgt dat deze op maat van standaard constructie-elementen kunnen worden gebracht bij nieuwe toepassingen.

Om een grootschalige structuur te hergebruiken, is het daarentegen noodzakelijk dat er al een nieuw project gepland staat waarbinnen deze met zekerheid kan worden geïntegreerd. Dit betekent dat een geslaagde overdracht in grote mate afhankelijk is van zowel de timing van het afbraakproject, als het nieuwbouwproject, zoals weergegeven op figuur 71. Wanneer bekend wordt gemaakt dat een gebouw zal worden gesloopt, is er meestal slechts een beperkte tijd waarbinnen een nieuwe bestemming moet worden gevonden.



Figuur 70: Timing voor het afnemen van kleinschalige elementen bij een hergebruikhandelaar



Figuur 71: Timing voor directe afname van grootschalige elementen op een afbraakwerf

Omgekeerd moet ook het project van de potentiële afnemer zich in een voldoende vroege fase bevinden. Hoe meer keuzes er al zijn gemaakt binnen het ontwerpproces, hoe minder flexibiliteit er is. In latere fases wordt het moeilijker om nog een specifieke structuur te implementeren. Timing is dus van fundamenteel belang voor een succesvol hergebruikproces. Het is binnen zowel het afbraakproces, als het ontwerpproces voor een nieuw project, van belang om zo vroeg mogelijk actie te ondernemen.

Op de conventionele hergebruikmarkt zijn grootschalige structuurtypes niet te vinden. Om deze elementen te implementeren, moeten rechtstreekse overeenkomsten worden gemaakt met actoren die actief zijn op een afbraakwerf. Wanneer een gebouw met een potentieel herbruikbaar materiaal wordt gesloopt, kan deze informatie op verschillende manieren worden verspreid.

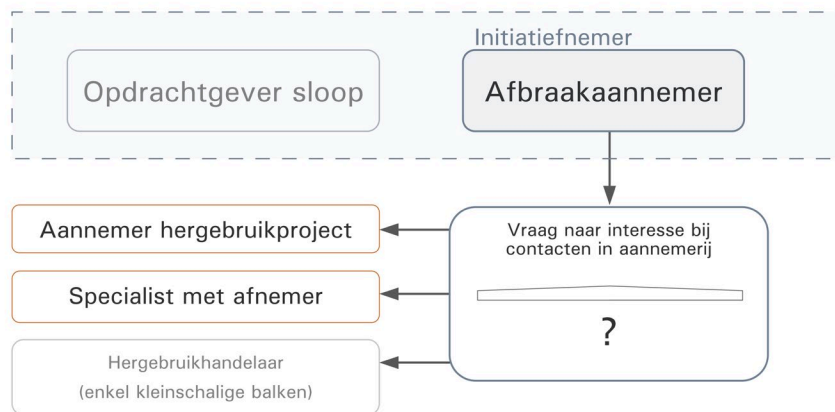
Eenzijds zijn er een aantal aannemers (bijvoorbeeld *De Meuter (2.4)* en *Alheembouw (2.3)*) die contacten inlichten wanneer ze elementen aantreffen in een sloop, waarvan ze weten dat er interesse voor is in de sector. Deze informatie kan dan terechtkomen bij geïnteresseerde aannemers (2.3) die zelf een project willen opzetten met de structuur. De afbraakaannemer staat hierbij meestal zelf enkel in voor de ontmanteling, waarvoor een prijs wordt onderhandeld. De geïnteresseerde aannemers staan na de ontmanteling in voor het transport, de opslag en de bewerking van deze balken. Om al deze kosten te maken, is het van cruciaal belang dat er een zekerheid is voor de implementatie binnen een nieuw project.

Daarnaast kan ook contact opgenomen worden met gespecialiseerde bedrijven die zelf de ontmanteling komen uitvoeren (2.4). In dit geval zoekt dit bedrijf eerst zelf een afnemer, waarna deze met de afbraakaannemer de tijd voor ontmanteling en de aankoopprijs vastlegt. Deze bedrijven zijn meestal enkel verantwoordelijk voor de ontmanteling en levering van de balken.

Om een glulamspant hergebruikt te krijgen, is het dus van cruciaal belang om de nodige contacten te hebben. Grote afbraakbedrijven hebben de competentie om op snelle en doelgerichte wijze een afnemer te vinden door hun netwerk aan te spreken. Door herhaaldelijk samen te werken met bepaalde partijen voor hetzelfde type materiaal, ontstaat door de opgedane ervaring een vaste werkwijze. Ze weten zo voor welke elementen interesse bestaat binnen de sector en binnen de activiteiten van andere bedrijven, waardoor ze doelgericht contact kunnen opnemen.

De aannemingssector lijkt zijn interesse vooral te richten tot één structurele typologie, de lineaire balk. Aangezien de opbouw binnen de constructie voor dit soort balk vaak relatief eenvoudig is (paal-balk, gordingen en sandwichpanelen), valt deze binnen een haalbare tijdsduur te ontmantelen. Ook kennen deze vaak een aanzienlijke doorsnede, waardoor er een lage kans is op schade tijdens het verwijderen van bovenliggende dakpanelen. Deze factoren zorgen ervoor dat de balken voldoende kostenefficiënt kunnen worden ontmanteld, en hierdoor ook interessant blijven voor afnemers. Door de voldoende lage aankoopprijs blijft het toepassen van de balken ook na opslag, transport en bewerkingen nog haalbaar. Er is ook een grote flexibiliteit aan bewerkingen mogelijk voor gebruik binnen een project, aangezien de conventionele vorm en constante sectie zich hiertoe leent. Zo

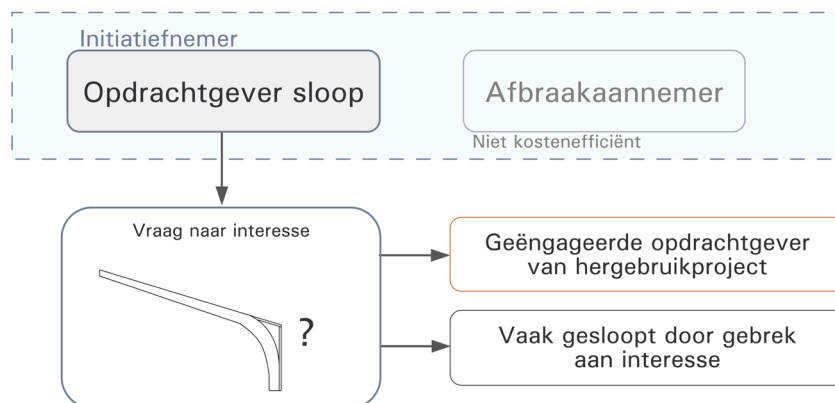
kan door verzagen zowel de doorsnede als de lengte gewijzigd worden, om de gewenste maatvoering te verkrijgen. De snijresten kunnen daarna zelfs nog verder benut worden voor cascadering tot bijvoorbeeld kleinere balken of een tafelblad.



Figuur 72: Initiatieven en contacten voor het hergebruik van een balkelement

Voor boogspanten heerst een mindere interesse in de aannemingssector, waardoor deze moeilijker hergebruikt raken en sneller gesloopt of verzaagd worden. Veelal komt in sloopfase geen initiatief van afbraakaannemers om een afnemer voor dit type elementen te vinden. De ontmanteling is namelijk meestal uitdagender dan bij een balkelement, wegens de typisch hoge fragiliteit van de elementen. Door de smalle secties, moet de dak- en wandstructuur voorzichtig en manueel worden ontmanteld met een hoogtewerker, om het onderliggende spant niet te schaden. Ook tijdens het uittillen moet extra rekening worden gehouden met spanningen die tijdens de ontmanteling kunnen optreden in het materiaal. Dit vraagt vele extra werkuren en kan dus moeilijk kostenefficiënt gebeuren voor een aannemer.

Er zijn wel geëngageerde opdrachtgevers van afbraakprojecten, die de boogspanten, voortkomend uit hun afbraak, graag hergebruikt zien (3.1 en 3.2). Om deze ontmanteling te faciliteren, vragen zij bij hun sloopaannemer een offerte aan voor een zorgvuldige ontmanteling en gaan ze tegelijkertijd zelf op zoek naar een afnemer voor de spanten. Zelfs als deze opdrachtgevers de meerkost van de ontmanteling op zich nemen, blijft het een hele uitdaging om mogelijke hergebruikprojecten te vinden voor de specifieke boogspanten. Veelal hebben ze hiertoe ook niet de juiste contacten en schrijven ze hergebruikhandelaars aan, die echter niet in staat zijn om dit type spanten af te nemen of een hergebruik te faciliteren.



Figuur 73: Initiatieven en contacten voor het hergebruik van een boogspant

Vandaag zorgt de specificiteit voor terughoudendheid in een potentieel hergebruik van boogspanten. De gebogen vorm van het materiaal zorgt immers voor minder verwerkingsmogelijkheden, zodat bij een nieuw project in grote mate moet worden vastgehouden aan dezelfde overspanningen en toepassingsmethodes. Ook vormt de opslag en het transport een grotere uitdaging, die potentieel de prijs opdrijft. De specificiteit wordt in die zin nog te vaak ervaren als een struikelblok. Bij het Recypark (2.1) is echter wel gebleken dat de constructiekost voor de hergebruikte elementen, ondanks de extra hindernissen, uiteindelijk qua kostprijs equivalent was aan het bouwen met nieuwe boogspanten.

De specificiteit van het materiaal zou, in plaats van als hindernis, ook gezien kunnen worden als een esthetische en architectuurhistorische waarde. Het zijn elementen die vandaag niet meer veelvuldig worden geproduceerd en ze zouden kunnen worden gezien als 'jonge' bouwantik. Wanneer dit inzicht zich verder verspreidt, bijvoorbeeld door andere referentieprojecten, zou de interesse in dit elementtype verder kunnen toenemen en kan de markt zich verder ontwikkelen. Daarnaast zou de waarde op die manier door een afnemer hoger moeten worden ingeschat dan louter de materiële waarde van de glulam.

Potentieel is een trage ontmanteling met dit inzicht ook haalbaarder, omdat de elementen dan een grotere waarde kennen dan de materiaalprijs voor lineaire balken. Zo kan de vrees bij aannemers voor een te hoge ontmantelingskost ook afnemen. Deze terughoudendheid komt daarnaast ook mee voort uit een gebrek aan ervaring met het ontmantelen van deze elementen. Door een andere specialist, of aannemer, met meer ervaring aan te spreken voor de ontmanteling, kan deze op een meer kostenefficiënte manier gebeuren en kan een vaste werkwijze van wederkerige samenwerking worden ontwikkeld.

De belangrijkste initiatiefrol ligt uiteindelijk toch nog steeds bij de opdrachtgever van het slooproject. Als de opdrachtgever de ambitie heeft om een boogspant te hergebruiken, dient diegene de juiste actoren te betrekken. Aangezien een opdrachtgever zelf vaak niet de juiste contacten heeft om een hergebruik op gang te zetten, kan deze beter samenwerken met een afbraakaannemer met dezelfde ambitie. Die ambitie zou moeten inhouden dat de aannemer zich inzet voor een succesvolle ontmanteling en hiertoe zijn netwerk aan contacten rechtstreeks inzet om, samen met de opdrachtgever, een geschikte afnemer te vinden. Het aanstellen van een afbraakaannemer gebeurt daarom ook best zo snel mogelijk nadat beslist is over de afbraak. Op die manier wordt een ruimere tijdspanne gecreëerd waarbinnen mogelijke afnemers kunnen worden gevonden met een project dat matcht qua timing. Wanneer deze tijdspanne korter wordt, krimpt de kans op hergebruik aanzienlijk.

Ook het inlichten van een hergebruikconsultant (zoals Rotor bij casus 2.1) kan binnen een afbraakproject een grotere kans op een succesvol hergebruik bieden. Wanneer deze betrokken zijn bij, of inlichtingen hebben over, een nieuw project, kunnen ze hier de spanten aanbieden en de meerwaarde duiden aan de betrokkenen.

Samengevat dient bij alle partijen met hergebruikambitie dus de meerwaarde op verschillende niveaus van het behoud van boogspanten te worden ingezien, opdat ook voor boogspanten herhaaldelijke transacties ontstaan. Deze geven dan opnieuw ontstaan aan een netwerk van afnemers en aannemers die herhaaldelijk samenwerken om het materiaal succesvol te hergebruiken.

### 4.3 Van pioniersproject tot maturiteit in procedures

De verzameling aan recent geslaagde casussen toont aan dat de sector zich in een evolutie bevindt, waarbij het niet langer de gewoonte is om structurele glulam-elementen zomaar te slopen en af te voeren als afval. Er is steeds meer initiatief om bij nieuwe projecten hergebruikte structuren in te zetten, terwijl ook langs de zijde van de afbraakaanemer meer bereidheid is ontstaan om tijd en ruimte vrij te maken voor ontmanteling. Om deze omwenteling in te zetten, was ook een vooruitgang in hergebruikprotocollen noodzakelijk.

Het *Recypark* geldt als pilootproject voor het hergebruik van een glulamstructuur binnen een publiek project (2.1). In grote mate was hier sprake van een 'trial-and-error' procedure waarbij problemen pas gaandeweg konden worden opgelost wanneer ze optraden. De actoren binnen het project moesten als eersten de logistieke puzzel en de structurele onzekerheid zien op te lossen, zonder een vooraf gedefinieerde werkwijze. Het parcours was niet vlekkeloos, maar juist dit zorgde er wel voor dat alle actoren ervaring opdeden. Deze ervaring bewijst vandaag waardevol te zijn, aangezien bouwpartners (zoals bv. *SECO*) nu protocollen hebben opgezet, die omgaan met structurele onzekerheid in relatie tot bestaande normen en voorschriften. Deze protocollen en ervaringen blijven echter wel meestal binnen de organisaties, aangezien dit hen een commercieel voordeel oplevert.

Door de toegenomen ervaring, verloopt het hergebruikproces binnen recente grootschalige projecten (2.3) gestroomlijnder. De 'trial-and-error' procedure wordt vandaag ingeruild voor een vooraf gedefinieerd protocol, waarin wordt gedefinieerd welke bewerkingen en tests worden uitgevoerd, alsook wie hiervoor de verantwoordelijkheid draagt. Daarnaast worden ook de implementatie en het bijbehorend structureel concept vooraf gedetailleerd vastgelegd. Door deze werkwijze worden mogelijke obstakels op voorhand al geïdentificeerd en verholpen, zodat het proces minder oponthoud kent. Om deze procedure te kunnen opzetten, dienen architecten, aannemers, ingenieurs en adviseurs een andere rol op te nemen dan bij een klassieke bouwproces. Voor dit soort projecten is het noodzakelijk dat alle bouwactoren reeds in een vroeg stadium samenwerken, zodat ze samen kunnen vastleggen waar de onzekerheden liggen en hoe de structuur met deze in het achterhoofd kan worden geïmplementeerd. Hier is dus ook opnieuw de timing bij het lokaliseren van een hergebruikstructuur van belang, aangezien deze vast moet staan vooraleer een protocol kan worden opgezet.

De evolutie van improvisatie naar protocol leidt tot een bredere maturiteit in de sector, waarin hergebruik steeds meer een structureel uitgangspunt gaat worden. Hoewel grootschalige (publieke) projecten vaak moeten steunen op deze uitgebreide protocollen, blijkt dat in kleinschalige of particuliere contexten ook informelere trajecten mogelijk zijn (2.2 en 2.4). Deze processen lopen sneller, en vooral wederzijds vertrouwen tussen betrokken partijen speelt een doorslaggevende rol. De aanpak is dus ook steeds in grote mate afhankelijk van de schaal en context waarin het hergebruikproces zich afspeelt.

De 7 casussen tonen samengevat aan dat er vandaag gangbare procedures bestaan, en verder worden ontwikkeld, om de kwaliteiten van bestaande glulamstructuren in te zetten binnen geslaagde projecten. Alle casussen samen zijn goed voor een hergebruik van ongeveer 300 m<sup>3</sup>, oftewel 126 ton, gelijmd gelamelleerd hout.

## Stand van zaken – Samengevat

- 1.** Bij afbraak van **hallen en loodsen, gebouwd in of na de jaren 60**, komen vaak potentieel herbruikbare glulamstructuren vrij. Hierin zijn twee kenmerkende typologieën te herkennen: **boogspanten en balken**.
- 2.** Zoals ook blijkt uit de recent geslaagde casussen, **ontwikkelt de praktijk voor het structureel hergebruik van hout zich vandaag in sneltempo**. Voor **grote (overheids)projecten** worden aan de start van het bouwproces **gedetailleerde protocollen** opgezet, waar dit vroeger meer trial-and-error was. Voor **kleine (particuliere) projecten**, zijn de processen **informeler** en vooral gebaseerd op wederzijds vertrouwen.
- 3.** Voor **kleinschalige balken** wordt een afneemmarkt gevonden bij **materiaalhandelaars**, die ook in ander technisch (massief)hout handelen. Voor **grootschalige structuren**, is het vinden van een **rechtstreekse nieuwe toepassing** noodzakelijk. **Timing** is hierbij **cruciaal** en vaak een beperkende factor.
- 4.** Voor **balkelementen** bestaat vandaag een relatief stabiele afneemmarkt. **Afbraakaannemers lichten hierbij steevast contacten in**, die deze dan ophalen voor gebruik in een eigen project of zelf komen ontmantelen voor verkoop.
- 5.** Het hergebruik van **boogspanten** kent vandaag meer terughoudendheid. Voor afnemers zijn er **minder verschillende toepassingsmogelijkheden**, voor aannemers een potentieel **langere ontmantelingstijd**. Hierrond is **nog geen vast hergebruiknetwerk** ontwikkeld.
- 6.** Om deze houding te veranderen, moeten **boogspanten** ook worden gewaardeerd volgens hun **architectuurhistorische meerwaarde**. De unieke elementen zouden hierdoor van meer interesse moeten kunnen genieten bij afnemers, alsook een grotere inspanning waard zijn bij aannemers. Herhaaldelijke transacties en geslaagde toepassingen, kunnen dan ook hier leiden tot het **ontstaan van een vast hergebruiknetwerk**.



# Deel 3: Terugwinnings- processen

Het volgende hoofdstuk biedt een overzicht van de terugwinningsprocessen die het hergebruik van gelijmd gelamelleerde liggers mogelijk maken. De processen zijn gebundeld in een 'best practice'-overzicht, dat gaat van ontmanteling tot installatie. Hoewel het aantal processen, alsook de specifieke uitvoering en volgorde ervan, steeds projectspecifiek zijn, biedt dit overzicht een gestructureerde basis. De haalbaarheid en werkwijze worden hierin geïllustreerd aan de hand van concrete voorbeelden uit geslaagde casussen.

# 1 Methodologie – Materiaalhandelaars

Binnen de literatuur is slechts beperkte onderzoekskennis aanwezig over specifieke terugwinningsprocessen voor het hergebruik van gelijmd gelamelleerd hout. Enkel de materiaalfiche '*Constructieve elementen van gelijmd gelamelleerd hout*', die werd ontwikkeld binnen het FCRBE-project, biedt hierover een eerste overzicht (Reuse Toolkit, 2021a).

Daarom vormt de verzamelde info binnen de onderzochte hergebruikcasussen een belangrijke bron om de terugwinningsprocessen binnen een hergebruikprocedure te analyseren. Deze info werd verzameld via gesprekken met actoren en observaties bij bezoeken aan werven tijdens ontmantelings- en bewerkingsoperaties. Specifieke procedures konden zo gedetailleerd in kaart worden gebracht, zodat ze in dit gedeelte kunnen fungeren als voorbeeld.

Daarnaast werd binnen het onderzoek ook de online hergebruikgids *Opalis* (*Opalis.eu*) geraadpleegd om hergebruikhandelaars te identificeren die handelen in structureel hout. Op Opalis staan 17 Belgische handelaars geregistreerd en beschreven die handelen in structureel hout (op het moment van schrijven) (Opalis, z.d.-a). Slechts drie van deze handelaars hebben ervaring met het hergebruik van gelijmd gelamelleerd hout opgebouwd. Deze handelaars werden bevestigd en bezocht binnen het onderzoek en worden voorgesteld in de fiches op de volgende pagina's.

De bevestiging gebeurde tijdens een informele rondleiding doorheen de werk- en opslagplaatsen van de recuperatiebedrijven. Dit gebeurde niet aan de hand van een vaste vragenlijst, maar wel aan de hand van vragen die voortkomen uit de conversaties en de specifieke expertises van de handelaars. Er werden hierbij verschillende thema's aangehaald en zo specifiek mogelijke vragen gesteld die betrekking hebben tot alle stappen van het hergebruikproces. De bevestigingen leverden zo verdere informatie op omtrent de uitvoering van handelingen en de bijbehorende haalbaarheid. Zowel ontmantelings- en bewerkingsstrategieën, als bijbehorende verantwoordelijkheden en normen, kwamen aan bod in de bevestigingen. Zo werden ook tijdsduren van bewerkingen, gebruikte machines, nodige infrastructuur en verpakkingsverbruik achterhaald. Deze informatie zal later ook dienen als input voor de levenscyclusanalyse.

Andere handelaars in structureel hout met geen of weinig ervaring met glulam, werden ook bevestigd. De informatie die deze andere actoren bijdragen, zoals bredere problematieken die gelden bij hergebruik van structureel volhout (zie literatuurstudie, hoofdstuk 3.6.2.2), zijn vaak eveneens van toepassing op glulamstructuren.

Ten slotte werd ook een beroep gedaan op de expertise van andere instanties die een onderzoek voeren naar structureel hergebruik van hout. Hiertoe werd innovatiecentrum *Buildwise* aangesproken voor een bevestiging omtrent recente ontwikkelingen in richtlijnen voor hergebruikmethodes (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024). Ook controlebureau *SECO* werd bevestigd om inzicht te krijgen in hun controleprocedures, die moeten aantonen dat het hergebruik kwalitatief verlopen is (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).

Kameleon BVBA heeft, sinds de oprichting in 2010, als core-business de verkoop van nieuwe wand- en dakpanelen. Daarnaast had het bedrijf tot recent ook een hergebruikhandel in gelijmd gelamelleerde spanten en elektrische bekabeling. De spanten werden door Kameleon zelf ontmanteld, en daarna geleverd tot bij de klant. Wanneer bij de ontmanteling nog geen afnemer gevonden was, konden spanten ook worden opgeslagen in hun ruime depot te Zaffelare. De elementen werden dan aangeboden op klassieke tweedehandsplatformen (zoals *2dehands.be*), en vonden hier afnemers die veelal een industriële hal of stal wensten op te bouwen. Er werd zowel geleverd aan Belgische, Franse, als Nederlandse klanten.

Vandaag richt het bedrijf zich uitsluitend nog op de verkoop van nieuwe panelen. De spantenhandel werd afgebouwd, omdat de activiteiten verderzetten in hun huidige model niet meer rendabel en werkbaar is. Verstrengde vergunningen voor machines en toegenomen complexiteit op de werf spelen hierin een rol volgens de eigenaar.



Figuur 74: Overgebleven stock aan glulam naast een lot sandwichpanelen



Figuur 75: Verzaging van een balk bij Kameleon (G. Polfliet, 2024)



Figuur 76: Afgeleverde balken bij de opslagplaats (G. Polfliet, 2024)

**Onderstaand overzicht geeft de stopgezette recuperatiehandel weer:**

<b>Meest voornamerecuperatiematerialen</b>	Grootschalige glulam spanten en balken, gerecupereerde elektrische bekabeling
<b>Activiteiten</b>	Grote ontmantelingen, verzagingen, stockage, materiaalverkoop
<b>Ervaring met glulam</b>	Een honderdtal geslaagde ontmantelingen met verkoop
<b>Bron</b>	(Opalis, 2025a ;G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024)



Trovo is ontstaan als initiatief van Huismus. Als timmerbedrijf met een sterk doorgedreven ecologische visie, ontstond hier het idee om aan de slag te gaan met de enorme afvalstroom die de bouwsector met zich meebrengt. Hiertoe richtten ze groothandel in recuperatiebouwmaterialen Trovo op, waarmee ze hun eigen materialenstroom willen creëren. De materialen, die ze hebben ontmanteld of opgehaald bij sloopwerven, stockeren ze in hun opslagplaats te Evergem. Ze richten zich hoofdzakelijk op materialen die passen binnen de werking van Huismus. Met materialen van de eigen recupmarkt, wist Huismus reeds verschillende bouwprojecten met een succesvolle integratie van hergebruikt structureel hout (waaronder ook glulambalken) te realiseren.



Figuur 77: Opslagplaats Trovo te Evergem (Opalis, 2025c)

<b>Meest voorname recuperatiematerialen</b>	Houtproducten, isolatiematerialen, gevel- en dakbedekking, deuren
<b>Activiteiten</b>	Kleine ontmantelingen, stockage, materiaalverkoop, basishoutbewerking en schrijnwerkerij, installatie in projecten van Huismus
<b>Ervaring met glulam</b>	Steeds op voorraad (zie casus 2.2 voor toepassing)
<b>Website</b>	<a href="http://www.trovo.be">www.trovo.be</a>
<b>Bron</b>	(N. Meersschant, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; Opalis, 2025c; Trovo, z.d.-b, z.d.-a)



## Materialenbank Leuven

Materialenbank Leuven is een initiatief van Atelier Circuler, een VZW die modellen zoekt om in en rond Leuven circulaire veranderingen teweeg te brengen. Met de materialenbank wil het een centrale pion vormen binnen de lokale circulaire economie door recuperatiematerialen op te halen, te bewerken en door te verkopen. Hiervoor werkt het nauw samen met een sociale tewerkstellingsorganisatie en diverse partners. De gerecupereerde materialen zijn voornamelijk afkomstig uit donaties van particulieren, maar zijn daarnaast ook afkomstig uit gebouwen van de KU Leuven of Stad Leuven. De materialen worden zowel verkocht aan particulieren, als aan professionele aannemers. Deze afnemers kunnen het aanbod raadplegen in de webshop, alsook op locatie bij de opslagplaats te Herent. Naast de Materialenbank, voert Atelier Circuler ook circulaire projecten op maat uit en stellen ze hun werkplaats open voor hout- en metaalbewerking.

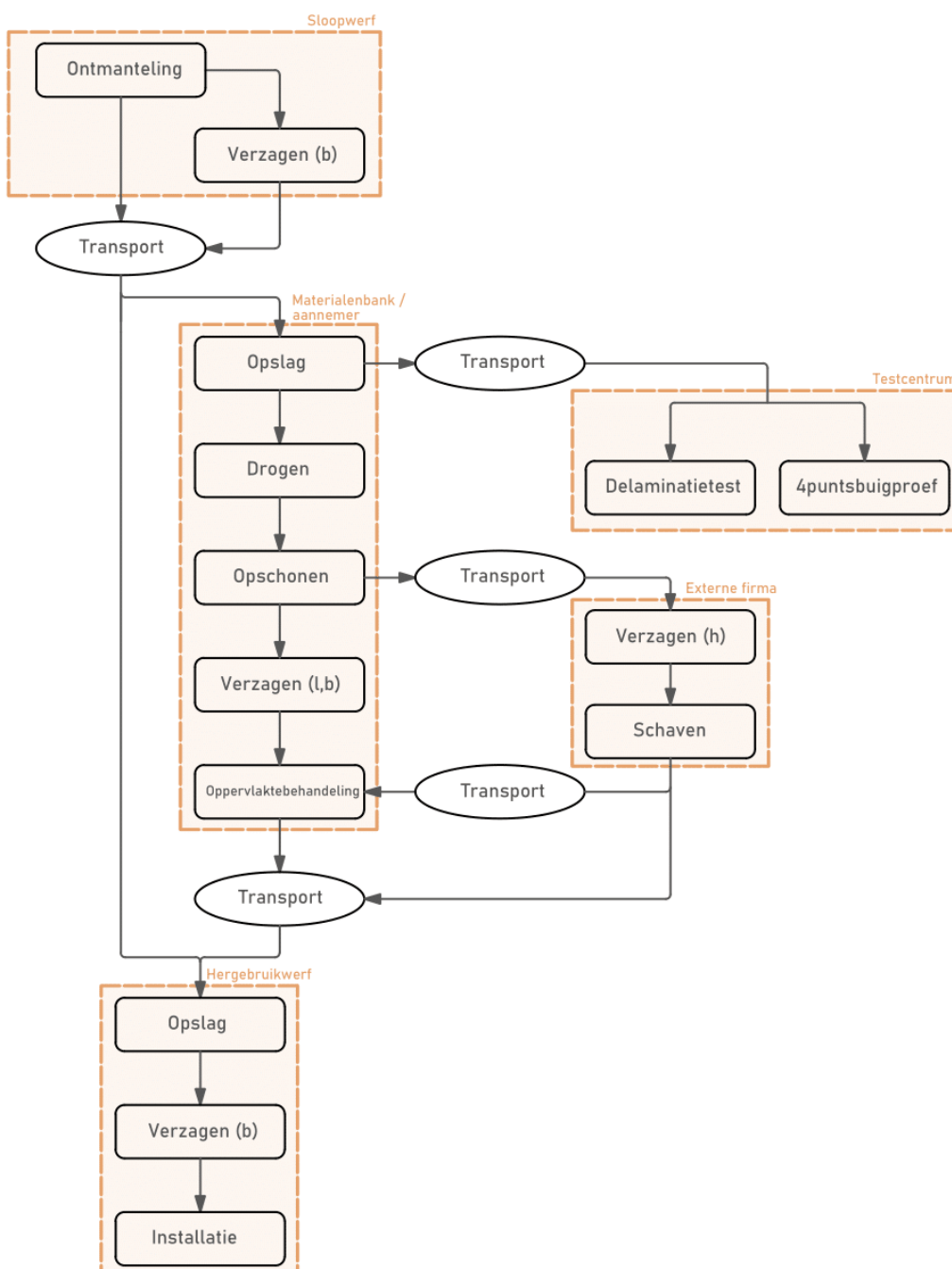


Figuur 78: Opslagplaats van Materialenbank Leuven te Herent (Opalis, 2025b)

<b>Meest voornamelijk recuperatiematerialen</b>	Houtproducten, steenfracties
<b>Activiteiten</b>	Kleine ontmantelingen, stockage, materiaalverkoop, basishoutbewerking en schrijnwerkerij, uitvoering van kleinschalige projecten via Atelier Circuler
<b>Ervaring met glulam</b>	Weinig, prioriteit ligt bij volhout
<b>Website</b>	<a href="https://ateliercirculer.be/materialenbank/">https://ateliercirculer.be/materialenbank/</a>
<b>Bron</b>	(Atelier Circuler, z.d.-b, z.d.-a; Opalis, 2025b; W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024)

## 2 Terugwinningsprocessen

Uit de gesprekken bleek dat er verschillende manieren zijn om met het hergebruik van glulamstructuur om te gaan. Het aantal uitgevoerde bewerkingen is namelijk steeds projectafhankelijk. Onderstaand processchema geeft een compleet overzicht van mogelijke terugwinningsprocessen die in praktijk worden uitgevoerd. Binnen deze volledige reeks, kunnen verschillende pistes worden gevolgd met het oog op de toepassing. De volgende pagina's omschrijven de praktische uitvoering van de individuele processen en geven daarbij ook een inzicht in het keuzeproces om deze al dan niet uit te voeren. De processen zijn allen gericht op een structureel hergebruik in een nieuwe toepassing. Procedures om materiaal te verwerken (cascaderen) tot meubels of afwerking, worden binnen deze thesis niet omschreven.



Figuur 79: Processchema met terugwinningsprocessen voor gelijmd gelamelleerd hout

## 2.1 Ontmanteling

### 2.1.1 Vrijleggen balken

Wanneer wordt beslist om glulambalken te ontmantelen in plaats van ze te slopen, zal de sloopaannemer proberen deze eerst zoveel mogelijk bloot te leggen. Met een mobiele kraan met sorteergrijper worden bovenliggende platen, wand- of dakpanelen gesloopt, zoals zichtbaar op figuur 80 en 81. Schoren of dwarsbalken worden vervolgens ook met de kraan losgetrokken of manueel via een hoogtewerker losgemaakt indien dit noodzakelijk is.



Figuur 80: Vrijleggen van balken voor hergebruik bij de afbraak van een loods in Kortrijk (casus 2.3) (*Provincie Oost-Vlaanderen, 2024*)

Zorgvuldig demonteren kost tijd, maar vermijdt latere schade aan de glulambalk. Het is immers belangrijk om de balk volledig los te maken van de omliggende structuur, zodat tijdens de effectieve ontmanteling geen spanningen worden opgewekt. Daarnaast zorgt een zorgvuldige demontage ervoor dat er weinig schade optreedt aan de balken ten gevolge van mechanische impact. De benodigde tijd zal telkens afhangen van de soort dakbedekking en de verbinding. Zo zal een sandwichpaneel dat puntsgewijs is bevestigd sneller los te maken zijn dan een dakconstructie met bovenop gevezene dwarsbalken (R. Osselaer, persoonlijke communicatie, 6 maart 2025). Idealiter gebeuren deze en volgende handelingen door de afbraakaanemer, aangezien deze vaak reeds zal beschikken over machines zoals een hoogtewerker en mobiele kraan op rupsbanden (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).



Figuur 81: Verwijderen van wandpanelen bij afbraak (casus 2.4)

## 2.1.2 Losmaken verbindingen

Nadat de externe elementen zijn weggenomen, wordt de glulambalk zelf losgemaakt. Deze zit vaak met enkele bouten vast in een stalen U-profiel op een kolom. Een voorbeeld van dit type verbinding wordt weergegeven op figuur 82. Dit paal-balk systeem laat meestal een vlotte demontage toe. Vaak zit er tot een halve centimeter speling tussen de balk en de structuur, tenzij er externe zwelling van het hout is opgetreden, bijvoorbeeld onder invloed van vocht (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).



Figuur 82: Typische paal-balk verbinding, na het verwijderen van bouten (casus 2.4)



Figuur 83: Losmaken van verbindingen met een elektrische slagmoersleutel (casus 2.4)

Vanop een hoogtewerker kunnen de bouten worden losgemaakt met een elektrische slagmoersleutel, zoals weergegeven op figuur 83. Ook een hamer wordt gebruikt om bouten die onder spanning zitten te verwijderen.

In geval van te vaste verbindingen, of om het proces te versnellen, is het ook mogelijk om de uiteindes van de balken af te zagen. In dit geval gaan de opgelegde delen van de balk verloren en treedt er dus materiaalverlies op in deze fase (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024; N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).

### 2.1.3 Uithijzen balk



Figuur 84: Uithijzen van een balk met een rupsgraafmachine (casus 2.3) (Provincie Oost-Vlaanderen, 2024) Nu de balk los in de structuur ligt, worden met een hoogtewerker manueel zo symmetrisch mogelijk twee draagbanden aangebracht, om de balk stabiel te tillen. Op figuur 84 staat de opstelling van de machines weergegeven voor het aanbrengen van deze draagbanden. In het meest ideale scenario gebeurt dit tillen door de afbraakaannemer zelf, met een kraan met rupsbanden (zoals op figuur 84) (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024)

Een tweede optie bestaat erin dat de balk wordt ontmanteld door een externe ontmantelaar. In dit geval zal het hijsen en neerleggen van de balken gebeuren met een camionkraan (zie figuur 85). Hoewel deze kraan ook voldoende hefvermogen bezit, zal de demontage doorgaans trager verlopen, tot wel vijftien minuten per grote balk. Een camionkraan moet immers per balk opnieuw gepositioneerd worden, waarna de stempels moeten uitgedraaid worden om de kraan te stabiliseren. Een voordeel is dat deze vanop afstand kan worden bestuurd, waardoor de ontmantelaar een goed overzicht heeft over de hele operatie (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).

Het gebruikte kraantype hangt dus af van welke machines er aanwezig zijn op de werf of welk kraantype wordt gebruikt door de ontmantelaar. Zo staat op bepaalde werven ook een telescoopkraan opgesteld. Deze kan eveneens gebruikt worden om de balken te ontmantelen. Echter wordt dit type kraan eerder gebruikt voor de installatie van de balken, dan voor de afbraak (zoals afgebeeld op figuur 103) (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).



Figuur 85: Uithijzen van een balk met een camionkraan (casus 2.4)

Tijdens de ontmanteling gelden volgende aandachtspunten:

Allereerst moet men steeds beschadigingen proberen voorkomen. Vooral op kleinere, ontoegankelijke werven is randbescherming van de elementen, bijvoorbeeld met stalen hoekprofielen, aan te raden (Reuse Toolkit, 2021) Daarnaast is het belangrijk om de windrichting in het oog te houden. Grote glulambalken vormen een groot windvlak, en bij onvoorzichtigheid kan de wind de beweging van het element beginnen bepalen. Een oplossing kan zijn om met een hijsband de balk mee te 'sturen' vanop de grond (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024)

Een laatste belangrijk aandachtspunt is de beoogde tijdsduur. Er heerst veel onzekerheid over de duur van ontmantelingen, waardoor zelfs experts op voorhand de situatie niet altijd goed kunnen inschatten. De totale ontmantelingsduur kan variëren van een kwartier tot een halfuur per balk, en hangt af van veel randcondities op de werf. Dit kan moeilijkheden opleveren voor de ontmantelaar, aangezien deze soms slechts een beperkt tijdsbestek krijgt van een aannemer. Het overschrijden van deze periode kan in bepaalde gevallen zelfs tot boetes leiden. Ook de afbraakaanemer zelf zal omwille van deze onzekerheid minder snel opteren voor ontmanteling, om het risico op vertragingen te vermijden (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

## 2.1.4 Behandeling op de werf

Het is mogelijk om de balken meteen in te laden op transport, maar vaak zullen deze eerst worden neergelegd op de werf. Dit gebeurt op balkjes, om opspattend water of grondvocht te vermijden. Ook is het zo eenvoudiger om hijsbanden voor later transport vast te maken. Een eenvoudige driehoekige schoor met behulp van houten balken, aangebracht zoals op figuur 86, voorkomt het kantelen van de balk (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024).



Figuur 86: Een geschoorde balk, vlak na ontmanteling (casus 2.4)

Op de werf kan ook een eerste verzaging gebeuren, wanneer men bijvoorbeeld reeds weet dat niet de volledige lengte nodig is in een nieuwe toepassing, of een deel beschadigd werd tijdens de ontmanteling of de levensduur in het gebouw. De oplegpunten hebben het grootste risico op dit soort beschadigingen. Tevens kan het inkorten van de lengte het latere transport van de elementen ook vergemakkelijken. Met behulp van een kettingzaag kan snel en eenvoudig, doch ruw, worden verzaagd. Er is meestal wat reserve voorzien, waardoor de balk later preciezer op maat kan worden verzaagd onder gecontroleerde omstandigheden (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

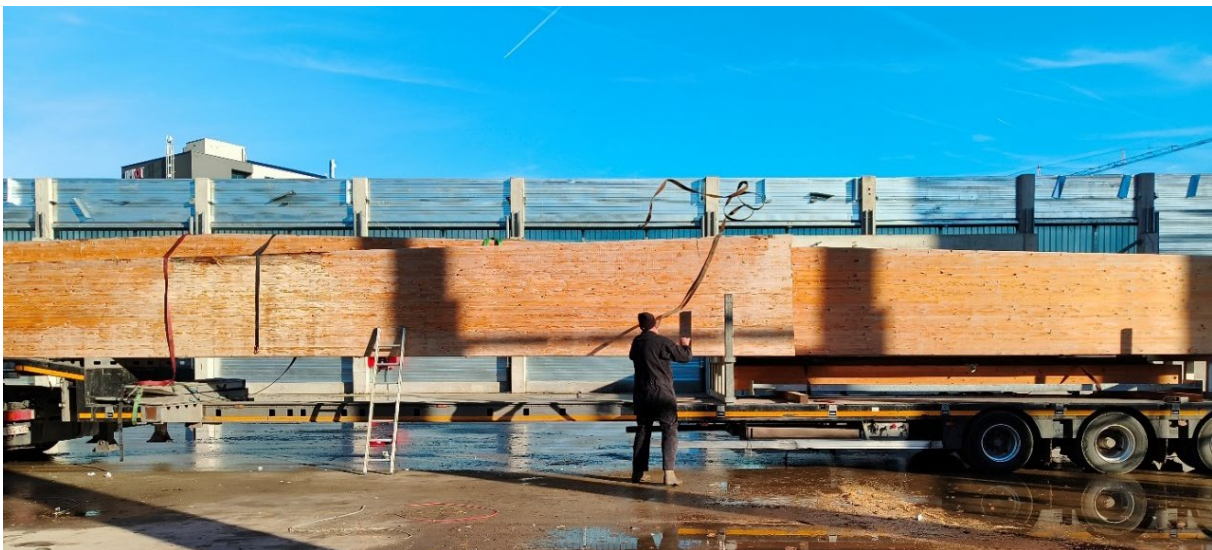
Uiteindelijk worden de balken op het transportmiddel gehesen, opnieuw met behulp van een camionkraan of mobiele kraan. Op figuur 87 gebeurt dit met een camionkraan, die de balken inlaadt op de oplegger van de vrachtwagen. Als alternatief voor het hijsen met banden, is het ook mogelijk om van bovenaf schuine bouten met een ring in te vijzen, en zo de balken te tillen.



Figuur 87: Hijsen van een balk op transport met een camionkraan (casus 2.4)

## 2.2 Transport












Nadat de balken op een vrachtwagen of oplegger worden getild, worden deze op verschillende punten vastgebonden met brede riemen (Swedish Forest Industries Federation, 2024). Op figuren 88 en 89 is zichtbaar hoe deze riemen worden aangebracht. Bijkomende stabiliteit kan worden bereikt door de balkuiteindes in een stalen frame te leggen (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024). Bij slechte weersomstandigheden is het aan te raden om de elementen te bedekken (Reuse Toolkit, 2021).



Figuur 88: Vastmaken van de balken met riemen aan een oplegger (casus 2.4)

Het transport van grootschalige glulambalken vormt vaak een uitdaging. Er bestaan in België slechts enkele transportfirma's die dit vervoer willen uitvoeren. (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024). Er gelden namelijk begrenzings, wat betreft gewicht en lengte, voor vrachtwagens en opleggers. Daarbuiten moet een voertuig worden beschouwd als 'uitzonderlijk vervoer' (Vlaamse overheid, z.d.-c).

Bij glulambalken is het gewicht bijna altijd de bepalende factor voor de transportkeuze (R. Dignef, persoonlijke communicatie, 27 november 2024). Op tabel 2 is de maximale massa van bepaalde vervoerstypes aangegeven. Bij overschrijden van deze lading, valt men onder de noemer 'uitzonderlijk vervoer' (Vlaamse overheid, n.d.-c). Het is hierbij ook belangrijk om het gewicht van een eventuele camionkraan mee te nemen als een deel van de totale lading. Deze kraan zorgt mogelijks reeds voor een lading van ongeveer 6 ton (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

Type voertuig	Aantal assen	Max. gewicht [ton]	Illustratie
Aanhangwagen	2	20	
	3	30	
Vrachtauto	2	19	
	3	26	
	4	32	
Vrachtauto +aanhangwagen	2 +1	36	
	4	39	
	5	44	
Trekker/oplegger	3	29	
	4	39	
	5	44	

Tabel 2: Maximale massa in functie van transporttype (Evofenedex, z.d.)

De grenzen voor de lengte waarbuiten een voertuig onder 'uitzonderlijk vervoer' valt, liggen op 12 meter voor een enkelvoudig voertuig; 16,50 meter voor een trekker met oplegger; en 18,75 meter voor een vrachtwagen met aanhangwagen. De hoogte is beperkt tot 4 meter (Vlaamse overheid, n.d.-c). Dit vormt voor rechte balken geen probleem, maar voor boogvormige spanten vormt dit een belemmering. Bijkomend is een stabiele bevestiging van deze laatste vaak moeilijker (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

Transport onder de titel 'uitzonderlijk vervoer' brengt heel wat extra kosten en moeite met zich mee. Zo moet er op voorhand een vergunning worden aangevraagd, en is er soms een begeleidingsvoertuig nodig (R. Osselaer, persoonlijke communicatie, 6 maart 2025). Daarnaast moeten ook bepaalde tijdsloten, verplichte signalisaties, en snelheden worden gerespecteerd. Ten slotte mogen lange zware vrachtwagens (zogenaamde LZV's) niet het volledige wegennet gebruiken (Vlaamse overheid, n.d.-b, n.d.-c, n.d.-a; Vlaanderen.be, n.d.).

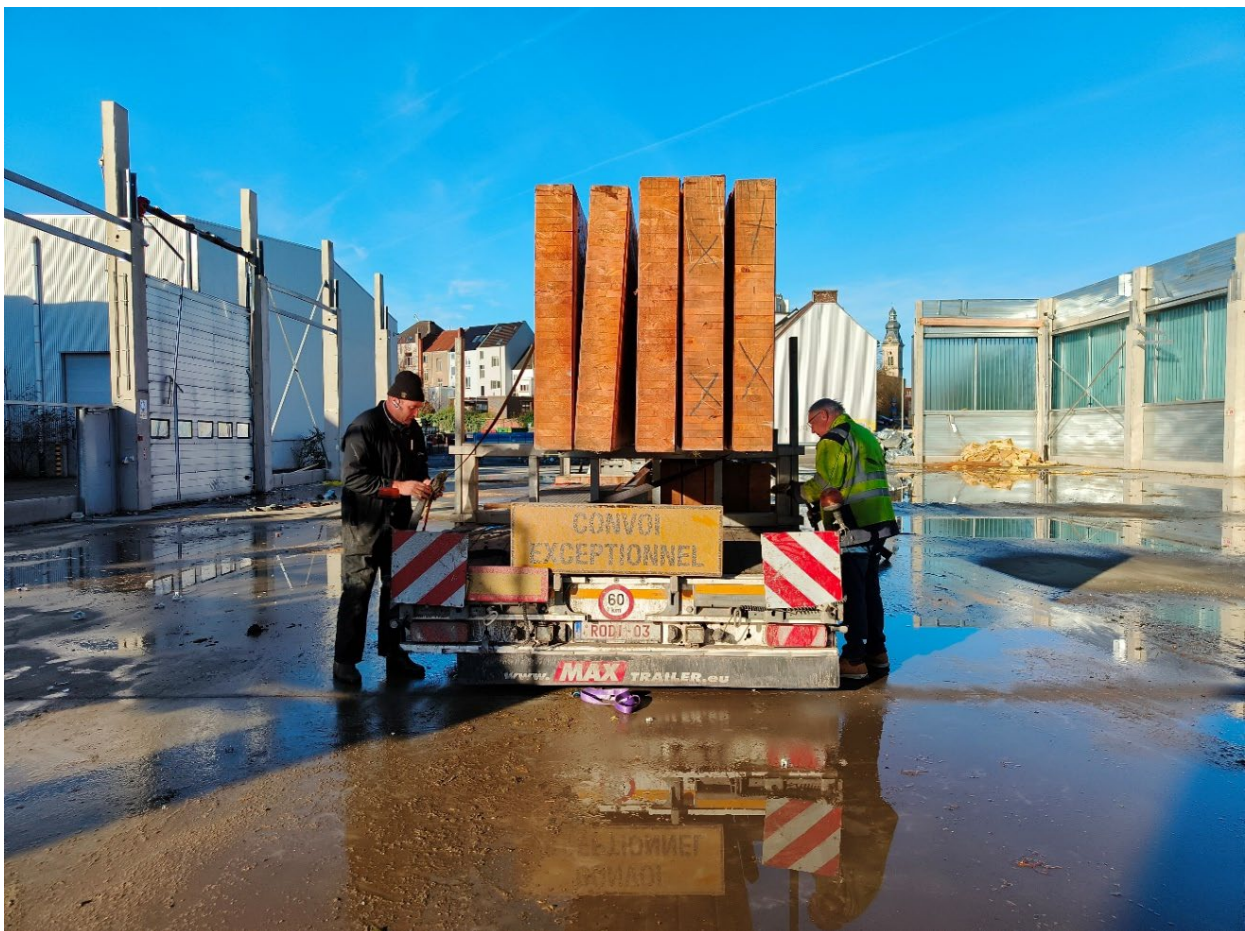
Doorgaans worden de vervoersmiddelen, weergegeven in tabel 3, gebruikt voor het transporteren van glulambalken.

Balklengte [m]	Gebruikelijk transportmiddel
<7	Vrachtauto of aanhangwagen
<19	Vrachtwagen +aanhangwagen
12 - 40	Combinatie van opleggers

In een ideaal scenario worden de balken meteen getransporteerd naar de werf waar ze zullen worden hergebruikt, aangezien dan een

Tabel 3: Aangewezen vervoersmiddelen voor glulambalken (Swedish Forest Industries Federation, 2024)

extra tussentijdse opslag en transportoperatie kan worden uitgespaard. Dit zal in realiteit echter niet vaak gebeuren (zoals besproken in de deelconclusie 4.2 van vorig deel). Enerzijds sluit een rechtstreeks transport eventuele bewerkingen uit, en anderzijds is het hierbij nodig dat er voorafgaand al communicatie is geweest over het verloop van de ontmanteling en de beoogde hergebruiktoepassing. Op die manier kunnen potentiële kopers zich melden, en kan efficiënt transport worden voorzien. Dergelijke samenloop van omstandigheden is eerder zeldzaam (P. Malfiet & R. Jacobs, persoonlijke communicatie, 7 november 2024; G. Polfiet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024)



Figuur 89: Bevestiging van de balken met riemen aan een oplegger (casus 2.4)

## 2.3 Opslag

Aangezien er niet altijd meteen een afnemer is, of de installatie op een werf op zich kan laten wachten, treedt er na de ontmanteling vaak een periode van 'opslag' in werking. Bij een materialenbank of opslaglocatie van een aannemer worden de balken dan tijdelijk gestockeerd.

Het uitladen van grootschalige glulamelementen zal, net zoals het inladen, gebeuren met een camionkraan. Bij kleinere balken (bijvoorbeeld met lengte 15 m) volstaat een vorklift (zie figuur 90) of heftruck (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024). Het zorgvuldig in- en uitladen van balken kan aanzienlijk wat tijd kosten, vooral wanneer het om een groot aantal elementen gaat (R. Osselaer, persoonlijke communicatie, 6 maart 2025). Tijden kunnen variëren van één tot tien minuten per balk, afhankelijk van de gebruikte machine en de organisatie van de opslaglocatie.



Figuur 90: Uitladen van balken met een vorklift (casus 2.3) (O. Kurtulus, 2024)

De opslag kan zowel binnen als buiten gebeuren. Bij beide situaties is verluchting zeer belangrijk. Dit zorgt ervoor dat de balken eventueel kunnen drogen, en voorkomt schimmelgroei. Concreet betekent dit dat de balken zich best minstens 90 millimeter van de grond bevinden, en dat er tussen de balken zelf minstens 70 millimeter wordt gelaten. De tussenvoeging van houten latjes, met een tussenafstand van maximaal 5 meter garandeert de nodige verluchting. Een bijkomend voordeel is dat op deze manier steeds een herorganisatie van de opgeslagen elementen mogelijk is met een vorkheftruck (Swedish Forest Industries Federation, 2024b).

## Droogproces tijdens opslag

Wanneer men de balken buiten opslaat, is het belangrijk om opspattend en stagnerend water te vermijden. Waterdichte hoezen en grondzeilen van geweven polyethyleen of een afdak kunnen hierbij helpen. Te strak inpakken met een dampdichte hoos moet worden vermeden, aangezien het vocht dan niet kan ontsnappen (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).

Volgens controlebureau *SECO* is de vochtigheid en het eventueel drogen tijdens stockage een belangrijke slaagfactor in het hergebruikproces. Elementen met een te hoge vochtigheid moeten worden gemeden, aangezien voor deze teveel risico op verwerking bestaat. Schade kan immers optreden als gevolg van zwammen, insecten of loskomen van de lamellen door schommelingen in luchtvochtigheid. Tevens wordt hout zachter onder invloed van vocht (Reuse Toolkit, 2021) Concreet betekent dit dat elementen met een vochtigheid boven de 30% zouden moeten worden afgekeurd, en dat elementen met een vochtigheid tot 30% moeten worden gedroogd tot 15%. Dit droogproces gebeurt steeds op natuurlijke wijze, tijdens de opslagperiode (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).

## 2.4 Bewerkingen

De effectieve bewerkingen, die op de glulamelementen worden uitgevoerd, omvatten een grote variëteit aan mogelijkheden. Daarom worden naast de algemene omschrijving, ook specifieke bewerkingsprocedures uit de casusvoorbeelden toegelicht. Dit levert een beeld op van hoe een bewerkingsproces en de beslissingsprocedure hierrond eruit ziet in de praktijk.

### 2.4.1 Opschonen en oppervlaktebewerkingen

Om de balken terug klaar te maken voor verkoop of nieuwe toepassing, worden constructierestanten, die verdere bewerkingen of het uitzicht van de balken in het gedrang brengen, vaak eerst verwijderd. Dit zijn onder andere leidingen met tussenclips, draden en bovenklossen (restanten van balken). Het verwijderen van deze elementen gebeurt vaak manueel met behulp van een koevoet, hamer of slijpschijf (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024). Enige tijd is vaak nodig om een balk terug op te schonen. Voor een balk van 15 meter varieert dit bijvoorbeeld van 40 minuten tot een uur (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024; D. Vandendriesche, persoonlijke communicatie, 4 november 2024).

Daarnaast kan het ook belangrijk zijn om resterende metalen elementen, die zich nog in een balk bevinden, te verwijderen. Dit gebeurt meestal eveneens met manuele tools, zoals weergegeven op figuur 91. Enerzijds doet men dit om een schoon en egaal oppervlak te verkrijgen, maar anderzijds om beschadigingen aan machines bij latere bewerkingen tegen te gaan. Een metaaldetector kan dit proces vergemakkelijken (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024). Indien er geen verdere bewerkingen zijn gepland, worden uitstekende spijkers vaak in de balk geslagen, of worden deze slechts aan één zijde verwijderd, bijvoorbeeld wanneer een balk niet zichtbaar zal worden toegepast (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024). De nodige tijdsduur is dus

erg afhankelijk van de gewenste afwerkingsgraad en de staat van de balk. Afhankelijk van de toepassing, kan het vervolgens nog nodig zijn om nieuwe boutgaten te maken. Gebruikelijk gebeurt dit met een kloppboormachine (Pinska Woodmill, 2021).

Om het oppervlak egaler, lichter, of schoner te maken bestaan allerhande bewerkingsmethodes. Ook kunnen gaten of kleine scheuren met houtpasta of epoxy worden opgevuld (Reuse Toolkit, 2021). Vaak is het niet rendabel om deze processen toe te passen op hergebruikte glulambalken wegens de hoge arbeidsintensiviteit, en zal men in praktijk bij hergebruik vaak accepteren dat het uiterlijk verschillend is van dat van nieuwe balken (S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).



Figuur 91: Verwijderen van metalen elementen uit een glulam balk met manuele tools en schroefboormachine (casus 2.2) (W. Thys, 2024)

In de materialenbank of bij de aannemer, zal men de oppervlaktebewerking altijd eerst testen op een kleine hoeveelheid materiaal om een idee te krijgen van de nodige tijd. Daarna kan men de prijs inschatten en een beslissing nemen over de uiteindelijke staat waarin men de glulamelementen zal brengen. Een samenwerking met maatwerkbedrijven is hierbij steeds mogelijk voor eenvoudige, manuele handelingen. Deze bedrijven worden veelal aan vaste tarieven per opdracht betaald, waardoor de tijdsduur minder van belang is (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).

## Natuureducatiecentrum – *Oppervlaktebewerkingen*

Nadat de spanten aankwamen en werden opgeslagen bij *Lab15*, werd een eerste manuele schoonmaak uitgevoerd. Gedurende twee werkdagen verwijderden twee personen met een koevoet de meest aanwezige aanhangsels van 45 balken (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024).

Nadat de balken waren ontdaan van het merendeel van de spijkers en klossen, overwoog *Lab15* verschillende vervolgsenario's:

-In een eerste scenario zouden de balken in een 'hergebruikstaat' worden geïntegreerd in het project, en zou deze specifieke esthetiek worden nagestreefd, zonder verdere bewerkingen.

-Een tweede optie bestond erin om met een hogedrukreiniger de aanhangsels en verflagen af te spuiten, en zo een rudimentaire schoonmaak uit te voeren.

-In een derde scenario kon eventueel na het afspuiten met hoge druk, de balk worden opgeschuurd. Dit schurend effect zou de beschadigingen en sporen van de tijd extra merkbaar maken. De balken zouden op de grond worden gelegd, en met een parketschuurmachine worden bewerkt.

De verschillende opties werden overwogen met timing, esthetiek en nodige arbeid als beslissende factoren (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 3 december 2024)

Uiteindelijk werd de tweede optie uitgevoerd, waarbij de balken eerst grof werden verzaagd met een kettingzaag, en daarna op maat met een cirkelzaag. Vervolgens werd het oppervlak gereinigd met een hogedrukreiniger, waarbij het vier minuten per lopende meter in beslag nam om beide zijden van een balk te reinigen. Het verplaatsen van de balken nam eveneens veel tijd in beslag, aangezien de balken niet allemaal tegelijkertijd in het magazijn konden worden uitgesteld. Na de bewerkingen worden de spanten wel meteen gestapeld voor transport.

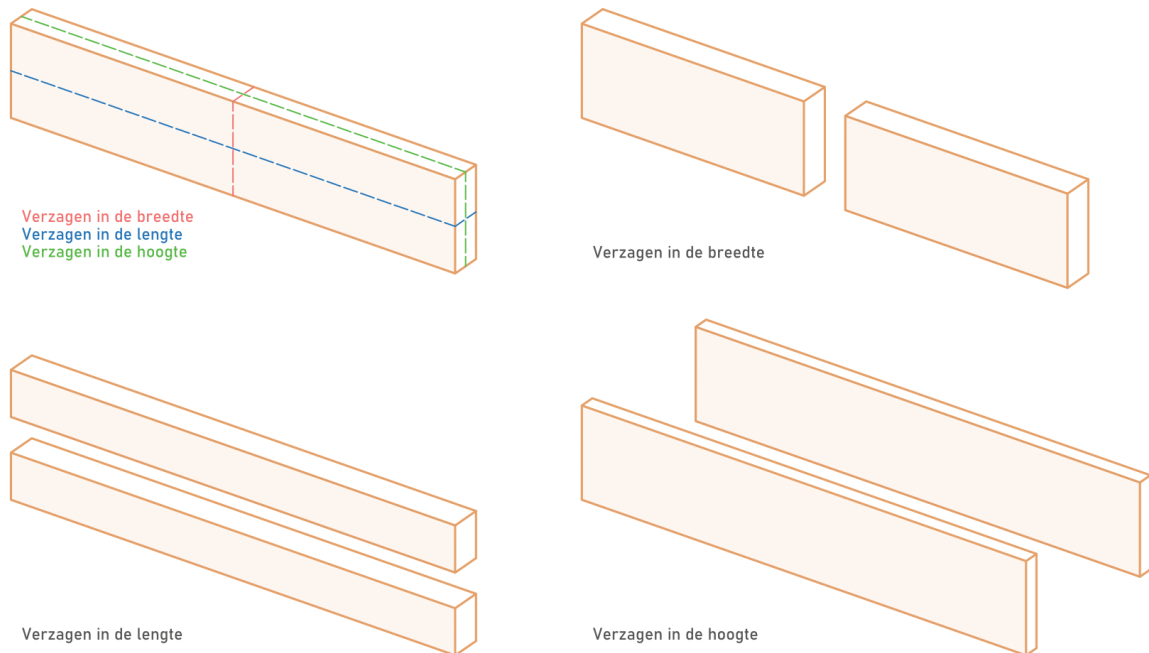


Figuur 92: Glulamoppervlak na het schoonspuiten (O. Kurtulus, 2025)

Aangezien een nog schonere esthetiek wordt nagestreefd binnen het project, wordt de haalbaarheid voor het schuren verder afgetoetst. Mogelijk kunnen vrijwilligers of jobstudenten hierbij worden ingeschakeld (O. Kurtulus, persoonlijke communicatie, 8 april 2025).

## 2.4.2 Verzagen en schaven

Voor toepassing in een project, kan een balk op verschillende manieren worden verzaagd. Op onderstaande figuur zijn de drie zaagrichtingen aangeduid:




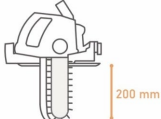
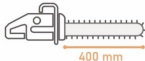


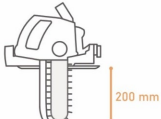
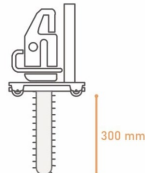
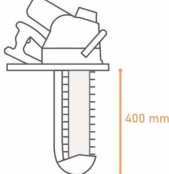
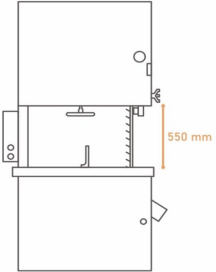
Figuur 93: Zaagrichtingen in een balk

Verzagen in de breedte kan plaatsvinden indien elementen moeten worden ingekort voor toepassing binnen een nieuw project, of als rotte stukken moeten worden verwijderd (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024). Dit kan met verschillende handmatig bediende zaagmachines zoals een kettingzaag, cirkelzaag of zwaardzaag (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

Verzagen in de lengte is ook mogelijk, bijvoorbeeld wanneer men de hoogte van een balk wil verminderen, of van één hoge balk twee kleinere wil maken. Zo kan een grote glulambalk ook worden verzaagd tot een maat die dicht aanleunt bij een verhandelbare maat en kan een meer constante stock worden voorzien bij een handelaar. Hier is het belangrijk om het zaagtoestel, bijvoorbeeld een kettingzaag, te 'geleiden.' De kettingzaag, die vaak speciaal geslepen is om langshout te kunnen zagen, wordt gestuurd langs een stalen U-profiel. Zo kan men een rechte zaagsnede verkrijgen. Deze methode is echter enkel van toepassing bij lineaire elementen (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

Tenslotte is het ook mogelijk om een balk te verzagen in de hoogte. Een balk kan zo worden verzaagd tot twee balken met de halve dikte. Hiervoor is een grote lintzaag met doorvoerder nodig. Typisch gebeuren zulke verzagingen bij gespecialiseerde firma's die over deze machine beschikken. Handelaars of aannemers hebben deze machine meestal niet ter beschikking (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 11 december 2024; G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de mogelijke verzagingsmethodes. Elk toestel heeft zijn eigen vermogen en werkwijze, maar het verzagen gebeurt in alle gevallen vrij snel, met zaagsnedes van 1 meter lengte in een minuut of minder.

Zaagrichting	Type zaag	Max. dimensie [mm]	Illustratie
Verzagen in de breedte	Handcirkelzaag	130-185	
	Zwaardzaag	200	
	Kettingzaag	400	
Verzagen in de lengte	Reciprozaag	115	
	Handcirkelzaag	130-185	
	Zwaardzaag	200	
	Kettingzaag met U-profiel	300	
	Zwaardzaag met hoge zaagdiepte	400	
Verzagen in de hoogte	Lintzaag met doorvoerder	550	

Tabel 4: Verzagingsmethodes (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 11 december 2024; Pinska Woodmill; G. Polfliet, persoonlijke communicatie 11 november 2024; Swedish Forest Industries Federation, 2024; M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024)

### Stadsatelier de Ville – Verzagen in de breedte

Om de spanten uit de Kortrijkse dakconstructie toe te passen in de meerlaagse kolommen van het project *Stadsatelier de Ville*, moesten de originele balken verzaagd worden. *Sonian Wood*, een circulaire Brusselse coöperatie, zorgde voor een nauwkeurige verzaging van de balken met een kettingzaag, onder begeleiding van aannemer/ opdrachtgever *Democo*.



Figuur 94: Nauwkeurig verzaagen in de breedte met een kettingzaag

Met behulp van een vorkheftruck worden de balken vanuit de opslag op een stalen frame gelegd. Deze opstelling is zichtbaar op figuur 94. Daarna wordt met behulp van een winkelhaak en meetlat aangeduid waar de zaagsnede moet komen. Eventueel worden storende elementen, zoals metalen banen of grote stukken gordingen, eerst verwijderd, zodat het zaagproces niet wordt verstoord. Er wordt ook steeds nagekeken of er zich geen spijkers of andere kleinere elementen in de baan van de zaagsnede bevinden, aangezien dit voor beschadiging van de zaagketting kan zorgen. De balken werden in twee of drie stukken verzaagd met de kettingzaag, afhankelijk van het lot waaruit ze afkomstig zijn. Ten slotte werden de uiteinden van de balken met een spuitbus genummerd om zo het overzicht over de volledige stock te behouden. Twee tot drie werkdagen werden ingerekend om de 113 balken te verzaagen (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).

Om een vlakke esthetiek te krijgen die soortgelijk is aan een nieuwe balk, kan men de balk schaven. Tijdens dit proces wordt in de lengterichting een kleine hoeveelheid materiaal weggenomen door een roterende cilinder (Houtwereld, z.d.). Hierdoor wordt de balk gladder en maatvaster. Het schaven van hout gebeurt doorgaans ook bij een externe, gespecialiseerde firma, die over de nodige apparatuur beschikt. Het is steeds belangrijk dat al het metaal uit de balk wordt gehaald, vooraleer deze door de schaafmachine gaat (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024). Daarnaast is het ook tijdrovend om de balken steeds manueel in de machine te tillen, waardoor glulambalken in praktijk weinig worden geschaafd (S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).

### 2.4.3 Afwerkingslagen

In de materialenbank kan worden geopteerd om het oppervlak van de balk verder te behandelen. Voorbeelden van mogelijke afwerkingslagen zijn vernis, was, olie, beits of verf (Reuse Toolkit, 2021a). Het is echter vaak onnodig om een afwerkingslaag te voorzien vanuit een technisch standpunt. De balk krijg namelijk bij productie al een vernislaag die bescherming biedt (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024). Wanneer een laag wel wordt aangebracht, is dit vaak om esthetische redenen, bijvoorbeeld voor het bleken van de balken. Hiervoor kan onder andere lijnolie met wit pigment gebruikt worden, wat zorgt voor een blekend effect (W. Thys, persoonlijke communicatie, 28 maart 2025). Op figuur 95 wordt weergegeven hoe deze laag wordt aangebracht.



Figuur 95: Manueel aanbrengen van lijnolie op een balk (casus 2.2) (W. Thys, 2024)

Het aanbrengen van een afwerkingslaag gebeurt manueel en kan daardoor de kostenefficiëntie in het gedrang brengen door de benodigde extra arbeid (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024). Om een afwerkingslaag aan te brengen is een halve minuut (als er voldoende plaats is om de balken uit te stallen) tot 3 minuten (bij in situ behandeling na installatie) per vierkante meter nodig (D. Vandendriesche, persoonlijke communicatie, 4 november 2024; C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025).

Voor het aanbrengen van de nieuwe laag, is het vaak ook nodig om eerst een eerdere laag af te schuren, om zo een betere hechting te verkrijgen. Aangezien balken machinaal vernist zijn na het originele productieproces, kan het veel arbeid en tijd kosten om deze laag te verwijderen (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024; G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

### Jeugdsite Eernegem – Luchtgommen en brandwerend schilderen

In de loods te Eernegem hadden de spanten reeds een donkere kleur gekregen door veroudering en UV-straling. Om deze een lichter uiterlijk te geven terwijl ze ter plaatse bleven, werd gekozen voor luchtgommen (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024). Bij deze techniek kan een houten oppervlak door middel van een abrasief onder druk worden gereinigd. Het proces is gelijkend op dat van zandstralen, maar de operatie gebeurt met een lagere druk (Bobex.be, n.d). Met behulp van een straalpistool en een drukketel, kon het spantoppervlak worden gereinigd (D. Vandendriesche, persoonlijke communicatie, 4 november 2024).

Hoewel glulambalken reeds een goede brandwerendheid bezitten wegens hun overdimensionering en vorming van een isolerende koolstoflaag, adviseerde de brandweer om de structuur brandveiliger te maken. (Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013; M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024). Alle hoofdliggers, kniksteunen en trekkers moesten worden behandeld met transparante brandwerende verf, om brandweerstand R30 te bereiken (M. Vandaele, persoonlijke communicatie, 18 november 2024; T. Willem, persoonlijke communicatie, 6 november 2024).

Het luchtgommen van de zes spanten nam drie dagen in beslag. Het brandwerend behandelen duurde twee dagen. De bewerkingen konden onder ideale binnenomstandigheden plaatsvinden, maar moesten worden uitgevoerd van op een hoogtewerker, zoals zichtbaar op figuur 96 (D. Vandendriesche, persoonlijke communicatie, 4 november 2024).



Figuur 96: Luchtgommen van spanten (M. Vandaele, 2024)

Samenvattend kunnen de mogelijke bewerkingen worden onderverdeeld op basis van volgende categorieën: basisbewerkingen, geavanceerde bewerkingen, oppervlaktebewerkingen en afwerkingslagen.

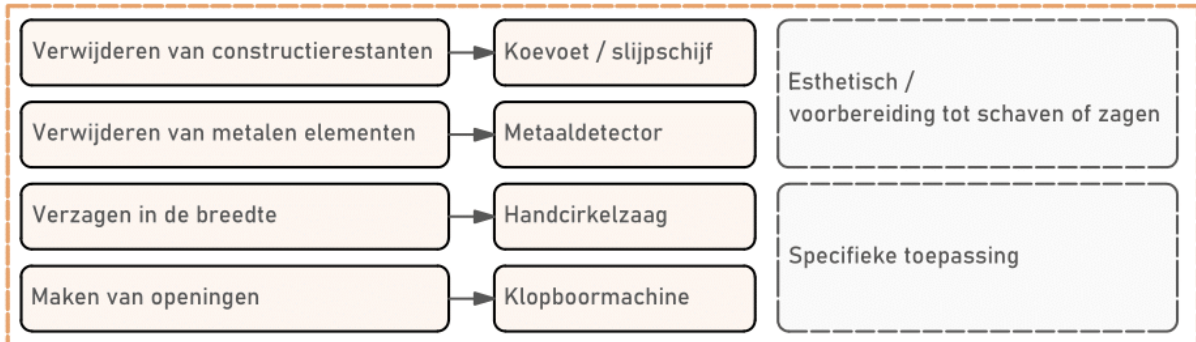
Basisbewerkingen omvatten noodzakelijke handelingen die het hergebruik in een nieuw project technisch mogelijk maken. Deze handelingen zullen in bijna alle hergebruikprocessen moeten worden uitgevoerd om een constructie-element bruikbaar te maken en te installeren.

Het uitvoeren van oppervlaktebewerkingen, zal daarentegen eerder volgen uit een nagestreefde esthetiek voor de toepassing in het nieuwe project. Er wordt hierbij afgewogen in hoeverre de extra arbeidskosten opwegen tegenover een gewenst eindresultaat. Daarnaast kan dit type bewerkingen ook noodzakelijk zijn voor een goede hechting van latere afwerkingslagen.

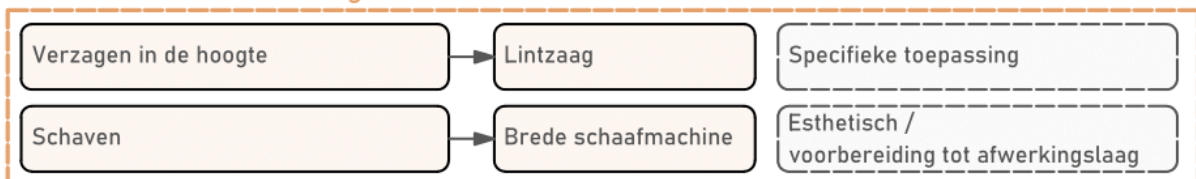
Het aanbrengen van een eventuele afwerkingslaag volgt ook uit projectspecifieke afwegingen. De afwerkingslaag kan dienen als beschermingslaag en is soms vereist voor brandveiligheid of passivering tegen weersomstandigheden. Tegelijk wijzigt deze ook opnieuw de esthetiek van de balken en kan deze louter met het oog hierop worden toegepast.

Voor de geavanceerde bewerkingen zal men meestal op zoek gaan naar een gespecialiseerde externe houtbewerker. De andere bewerkingen kunnen bij een materialenbank, een aannemer of zelfs in situ gebeuren.

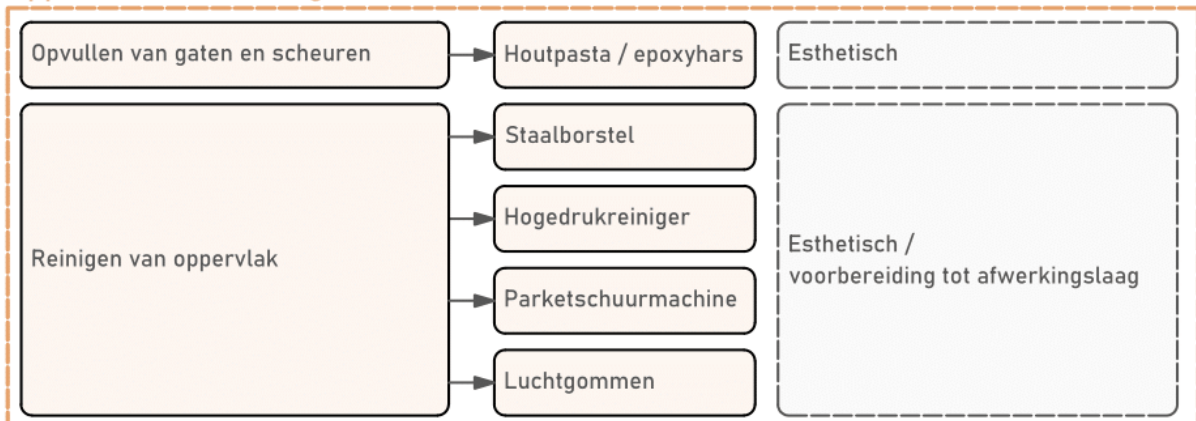
### Basisbewerkingen



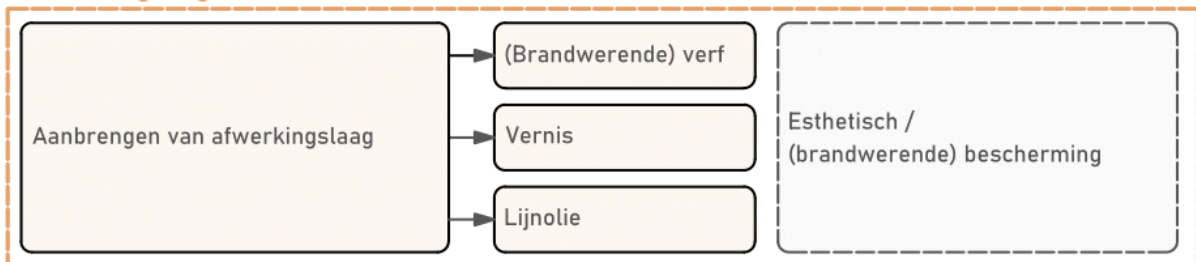
### Geavanceerde bewerkingen



### Oppervlaktebewerkingen



### Afwerkingslagen



Figuur 97: Overzicht van mogelijke bewerkingen

## 2.5 Testprocedures

De omgang met structurele onzekerheid vormt één van de belangrijkste uitdagingen bij het hergebruik van structurele elementen. Enkele methodes zijn ontwikkeld om hier een antwoord op te bieden.

Er bestaan directe beoordelingen, indirecte beoordelingen en testprocedures. Testprocedures vinden plaats bij specifieke instanties zoals *wood.be* of *Buildwise* (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024). Voor kleinere projecten is testen meestal niet rendabel, aangezien de transportkosten snel kunnen oplopen voor grote elementen (N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024). Er bestaan immers maar een beperkt aantal instellingen in België die de testen kunnen uitvoeren (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024).

Wanneer testen niet noodzakelijk of rendabel is, zal vaak worden overgegaan tot **directe beoordeling**. Met een visuele inspectie worden mechanische verbindingen, scheuren, delaminaties, insecten- of schimmelschade, verkleuring door vocht en de integriteit van de beschermlagen geëvalueerd (FCRBE Projet Interreg North-West Europe, 2023; M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).

Voor massiefhout bestaat er reeds een norm (NBN B 16-520:2009) die toelaat om hout visueel op sterkte te sorteren. Deze low-tech, eenvoudige norm zou bij uitbreiding kunnen toegepast worden op hergebruikt glulamhout, mits enkele aanpassingen. Zo zouden enkele karakteristieken moeten toegevoegd worden die typisch zijn voor teruggewonnen hout, zoals invloed van valbreuken of schade. Daarnaast is bij glulam niet alleen de veroudering van hout belangrijk, maar ook van de lijm. Ten slotte is de norm nu voornamelijk gericht op het classificeren van grote loten, en minder op individuele elementen (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024).

Eventueel kan een diepgaander onderzoek worden aangevat door een **indirecte beoordeling** uit te voeren. Aan de hand van eventuele productiegegevens van de balken, kan worden onderzocht of er sprake is van een homogene of gecombineerde balk, en kan de sterkteklasse worden achterhaald (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024; FCRBE Projet Interreg North-West Europe, 2023). Vaak is echter weinig documentatie beschikbaar omtrent de balken wanneer deze ontmanteld worden. Het bepalen van de houtsoort, de afstand tussen de jaarringen, en de hoeveelheid kernhout zullen dan bepalend zijn voor de sterkteklasse op rechstreekse wijze (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024). Daarnaast is het mogelijk om met tools zoals een resistograaf, een schroevendraaier, of een rubberen hamer informatie te achterhalen. Met de eerste wordt de sterkte, dichtheid of hardheid gemeten. Met een schroevendraaier kan men een afschilfering veroorzaken en beoordelen, en met een rubberen hamer kan men holle plekken opsporen. Met bijkomende laboratoriumtests is het ook mogelijk om de dichtheid te bepalen. Zo kan er op gefundeerde wijze een sterkteklasse vastgelegd worden, waar wel nog steeds met de nodige voorzichtigheid mee moet worden omgesprongen (Reuse Toolkit, 2021a).

### Stadsatelier de Ville – *directe en indirecte beoordeling*

Nadat de balken voor Stadsatelier de Ville werden opgeslagen bij *Shipit* in Brussel, werd een visuele inspectie uitgevoerd. Dit gebeurde tijdens de eerder beschreven zaagoperaties. Elke balk werd voor het zagen afzonderlijk uitgesteld, waardoor een goede directe beoordeling mogelijk was. Alle balken werden beoordeeld op basis van de criteria uit de norm EN 14080 over glulam. Enkele balken vertoonden scheurvorming of loszittende lamellen, vermoedelijk als gevolg van de sloopwerkzaamheden. Negen balken werden hierna afgekeurd, de rest is weerhouden (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).

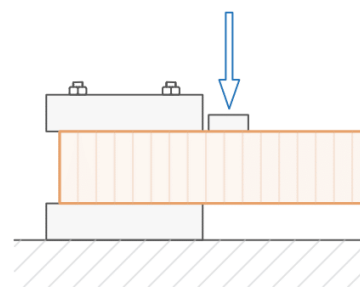
Bij het verzagen van de balken werd de doorsnede van de balken duidelijk zichtbaar (zie figuur 98), wat een indirecte beoordeling mogelijk maakte. De doorsnede van het hout wees op dichte jaarringen, en dus hoogwaardige houtkwaliteit. Daarbij bestond elke lamel uit volledig kernhout van de houtsoort *Epicea*. Nadat de balken in een later stadium opgeschoond zijn, zal een tweede visuele inspectie gebeuren. Zo kunnen onbruikbare stukken of balken verder worden uitgesorteerd (M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 16 december 2024).



Figuur 98: Zichtbare jaarringen in de lamellen van een balk na verzaging

Om technische goedkeuring binnen een project te verkrijgen, kan het nodig zijn de balken te testen in een testcentrum. Ook als handelaars een materiaalpaspoort of CE-markering wensen te verkrijgen, is dit noodzakelijk (W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).

Een eerste testmethode staat beschreven in de norm NEN EN 14080 (2013). Door middel van **schuifproeven** op kleine glulamstalen kan de sterkte van de lijmlaag worden geanalyseerd. De stalen worden voorafgaand zeven dagen geconditioneerd in referentieklimaatomstandigheden, waarna er vier dagen verouderingsbehandelingen volgen in water, om tenslotte zeven dagen te herconditioneren. Daarna volgen er drukproeven, waarbij de lijmvlakken worden gespleten zoals op figuur 99. Op basis van het percentage houtbreuk, de breuklocatie en de reststerkte van de verlijming kan men een idee krijgen van de toleranties voor delaminatie onder cyclische vochtbelasting (Ma et al., 2025; NBN, 2013; M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024).



Figuur 99: Schematische weergave van een schuifproef



Figuur 100: Afgezaagde glulamstalen voor delaminatietests binnen het project voor Stadsatelier De Ville (casus 2.3)



Figuur 101: Glulamstaal na delaminatietest (casus 2.3) (Buildwise, 2025)

Een andere methode onderwerpt een aantal balken aan **vierpuntsbuigproeven**, volgens norm NBN EN 408. Op een volledige glulambalk, of een teststuk met een lengte van minimum 19 keer de dikte, wordt een zwartwit patroon geschilderd. Daarna wordt een constante kracht opgelegd en wordt met behulp van infraroodcamera's de doorbuiging van elk punt bepaald. Zo kan de werkelijke elasticiteitsmodulus worden bepaald, die kan worden vergeleken met de vereiste elasticiteitsmodulus. (CEN/TC 124, 2012; T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024). In principe is deze test niet destructief, maar het kan interessant zijn om de balk tot falen te testen zodat ook de reële buigsterkte kan worden bepaald. Indien men volledige balken wenst te testen, moet steeds gepast transport worden voorzien om deze te vervoeren naar een testcentrum (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).



Figuur 102: Schematische weergave van een vierpuntsbuigproef

Het testen van balken kan een effectief middel zijn om hergebruik van structuren mogelijk te maken. De huidige standaarden zijn immers niet uitgerust om de eigenschappen van hergebruikte balken te beoordelen, wat aannemers terughoudend maakt om dergelijke materialen toe te passen in bouwprojecten. Indien balken niet gekeurd zijn door de *Eurocode*, kan een verzekeringsmaatschappij de mogelijke schade niet dekken. Bij grotere projecten zal noch de architect, noch de aannemer bereid zijn dit risico op zich te nemen (W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).

Indien men balken test, kan men instanties zoals *wood.be*, kenniscentrum voor de houtindustrie, of controlebureau *SECO* wel overtuigen van de eigenschappen. Nadat een aantal elementen destructief worden getest, is *wood.be* bereid om de opmaak van materiaalpaspoorten voor hergebruikte materialen aan te bieden. Op basis van de testresultaten wordt er een bestaande norm gezocht die qua eigenschappen vergelijkbaar is. Het uiteindelijke materiaalpaspoort moet hergebruikmaterialen op gelijke voet brengen met nieuwe materialen (W. Verstappen, persoonlijke communicatie, 7 november 2024).

Controlebureaus zoals *SECO* bieden ook attesten aan, die aantonen dat hergebruik kwalitatief is verlopen. Wanneer de vooropgestelde procedure wordt gevolgd, die ook het destructief testen van een aantal elementen bevat, kan het controlebureau extra zekerheid bieden, en kan het risico worden genormaliseerd (R. Allaer & T. Bourgois, persoonlijke communicatie, 5 december 2024).

Het laten uitvoeren van tests en inhuren van controlebureaus vormen een belangrijke meerkost in een project (tot 5000 euro voor enkele destructieve tests). Dit is haalbaar en biedt een grote zekerheid voor grootschalige (overheids)projecten, maar biedt geen oplossing voor kleinschaligere projecten. Voor deze zou een uitgewerkte visuele norm voor een directe controle van hergebruikte glulam een zekerheid bieden voor afnemers en handelaars. Er wordt vandaag onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van een dergelijke norm (S. Verhaert, persoonlijke communicatie, 28 november 2024).

#### **Recypark – van directe beoordeling tot testprocedures**

Om het pioniersproject Recypark te doen slagen, werd gaandeweg een hergebruikprotocol opgemaakt, dat naast de verdeling van verantwoordelijkheden, en de nodige stappen, ook de omgang met structurele onzekerheid behandelt.

Allereerst werd de structuur direct beoordeeld, op basis van zichtbare beschadigingen. Hieruit bleek meteen dat 5 van de 26 elementen niet recupereerbaar waren, en 2 elementen slechts mits lokale reparaties. Vervolgens werd bij de indirecte beoordeling meer informatie verzameld over de structuur, zoals informatie over onderhoud, eventuele herstellingen en schade.

Daarna werd een reeks tests uitgevoerd: zes vierpuntsbuigproeven, zeven schuifsterktetests, tests voor bepaling van houtsoort en houtdichtheid, verouderingstests en infraroodspectroscopie om de lijm te analyseren.

De uiteindelijke resultaten zorgden ervoor dat het ontwerp tijdens de bouwphase nog moest aangepast worden. Om extra zekerheid in te bouwen, en omdat het moeilijk bleek om de testresultaten van enkele balken te extrapoleren naar de hele inventaris, werden enkele maatregelen genomen. Zo werden de elementen ontdebeld, werd de positie van de windverbanden aangepast om de structuur minder te belasten, en werd met de laagste sterkteklasse gerekend (Y. Gueguen, persoonlijke communicatie, 19 december 2022; F. Bertrand, persoonlijke communicatie, 31 maart 2025).

## 2.6 Nieuwe toepassing

Nadat de nodige bewerkingen en eventuele testprocedures zijn uitgevoerd, kunnen de balken worden getransporteerd naar de werf. Na het lossen op de werf, zullen glulambalken hier eerst opgeslagen worden. Het is meestal namelijk niet mogelijk om het spant meteen in de nieuwe positie te brengen, aangezien de werfcondities en toegankelijkheid op voorhand niet altijd gekend zijn door degene die de balken aanlevert. Vervolgens worden de spanten op de werf eventueel nog nauwkeurig verzaagd tot hun finale lengte. Daarna volgt de effectieve installatie (G. Polfliet, persoonlijke communicatie, 11 november 2024).

Deze installatie is gelijkaardig aan die voor nieuwe balken. Gedurende de constructie moeten de verschillende belastingen die optreden, bijvoorbeeld windlasten, steeds in de gaten worden gehouden. Het voorzien van een tijdelijke bracing kan kromtrekken van de elementen vermijden. (Swedish Forest Industries Federation, 2024b).



Figuur 103: Installatie van hergebruikte spanten voor het Recypark in Anderlecht (casus 2.1) (*Bruxelles Propreté – Net Brussel*)

Hergebruikte balken zullen, voor eenzelfde toepassing, vaak groter gedimensioneerd zijn dan nieuwe balken. Dit is een gevolg van de eerder genoemde onzekerheid omtrent de mechanische eigenschappen. Vaak gaan ingenieurs immers uit van de laagste sterkteklasse van de afgelopen twintig jaar, veelal GL20 (T. Engelborghs, persoonlijke communicatie, 20 november 2024; N. Meersschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; M. Vandermaesen, persoonlijke communicatie, 4 december 2024; E. Vandewalle, persoonlijke communicatie, 31 oktober 2024; T. Willem, persoonlijke communicatie, 6 november 2024).

### **Woning Dirk en Sally – Overgedimensioneerde balken binnen particuliere woning**

In dit particulier project werden balken toegepast met grotere dimensies dan de conventionele doorsnedematen voor woningbouw. De ingenieur rekende de beschikbare dimensie van de hergebruikbalken na, door de balken te vergelijken met technische fiches, en rekening te houden met de laagste glulamklasse. Dit resulteerde in een aanname van ongeveer 85% van de originele sterkte. Zo werd een extra veiligheid ingebouwd. Deze werkwijze zorgde ervoor dat de gerecupereerde balken an sich konden worden gebruikt, zonder deze te moeten verzagen op de juiste diepte. Zo dienden de balken op de werf zelf alleen nog maar op de juiste lengte te worden verzaagd, en kon de houtskeletbouw op een vlotte manier worden opgebouwd (FCRBE Projet Interreg North-West Europe, 2023; N. Meerschaut, persoonlijke communicatie, 26 november 2024; Poncelet & Engelborghs, 2023).



Figuur 104: Werffoto tijdens de opbouw met glulambalken (N. Meerschaut, 2025)

# Deel 4: Levenscyclus- analyse

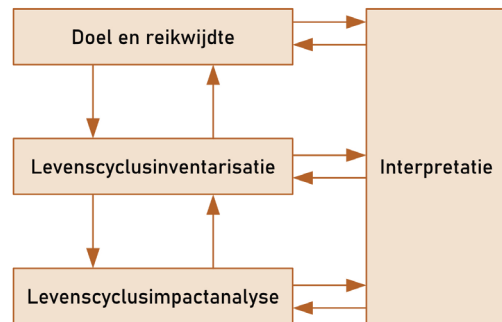
Met een levenscyclusanalyse, of LCA, wordt in volgend hoofdstuk de milieu-impact bepaald die ontstaat door het hergebruiken van een glulambalk. Deze milieu-impact komt voort uit de verschillende terugwinningsprocessen, transporten en andere operaties die nodig zijn om een hergebruik te faciliteren. Verschillende scenario's, gelinkt aan de casussen, zullen hiertoe worden afgewogen. Finaal zal telkens een vergelijking volgen met een nieuw geproduceerde glulambalk, om zo het milieu-voordeel van (verschillende vormen van) hergebruik te begroten.

# Inhoudstafel levenscyclusanalyse

<b>1</b>	<b>Achtergrond levenscyclusanalyse .....</b>	<b>119</b>
1.1	Doel en reikwijdte .....	119
1.2	Levenscyclusinventarisatie (LCI) .....	123
1.3	Levenscyclusimpactanalyse (LCIA) .....	124
1.4	Interpretatie .....	126
<b>2</b>	<b>Methodologie analyse.....</b>	<b>127</b>
2.1	Referentiebalken .....	127
2.2	Hergebruikscenario's .....	130
2.3	Terugwinningsprocessen en aannames .....	132
2.4	Nieuw productieproces en aannames .....	135
2.5	Aannames A5-C4 .....	136
2.6	Deelanalyses .....	139
<b>3</b>	<b>Resultaten.....</b>	<b>145</b>
3.1	Terugwinningsprocessen: A1-3 .....	145
3.2	Terugwinning en installatie: A1-5 .....	160
3.3	Einde-levensfase: C1-4 .....	168
3.4	Hergebruikcyclus: C1 <sub>L1</sub> -A5 <sub>L2</sub> .....	176
3.5	Volledige levenscyclus: A1-C4 .....	178
<b>4</b>	<b>Sensitiviteitsanalyse.....</b>	<b>181</b>
4.1	Lengte (omvang).....	181
4.2	Densiteit.....	189
4.3	Impact van een nieuwe balk .....	192
4.4	Transportafstand .....	198
4.5	Levensduur van bewerkingen en structuur .....	201
4.6	Materiaalverlies .....	205
4.7	Conservatieve structurele maatregelen .....	210
<b>5</b>	<b>Biogene koolstofopslag .....</b>	<b>214</b>
5.1	Methodologie .....	214
5.2	Resultaten .....	216

# 1 Achtergrond levenscyclusanalyse

Een levenscyclusanalyse (LCA) biedt een mogelijkheid om de totale milieu-impact van een product, materiaal, element of gebouw over de gehele levenscyclus in kaart te brengen (OVAM et al., 2023). Binnen dit onderzoek worden de levenscyclusanalyses uitgevoerd met behulp van de software SimaPro en wordt de EN 15804 + A2 methode toegepast. De methodologie voor het uitvoeren van een LCA bestaat uit 4 fases in volgende volgorde: doel en reikwijdte bepalen, levenscyclusinventarisatie (LCI), levenscyclus-impactanalyse (LCIA) en interpretatie (Hauschild et al., 2018).



Figuur 105: Schematische weergave van de vier fases binnen een levenscyclusanalyse

## 1.1 Doel en reikwijdte

Eerst moet het doel van de levenscyclusanalyse worden vastgelegd, aangezien deze het gehele LCA-proces zal vormgeven. De doelstelling van de studie zal latere beslissingen beïnvloeden, die steeds in overeenstemming worden gebracht met dit doel (Mudersbach et al., 2023).

Dit onderzoek heeft als eerste doel om aan de hand van een LCA de milieu-impact bij hergebruik van gelijmd gelamelleerde balken te vergelijken met de impact van nieuwe balken, over de volledige levenscyclus. Door deze vergelijking kan het potentiële impactvoordeel van het hergebruik van elementen worden gekwantificeerd. Een tweede doel is om op basis van de verschillende geïnventariseerde hergebruikprocessen, de impact van de individuele stappen binnen het proces af te wegen.

Daarnaast moet ook de reikwijdte van het onderzoek vastgelegd worden, aangezien dit de parameters zal vastleggen waarmee de analyse wordt gevoerd. Net als de doelbepaling, zal de reikwijdtebepaling als richtlijn dienen voor de volgende fases van de LCA. Door het bepalen van een reikwijdte is er een consistentie in de onderzoeksmethode en data, wat er mee voor zorgt dat de studie ook reproduceerbaar is in de toekomst. Een reikwijdtebepaling bevat steeds informatie over volgende aspecten: systeemgrenzen, de functionele eenheid en de representativiteit van de data (Mudersbach et al., 2023). Daarnaast kan binnen de reikwijdtebepaling ook de aangenomen levensduur worden opgenomen (OVAM et al., 2023).

### 1.1.1 Functionele eenheid

Om een eerlijke en relevante kwantitatieve vergelijking te maken van verschillende systemen die eenzelfde functie kunnen vervullen, moet een functionele eenheid worden gedefinieerd die dit toelaat. De functionele eenheid moet de kwalitatieve aspecten en de kwantitatieve aspecten van een functie definiëren. Het gaat hierbij dus niet louter om een fysieke kwantiteit, zoals bv. '1 m<sup>2</sup>', maar wel om een bepaalde kwantiteit van een

materiaal met een bepaalde vastgelegde functie, bv. 'complete bedekking van 1m<sup>2</sup> buitenmuur in een uniform kleur' (Hauschild et al., 2018).

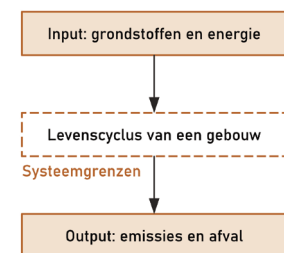
Alle verzamelde data zal worden uitgedrukt in een vooropgestelde functionele eenheid. In eerste instantie wordt in de LCA een enkele 'gelijmd gelamelleerde balk' als functionele eenheid beschouwd, aangezien dit op een rechtstreekse manier te relateren is aan de verzamelde gegevens. Hiertoe worden referentiebalken opgesteld die eenzelfde afmeting hebben. In een eerste analyse worden twee balken gehanteerd als functionele eenheid: een grootschalige en kleinschaligere balk, beiden geproduceerd/hergebruikt voor een structurele toepassing.

Aangezien de schaal van het element een grote invloed zal hebben op de bijhorende impact, zal in een volgende stap '1 m<sup>3</sup> glulam van een structurele balk' worden beschouwd als eenheid. Dit laat een vergelijking toe tussen verschillende types balken. De functionele eenheden worden zowel gehanteerd voor nieuwe balken, als balken die hergebruikt worden.

### 1.1.2 Systeemgrenzen en allocatiemethode

De systeemgrenzen geven de limieten weer waarbinnen een systeem zich afbakt van de omliggende economie en het milieu. Dit bepaalt op basis van welke processen potentiële milieupacten worden berekend binnen de LCA (Mudersbach et al., 2023).

De levenscyclus van gebouwen bevat verschillende vaste stadia, ofwel modules, met duidelijk gedefinieerde grenzen. De impacten die liggen binnen deze modules, vallen binnen de systeemgrenzen en worden meegenomen in het onderzoek. De manier waarop milieubaten en -lasten worden verdeeld tussen productsystemen wordt vastgelegd in de allocatiemethode. Het uitgangspunt is dat impacten worden toegewezen aan de module waarin ze optreden (De Valk & Quik, 2017; OVAM et al., 2023).



Figuur 106: Systeemgrenzen van een LCA

De modules zijn opgedeeld volgens logische opeenvolgende fases binnen het leven van een gebouw. **Module A** bevat de productiefase en constructiefase. De productiefase A1-3 bevat de winning en het transport van grondstoffen, alsook de productie van het materiaal (OVAM et al., 2023). Binnen het onderzoek van nieuwe materialen wordt aan de volledige productiefase één impact gealloceerd, aangezien op deze manier een geïnventariseerd Ecoinvent proces kan worden gebruikt (zie 2.4.1). Bij hergebruik zal de winning van de grondstoffen (A1) worden uitgespaard. Aan de transportfase A2 zal de impact van het transport van de afbraakwerf naar de materialenbank, waar verdere verwerking gebeurt, worden gealloceerd. De impact van de terugwinningsprocessen worden gealloceerd aan de productiefase A3 (zie 2.3).

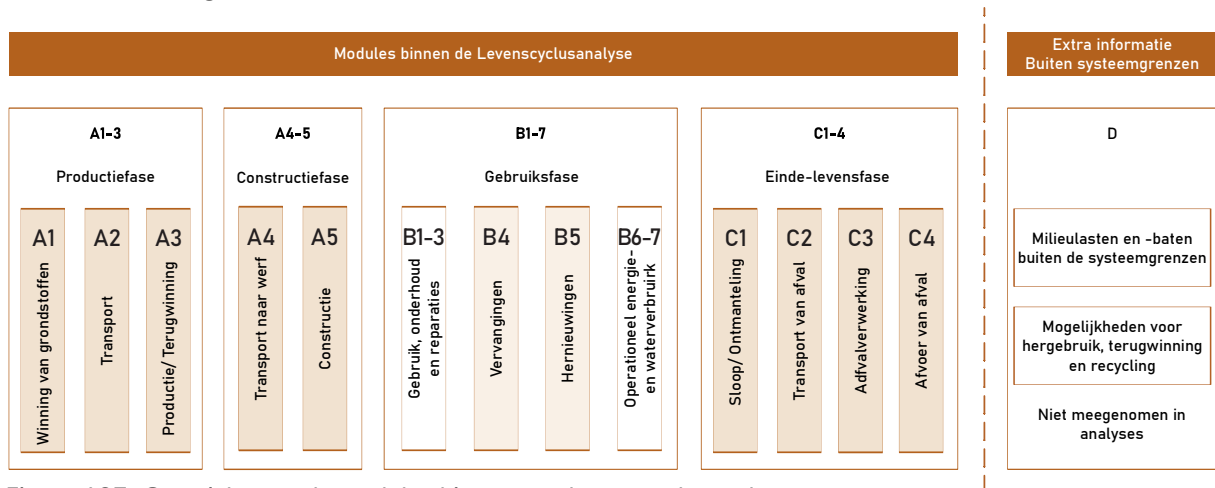
De constructiefase A4-5 bevat het transport van de bouwmaterialen naar de werf, alsook de effectieve installatie van de materialen op de werf (OVAM et al., 2023). Zowel het transport (A4) als de materiaalverliezen tijdens constructie (A5) worden aangenomen afhankelijk te zijn van de productgroep (zie 2.4.2 en 2.5.1). Voor hergebruik worden

andere transportafstanden aangenomen (zie 2.3.2), maar blijft de aanname voor materiaalverlies gelijk aan een nieuw materiaal.

**Module B** omvat de gebruiksfase B1-7, die gebruik, onderhoud, reparaties, vervangingen, hernieuwing, operationeel energieverbruik en operationeel watergebruik bevat (OVAM et al., 2023). Aangezien dit onderzoek doelt op het vergelijken van structurele elementen met een levensduur die even lang is aangenomen als het gebouw waarin ze zich bevinden, wordt de gebruiksfase B niet opgenomen. Enkel vervangingsfase B4 en hernieuwingsfase B5 kunnen worden opgenomen indien bepaalde afwerkingsmaterialen of de glulambalken zelf vernieuwd moeten worden. Dit wordt later in deze studie afgetoetst in een sensitiviteitsanalyse (zie 4.5).

**Module C**, oftewel de einde-levensfase, is de laatste module binnen de systeemgrenzen en bevat de sloop van het materiaal, transport van afval naar het afvalverwerkingspunt, afvalverwerking en finale afvoer van afval. Aannames voor fases C1-4 zijn bij een destructieve sloop afhankelijk van de afvalcategorie waarin een materiaal zich bevindt. De aannames volgen de TOTEM-methodologie voor de Belgische context (zie 2.5.2) (OVAM et al., 2023). Wanneer een materiaal aan het einde van de levenscyclus wordt ontmanteld met het oog op hergebruik, zal deze impact worden gealloceerd aan de sloopfase C1.

**Module D** kwantificeert de milieulasten en -baten buiten de systeemgrenzen en geeft daarnaast de mogelijkheden weer voor hergebruik, terugwinning en recycling. De norm EN 15804 + A2 geeft een berekeningsmethode mee, die echter op verschillende manieren te interpreteren valt (OVAM et al., 2023). Deze module wordt niet meegenomen in dit onderzoek aangezien het buiten het doel van de LCA valt.



Figuur 107: Overzicht van de modules binnen een levenscyclusanalyse

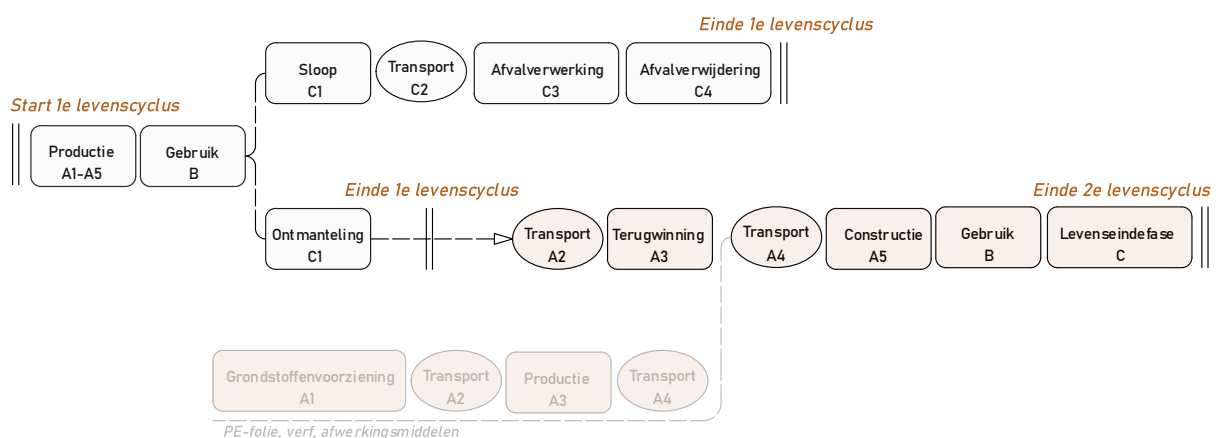
Bij hergebruik moeten de milieu-impacten gealloceerd worden over twee of meerdere levenscycli. In de norm EN 15804 + A2 wordt gesteld dat de grens tussen twee levenscycli het punt is waar het, door de eerste cyclus geproduceerde, afval zijn afvalstatus verliest. Op dit punt verlaat het mogelijks recupereerbare materiaal de levenscyclus om te worden gebruikt in de volgende levenscyclus. Het materiaal krijgt dan de 'einde-afvalstatus', vanaf waar de impacten voor verdere verwerking worden gealloceerd aan een tweede cyclus. Hergebruikmaterialen dragen zo dus enkel de impact van de hergebruikprocessen na de einde-afvalstatus in een vorige cyclus (Dougnet & Wagner, 2021).

De allocatie volgens EN15804 + A2, wordt ook de cut-off-allocatiemethode, ofwel de 100:0 aanpak, genoemd. Alle impacten worden toegekend aan de eerste levenscyclusfase, en productie met toekomstig hergebruik in gedachten levert geen positieve impactvermindering op (Gobbo et al., 2021).

Over meerdere levenscycli heen is het ook mogelijk om de impact van productie en eindelevensfase op andere manier te alloceren:

- Binnen de '0:100' aanpak zal de impact volledig aan de tweede levenscyclus worden gealloceerd.
- De '50:50', of gedeelde last-aanpak verdeelt de impact van de eindelevensfase over beide cycli (Gobbo et al., 2021).

Binnen deze masterproef wordt de cut-off, of '100:0' aanpak gehanteerd, in navolging van EN15804 + A2.



Figuur 108: Opeenvolging van levenscycli binnen het (hergebruik)proces

### 1.1.3 Levensduur

Aangezien voor dit onderzoek wordt gewerkt met structurele elementen, wordt een standaard levensduur van 60 jaar aangenomen, in navolging van EN15804 + A2. Ook voor het gebouw wordt een levensduur van 60 jaar aangenomen, dit betekent dat de structurele elementen binnen het gebouw een langere levensduur kennen. (OVAM et al., 2023). Specifiek voor hergebruik vormt de levensduur een aandachtspunt, aangezien hier veel onzekerheid rond bestaat. De levensduur, in relatie tot de levensduur van een nieuw product, kan hier worden vastgelegd op basis van enkele vragen (Dougnet & Wagner, 2021):

- Beantwoordt het hergebruikproduct aan dezelfde productnormen en vereisten van een nieuw product en kan het de veiligheid van gebruikers van het gebouw garanderen? Indien dit het geval is, kan mogelijks dezelfde levensduur worden aangenomen als bij een nieuw materiaal.
- Zijn er tests om te bepalen welke levensduur kan worden gerechtvaardigd?
- Als het hergebruikproduct een verschillend gebruiksdoel kent dan de vorige toepassing, wat zijn de vereisten voor dit gebruik?

Voor de hergebruikte gelijmd gelamelleerde structurele elementen binnen dit onderzoek, wordt een levensduur gelijk aan die voor een nieuwe structuur aangenomen (60 jaar). In de sensitiviteitsanalyse (4.5) wordt de levensduur wel gevarieerd om de invloed hiervan af te wegen.

#### 1.1.4 Representativiteit van LCI data

De data die wordt verzameld om de LCA mee op te stellen, zou de werkelijkheid zo goed mogelijk moeten benaderen. Dit betekent dat de gebruikte eenheidsprocessen en de bijbehorende flow binnen de LCI (levenscyclusinventarisatie)-fase representatief moeten zijn voor het proces dat in werkelijkheid gebeurt binnen de geanalyseerde levenscyclus. Belangrijk hierbinnen is dat de processen relevant zijn voor de geografische en tijdsgerelateerde context. Ook moet rekening gehouden worden met de technische representativiteit, om zo het correcte proces op te nemen in de LCI (Hauschild et al., 2018).

De geografische reikwijdte van dit onderzoek beperkt zich tot de hergebruikpraktijk in Vlaanderen en Brussel. In de tijd strekt het onderzoek zich uit tot projecten en praktijken van de afgelopen 10 jaar. Om representatieve LCI data te verkrijgen, werd zoveel mogelijk gewerkt met processen die aansluiten bij de geografische ligging van het onderzoeksgebied en die voldoende recent zijn om representatief te zijn voor de technische handeling.

## 1.2 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

Om een LCA op te stellen, dient de nodige data eerst verzameld te worden aan de hand van de levenscyclusinventarisatie (LCI). Binnen de LCI kunnen twee types data worden verzameld: specifieke gegevens en achtergrondgegevens (Goedkoop et al., 2016).

**Specifieke gegevens** moeten verzameld worden binnen het onderzoek om het systeem correct te kunnen modelleren. Het gaat om meer gespecialiseerde of specifieke processen, die niet zomaar in een database te vinden zijn (Goedkoop et al., 2016). Binnen dit onderzoek werden specifieke gegevens verzameld van verschillende handelaars en aannemers om zo relevant mogelijke data te inventariseren voor de specifieke processen die nodig zijn voor hergebruik. Voor relevante hergebruikprocessen werd voor specifieke mechanische handelingen het gebruikte apparaat of machine en de tijdsduur van gebruik vastgelegd, om zo representatieve data te bekomen. Ook bepaalde materialen die fungeren als hulpstoffen in het hergebruikproces werden geregistreerd.

Daarnaast wordt binnen dit onderzoek ook **achtergronddata** gebruikt. Achtergronddata wordt gebruikt om gegevens omtrent de productie van meer generieke materialen, energie, transport en afvalverwerking te inventariseren. Deze data wordt verzameld met behulp van de software SimaPro en uit literatuur. SimaPro laat toe om achtergronddata te verzamelen door toegang te geven tot de *Ecoinvent 3* database, opgesteld door LCI-experts uit verschillende Zwitserse instellingen.

Voor het opstellen van de LCA van nieuw-geproduceerd gelijmd-gelamelleerd hout en het aanvullen van informatie bij de analyse van hergebruikprocessen, worden zo relevant mogelijke systeemprocessen uit de Ecoinvent databank gebruikt en verzameld via

Simapro. Binnen dit onderzoek wordt steeds gewerkt met systeemprocessen aangezien deze voor het doel van het onderzoek voldoende info bieden, zonder nodeloos complex te zijn. Daarnaast levert een recente EPD ook verdere gedetailleerde informatie voor enkele processen. De methodologie met de specifieke geïnventariseerde processen wordt omschreven in hoofdstuk 2. De volledige inventarisatie van processen staat ook weergegeven in bijlage 4.

### 1.3 Levenscyclusimpactanalyse (LCIA)

Met de geïnventariseerde data binnen de LCI, wordt een levenscyclusimpactanalyse (LCIA) uitgevoerd met Simapro. De LCIA zet de geïnventariseerde data om in potentiële milieu-impacten, die gelinkt zijn aan milieu-indicatoren. Welke milieu-indicatoren in rekening gebracht zullen worden, hangt af van de gekozen methode. Hiervoor wordt in dit onderzoek de norm EN 15804+A2 gevolgd, die 19 indicatoren naar voren schuift (Mudersbach et al., 2023; OVAM et al., 2023). Deze indicatoren staan allen weergegeven in tabel 5.

Milieu-impactcategorie	Milieu-impactindicator	Eenheid	Beschrijving
Klimaatverandering	Klimaatverandering – Totaal	kg CO2-eq	Opwarming van de aarde door broeikasgassen in de lucht
	Klimaatverandering - Fossiel	kg CO2-eq	Opwarming van de aarde door fossiele broeikasgassen in de lucht
	Klimaatverandering - Biogeen	kg CO2-eq	Opwarming van de aarde door biobased broeikasgassen in de lucht
	Klimaatverandering - Landgebruik	kg CO2-eq	Opwarming van de aarde door veranderingen in landgebruik
Ozonlaag aantasting	Ozonlaag aantasting	kg CFC11-eq	Vernietiging van de stratosferische ozonlaag door emissies
Verzuring	Verzuring	mol H <sup>+</sup> -eq	Verzuring van de bodem en water door vrijkomen van gassen zoals stikstofoxiden en zwaveloxiden
Vermesting	Vermesting zoetwater	kg P-eq	Verrijking van het zoetwaterecosysteem met voedingselementen door emissie van stikstof- of fosforhoudende verbindingen
	Vermesting zeewater	kg N-eq	Verrijking van het mariene ecosysteem met voedingselementen door uitstoot van stikstofhoudende verbindingen
	Vermesting land	mol N-eq	Verrijking van het terrestrische ecosysteem met voedingselementen door uitstoot van stikstofhoudende verbindingen
Smogvorming	Smogvorming	kg NMVOC-eq	Vorming van fotochemische ozon in de lagere atmosfeer door uitstoot van gassen
Uitputting abiotische grondstoffen	Uitputting van abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	kg Sb-eq	Uitputting van natuurlijke niet-fossiele hulpbronnen
	Uitputting van abiotische grondstoffen – fossiele brandstoffen	MJ, net cal. Val.	Uitputting van natuurlijke fossiele brandstoffen
Watergebruik	Watergebruik	m3 world eq. Deprived	Relatieve hoeveelheid gebruikt water
Fijnstof emissie	Fijnstof emissie	Ziekte-indicatie	Incidentie van ziekten als gevolg van deeltjesemissies
Ioniserende straling	Ioniserende straling	kBq U235-eq	Schade aan menselijke gezondheid en ecosystemen door uitstoot van radionucliden
Ecotoxiciteit - zoetwater	Ecotoxiciteit - zoetwater	CTUe	Invoed van toxische stoffen op zoetwaterorganismen
Humane toxiciteit	Humane toxiciteit - carcinogeen	CTUh	Effect van kankerwekkende toxische stoffen op mensen
	Humane toxiciteit - non-carcinogeen	CTUh	Effect van niet-kankerwekkende toxische stoffen op mensen
Landgebruik gerelateerde impact/bodemkwaliteit	Landgebruik gerelateerde impact/bodemkwaliteit	Dimensieloos	Veranderingen in bodemkwaliteit zoals biotische productie, erosiebestendigheid en mechanische filtratie

Tabel 5: Overzicht van de verschillende milieu-impactcategorieën (Hillege, 2019; OVAM et al., 2023a)

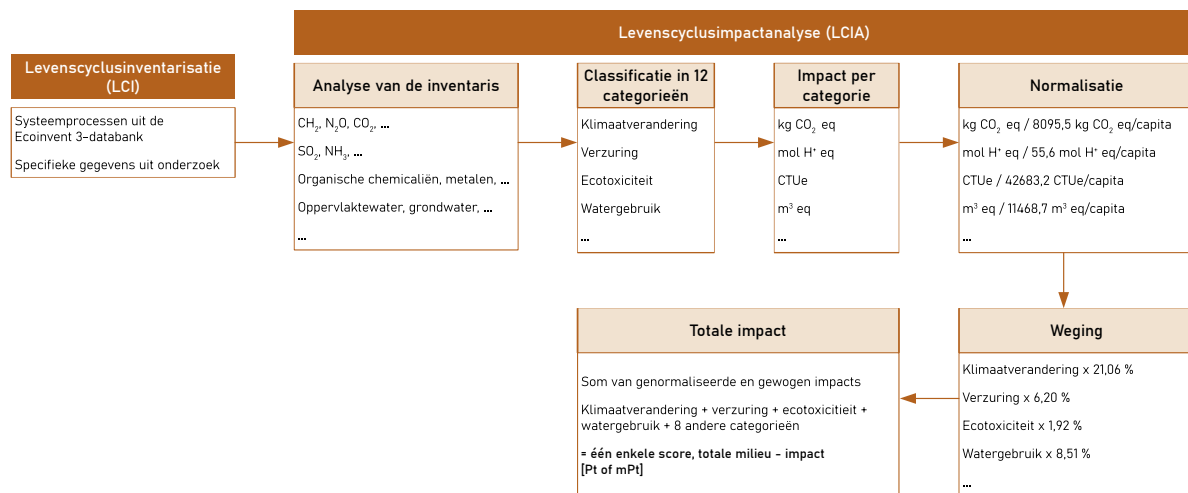
Daarnaast wordt op basis van de individuele impact-scores ook een totaalscore berekend. Deze wordt berekend door de scores van de verschillende milieu-indicatoren te normaliseren en te wegen op basis van de PEF-methode (OVAM et al., 2023).

### 1.3.1 Evaluatie van milieu-impactindicatoren

Binnen EN15804+A2 zijn 19 milieu-impactcategorieën opgenomen, die verdeeld zijn binnen 12 categorieën, waardoor een breed scala aan milieuproblemen gedekt kan worden. Elke categorie representeert een milieuaspect, waaraan resultaten van de LCIA worden toegewezen. De indicatoren en bijbehorende categorieën zijn gebaseerd op actueel wetenschappelijk onderzoek en hebben elk hun eigen indicatoren en eenheid. Op deze manier kan een beeld gekregen worden van de individuele impacten binnen het milieuprofiel van een proces of materiaal (Nationale Milieudatabase, 2024; OVAM et al., 2023; Quist, 2024).

### 1.3.2 Evaluatie van de totale milieu-score

Om het volledige milieuprofiel van een materiaal of proces in beschouwing te kunnen nemen, wordt een totale milieu-score opgesteld op basis van de 12 milieu-impactcategorieën. Dit levert een betere globale vergelijkingsbasis om de analyse op te baseren. Om de individuele scores van de milieu-impactcategorieën om te zetten tot één enkele totaalscore, wordt gebruik gemaakt van de PEF (Product Environmental Footprint) wegingsmethode, die 2 stappen inhoudt: normalisatie en weging. De omrekening wordt schematisch weergegeven op figuur 109 (Damiani et al., 2022; OVAM et al., 2023).



Figuur 109: Overzicht van het verloop van de LCIA, van analyse van de inventaris tot totale impact (Damiani et al., 2022)

De normalisatie is de berekening van de relatieve grootte van een score van een categorie tot een referentiesysteem. Binnen de PEF-methode is dit referentiesysteem 'de impact van een gemiddeld persoon per capita in het onderzoeksgebied gedurende 1 jaar' (referentiejaar 2010). In praktijk worden de scores van de categorieën hiervoor gedeeld door normalisatiefactoren, zodat een genormaliseerde waarde bekomen wordt. Deze waarde laat toe om beter te begrijpen welke impactcategorieën het meest kritisch zijn in verhouding tot hun referentiesysteem (Damiani et al., 2022; OVAM et al., 2023).

De weging converteert de genormaliseerde waarden daarna met wegingsfactoren tot een waarde die het relatief belang van de milieu-impactcategorie weergeeft. De wegingsfactoren die gebruikt worden in de PEF-methode, werden opgesteld door de JRC (Joint Research Centre) van de Europese commissie in 2018 op basis van de input van verschillende milieu-experts en belanghebbenden (Damiani et al., 2022; OVAM et al., 2023). Na de normalisatie en weging worden de individuele scores opgeteld tot één enkele score, uitgedrukt in mPt (millipunten) per functionele eenheid. In deze thesis wordt de totale milieuscore uitgedrukt in mPt/m<sup>3</sup> (OVAM et al., 2023).

### 1.3.3 Biogene koolstofopslag

Bij een levenscyclusanalyse van houtproducten, is een extra uitdaging de omgang met biogene koolstof. Tijdens de groei van bomen wordt er immers CO<sub>2</sub> vastgelegd, die op het einde van de levensduur terug vrijkomt. In het onderzoek zal de '0/0' methodiek worden toegepast, waarbij biogene CO<sub>2</sub> niet wordt vermeld, aangezien het netto effect over de gehele levenscyclus als '0' wordt beschouwd (zie hoofdstuk 4.3 van de literatuurstudie) (Keijzer et al., 2021).

Binnen een laatste (sensitiviteits)analyse (zie hoofdstuk 5) zal het voordeel van hergebruik op de biogene koolstofvastlegging kort worden onderzocht met de ILCD-methode, om temporele aspecten (zoals tijdelijke vastlegging en uitstel van CO<sub>2</sub>-emissies) toch te begroten.

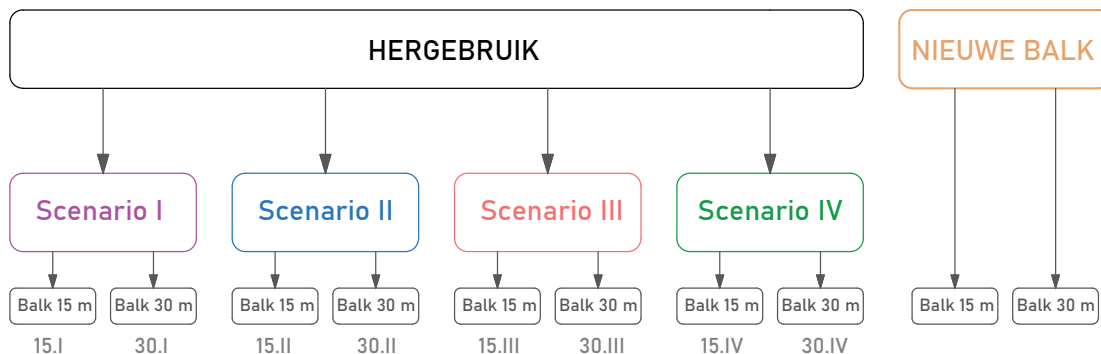
## 1.4 Interpretatie

Binnen de interpretatiefase worden de resultaten van de voorgaande fases van de LCA geanalyseerd en geëvalueerd. Dit gebeurt in combinatie met een evaluatie van de onzekerheden en aannames binnen het onderzoek. In deze fase worden conclusies getrokken die overeenstemmen met de doelbepaling en reikwijdte, maar worden ook de beperkingen van de studie onderzocht. Daarnaast wordt ook de geschiktheid van de functionele eenheid en systeemgrenzen geëvalueerd. (Hauschild et al., 2018; Mudersbach et al., 2023).

De resultaten en bijbehorende conclusies van de LCA zijn gebaseerd op meerdere aannames en keuzes. In de interpretatiefase worden ook enkele sensitiviteitsanalyses doorgevoerd om te identificeren welke processen, en bijbehorende aannames, de grootste invloed hebben op de totale impact van het systeem. De LCA wordt opnieuw berekend om zo te zien hoe een verschil in aanname het resultaat verandert. Zo kan beter worden begrepen op welke manier aannames de resultaten beïnvloeden (Goedkoop et al., 2016; Mudersbach et al., 2023).

## 2 Methodologie analyse

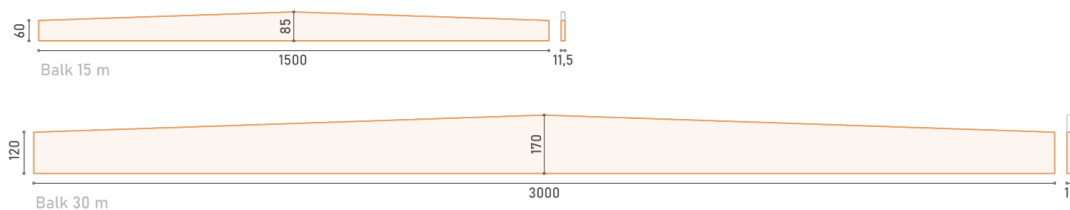
Zoals reeds blijkt uit de uiteenlopende casussen, is er geen vast stramien voor hergebruik van glulam. Het proces kan immers eenvoudig en snel zijn, maar kan evengoed zeer uitgebreid zijn. Om deze diversiteit aan mogelijkheden te beschouwen en een genuanceerde vergelijking met een nieuwe balk toe te laten, werden vier hergebruikscenario's geïntroduceerd, die later zullen worden toegelicht. Elk subscenario krijgt eveneens een unieke code, zoals geïllustreerd in figuur 110. Zo vormt '15.I' bijvoorbeeld een afkorting voor 'een typebalk van 15 meter, in hergebruikscenario I'.



Figuur 110: Schematisch overzicht van de naamgeving binnen de scenario's

### 2.1 Referentiebalen

Binnen deze scenario's zal steeds rekening worden gehouden met twee types balken: een balk van 15 meter en een balk van 30 meter, beiden met geïncorporeerde helling. Er wordt gekozen voor deze balken als referentie, aangezien binnen praktijkcasussen een duidelijk hergebruikproces kon worden vastgelegd voor beiden. Daarnaast zijn ze gelijkvormig en kenden ze voor de ontmanteling een soortgelijke toepassing als dakbalk. De methode voor hergebruik van dit type balken, loopt daarnaast ook gelijk met andere mogelijke lineaire elementen.



Figuur 111: Aanzicht van de 2 typebalken; afmetingen in cm

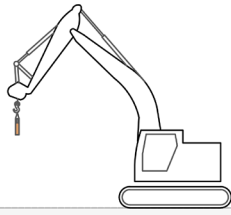
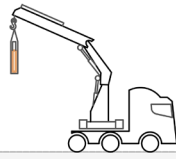

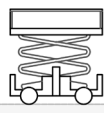

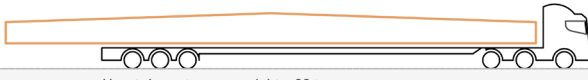

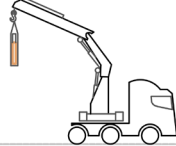
De dimensies van de balken werden dan ook nagenoeg overgenomen uit de casussen waarbinnen dit type balk werd ontmanteld. Bij de ontmanteling van de loods in Kortrijk werd een soortgelijke balk van 15 m ontmanteld en bij de ontmanteling van de Farys loods in Gent werd een soortgelijke balk van 30 m ontmanteld. Ten slotte hebben deze balken een hoogte die mee varieert met de lengte, waarbij in het midden een tegenpijl wordt gevormd. Dit ontwerp wordt veelvuldig toegepast binnen allerhande glulamconstructies, waardoor de twee gekozen elementen representatieve balken zijn (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025).

Opdat de volumes kunnen omgezet worden in gewichten, moet een aanname worden gemaakt over de massadichtheid. Hiervoor wordt teruggegrepen naar de norm EN 14080, die voor sterkteklasse GL24 een gemiddeld soortelijk gewicht van 420 kg/m<sup>3</sup> voorschrijft (CEN/TC 124, 2013). Ongeveer 90% van de glulambalken die in België wordt toegepast heeft sterkteklasse GL24 (C. Vandewyngaerde, persoonlijke communicatie, 24 maart 2025). Verdere basisgegevens voor de twee balktypes worden weergegeven in tabel 6.

Aannames balken		
Balklengte [m]	15	30
Volume [m <sup>3</sup> ]	1,3	7,8
Massadichtheid [kg/m <sup>3</sup> ]	420	420
Massa [kg]	525	3289
Oppervlakte zijden [m <sup>2</sup> ]	22	87

Tabel 6: Basisgegevens voor de twee balktypes

Het verschil in volume, gewicht en bewerkbare oppervlakte tussen de twee types balken, zal bepalend zijn voor de nodige tijdsduur, het verbruik, en dus de milieu-impact van bepaalde processen binnen de levenscyclusanalyse. Het is bijvoorbeeld eenvoudig in te zien dat een grotere oppervlakte betekent dat er meer bewerkingsprocessen zullen nodig zijn. Behalve dit schaafeffect, zijn er echter ook enkele fundamentele verschillen in werkwijze. Tabel 7 toont het verschil in ontmanteling, omgang op de werf, transport en laden en lossen tussen de twee types balken:

BALK 15 METER	BALK 30 METER
 <p>Ontmanteling met rupsgraafmachine</p>	 <p>Ontmanteling met hydraulische vrachtwagenkraan</p>
 <p>Verplaatsingen met kleine elektrische hoogwerker</p>	 <p>Verplaatsingen met grote hoogwerker op diesel</p>
 <p>Voertuig met max gewicht &lt; 32 ton</p>	 <p>Voertuig met max gewicht &gt; 32 ton</p>
 <p>Laden en lossen met elektrische heftruck</p>	 <p>Laden en lossen met hydraulische vrachtwagenkraan</p>

Tabel 7: Verschil in algemene procedure tussen een balk van 15 m en 30 m

Een eerste verschil treedt op bij de ontmanteling zelf. Voor een balk van 15 meter zal men de ontmanteling doorgaans uitvoeren met een rupsgraafmachine. Door diens mobiliteit is het immers mogelijk om in moeilijker omstandigheden een groot aantal balken te ontmantelen. Men zal deze kraan typisch dus inzetten voor kleine tot middelgrote balken. Voor (een vaak beperkter aantal) grotere balken zal men overwegen om een vrachtwagenlaadkraan te gebruiken, wegens het grotere bereik en de mogelijkheid om een groter hefmoment te leveren door te stempelen.

Daarnaast duidt de tabel ook andere verschillen in logistieke omgang. Zo zal voor een balk van 30 meter vaak een zwaardere, meer professionele hoogwerker worden gebruikt. Daarnaast zal een voertuig met een hogere gewichtsklasse worden ingezet voor het effectieve transport. Ten slotte gelden ook voor het laden en lossen andere aannames, die voortkomen uit het verschil in gewicht tussen beide balken.

## 2.2 Hergebruikscenario's

Om verschillende hergebruikmethodes af te wegen, werden vier scenario's opgesteld die elk een ander procesverloop voorstellen. Elk scenario kent een andere opeenvolging van processen, die op die manier zullen worden opgenomen in de levenscyclusanalyse. Daarnaast kent elk scenario ook voorbeelden van casussen waarbij een soortgelijk verloop heeft plaatsgevonden. Zo vormen de scenario's een realistische reeks aan processen en kan er een relevante vergelijking worden opgezet. De scenario's lichten het hergebruikproces toe van zijn meest eenvoudige, tot zijn meest complexe vorm. Ze kunnen beschouwd worden als een onder- of bovengrens voor de werkelijke praktijk.

**Scenario I** licht een rechtlijnig hergebruikproces toe, waarbij na de ontmanteling uitgegaan wordt van een direct transport naar de nieuwe hergebruikwerf. Op verzagen na, worden voor de installatie geen mechanische bewerkingen uitgevoerd op de balk.

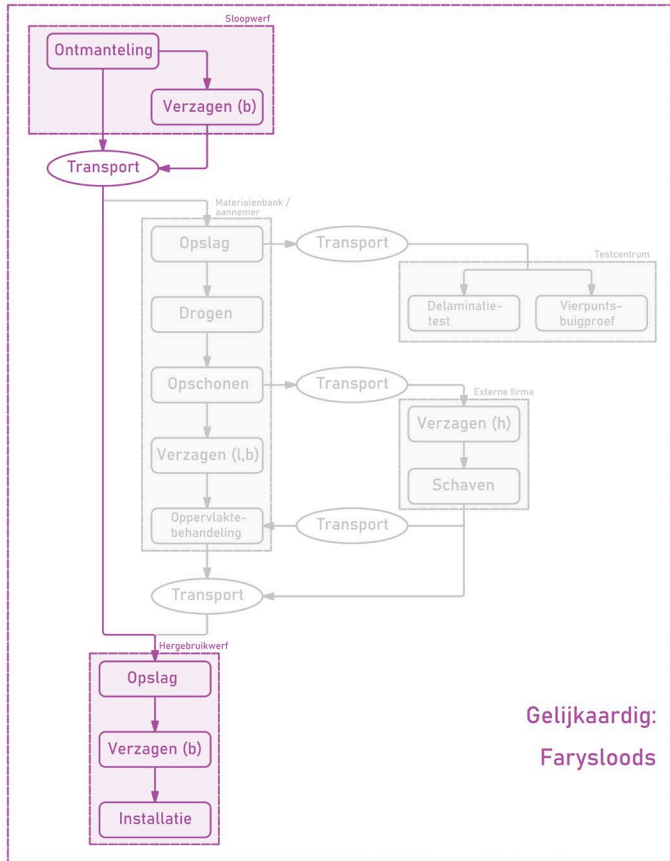
**Scenario II** kent een uitgebreider hergebruikproces waarbij de balken na ontmanteling worden vervoerd naar de materialenbank of opslag van een aannemer. Bij de materialenbank of aannemer krijgen de balken verschillende opeenvolgende bewerkingen, waarna ze worden getransporteerd naar de hergebruikwerf voor installatie. Hierbij is er geen sprake van tests.

**Scenario III** kent dezelfde bewerkingen als Scenario II, maar neemt ook meer geavanceerde bewerkingen mee, zoals verzagen in de hoogte of schaven. Deze bewerkingen vinden doorgaans plaats bij een gespecialiseerde firma, wat extra transport met zich meebrengt. Dit scenario beschouwt dus een uitgebreid hergebruikproces, waardoor er ook een testprocedure wordt meegenomen. Dit brengt eveneens extra transport naar een testinstelling met zich mee.

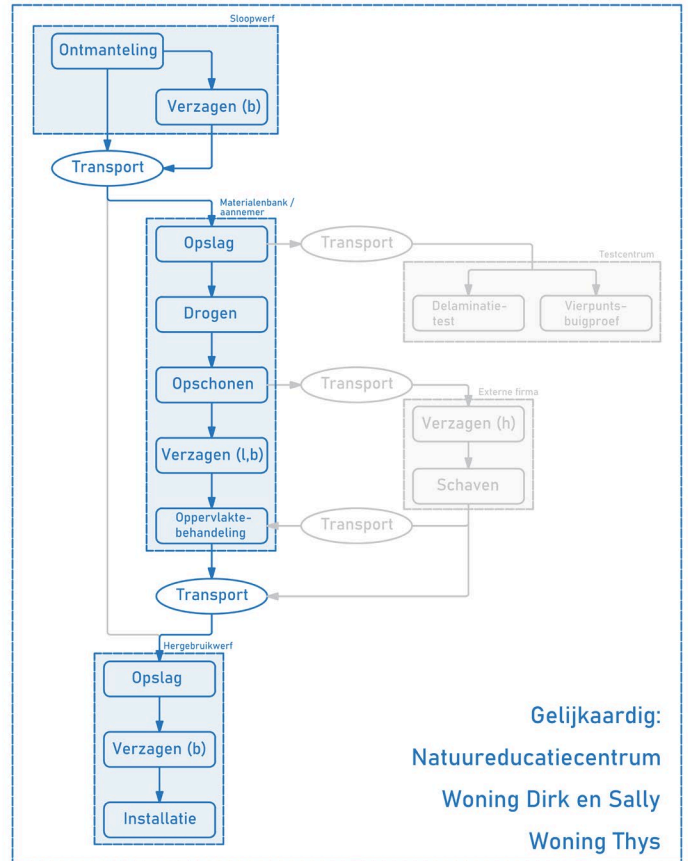
**Scenario IV** geeft een proces weer waarbij de structurele glulamelementen behouden blijven. Hierbij worden de balken niet getransporteerd naar een andere werf, maar blijven deze aanwezig op de bouwplaats. De balken krijgen in situ een grove opschoning en een oppervlaktebehandeling, maar er vindt geen transport of installatie plaats.

Figuur 112 geeft de scenario's schematisch weer.

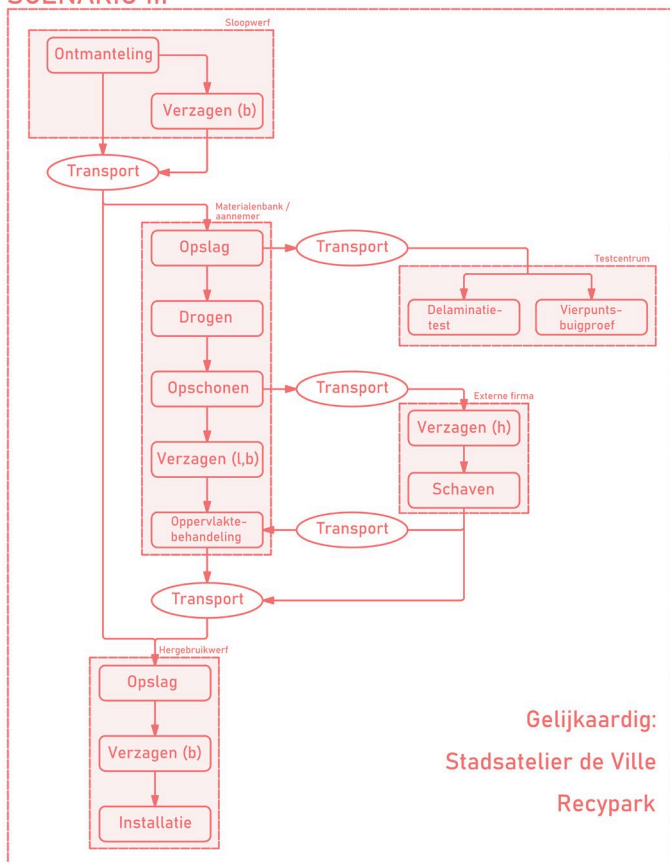
### SCENARIO I



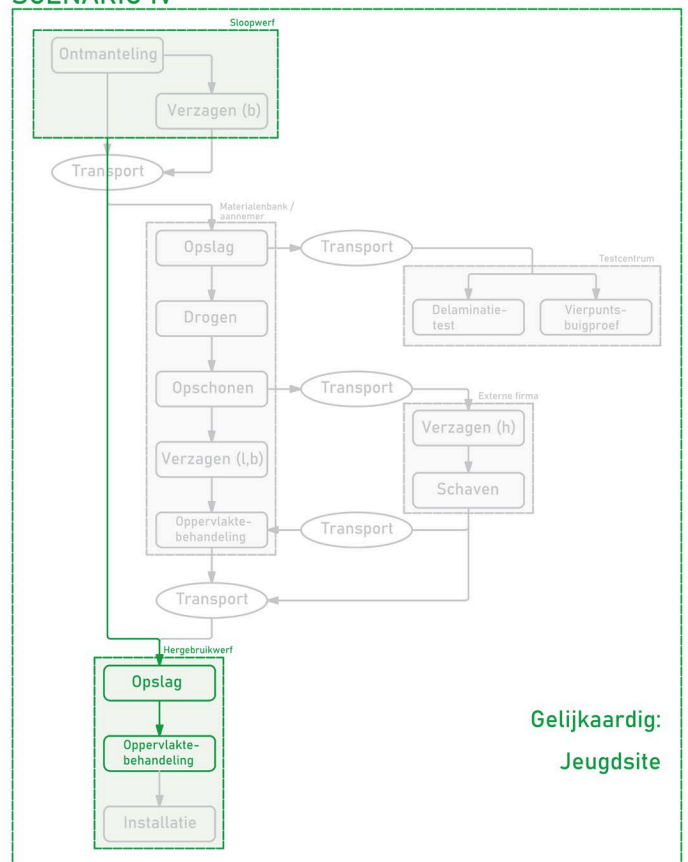
### SCENARIO II



### SCENARIO III



### SCENARIO IV



Figuur 112: Schematische weergave van de hergebruikscenario's

## 2.3 Terugwinningsprocessen en aannames

Terugwinningsprocessen bij hergebruik zorgen er voor dat het materiaal kan overgaan in een nieuwe levenscyclus. Het merendeel van deze processen heeft een zekere milieu-impact, die kan begroot worden in SimaPro.

De opeenvolging van terugwinningsprocessen volgt uit de verschillende scenario's. Deze scenario's zijn gebaseerd op de verschillende casussen, zonder hier een rechtstreekse weerspiegeling van te zijn. Zo kunnen verschillende methodologieën geanalyseerd worden en vergeleken worden ten opzichte van elkaar, op basis van de verzamelde informatie. Data werd bij de plaatsbezoeken tijdens het uitvoeren van hergebruikprocessen verzameld en geïnventariseerd. Het gaat hierbij om een inventarisatie van de gebruikte machines, met bijhorend vermogen en tijdsduur voor een bepaalde bewerking. Daarnaast werden ook bepaalde hulpstoffen voor bewerkingen en opslag geregistreerd. Ten slotte werd voor enkele specifieke materialen of processen teruggegrepen naar literatuur. Het geheel aan verzamelde data is te vinden in tabel 1 van bijlage 3.

Deze data dient met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd, aangezien de exacte uitvoeringsmethode veelal afhangt van de specifieke omstandigheden. Toch kan er, door de gelijkenissen in methodes tussen verschillende casussen, wel aangenomen worden dat de data relevant is voor de hergebruikpraktijk.

### 2.3.1 Energieverbruik

De meeste terugwinningsprocessen zijn gekoppeld aan een zeker energieverbruik. Op basis van vermogens en tijdspannes uit eigen waarnemingen, kan in SimaPro de milieu-impact worden begroot. Hiertoe wordt de benodigde energie voor een bepaalde taak gekoppeld aan een zeker elektriciteits- of dieselverbruik. Voor elk proces wordt de hoeveelheid energie omgerekend naar de correcte functionele eenheid, zijnde *megajoule* of *kilowattuur*. Aangezien de schaal van de elektrische toestellen beperkt is, vallen deze allen onder 'laagspanning' (RECO, z.d.).

Energiebronnen terugwinningsprocessen		
Energiebron	Diesel	Elektriciteit
Ecoinvent-proces	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine   Cut-off, S	Electricity, low voltage {BE}  market for electricity, low voltage   Cut-off, S
Functionele eenheid	MJ	kWh
Berekeningsmethode	(Vermogen [kW] * Tijdsduur [s]) / 1000	(Vermogen [kW] * Tijdsduur [s]) / 3600 [s/h]
Machines	-schaarlift op diesel -rupsgraafmachine -hydraulische vrachtwagenkraan	-elektrische schaarlift -boor- en schroefmachine -elektrische vorklift / heftruck -metaaldetector -handcirkelzaag -klopboormachine -schaafmachine -lintzaag -elektrische staalborstel -hogedrukreiniger -parketschuurmachine

Tabel 8: Aannames omtrent energiebronnen bij terugwinningsprocessen

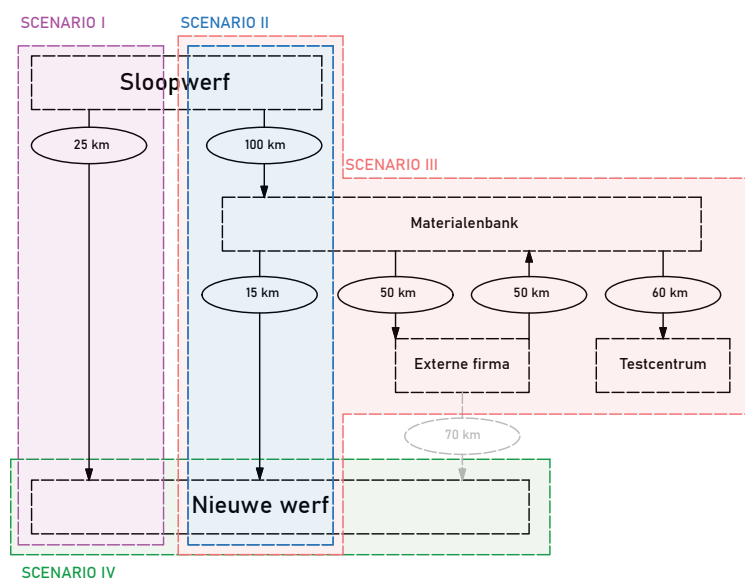
## 2.3.2 Transport

Aan het transport wordt een Ecoinvent-proces gekoppeld dat afhankelijk is van de schaal van de balk. Het transport van een balk van 15 m gaat uit van een vrachtwagen met gewichtsklasse tussen de 16 en 32 ton, terwijl het transport van een balk van 30 m gebeurt met een vrachtwagen met gewichtsklasse boven de 32 ton. Tabel 9 toont de Ecoinvent-processen die voor deze twee scenario's worden gebruikt.

Transport		
Balklengte	15 m	30 m
Gewichtsklasse	16-32 ton	>32 ton
Ecoinvent-proces	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, S	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   Cut-off, S
Functionele eenheid	tkm	tkm
Berekeningsmethode	(Gewicht [ton] * Afstand [km])	(Gewicht [ton] * Afstand [km])

Tabel 9: Aannames bij het bepalen van de transportimpact

Eenzijds is dus de gewichtsklasse van belang, maar anderzijds zijn ook de transportafstanden van belang. Om hieromtrent een aanname te maken, worden gemiddeldes gebruikt die voortkomen uit casussen. Tevens hangen de transportafstanden ook af van de verschillende scenario's. Figuur 113 toont deze aannames. In tabel 7 uit bijlage 3 zijn deze schema's voor elke case opgenomen.



Figuur 113: Aannames voor transportafstanden

## 2.3.3 Hulpstoffen

Om bepaalde bewerkingen uit te voeren en het materiaal te beschermen, kunnen enkele hulpstoffen worden toegepast. Binnen de fase waarin deze worden toegepast, wordt de productie-impact van deze hulpstof in rekening gebracht, alsook het bijhorende materiaalverlies. Voor de 'waterdichte hoes' wordt eveneens de afvalverwerking binnen dezelfde module ingerekend, aangezien dit materiaal als vergankelijk wordt beschouwd. Voor verflagen en overige producten die zijn aangebracht op het houtoppervlak, wordt het verbrandingsproces ingerekend in de levenseindefase van de glulambalk. Tabel 10 geeft een overzicht van de gebruikte hulpstoffen. De waterdichte hoes dient voor opslag van glulambalken, terwijl de overige materialen dienen voor bewerkingen.

Materiaal	Productieproces	Transportcategorie	Afvalcategorie	Stortproces (Ecoinvent)	Verbrandingsproces (Ecoinvent)
Waterdichte hoës (PE-folie)	Packaging film, low density polyethylene (RoW) packaging film production, low density polyethylene  Cut-off, S	Loose products	Polyolefins (PP, PE)	Waste polyethylene (CH)  treatment of, sanitary landfill  Cut-off, S	Waste polyethylene (CH)  treatment of, municipal incineration  Cut-off, S
(brandwerende) verf	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state (RER) alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state  Cut-off, S	Finishing products: paints and varnishes	Finishin layer fixed to wood, plastic or metal	-	Waste paint (CH)  treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S
Vernis	Acrylic varnish, with water, in 53% solution state (RER) acrylic varnish production, with water, in 53% solution state  Cut-off, S	Finishing products: paints and varnishes	Finishin layer fixed to wood, plastic or metal	-	Waste paint (CH)  treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S
Lijnolie	Vegetable oil, refined (GLO) market for vegetable oil, refined  Cut-off, S	(al geïnccludeerd)	Finishin layer fixed to wood, plastic or metal	-	Waste paint (CH)  treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S
Epoxyhars	Epoxy resin, liquid (RER) epoxy resin production, liquid  Cut-off, S	Finishing products: paints and varnishes	Finishin layer fixed to wood, plastic or metal	-	Hazardous waste, for incineration (Europe without Switzerland)  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration  Cut-off, S

Tabel 10: Overzicht van hulpstoffen gebruikt in de terugwinningsprocessen

De nodige hoeveelheden per balk werden ingeschat volgens berekeningsmethode in tabel 11:

Materiaal	Berekeningsmethode	Nodige hoeveelheid [kg]	
		voor balk 15 m	voor balk 30 m
Waterdichte hoës (PE-folie)	$(0,09 \text{ kg} / \text{m}^2 * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2]))$	1,96	7,83
(brandwerende) verf	$(1 \text{ kg} / \text{l} * 1 \text{ l} / (10 \text{ m}^2) * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2]))$	2,18	8,70
Vernis	$(1 \text{ kg} / \text{l} * 1 \text{ l} / (10 \text{ m}^2) * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2]))$	2,18	8,70
Lijnolie	$(1 \text{ kg} / \text{l} * 1 \text{ l} / (10 \text{ m}^2) * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2]))$	2,18	8,70
Epoxyhars	$((0,01 \text{ m})^2 * \pi * (\text{dikte balk } [\text{m}])) * 1100 \text{ kg}/\text{m}^3 * 12$	0,48	0,75

Tabel 11: Berekeningsmethode van de hoeveelheid hulpstoffen in de terugwinningsprocessen

### 2.3.4 Overige processen

Sommige processen zijn niet louter te modelleren met elektriciteit- of brandstofverbruik. Twee processen worden daarom nog afzonderlijk vermeld in tabel 12. Voor het proces 'luchtgommen' werd een reductiefactor van ongeveer  $\frac{1}{70}$  toegepast, om de lange tijdsduur die in SimaPro werd gerekend voor dit proces, om te rekenen naar de waargenomen tijdsduur. Verder kwamen de benodigde luchtdruk en aannames wel overeen. Voor het waterverbruik van een hogedrukreiniger werd rekening gehouden met het waterdebiet. Het elektriciteitsverbruik van dit toestel werd al eerder berekend.

Energiebronnen terugwinningsprocessen		
Proces	Luchtgommen met straalketel	Reinigen van oppervlak met hogedrukreiniger (deel water)
Ecoinvent-proces	Abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate (GLO) abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate  Cut-off, S	Tap water (Europe without Switzerland)  market for tap water  Cut-off, S
Functionele eenheid	$\text{m}^2$	kg
Berekeningsmethode	$((339 \text{ s} / 1 \text{ m}^2) / (25 \text{ s} / 0,001 \text{ m}^2)) * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2])$	$(380 \text{ kg}/\text{u} * (1/3600 \text{ u}/\text{s}) * 339 \text{ s}/\text{m}^2 * (\text{oppervlakte zijden } [\text{m}^2]))$

Tabel 12: Aannames omtrent specifieke energiebronnen bij terugwinningsprocessen

## 2.4 Nieuw productieproces en aannames

Als referentie om de milieu-impact van teruggewonnen balken te vergelijken, zal de impact van het nieuwe productieproces worden onderzocht. Hiertoe wordt hoofdzakelijk de TOTEM-methodiek gevolgd, omschreven in het document *'Environmental profile of buildings'* (OVAM et al., 2023). Waar meer specificiteit vereist is, wijkt de methodologie van het onderzoek hiervan af, en zullen andere methodes uit de literatuur worden gebruikt.

Binnen deze thesis zal ook worden gerefereerd naar een EPD die is opgesteld voor glulambalken in Belgische context. De EPD wijkt op verschillende punten in de methodologie af van de vaste TOTEM-methodologie. De Belgische organisaties *Office économique Wallon du Bois* (OEWB) en *Hout Info Bois* stelden de EPD op om de specifieke kenmerken van de Belgische markt en bosbouwrealiteit op te nemen in de TOTEM-tool. De EPD evalueert de levenscyclus van gelamelleerd hout in alle modules, en is daarmee dus *'Cradle to Grave'*. De EPD is hiertoe collectief opgebouwd met gegevens van vier Belgische fabrikanten uit Wallonië (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020).

Op basis van beide bronnen wordt een methodologie met bijbehorende aannames opgesteld voor het bepalen van de milieu-impact van nieuwe balken over hun gehele levenscyclus.

### 2.4.1 Productie (A1-A3)

Voor de productiefase (A1-A3) werd uit de Ecoinvent-database een representatief proces geïnventariseerd. De impact van de productiefase wordt bepaald op basis van volgend proces:

Glued laminated timber, average glue mix {Europe without Switzerland} |  
glued laminated timber production, average glue mix | Cut-off, S

Deze dataset is gebaseerd op glulamproductie in Duitsland en is hiermee representatief voor centraal-Europa. De output van het proces geeft de milieu-impacten weer per m<sup>3</sup>, wat overeenstemt met de functionele eenheid die wordt gehanteerd voor teruggewonnen balken (ecoQuery, 2012). In vergelijking met de productiefase van de generieke (algemene) component en de EPD die in TOTEM waren opgenomen, kent het Ecoinvent-proces de laagste totaalimpact. Daarnaast biedt dit proces de grootste transparantie wat betreft de omgang met biogene impacten. Om een conservatieve vergelijking met hergebruik op te stellen, werd dit proces gehanteerd voor de productie. Later (zie hoofdstuk 4.3) zullen in een sensitiviteitsanalyse ook de andere productieprocessen worden vergeleken.

### 2.4.2 Transport van fabriek naar werf (A4)

Om de milieu-impact van het transport van fabriek naar werf (A4) vast te leggen, worden standaard transportscenario's gedefinieerd per materiaalcategorie. Deze scenario's zijn opgenomen binnen de B-PCR (NBN 2017) en zijn te vinden in tabel 1 uit bijlage 5. Zo kan voor elk materiaal worden bepaald over welke afstand welk transportmiddel werd

gebruikt, wat dan fungeert als input voor het bepalen van de milieu-impact (OVAM et al., 2023).

Gelijmd gelamelleerde balken vallen onder de categorie *'Prefabricated products for structural work'*, wat betekent dat er enkel een transport is tussen de fabriek en de bouwwerf. De afstand van dit transport wordt vastgelegd op 100 km en gebeurt volgens de aannames na een nieuw productieproces uitsluitend met een vrachtwagen met een gewichtsklasse 16-32 ton. Volgend Ecoinvent-proces wordt hiertoe geïnventariseerd:

Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} | transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, S

Dit proces heeft tkm (ton-kilometer) als functionele eenheid voor de input, op basis waarvan de milieu-impact bepaald wordt. Om de input te bepalen, wordt het gewicht van de balk vermenigvuldigd met de transportafstand van 100 km (zie tabel 3 uit bijlage 3).

### 2.4.3 Hulpstoffen

Binnen de constructiefase (A5) wordt de impact van verpakkingsmateriaal ingerekend als hulpstof, aangezien deze op de bouwplaats wordt verwijderd. In navolging van de EPD van OEWB wordt hiervoor aangenomen dat er zowel een plastic film (PE-folie), als omsnoeringsbanden (PP) nodig zijn om een balk in te pakken na productie. Tabel 13 geeft de bijbehorende processen binnen de levenscyclus van deze hulpstoffen, die zich volledig binnen de A5 fase van het hoofdmateriaal bevinden.

Materiaal	Productieproces	Transportcategorie	Afvalcategorie	Stortproces (Ecoinvent)	Verbrandingsproces (Ecoinvent)
Omsnoeringsbanden	Polypropylene, granulate {RER}  production   Cut-off, S	Loose products	Polyolefins (PP, PE)	Waste polypropylene {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, S	Waste polypropylene {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, S
PE-folie	Packaging film, low density polyethylene {RER}  production   Cut-off, S	Loose products	Polyolefins (PP, PE)	Waste polyethylene {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, S	Waste polyethylene {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, S

Tabel 13: Overzicht van hulpstoffen gebruikt bij het nieuw productieproces

Binnen de EPD wordt aangenomen dat er 0,18 kg PE-folie en 0,007 kg omsnoeringsbanden gebruikt wordt per m<sup>3</sup> gelijmd gelamelleerd hout (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020). De berekening voor de volledige balken van 15 en 30 m gebeurt zoals weergegeven in tabel 14.

Materiaal	Berekeningsmethode	Nodige hoeveelheid [kg]	
		voor balk 15 m	voor balk 30 m
PE-folie	(0,18 kg / m <sup>3</sup> * (volume balk [m <sup>3</sup> ]))	0,23	1,41
Omsnoeringsbanden	(0,007 kg / m <sup>3</sup> * (volume balk [m <sup>3</sup> ]))	0,01	0,05

Tabel 14: Berekeningsmethode van de hoeveelheid hulpstoffen in het nieuw productieproces

## 2.5 Aannames A5-C4

Vanaf de constructiefase A5 tot en met de einde-levensfase C, is de methodologie voor nieuwe balken ook geldig voor balken die afkomstig zijn uit hergebruik. Er wordt namelijk van uit gegaan dat de installatie van een hergebruikbalk ter plaatse soortgelijk verloopt als bij een nieuwe balk. Na de levensduur kan deze, net als een nieuwe balk, eveneens worden verwerkt als afval.

### 2.5.1 Installatie op de werf (A5)

Tijdens de constructie wordt een proces opgenomen voor de installatie van de balken met een hijskraan op de werf. De EPD van OEWB gebruikt hiervoor een modellering die is

gebaseerd op een Franse EPD, voor een *'stalen ligger gebruikt als dragend element'*, gepubliceerd in juni 2016 door CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique). Binnen deze modellering wordt rekening gehouden met een dieselconsumptie van 6 liter per uur en een installatietijd van 0,9 uur per ton. De EPD van OEWB rekent deze waarden om naar een verbruik per m<sup>3</sup> met een massadichtheid van 512,9 kg/m<sup>3</sup>, en een aangenomen kraanvermogen van 62 kW (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020).

Aangezien binnen deze thesis wordt gerekend met een massadichtheid van 420 kg/m<sup>3</sup>, wordt het verbruik opnieuw berekend. Deze bedraagt na omrekening 84 MJ/m<sup>3</sup>, en zal gebruikt worden als input voor het Ecoinvent-proces voor dieselverbruik:

Diesel, burned in building machine {GLO}| market for diesel, burned in building machine | Cut-off, S

De berekening van deze aanname is te vinden in tabel 4 uit bijlage 3.

Daarnaast treden in de constructiefase ook steeds materiaalverliezen op, bijvoorbeeld tijdens de opslag of het op maat snijden van materialen. Het verlies is sterk afhankelijk van de constructiemethode, de productgroep en de zorgvuldigheid waarmee met de materialen wordt omgegaan. Om met deze variatie om te gaan, wordt verwezen naar de methodiek die wordt gebruikt binnen de Nederlandse Nationale Milieudatabase. Deze biedt, in tegenstelling tot TOTEM, forfaitaire waarden die afhankelijk zijn van de productgroep (Nationale Milieudatabase, 2024).

Voor de gelijmd gelamelleerde balken wordt binnen deze methodologie rekening gehouden met een materiaalverlies van 3% op de bouwplaats. Aangezien prefab producten seriematig en onder gecontroleerde omstandigheden geprefabriceerd worden, kennen deze slechts een laag materiaalverlies (Nationale Milieudatabase, 2024).

Hulp- en afwerkingsmaterialen zoals verpakkingsmateriaal of verf, kennen een hoger materiaalverliespercentage van 15%. Er wordt aangenomen dat er bij deze materialen vaak restanten overblijven, die na verloop van tijd onbruikbaar zijn, en dat hierbij steeds wat materiaal achterblijft in de verpakking of op de applicatiemiddelen (Nationale Milieudatabase, 2024).

### 2.5.2 Afvalverwerkingsproces (C1-4)

De einde-levensfase bestaat uit vier modules: afbraak (C1), afvaltransport (C2), afvalverwerking (C3) en afvalverwijdering (C4). Voor elk van deze modules worden processen uit de Ecoinvent-database geïnventariseerd, om zo de milieu-impact te kunnen bepalen.

**De afbraakfase (C1)** zal een impact hebben als de afbraak destructief is, en hierbij dus materiaal op mechanische wijze vernietigd wordt. Gelijmd gelamelleerd hout zal, wanneer er geen zicht is op hergebruik, destructief worden vernield. De impact van deze operatie zal worden bepaald aan de hand van een samengesteld proces van verschillende impacten (fijn stof en dieselverbruik), zoals omschreven in tabel 4 uit bijlage 5.

Om de milieu-impact van de verdere processen binnen de einde-levensfase te bepalen, wordt binnen de TOTEM-methodologie gebruik gemaakt van afvalcategorieën. Deze afvalcategorieën geven aan welke fracties van het materiaal na de levenscyclus worden gestort, verbrand, hergebruikt of gerecycled. Deze categorieën zijn te vinden in tabellen 2 en 3 uit bijlage 5. Structurele elementen van gelijmd gelamelleerd hout zijn niet strikt binnen één van deze categorieën onder te brengen, waardoor binnen het onderzoek in deelanalyse C1-4 een afweging zal worden gemaakt tussen twee afvalcategorieën. Binnen de EPD van OEWB wordt namelijk de categorie '*Untreated, uncontaminated wood*' aangenomen, terwijl dit bij de generieke TOTEM-component voor glulam '*Composite wood products*' is.

De impact van het **afvaltransport (C2)** wordt bepaald op basis van bepaalde fracties, die afhankelijk zijn van de afvalcategorie. Er wordt hierbij aangenomen dat afval eerst wordt getransporteerd naar een sorteercentrum of verzamelpunt (30 km), waarna het hier wordt gerecycleerd of verder wordt getransporteerd naar een stortplaats (50 km) of een verbrandingsoven (100 km). Voor elke verplaatsing worden vaste afstanden vastgelegd, die ook te vinden zijn in tabel 5 uit bijlage 5. Alle verplaatsingen gebeuren met een vrachtwagen met gewichtsklasse 16-32 ton, op basis waarvan de milieu-impact voor een bepaalde belasting kan worden bepaald met het bijbehorende Ecoinvent-proces, dat reeds werd gebruikt voor het transport van de elementen naar de werf.

Binnen de **afvalverwerkingsfase (C3)** wordt een impact toegerekend aan de fractie afval die buiten de werf wordt gesorteerd voor recyclage. Ook deze fractie is afhankelijk van de afvalcategorie en opgenomen in tabellen 2 en 3 uit bijlage 5. De combinatie van processen waarvoor deze fractie als input fungeert, staan ook omschreven in tabel 6 uit bijlage 5. De impact die nodig is om een gerecycleerd product te vervaardigen, valt buiten de systeemgrenzen en is dus niet opgenomen in deze levenscyclus.

Ten slotte wordt de impact van de **afvalverwijdering (C4)** bepaald aan de hand van de sortering buiten de werf voor verbranding en storten, en materiaalspecifieke Ecoinvent-processen. De milieu-impact van de sortering wordt bepaald aan de hand van een combinatie aan Ecoinvent processen, zoals omschreven in tabel 7 uit bijlage 5.

Daarnaast wordt met specifieke Ecoinvent-processen de impact bepaald van het storten en de verbranding zelf. Voor hout is storten geen optie, wat ervoor zorgt dat er louter verbranding wordt ingerekend. De fractie van het afvalgewicht gelijmd gelamelleerd hout dat verbrand wordt, zal als input dienen voor een samengesteld verbrandingsproces, dat werd opgesteld binnen de EPD van OEWB. 98,5 % van het gewicht zal worden toegekend aan het proces voor de verbranding van onbehandeld hout:

Waste wood, untreated {CH}| treatment of waste wood, untreated,  
municipal incineration | Cut-off, S

De overige 1,5 % van de verbrandingsfractie wordt toegekend aan de verbranding van vernis, die steeds wordt aangebracht bij de productie van een nieuwe glulambalk. Hiertoe wordt volgend proces gebruikt:

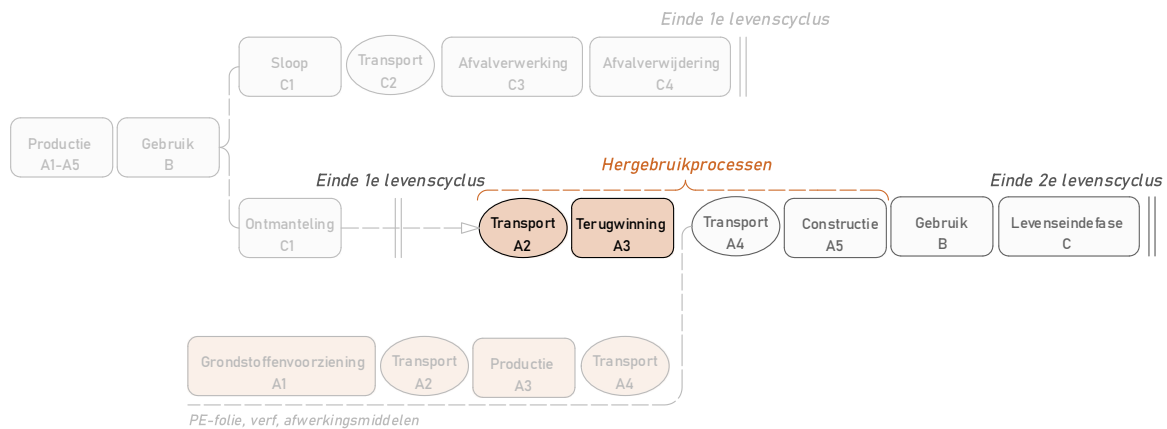
Door het sommeren van de impact over alle modules (C1-4), kan de totale impact van module C voor een nieuwe balk worden bepaald.

## 2.6 Deelanalyses

De levenscyclusanalyse wordt opgedeeld in verschillende vergelijkende deelanalyses om een compleet beeld te krijgen van de milieu-impacten en -voordelen van het hergebruik van gelijmd gelamelleerde liggers. Binnen deze deelanalyses zullen hergebruikscenario's met elkaar worden vergeleken zodat verschillende methodes kunnen worden geëvalueerd en afgewogen tegenover nieuwe glulamproductie.

De deelanalyses zullen telkens enkele modules binnen de levenscyclus bevatten. Eerst zal aan de hand van modules A1-3 de milieu-impact van de verschillende hergebruikprocessen worden geëvalueerd. Daarna wordt met een analyse van de volledige productiemodule A (A1-A5) ook de impact van transport en installatie onderzocht. Verder wordt de eindelevensfase C (C1-4) geanalyseerd met een vergelijking van verschillende sloopscenario's. Ten slotte volgt een totaalanalyse over de hele levenscyclus (A1-C4) waarbij verschillende hergebruikscenario's worden afgewogen ten opzichte van een scenario met nieuwe productie.

### 2.6.1 Terugwinningsprocessen: A1-3



Figuur 114: Schematische weergave van de beschouwde modules (A1-3)

In dit deel worden de modules A1 t.e.m. A3 van het hergebruikproces geanalyseerd. Voor hergebruik is er geen grondstoffvoorziening (A1) nodig, wat ervoor zorgt dat deze module niet in de analyse is opgenomen. Het proces voor hergebruik zal starten bij module A2, namelijk het transport van de ontmantelingswerf naar de materialenbank/opslagplaats. De terugwinningsprocessen die nodig zijn om een constructie-element te hergebruiken, worden opgenomen onder module A3 (die bij een nieuw materiaal de productie bevat).

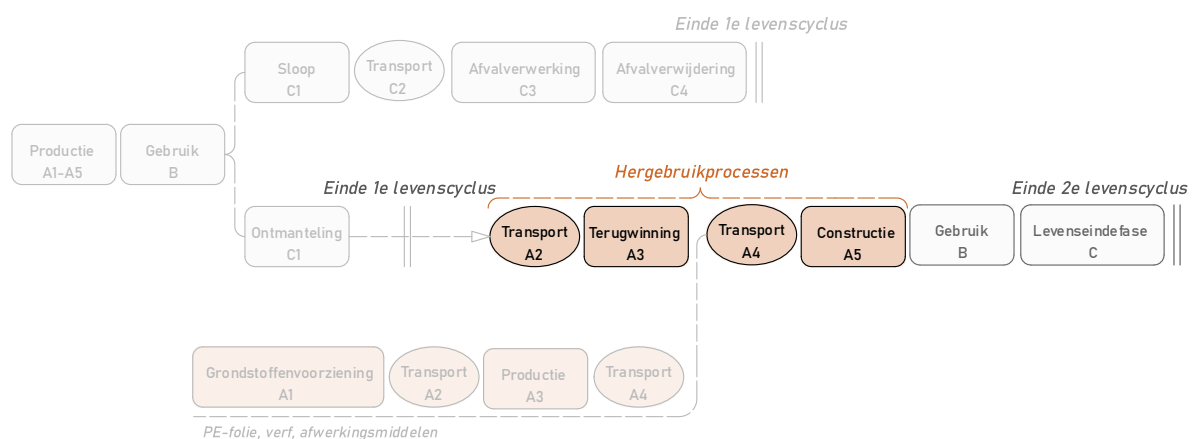
Binnen deze deelanalyse zal de milieu-impact van verschillende terugwinningsprocessen worden geïnventariseerd en afgewogen. Zo kan worden bepaald welke processen de grootste impact met zich meedragen. Niet elk proces kan simultaan worden uitgevoerd op een hergebruikelement. Deze deelanalyse zal dus eerst bepalen welke processen zullen

worden opgenomen in het verdere onderzoek. Het doel is om per categorie bewerkingen die in praktijk voorkomen op te nemen. De geïnventariseerde bewerkingen kunnen worden onderverdeeld in vier categorieën: basisbewerkingen, geavanceerde bewerkingen, oppervlaktebewerkingen en afwerking-slagen. Alle categorieën met bijhorende bewerkingen zijn opgenomen in tabel 15.

Categorie	Handeling	Machine / hulpstof	Milieu-input
Basisbewerkingen	Verwijderen van metalen elementen	Metaaldetector	Elektriciteit
	Verzagen in de breedte	Handcirkelzaag	Elektriciteit
	Maken van openingen ( $\pm 12 \times$ )	Klopboormachine	Elektriciteit
Geavanceerde bewerkingen	Schaven	Brede schaafmachine	Elektriciteit
	Verzagen in de hoogte	Lintzaag	Elektriciteit
Oppervlaktebewerkingen	Opvullen van gaten en scheuren ( $\pm 12 \times$ )	Houtpasta of epoxyhars	Hulpstof
		Staalborstel	Elektriciteit
	Reinigen van oppervlak	Hogedrukreiniger	Elektriciteit + water
		Parketschuurmachine	Elektriciteit
		Straalketel	Specifiek proces
Afwerkingslagen	Aanbrengen van afwerkingslaag	(Brandwerende) verf	Hulpstof
		Vernis	Hulpstof
		Lijnolie	Hulpstof

Tabel 15: Inventarisatie van de verschillende bewerkingen binnen de terugwinningsfase

## 2.6.2 Terugwinning en installatie: A1-5

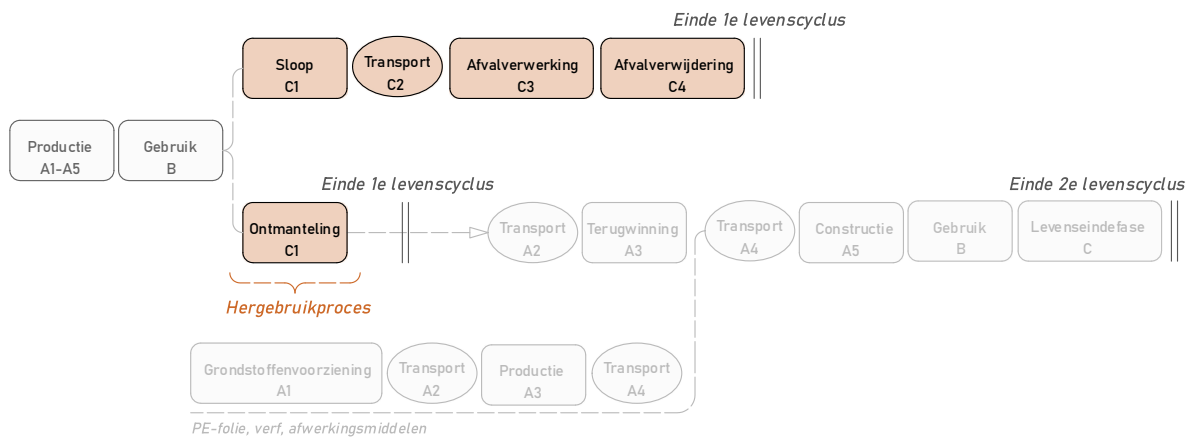


Figuur 115: Schematische weergave van de beschouwde modules (A1-5)

In de deelanalyse van de volledige module A1-5, worden aan de hand van de submodules A4 en A5 ook het transport naar de bouwwerf en de installatie van de elementen in rekening gebracht. Voor de installatie van hergebruikbalken, gelden dezelfde aannames zoals bij nieuwe balken.

In deze fase wordt de vergelijking gemaakt tussen de impact van verschillende combinaties van terugwinningsprocessen en de milieu-impact van nieuwe glulam. Door de vergelijking in deze deelanalyse uit te voeren, is het mogelijk om een gedetailleerd beeld te krijgen van de impact van bepaalde bewerkingen binnen de volledige terugwinningsfase, en deze af te wegen met de fases binnen nieuwe glulamproductie.

## 2.6.3 Einde levensfase: C1-4



Figuur 116: Schematische weergave van de beschouwde modules (C1-4)

Binnen de deelanalyse C1-4, zal de impact van verschillende einde-levensfasescenario's binnen de eerste levenscyclus van een balk worden afgewogen. Een gelijmd gelamelleerd element kan namelijk op verschillende manieren verwerkt worden bij de sloop van een gebouw, wat ook een andere impact levert binnen de levenscyclusanalyse. Ook de niet-destructieve ontmanteling van een balk voor hergebruik levert een bepaalde impact, die in deze analyse zal worden afgewogen met afvalverwerkingsprocedures. Deze deelanalyse levert inzicht in de impact van een ontmanteling op het einde van de eerste levenscyclus van een materiaal, en welke voordelen kunnen worden behaald ten opzichte van een sloop met afvalproductie.

### Ontmantelingsscenario

Voor de levenscyclusinventarisatie van de niet destructieve-ontmanteling werd de opeenvolging aan handelingen opgenomen die nodig zijn om het product de einde-afvalstatus te geven. Dit is bereikt wanneer de glulambalken uit het gebouw zijn getild en klaarstaan voor transport. Handelingen die behoren tot het transport zelf, worden toegekend aan de nieuwe (tweede) levenscyclus van het hergebruikt materiaal.

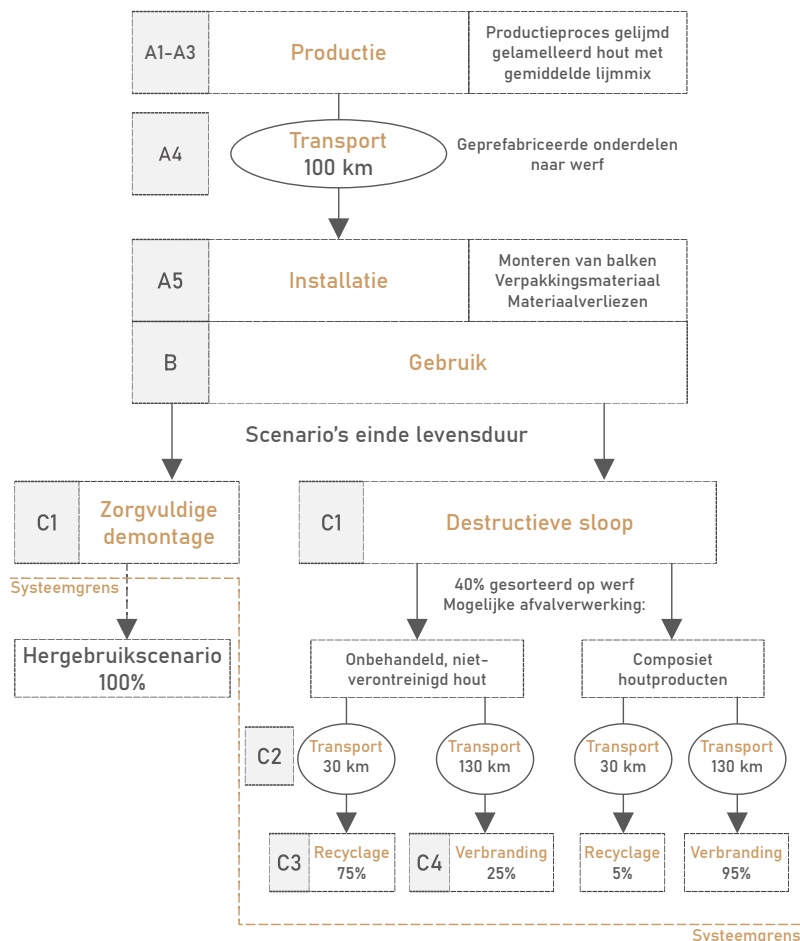
Handeling	Machine / voertuig	Milieu-input
Manoeuvreren met schaarlift	Schaarlift	Elektriciteit (balk 15 m) Diesel (balk 30 m)
Los-of vastschroeven van bouten / schroeven	Slagmoersleutel / boor- en schroefmachine	Elektriciteit
Balk loshijsen en neerleggen	Hydraulische vrachtwagenlaadkraan (balk 30 m) Rupsgraafmachine (balk 15 m)	Diesel

Tabel 16: Inventarisatie van de verschillende stappen in de ontmantelingsprocedure

### Afvalscenario

Houtafvalstromen worden in de VLAREM-wetgeving (Vlaams Reglement op Milieuvergunning) opgedeeld in 3 categorieën. Gelijmd gelamelleerd hout valt hierbij, indien er geen verontreiniging is, onder '*niet verontreinigd behandeld houtafval*', aangezien het een vernist materiaal is. OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij) voert voor deze categorie houtafval geen actief sturend beleid, maar laat de markt spelen. Wettelijk mag het afval zowel (gedeeltelijk) worden ingezet voor spaanplaatproductie (*recyclage*), als voor energetische valorisatie (*verbranding*) (OVAM, z.d.).

Om de levenscyclusanalyse uit te voeren, worden aannames gemaakt over de afvalverwerking op basis van afvalcategorieën uit norm NBN 2017 omtrent B-PCR, die niet strikt gelijk lopen met deze uit de wetgeving. Er worden twee mogelijke categorieën afgetoetst: 'onbehandeld, niet-verontreinigd hout', waarin houtafval hoofdzakelijk wordt gerecycleerd, en 'composiet houtproducten', waarin houtafval hoofdzakelijk wordt verbrand. De bijbehorende aannames zijn afkomstig uit tabellen die worden gebruikt in de norm NBN 2017 omtrent B-PCR. Deze zijn te vinden in tabel 2 van bijlage 5. Figuur 117 geeft de aannames voor de verschillende scenario's weer op schematische wijze.



Figuur 117: Aannames voor verschillende afvalcategorieën

Binnen andere LCA-onderzoeken en -tools werd gelijmd gelamelleerd hout ondergebracht in één van deze afvalcategorieën. Voor het generieke TOTEM-materiaal geldt een andere aanname dan binnen de eerder aangehaald EPD van Office économique Wallon du Bois (OEWB). Zo wijst TOTEM het materiaal toe aan de afvalcategorie 'Composiet houtproducten', en wijst de studie van OEWB het toe aan de afvalcategorie 'Onbehandeld, niet-verontreinigd hout' (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020). Dit wijst erop dat er binnen Belgische context geen eenduidigheid bestaat over de afvalverwerking van gelijmd gelamelleerd hout.

Naast het afwegen van deze theoretische scenario's, wordt ook de afbraak en afvalverwerking van een praktijkcasus geanalyseerd. Dit geeft de mogelijkheid om de gemaakte aannames af te wegen met de realiteit en een specifiek beeld te krijgen van de afvalverwerkingsprocedure voor gelijmd gelamelleerd hout.

## Afvalverwerking van gelijmd gelamelleerd hout bij de afbraak van sporthallen in Gentbrugge

Bij de sloop van de sporthallen in Gentbrugge, werden de balken afgebroken met behulp van een rupskraan. Bij het onderzoek werd het specifieke vermogen en de tijdsduur van de handelingen vastgelegd, waarmee de impact van de sloopfase precies kon worden bepaald. De volledige sloop van beide sporthallen nam een week in beslag.

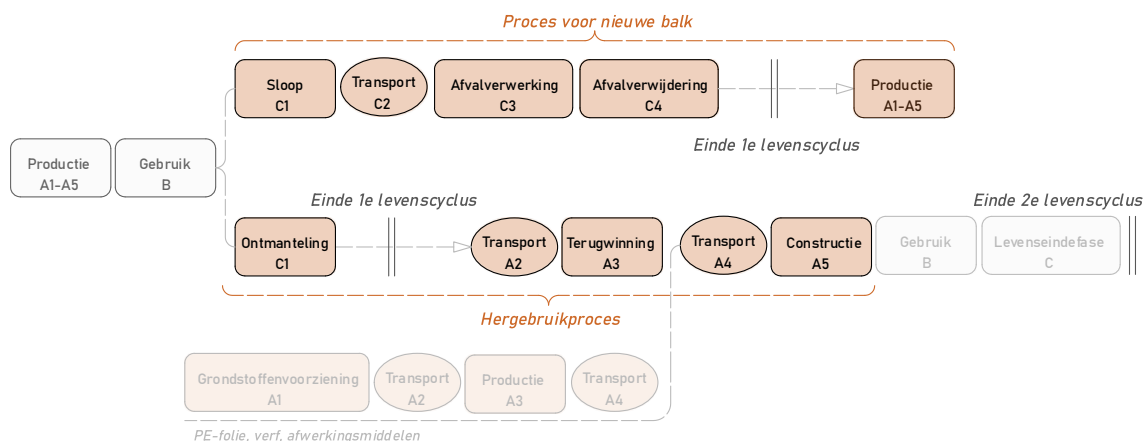
Nadat de balken werden losgetrokken met de rupskraan, werd het sloophout op de werf gesorteerd in een container. Vervolgens wordt het hout verhakseld in kleinere stukken en vervoerd naar recyclagebedrijf Bruco in Hamme. (R. Osselaer, persoonlijke communicatie, 6 maart 2025).

Bij Bruco worden grote verontreinigingen bij een grove voorsortering verwijderd, waarna het hout wordt voorgebroken, ontijzerd en nagebroken. Bij Bruco zal het houtafval zowel worden gebruikt voor aanmaak van spaanplaten, als energetische valorisatie (verbranding) (Bruco, z.d.). Aangezien bij Bruco geen exacte verdeling van houtafval wordt gegeven, zal ook voor deze casestudy een verdeling van 75 % voor recyclage en 25 % voor verbranding aangenomen worden. Andere aannames voor deze praktijkcasus zijn ondergebracht in tabel 6 van bijlage 3.



Figuur 118: het slopen van glulam aan de hand van een rupgraafmachine (casus 3.1) (R. Osselaer, 2025)

## 2.6.4 Hergebruikcyclus C1<sub>L1</sub>-A5<sub>L2</sub>



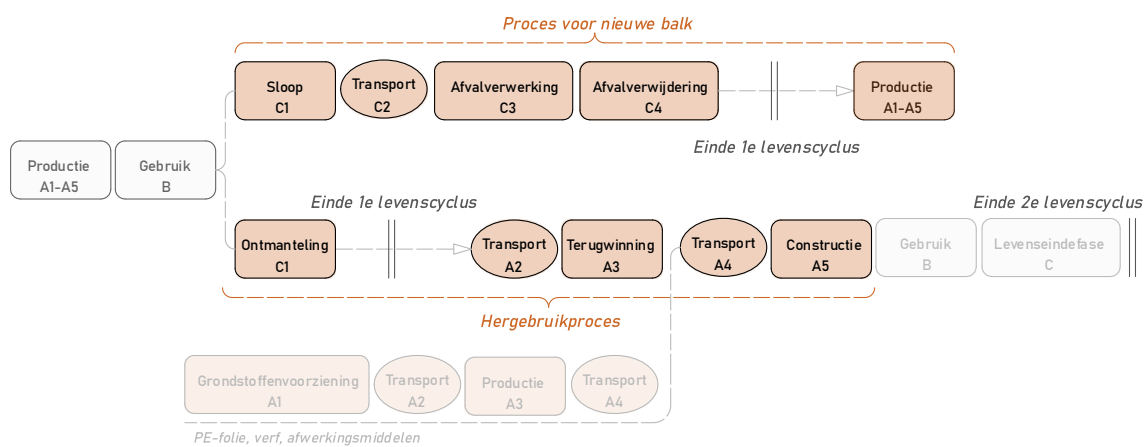
Figuur 119: Schematische weergave van de beschouwde modules (C1-A5)

Om de twee eerdere deelanalyses te combineren, is het mogelijk om deze in de volgorde C1-A5 te beschouwen. Op die manier begint het hergebruikproces bij de ontmanteling, en eindigt het bij de installatie. Om de vergelijking met een nieuwe balk te maken, wordt bij

deze de levenseinde fase opgevolgd door de productie tot en met installatie. De analyse strekt zich dus uit over twee levenscycli, zoals aangeduid op figuur 119.

Deze methode zal worden toegepast in een enkele deelanalyse, maar zal verder niet worden gebruikt. Er wordt immers een dubbel voordeel toegekend aan hergebruik, waardoor een minder conservatieve vergelijking kan worden gemaakt met een nieuwe balk. De methode volgt de balk van ontmanteling tot en met installatie, wat voor een hergebruikte balk een duidelijke opeenvolging van fasen vormt. Voor een nieuwe balk is het echter moeilijk om hier een logische vergelijkingsbasis op te stellen, omdat hiervoor twee levenscycli moeten worden gecombineerd. Deze twee levenscycli vormen geen logisch vervolg op elkaar, waar dat bij hergebruik wel het geval is.

### 2.6.5 Volledige levenscyclus: A1-C4



Figuur 120: Schematische weergave van de beschouwde modules (A1-C4)

Ten slotte wordt de volledige levenscyclus van de hergebruiksbalken ook van A1-C4 geanalyseerd. Net zoals in vorige analyse, wordt ook binnen deze deelanalyse de milieu-impact van de verschillende scenario's tegen elkaar afgewogen, om zo te zien wat de keuze voor bepaalde hergebruikprotocollen oplevert qua milieu-impact. Daarnaast wordt ook gekeken welke reductie in milieu-impact hergebruik op verschillende wijzen oplevert ten opzichte van nieuwe balken. In deze deelanalyse, alsook verdere analyses, worden voor hergebruik en nieuwe balken dezelfde conservatieve aannames gemaakt wat betreft de eindelevensfase. Op die manier zullen – zowel hergebruikte als nieuwe - balken worden beschouwd vanaf de productie of terugwinning tot aan de uiteindelijke verbranding. Na een tweede levensduur is het immers plausibel dat de glulambalk zal worden gerecycleerd of verbrand.

## 3 Resultaten

### 3.1 Terugwinningsprocessen: A1-3

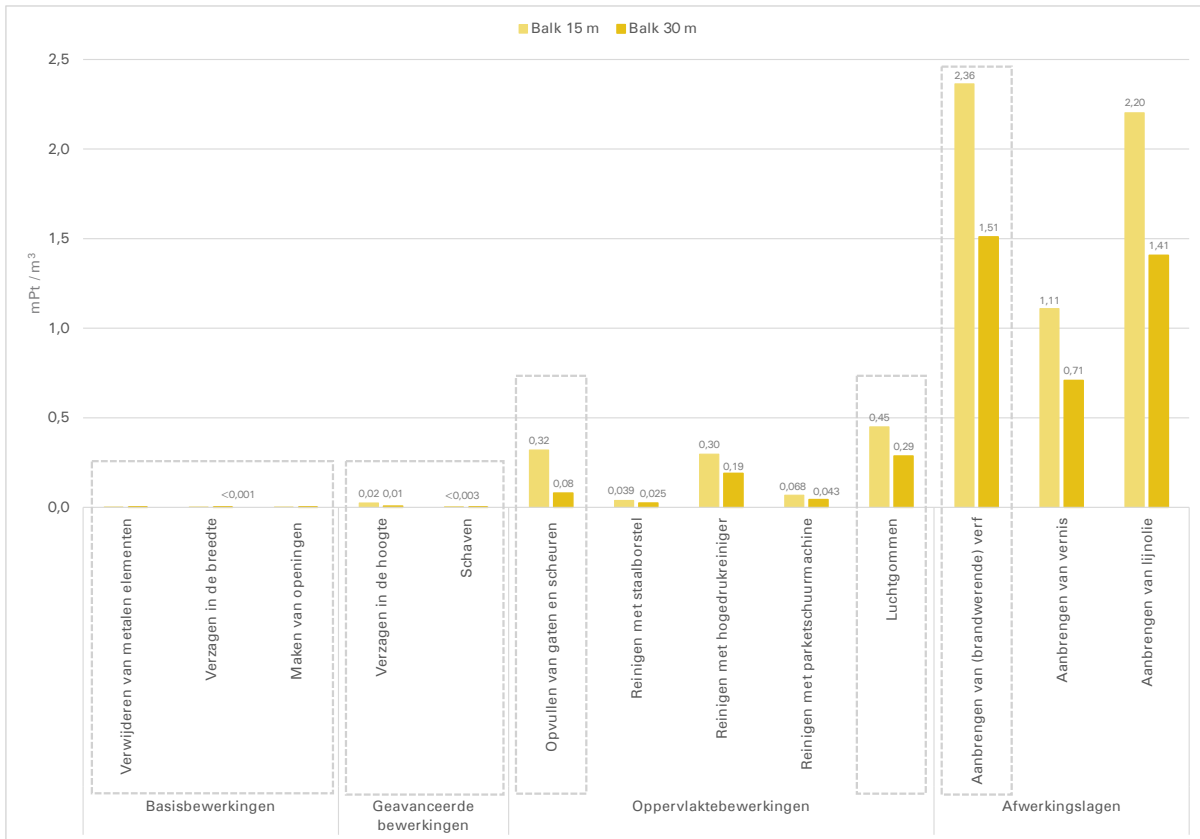
Nadat de aannames en verschillende deelscenario's zijn opgezet, kunnen simulaties worden gemaakt in SimaPro. In een eerste deel worden modules A1 tot A3 beschouwd, en wordt dus een zogenaamde '*Cradle-to-gate*' (wieg tot fabriekspoort) analyse uitgevoerd.

#### Onderzoeksvragen deelanalyse:

1. Welke bewerkingen kunnen binnen het terugwinningsproces voor hergebruik zorgen voor een hoge milieu-impact?
2. Wat is de relatie tussen de uitvoeringstijd en de milieu-impact bij bepaalde bewerkingen?
3. Welke invloed heeft het aantal transportprocessen op de milieu-impact?
4. Wat is het mogelijke milieuvoordeel dat te behalen valt ten opzichte van een nieuw productieproces? Welk scenario behaalt het meeste voordeel?
5. Welke impact heeft de omvang van de balk op de behaalde milieuvoordelen?

### 3.1.1 Bewerkingen

In Scenario II, III en IV wordt telkens een reeks bewerkingen meegenomen. Om te bepalen welke bewerkingen in vervolgonderzoek systematisch zullen worden beschouwd, worden deze eerst ten opzichte van elkaar afgewogen.



Figuur 121: Vergelijking van verschillende bewerkingen op een balk van 15 of 30 m

Figuur 121 stelt de impact van alle bewerkingen voor. Hieruit blijkt dat basisbewerkingen slechts een lage, verwaarloosbare impact hebben. Dit volgt uit het feit dat hiervoor slechts een kortstondig elektriciteitsverbruik met een laag vermogen nodig is. Hoewel voor het ‘verzagen in de hoogte’ en het ‘schaven’ grotere vermogens nodig zijn, blijft de impact van deze geavanceerde bewerkingen eveneens laag door de relatief korte uitvoeringstijd van deze bewerkingen.

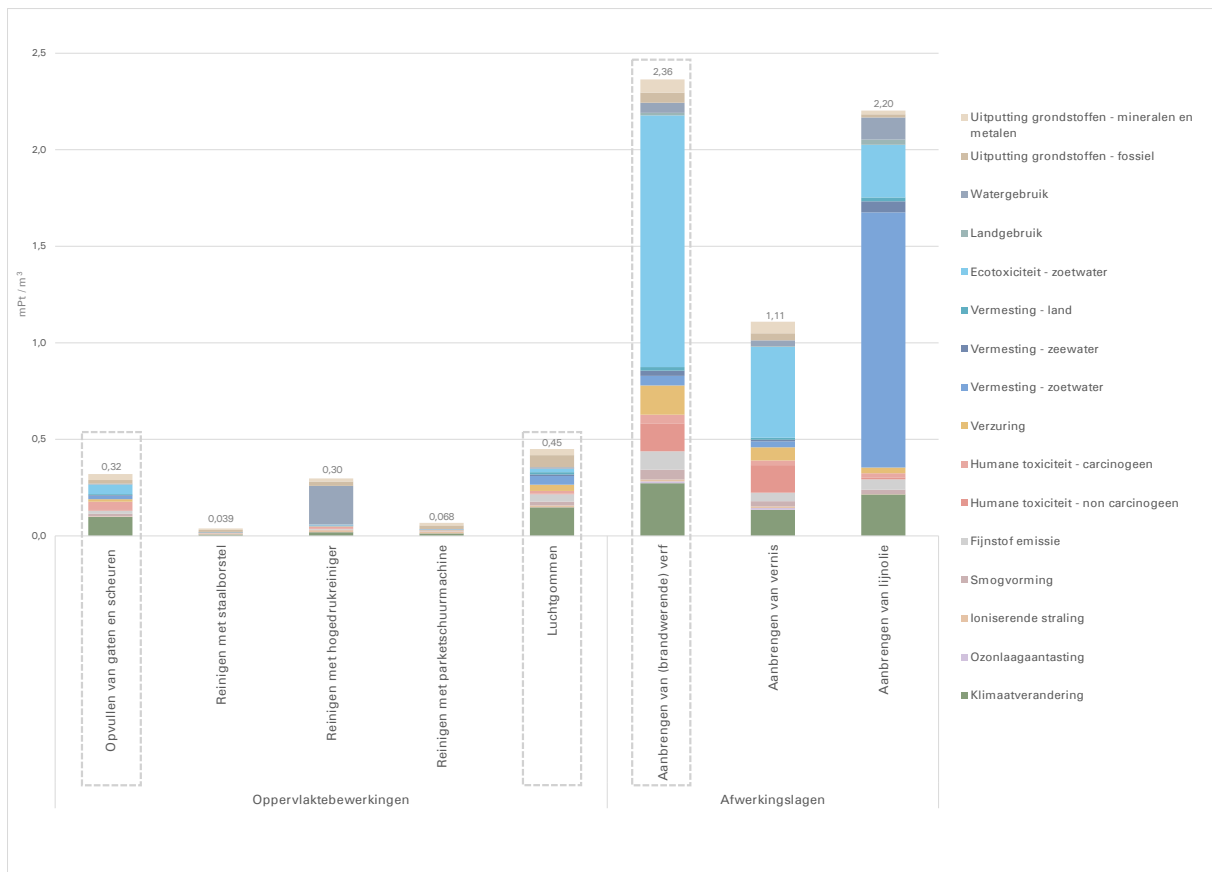
De verschillende oppervlaktebewerkingen hebben een hogere milieu-impact. Het toepassen van epoxyhars, om gaten en scheuren op te vullen, brengt binnen deze categorie een relatief hoge impact met zich mee. Dit komt omdat ook de impact van de epoxyhars hierbij moet worden meegenomen. Ook reinigingsoperaties waarbij een straalmiddel nodig is (hetzij water of aluminiumkorrels), kennen een relatief hogere impact. De impact is hierbij afhankelijk van het type straalmiddel, waarbij duidelijk wordt dat een bewerking met de hogedrukreiniger minder impactvol is dan het luchtgommen (met aluminiumkorrels). Het reinigen met een staalborstel of parketschuurmachine kent de laagste impact van alle oppervlaktebewerkingen.

De verschillende afwerkingslagen kennen, net zoals de epoxyhars, elk een eigen impact als hulpstof. In combinatie met het relatief grote oppervlak waarop ze worden toegepast,

brengh dit een grote impact met zich mee die de andere bewerkingen aanzienlijk overstijgt. Hierbij liggen het aanbrengen van lijnolie en verf binnen dezelfde grootteorde, terwijl vernis ongeveer de helft van de impact van de andere twee processen teweegbrengt.

Aangezien de resultaten worden uitgedrukt in  $m^3$ , is de verhouding tussen impacten voor een kleine en grote balk gelijk aan de verhouding van het specifieke oppervlak van deze balken (respectievelijk  $17,4 m^2/m^3$  en  $11,1 m^2/m^3$ ). Hierdoor kent het uitvoeren van een oppervlaktebewerking op een grote balk steeds een relatief lagere impact.

Uit elke categorie zullen bepaalde bewerkingen worden meegenomen in het vervolg van het vergelijkende onderzoek, om zo een realistische opeenvolging van processen te verkrijgen die overeenstemt met de praktijk. Indien bepaalde handelingen een zelfde doel kennen (zoals reinigen of beschermen), werd de handeling met de grootste impact aangenomen om een conservatieve benadering aan te houden. In het verdere verloop zullen dus louter de bewerkingen, die omkaderd zijn in figuur 121, meegenomen worden in de scenario's.



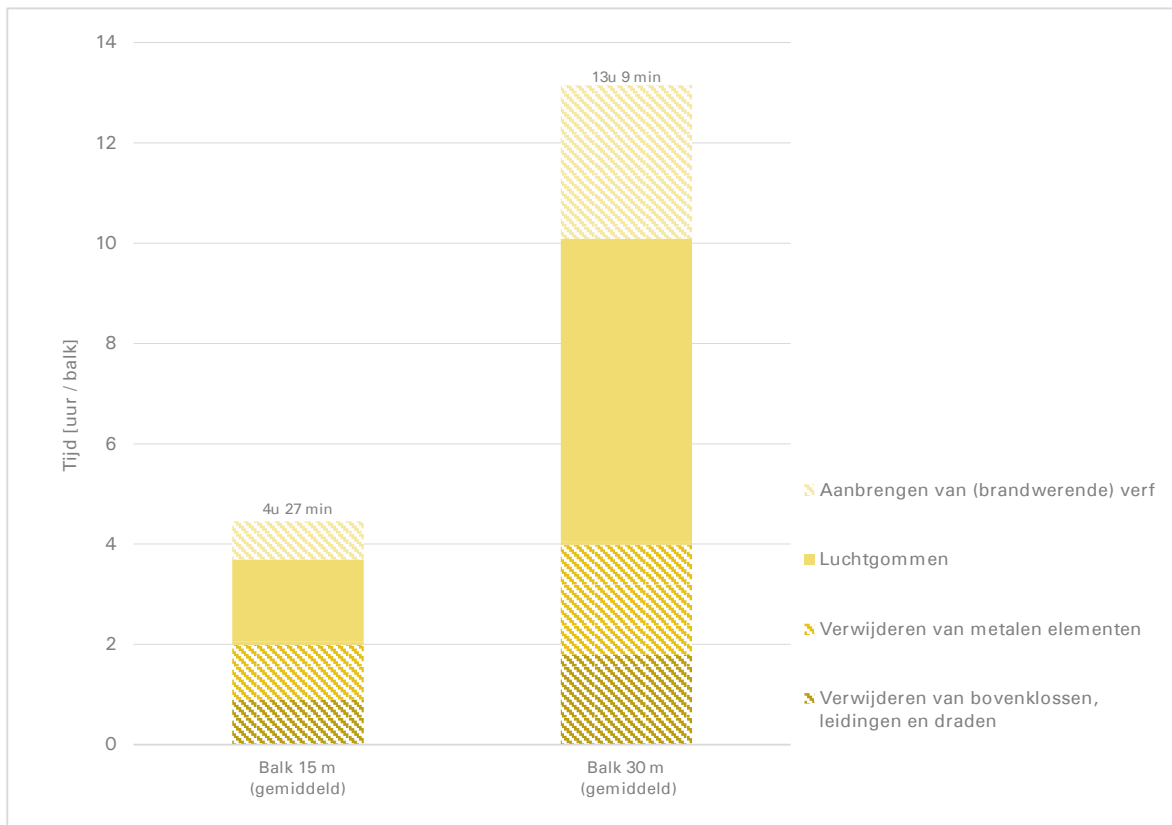
Figuur 122: Vergelijking van verschillende bewerkingen aan de hand van de impactindicatoren op een balk van 15 m

Op figuur 122 worden de basis- en geavanceerde bewerkingen buiten beschouwing gelaten. Dit laat toe om de impactindicatoren van de bewerkingen met de grootste impact te vergelijken. Uit deze analyse blijkt een vrij grote verscheidenheid aan indicatoren over alle bewerkingen heen. De indicator klimaatverandering is zowel voor het vullen van scheuren (met epoxyhars), het luchtgommen, het aanbrengen van verf, vernis en lijnolie een duidelijk milieu-effect.

De impact van het reinigen met een hogedrukreiniger en luchtgommen komt voort uit het effect dat de bewerkingen hebben op respectievelijk watergebruik en uitputting van grondstoffen, meer specifiek de ontginning van aluminium voor het stralmiddel.

De relatief hogere impact van de eerder chemische bewerkingen zoals een verf- of vernislaag is te wijten aan de invloed op de ecotoxiciteit van zoetwater. Bij lijnolie vormt de vermisting van zoetwater het belangrijkste aandeel. De opbouw en productieprocedure van de afwerkingslagen brengt deze milieueffecten teweeg, waardoor ze een opvallend hogere totaalimpact verkrijgen dan andere bewerkingen.

De meegenomen bewerkingen in het vervolg van het onderzoek, hebben binnen hun categorie niet alleen de hoogste score in  $mPt/m^3$ , maar ook op vlak van klimaatverandering. De gekozen bewerkingen vormen dus een bovenwaarde voor andere soortgelijke processen op basis van totaalscore, alsook  $CO_2$ -impact.



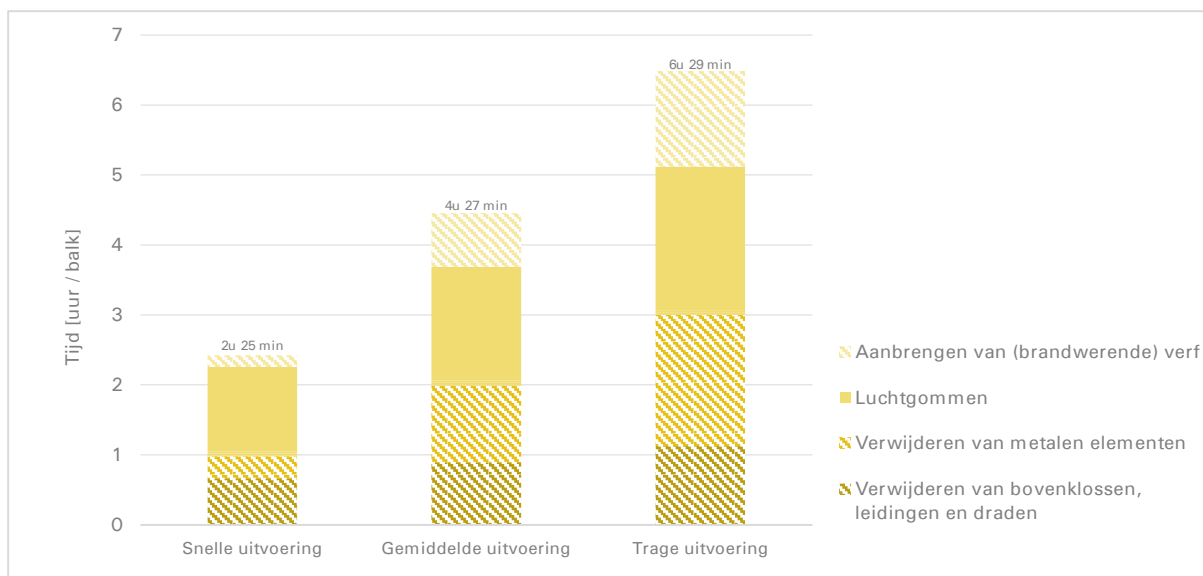
Figuur 123: Cumulatieve tijdsduur voor het uitvoeren van de voornaamste bewerkingen, voor een balk van 15 m of 30 m; waarde uitgedrukt in uur/balk

Op figuur 123 wordt de tijdsduur van het scala aan meegenomen bewerkingen cumulatief opgeteld. Dit illustreert de totale tijdsduur om een glulambalk volledig af te werken, wanneer wordt gekozen om al deze bewerkingen uit te voeren. Manuele handelingen zijn op de figuur gearceerd weergegeven. Wegens hun beperkte tijdsduur, zijn de handelingen ‘verzagen in de breedte’, ‘maken van openingen’, en ‘scheuren opvullen met hars’ weggelaten.

Uit de analyse blijkt dat de nodige tijdsduur om constructierestanten of metalen elementen te verwijderen, lineair stijgt met de balklengte. De benodigde tijd voor het behandelen van een balk van 30 meter, bedraagt dus het dubbele van een balk van 15 meter. Voor oppervlaktebewerkingen en afwerkingslagen geldt dat, wanneer de lengte verdubbelt, de nodige tijdsduur verviervoudigt. De oppervlakte van de balkzijden neemt immers snel toe bij stijgende de lengte, zoals de typebalken in de methodologie (2.1) illustreren.

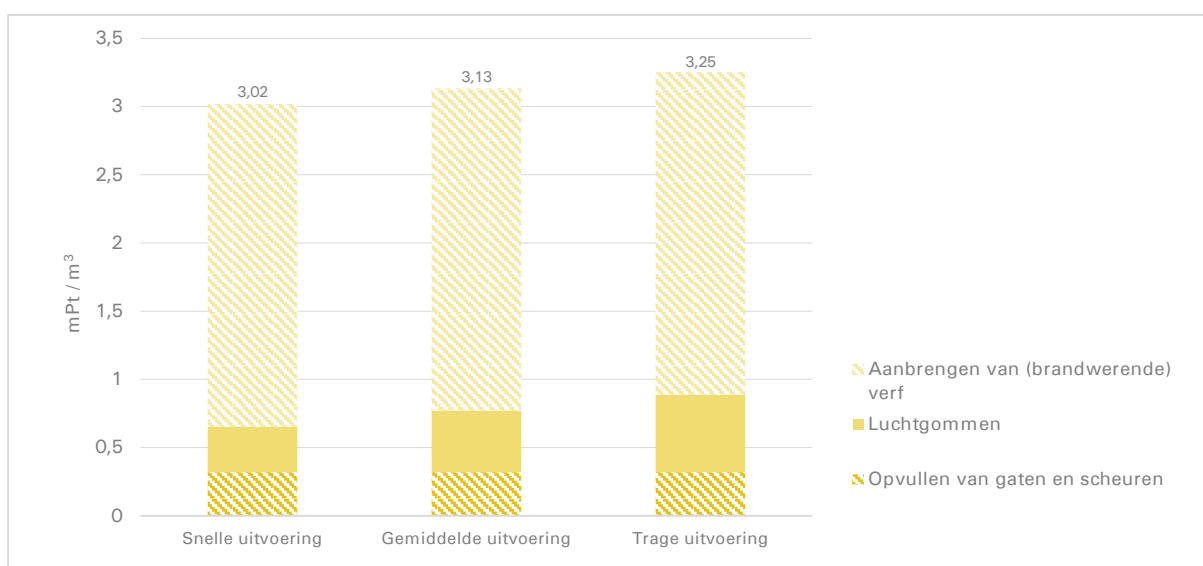
Voor oppervlaktebewerkingen kunnen heel wat tijd innemen, aangezien het bereik van de toestellen (zoals het straalpistool bij luchtgommen) relatief klein is in verhouding tot de te bewerken oppervlakte. Voor een balk van 30 meter bedraagt de totale zij-oppervlakte bijvoorbeeld 87 m<sup>2</sup>, wat een totale tijd van ongeveer 6 uur voor luchtgommen oplevert en 3 uur voor het aanbrengen van een verflaag.

Figuur 123 illustreert dus ook waarom de nodige bewerkingen bij veel projecten beperkt zullen blijven tot wat essentieel is. De totale tijdsduur loopt immers snel op met het toenemen van uitgevoerde processen, waardoor de rendabiliteit in het gedrang komt.



Figuur 124: Cumulatieve tijdsduur voor het uitvoeren van de voornaamste bewerkingen, voor een balk van 15 m in drie situaties; waarde uitgedrukt in uur / balk

Gedurende het onderzoek werd een brede spreiding waargenomen op de nodige tijdsduren. Deze hangt onder meer af van de omstandigheden in de materialenbank, de beschikbare apparatuur, en de staat van de balk na ontmanteling. Een balk kan bijvoorbeeld erg veel metalen elementen bevatten door de toepassing in een eerder gebouw, wat de tijdsduur snel kan opdrijven.

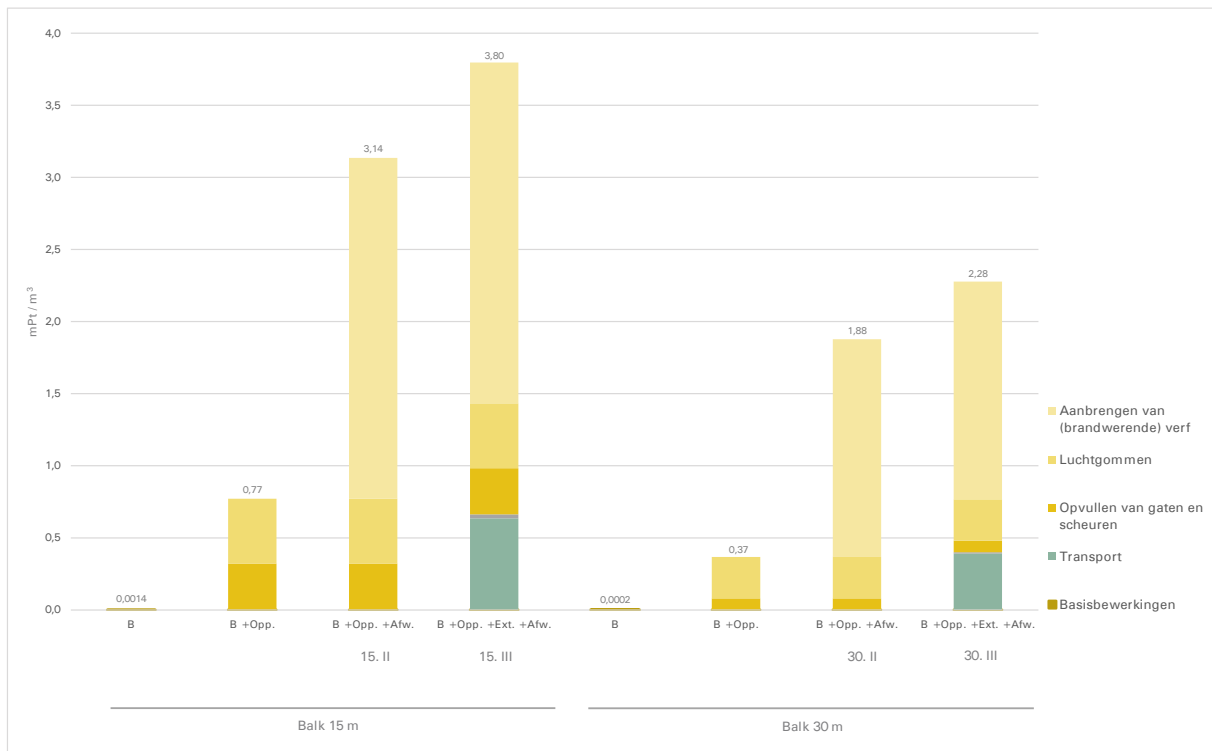


Figuur 125: Cumulatieve milieu-impact voor het uitvoeren van de voornaamste bewerkingen, voor een balk van 15 m in drie situaties

Figuur 125 toont de milieu-impact die gepaard gaat met verschillende uitvoeringssnelheden. Manuele handelingen staan niet weergegeven op de grafiek, aangezien deze geen impact hebben. Afgezien van mechanische oppervlaktebewerkingen, zoals luchtgommen, blijft de impact in de drie situaties dezelfde voor andere bewerkingen. Voor de milieu-impact is het dus weinig van belang of de handelingen lang, dan wel kort duren. Er wordt vanuit gegaan dat het materiaalverbruik in alle gevallen immers hetzelfde blijft.

Het elektriciteitsverbruik en straalmiddelverbruik varieert daarentegen wel met de tijd, al is het belang van deze toegenomen impact relatief beperkt ten opzichte van de impact van de hulpstoffen.

### 3.1.2 Scenario II-III



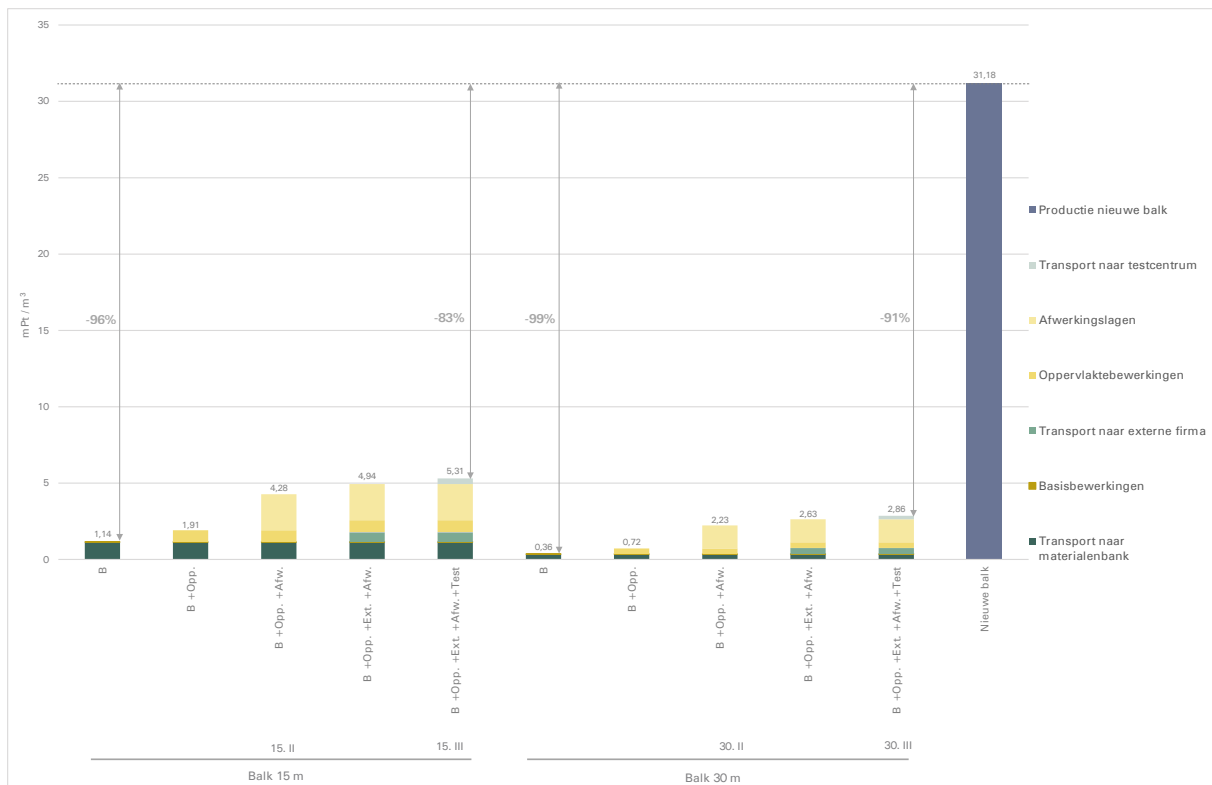
Figuur 126: Milieu-impact voor verschillende subscenario's, voor een balk van 15 m of 30 m

Figuur 126 toont de milieu-impact voor verschillende combinaties van bewerkingscategorieën. Indien men louter basisbewerkingen zou uitvoeren, is er nauwelijks milieu-impact.

Wanneer men zowel oppervlaktebewerkingen als een afwerkingslaag toevoegt aan deze basisbewerkingen, stijgt de impact. Bovenstaande combinatie basisbewerkingen (B), oppervlaktebewerkingen (Opp.) en afwerkingslagen (Afw.), zal steeds worden meegenomen in het analyseren van Scenario II (code 15.II en 30.II).

In Scenario III gebeuren daarnaast ook nog geavanceerde bewerkingen bij een externe firma (Ext.). Deze bewerkingen zelf hebben een beperkte impact, maar aangezien deze niet in de materialenbank zelf gebeuren, zal er bijkomend transport nodig zijn. Dit transport levert een extra impact, die hoger ligt dan die van de externe bewerkingen die zullen uitgevoerd worden.

Hoewel een balk van 30 meter een groter oppervlak heeft, en dus meer materiaal en tijd vergt, geeft de grafiek een lagere impact weer. De waarde is immers uitgedrukt in  $mPt/m^3$  en de totale impact per balk wordt dus gedeeld door het volume. Het volume van een balk van 30 meter is het zesvoud van een balk van 15 meter, waardoor deze algemeen een lagere score per kubieke meter heeft. De milieu- en tijdsefficiëntie van de processen per kubieke meter materiaal verhoogt dus naarmate de balk toeneemt in lengte.



Figuur 127: Milieu-impact voor verschillende subscenario's, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Om de volledige module A1-3 te beschouwen, is het nodig om alle impacten te beschouwen die worden veroorzaakt voordat het materiaal naar een nieuwe werf vertrekt. Het transport naar de materialenbank, oftewel de opslagplaats van de aannemer of handelaar, (aannee 100 km, zie tabel 7 uit bijlage 3) maakt daar deel van uit en is in het donkergroen weergegeven op figuur 127.

Uit de grafiek op figuur 127 blijkt dat de impact van het transport hoger zal liggen dan de impact van basis- en oppervlaktebewerkingen. Hiermee is dus duidelijk dat het beter is wanneer een materiaal niet naar een materialenbank wordt gebracht voor deze bewerkingen, en deze dus ter plaatse op de ontmantelingswerf kunnen gebeuren. Echter maakt opslag een essentieel deel uit van de meeste hergebruikprocessen en is in de materialenbank infrastructuur aanwezig om de materialen op een goede manier te kunnen verwerken. De impact van transport kan dus praktisch niet makkelijk worden uitgespaard.

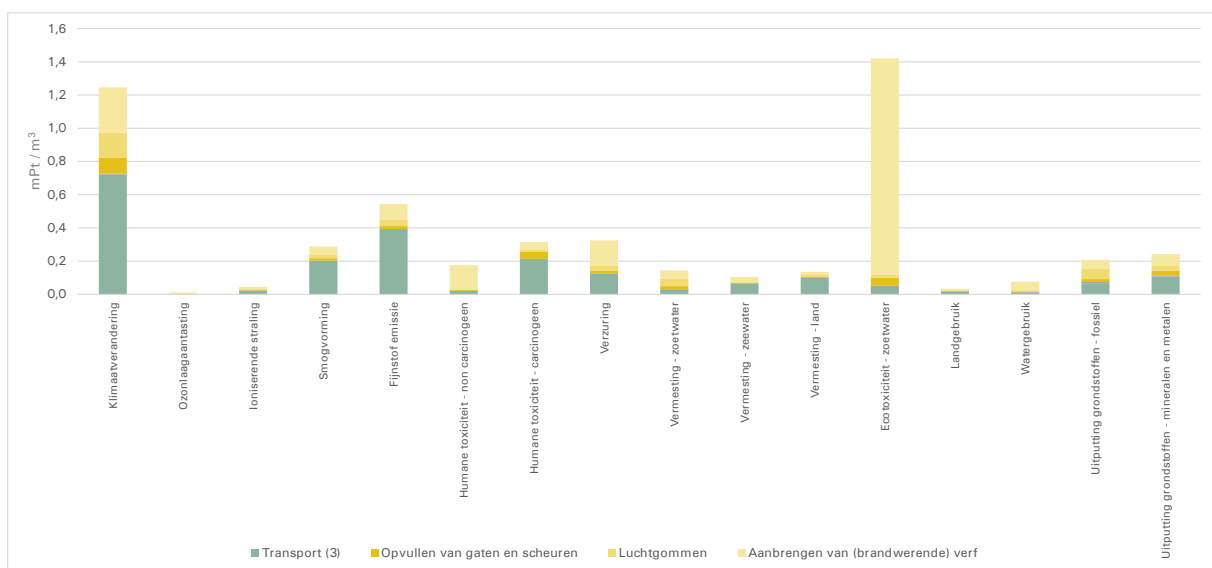
Binnen Scenario III worden, naast alle mogelijke bewerkingen, ook testprocedures opgenomen. Er werd hiertoe een impact toegekend aan het transport naar het testcentrum (zie tabel 7 uit bijlage 3), maar niet aan de procedures in het testcentrum. Dit transport heeft slechts een klein aandeel in de totale resulterende milieu-impact van Scenario III. Het testen van elementen, zal de milieu-impact dus niet significant verhogen.

De verschillende subscenario's bevatten trapsgewijs meer bewerkingen, maar de milieu-impact neemt het zwaarst toe wanneer er een verflaag wordt toegevoegd op het hergebruikte materiaal. De keuze voor een verflaag, en bij uitbreiding andere afwerkingslagen, kan dus een grote toename in impact veroorzaken. Deze keuze gebeurt bijvoorbeeld om esthetische redenen, maar kan evengoed ook worden toegepast om een

hogere duurzaamheid, langere levensduur of zelfs betere brandweerstand te verkrijgen. De milieutechnische nadelen kunnen dus worden afgewogen ten opzichte van de te behalen voordelen in een project.

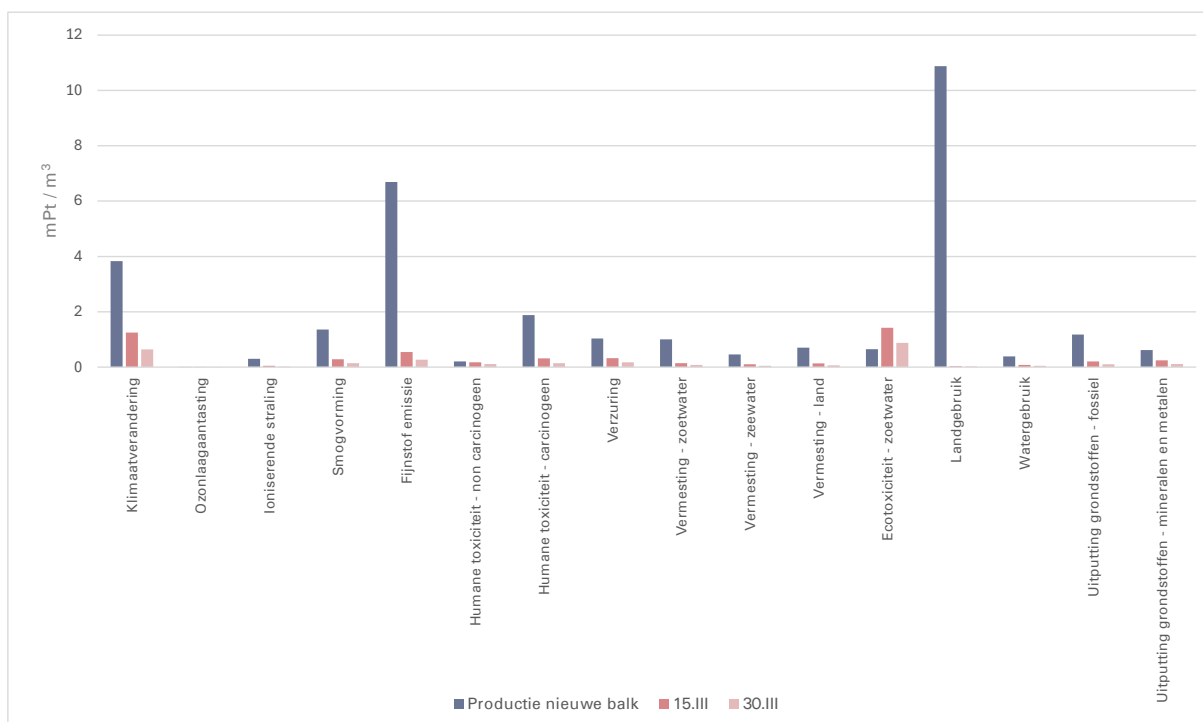
Daarnaast is de totale impact met deze afwerkingslagen en alle andere bewerkingen nog steeds veel lager dan een nieuw productieproces, waarmee duidelijk wordt dat het voordeel van hergebruik nog steeds aanzienlijk blijft.

Figuur 127 geeft weer dat het hergebruik van balken van 15 meter voor de module A1-3 een reductie van 83% tot 96%, afhankelijk van het aantal bewerkingen en extra verplaatsingen, van de milieu-impact oplevert ten opzichte van een nieuw geproduceerd alternatief. Voor balken van 30 meter is er een nog hogere reductie in milieu-impact, van 91% tot zelfs 99%. De milieuvoordelen die worden verkregen met dezelfde hoeveelheid bewerkingen, vergroten dus naarmate een grotere balk behandeld wordt.



Figuur 128: Vergelijking van verschillende processen in hergebruikscenario III aan de hand van de impactindicatoren v een balk van 15 m

Figuur 128 toont de impacten per categorie in Scenario III, waarin er transport is naar een materialenbank, externe firma en testcentrum. Dit transport zorgt voornamelijk voor impacten op vlak van klimaatverandering, smogvorming en fijnstof. Zoals eerder vermeld, scoort een verlaag slecht door de impact op zoetwater ecotoxiciteit, waardoor dit de belangrijkste indicator vormt. Het geheel aan bewerkingen draagt daarnaast ook bij aan de indicator 'klimaatverandering', wat een belangrijke bijdrage levert aan de totale impact.



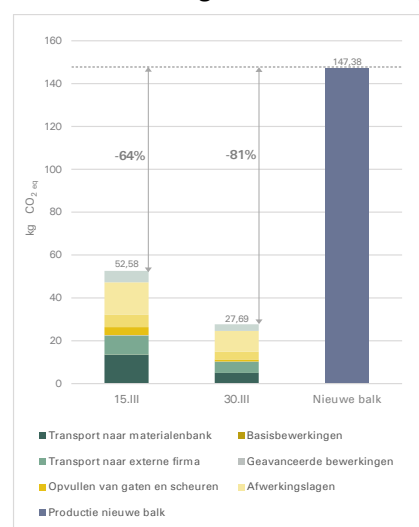
Figuur 129: Impact hergebruikscenario III aan de hand van de impactindicatoren, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Op de indicator voor zoetwater ecotoxiciteit na, scoort hergebruik over alle impactcategorieën heen beter, zelfs in het meest uitgebreide hergebruikscenario. Het productieproces van een nieuwe balk vertoont hoge waarden op vlak van klimaatverandering, fijnstof emissie en landgebruik.

Een belangrijke voordeel van hergebruik is de uitgespaarde milieubelasting op vlak van landgebruik. Waar dit voor een nieuwe glulamproductie een significante bijdrage vormt aan de totaalscore, is dit milieu-effect bij hergebruik niet aanwezig. Dit voordeel ontstaat omdat het element bij hergebruik reeds is geproduceerd, en dus geen hout meer moet worden ontgonnen uit een bos. Hierdoor vervalt de impact van het landgebruik dat nodig is voor de bosbouw.

Ook de emissie van fijn stof ligt vele malen hoger bij een nieuwe productie dan bij een hergebruikproces. Deze emissies komen zowel vrij bij de verwerking van het massiefhout, bij de productie van de lijm, als bij vele andere stappen tijdens het productieproces van de nieuwe balk.

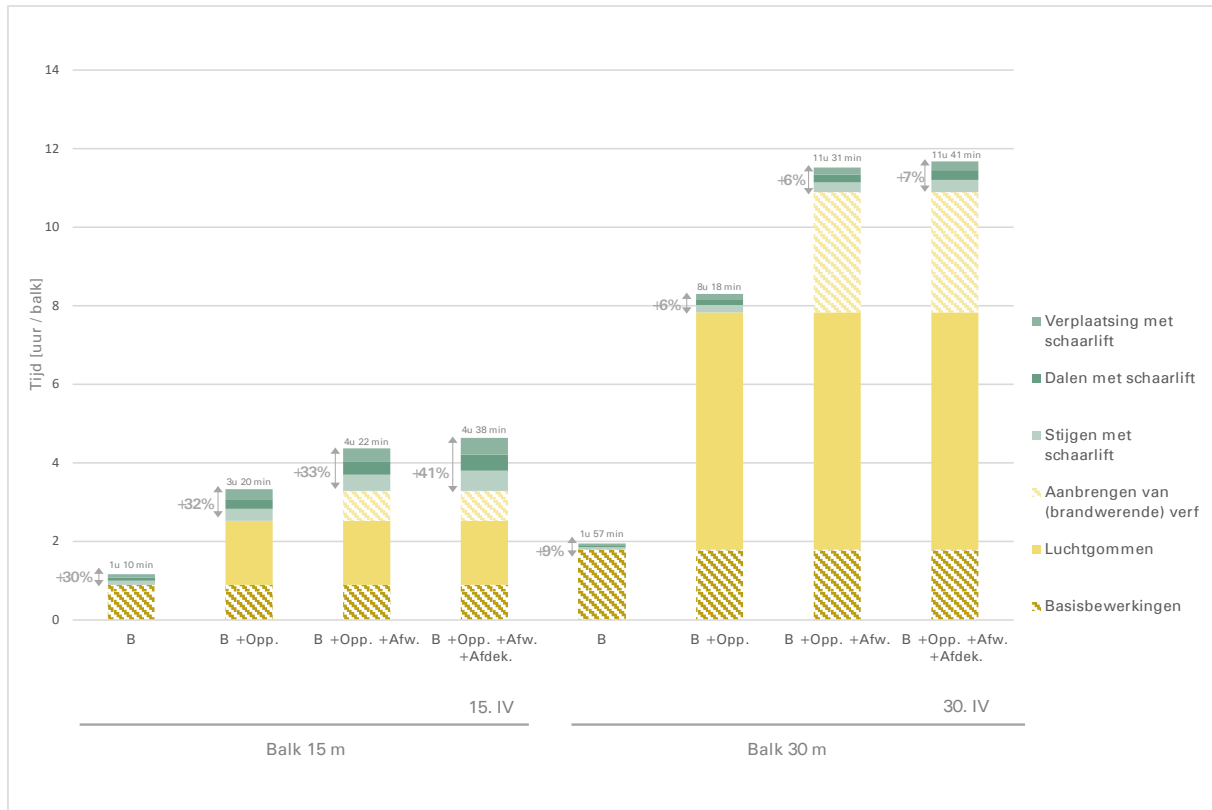
Op het gebied van klimaatverandering is ook een belangrijke besparing merkbaar. Echter is deze besparing voor hergebruik, voornamelijk door de productie van de hulpstoffen en het transport, minder dan de besparing die kan worden verkregen op de totaalscore. De grafiek op figuur 130 toont dat hier een besparing tot 81 % kan worden verkregen, wat nog steeds een belangrijke reductie vormt.



Figuur 130: CO<sub>2</sub>-impact voor scenario III, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk, waarde in kg CO<sub>2</sub> eq

### 3.1.3 Scenario IV

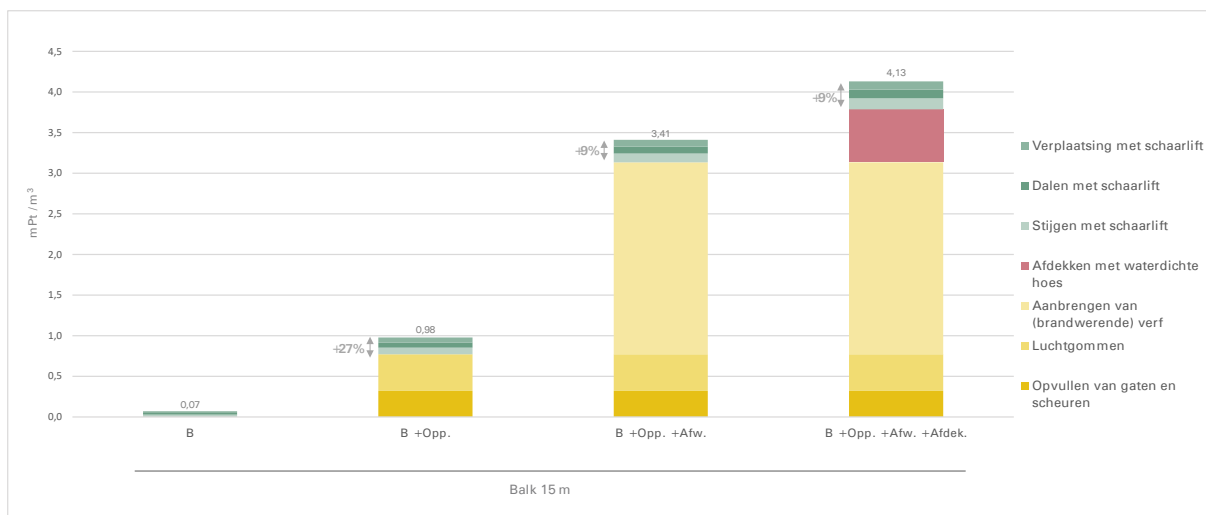
In scenario IV vinden soortgelijke bewerkingen plaats als scenario II of III. Het verschil is dat al deze bewerkingen in situ gebeuren, op de bouwplaats zelf. Transportoperaties naar een materialenbank worden in deze fase dus uitgespaard.



Figuur 131: Cumulatieve tijdsduur voor verschillende subscenario's binnen scenario IV, voor een balk van 15 m of 30 m; waarde uitgedrukt in uur/balk

In dit scenario wordt aangenomen dat een hoogtewerker wordt gebruikt om tot bij de spanten, die nog in positie zitten, te komen. Vanop het platform van de hoogtewerker (3 tot 6 meter breed) voert men alle bewerkingen uit. Het bereik van de uitvoerder is dus beperkt tot dit platform, waardoor de hoogtewerker enkele keren per bewerking mee zal moeten verplaatsen. Ter illustratie: om het hele balkoppervlak van een balk met 15 meter lengte te bereiken, zijn reeds 10 verplaatsingen nodig. De balk heeft immers een lengte van 15 meter en een kleine hoogtewerker heeft een platformbreedte van 3 meter. Dit platform moet steeds aan de twee zijden van de balk in positie gebracht worden, wat volgende berekening oplevert:  $((15\text{ m} * 2 / (3\text{ m})) = 10)$ .

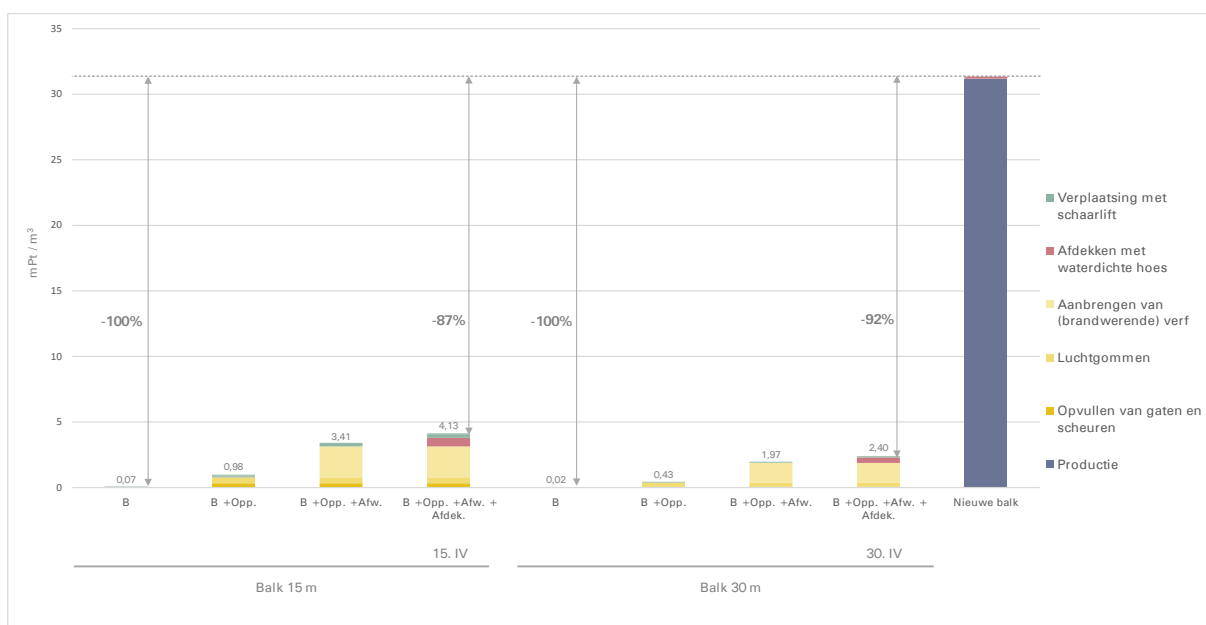
De werkwijze zorgt ervoor dat voor alle bewerkingen extra verplaatsingen met de hoogtewerker nodig zijn. Zoals figuur 131 illustreert, kan hierdoor de benodigde tijdsduur voor een kleine balk tot 41% stijgen.



Figuur 132: Milieu-impact voor verschillende subscenario's binnen scenario IV, voor een balk van 15 m

Figuur 132 geeft de milieupact weer van verschillende subscenario's met een verschillend aantal bewerkingen binnen Scenario IV. Naast basis-, oppervlaktebewerkingen en afwerkingslagen, wordt ook het aanbrengen van een waterdichte hoës uit polyethyleen in rekening gebracht voor het bepalen van de totale impact. In een scenario waarbij de spanten behouden blijven en de rest van de structuur wordt gesloopt, is het immers aan te raden om de spanten af te dekken. Deze hoës levert een belangrijke extra impact op in het totale samenstel van bewerkingen.

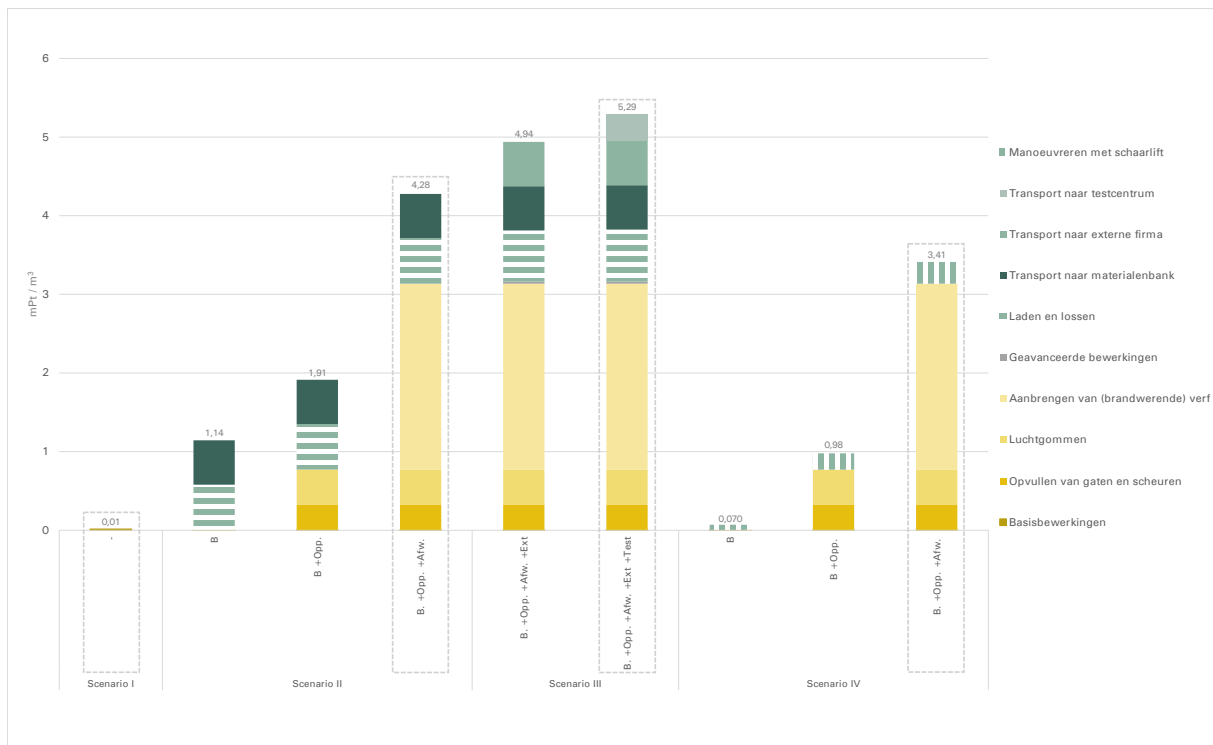
Op figuur 131 werd tot 41% extra tijdsduur door het gebruik van een hoogwerker opgemerkt. Op vlak van milieupact is voor een volledige reeks bewerkingen een lichtere stijging vast te stellen op figuur 132. Indien men van een steiger zou overgaan tot het gebruik van een hoogwerker, zorgt dit slechts voor 9% extra impact (voor een balk van 15 meter). Het beperken van het aantal manoeuvres met de schaarlift zal dus geen belangrijk milieuvordeel opleveren, maar wel een tijdsvoordeel.



Figuur 133: Milieu-impact voor verschillende subscenario's binnen scenario IV, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Op figuur 133 wordt de impact van behoud in verschillende subscenario's afgewogen met het gebruik van een nieuwe balk. Het uitvoeren van alle bewerkingen in situ op een bestaande glulambalk, kan zorgen voor een reductie van 87% tot zelfs bijna 100% ten opzicht van de impact van een nieuwe balk. Het vermijden van de transportoperaties, brengt dus een extra milieuvoordeel teweeg. Het gebruik van een schaarlift heeft dan ook een lagere impact dan de transportoperaties.

### 3.1.4 Onderlinge vergelijking



Figuur 134: Milieu-impact voor verschillende subscenario's, voor een balk van 15 m

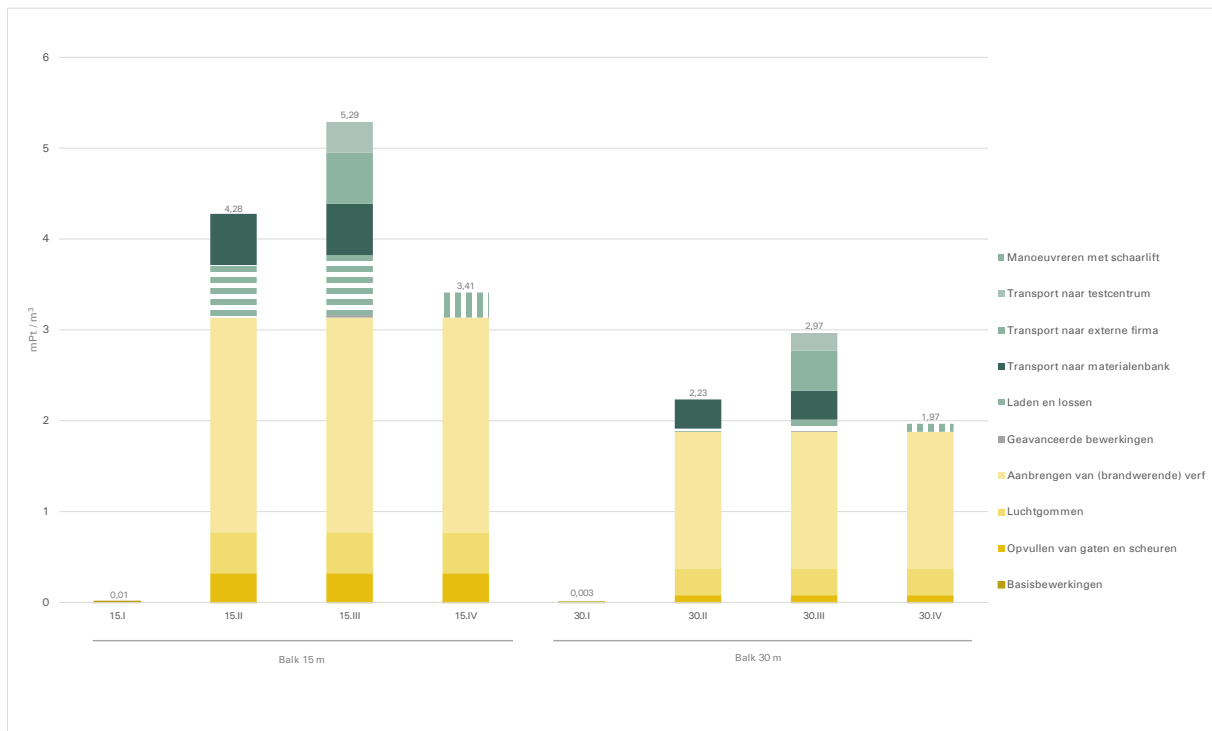
Figuur 134 biedt een vergelijking van de milieu-impact van verschillende (sub)scenario's ten opzicht van elkaar. Ten opzicht van de eerder opgestelde grafieken, is hier de transportimpact opgesplitst in een component 'transport' en een component 'laden en lossen.' Het inladen en terug uitladen van een balk bij de materialenbank of op externe locatie, zal namelijk ook een belangrijke bijdrage leveren tot de totale transportimpact.

Scenario I kent de laagste impact wanneer enkel modules A1-3 beschouwd worden, aangezien de enige bewerking die hier gebeurt, een verzaging op de werf is. Daaropvolgend kent scenario IV de op één na laagste impact. Op vlak van milieu-impact, is een oppervlaktebewerking in situ dus bijvoorbeeld gunstiger dan het uitvoeren van basisbewerkingen in een materialenbank. Wanneer hier een verlaag aan wordt toegevoegd, stijgt deze score wel boven de transportimpact uit.

De hoge impact van dit transport, komt enerzijds voort uit het vervoer van de balk zelf, en anderzijds uit het inladen van de balk op een transportvoertuig. De impact van dit inladen, komt voort uit het hoge vermogen van de rupsgraafmachine die wordt gebruikt om de balk van 15 m op het voertuig te positioneren.

Ondanks dat 'laden en lossen' steeds een belangrijk aandeel in de totaalimpact heeft, stijgt de impact weinig bij een stijgend aantal transporten. Dit komt omdat wordt aangenomen dat het uitladen bij een materialenbank of op externe locatie gebeurt met een vorkheftrac. Deze heeft een veel beperkter vermogen en dus lager aandeel in de milieu-impact, dan een graafmachine. Op de grafiek wordt zo ook duidelijk dat een extra transport naar een testcentrum of locatie voor externe bewerkingen geen belangrijk aandeel heeft in de impact.

De impact van de verflaag blijft steeds de dominantste impact vormen en vormt dus een belangrijke keuze in het hergebruikproces met betrekking tot milieu-impact.



Figuur 135: Milieu-impact voor verschillende scenario's, voor een balk van 15 m of 30 m

Het verschil in methode tussen een balk van 15 m en 30 m, zoals beschreven in deel 2.1, heeft ook weerslag op de milieu-impact, zoals weergegeven op figuur 135.

Het laden en lossen bij een balk van 30 meter vormt een significant kleinere impact, in vergelijking met een balk van 15 meter. Het gebruik van een camionkraan in plaats van een rupsgraafmachine levert hier dus milieuvoordeel op, al komt dit voordeel ook mee voort uit het schaafeffect. De volledige transportimpact vertegenwoordigt hierdoor een groter aandeel in de totale impact van een kleine balk.

Desondanks vormen bewerkingen in alle scenario's, zowel bij de grote als de kleine balk, het belangrijkste aandeel van de totaalimpact. Aangezien bewerkingen dus milieuefficiënter worden naarmate de lengte van de balk toeneemt, zal ook de totale impact per volume-eenheid over de module A1-3 afnemen bij de hergebruik van een grotere balk. De impact per kubieke meter is dan ook 42% (scenario IV) tot 48% (scenario II) lager voor een balk van 30 meter ten opzichte van een balk van 15 meter.

### 3.1.5 Conclusies deelanalyse A1-3

1. **Basisbewerkingen**, die steeds noodzakelijk zijn voor hergebruik, kennen een **verwaarloosbaar lage milieu-impact**. Ook de **impact van oppervlaktebewerkingen is relatief beperkt**. Van deze mogelijke bewerkingen, hebben de operaties met een extra materiaalverbruik de hoogste impact.

Het aanbrengen van **afwerkingslagen** heeft veruit de **hoogste milieu-impact**, en kan hiermee de impact van een volledige terugwinningsprocedure aanzienlijk doen toenemen. De meest vervuilende afwerkingslaag, die ook in de verdere analyses wordt opgenomen, is (brandwerende) verf. Deze kent een hoge impact door het aandeel in de ecotoxiciteit van zoetwater. Wanneer wordt gekozen voor een verflaag, zal de impact van deze bewerking steeds het **belangrijkste aandeel van de totale impact** uitmaken in de module A1-3.

2. Manuele arbeid bepaalt voor een belangrijk deel de totale tijdsduur van een hergebruikproces, maar heeft nauwelijks invloed op de milieu-impact. Enkel voor mechanische oppervlaktebewerkingen heeft de **tijdsduur** van de uitvoering een **beperkte invloed op de milieu-impact**.

3. Een **toename aan transporten**, en hiermee gepaard gaande laden en lossen, zal logischerwijs een **stijging van de milieu-impact** met zich meebrengen. Wanneer geen afwerkingslaag wordt aangebracht, zullen transportoperaties zelfs het belangrijkste aandeel van de milieu-impact in deze module uitmaken. **Vooraf het transport van de ontmantelingswerf naar de materialenbank zal een belangrijke toename van impact tot gevolg hebben**, aangezien dit meestal een grote afstand vormt en laden en lossen hier gebeurt met een kraan.

4. Het **hergebruiken van een balk** volgens het meest uitgebreide scenario (III) levert, ondanks de genoemde impacten, een **reductie van de milieu-impact op van 83% (15 m lengte) en 91% (30m lengte) ten opzichte van een nieuw productieproces**. Wanneer de **processen bij een materialenbank beperkt** worden tot een minimum, kan dit verder oplopen tot respectievelijk **96% en 99%**. De **CO<sub>2</sub>-reductie** voor het meest uitgebreide scenario ten opzichte van een nieuwe balk varieert van **64% (15 m lengte) tot 81% (30 m lengte)**.

5. De **milieu-impact** van de bewerkingen en transporten zal, **per kubieke meter, steeds lager liggen voor een balk met een lengte van 30 meter**. Dit komt enerzijds voort uit de andere verwerkingsmethode, maar ook uit het schaafeffect dat automatisch enkele voordelen ten gevolge heeft.

## 3.2 Terugwinning en installatie: A1-5

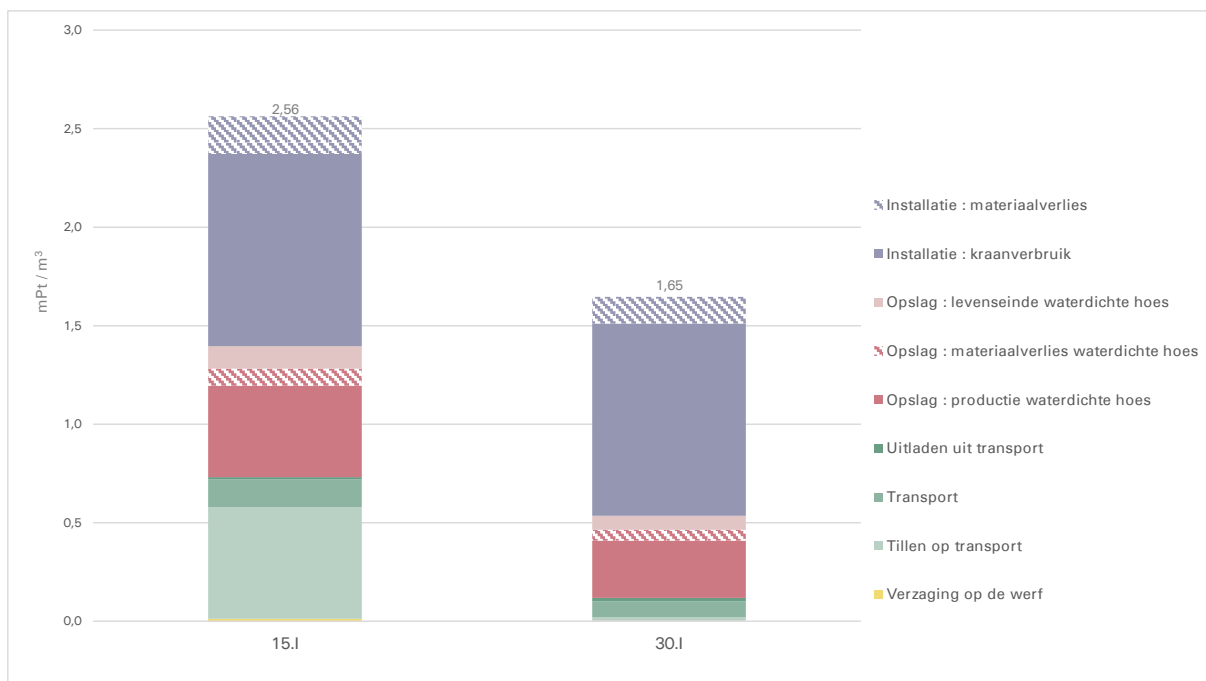
In deze deelanalyse worden het transport naar de werf (A4), en de installatie (A5) ook in rekening gebracht en wordt hun invloed op de volledige A-module geanalyseerd. Verder zal ook een totaalimpact over de totale A-modulus worden opgesteld, zowel voor een hergebruikte, als een nieuwe balk.

### Onderzoeksvragen deelanalyse:

1. Welke impact hebben de opslag en installatie van een balk op het hergebruikproces?
2. Welke factoren in het proces bepalen het verkregen milieuvoordeel over de hele A-module?

### 3.2.1 Scenario I

Om de impacten in module A4 en A5 te bestuderen, wordt Scenario I gehanteerd. Binnen dit scenario wordt de balk enkel verzaagd op de afbraakwerf, waarna deze meteen wordt getransporteerd naar een andere werf voor hergebruik. Een analyse van module A1-5 in dit scenario, maakt het mogelijk om de impacten in fase A4 en A5 helder te analyseren. De terugwinningsfase A3, alsook module A2 hebben in dit scenario namelijk slechts een verwaarloosbare tot onbestaande impact.



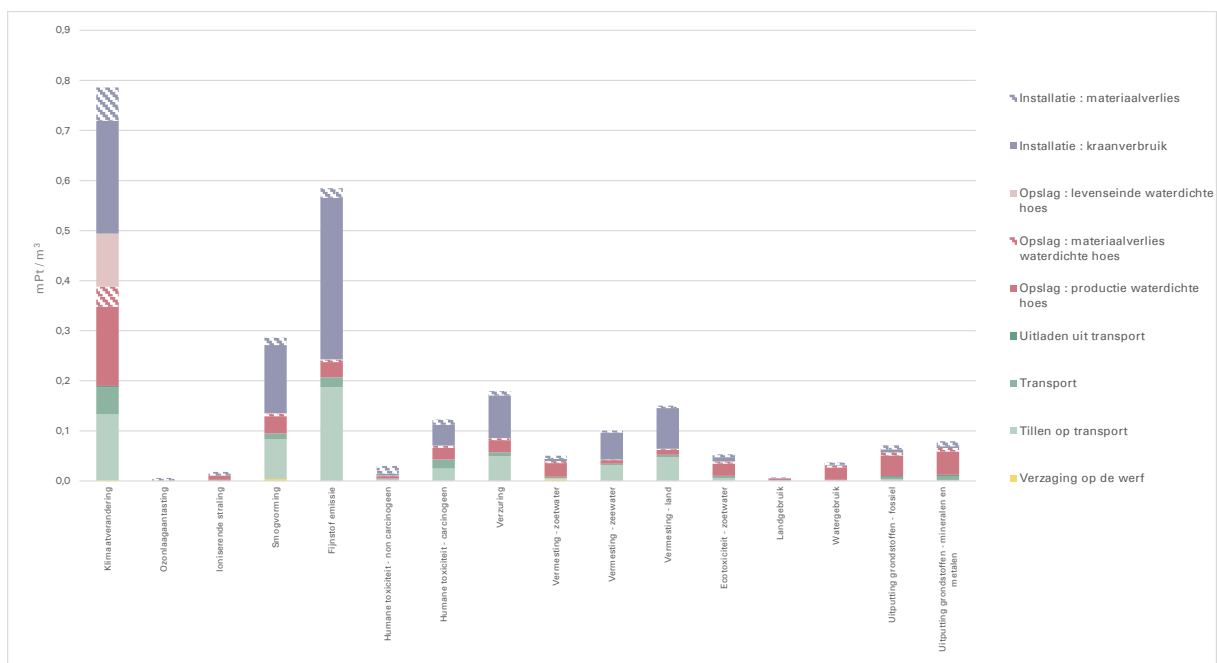
Figuur 136: Milieu-impact voor verschillende processen binnen scenario I, voor een balk van 15 m of 30 m

Figuur 136 geeft de totale impact van de bewerkingen in Scenario I over de A1-5 fase weer. De drie hoofdimpacten zijn transport, opslag en installatie. De impact van het transport naar de werf is relatief laag, aangezien hier wordt aangenomen dat het meestal om korte afstanden gaat. Op de grafiek wordt daarnaast nogmaals duidelijk dat de

transportimpact van een balk van 15 meter beduidend hoger is dan voor een balk van 30 meter. Aangezien voor de balk van 15 meter een transportmiddel wordt gebruikt met een lagere gewichtsklasse, verloopt het transport hier minder efficiënt voor eenzelfde hoeveelheid materiaal. Daarnaast zorgt ook het tillen van de balken op het transportmiddel met een rupsgraafmachine voor een toegevoegde impact ten opzichte van het tillen met een camionkraan, zoals al eerder vernoemd.

Om de balken gedurende het transport af te dekken of gedurende een bepaalde periode op de werf op te slaan, dient een waterdichte hoes gebruikt te worden. Vooral de productie-impact van deze plastic hoes weegt door op de milieu-impact. Wanneer men dergelijke hoezen kan hergebruiken, spaart men de volledige impact van het materiaal uit. Echter bewijzen enkele casusvoorbeelden dat de scherpe randen van de balken, alsook aanwezige constructieresten, vaak een tweede levensduur in de praktijk onmogelijk maken.

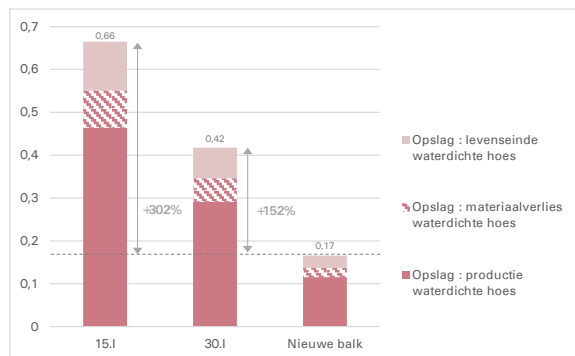
De aannames voor de installatie van de balk op de werf zijn gelijk voor beide balklengtes. Echter vertegenwoordigt deze impact een veel belangrijker aandeel in de totale impact van de balk van 30 m. Dit komt omdat, in tegenstelling tot alle andere processen, hier geen voordelige milieu-efficiëntie kon worden behaald.



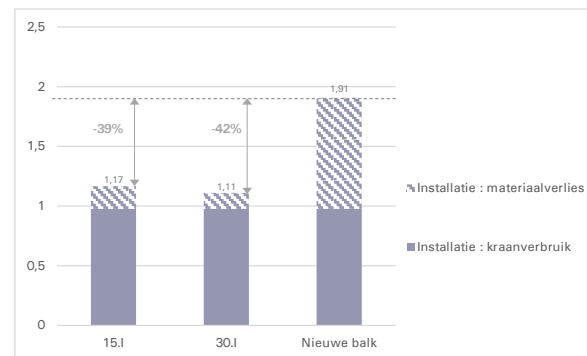
Figuur 137: Vergelijking van verschillende processen in hergebruikscenario I aan de hand van de impactindicatoren op een balk van 15 m

Uit de grafiek op figuur 137 blijkt dat zowel transport, opslag als installatie bijdragen aan de impact in de categorie 'klimaatverandering'. Dit is voor scenario I de belangrijkste indicator in deze modules. Daarnaast veroorzaken processen die diesel verbruiken, zoals tillen op transport en installatie, gelijkaardige impacten in de indicatoren klimaatverandering, smogvorming en fijnstof emissie. Deze indicatoren dragen dan ook het meeste bij aan de totale impact.

Wanneer de totaalimpact over de module van Scenario I vergeleken wordt met een nieuwe balk, vallen enkele zaken op. De opslag- en installatiefase worden hieronder vergeleken.



Figuur 138: Vergelijking van de opslagfase in Scenario I, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

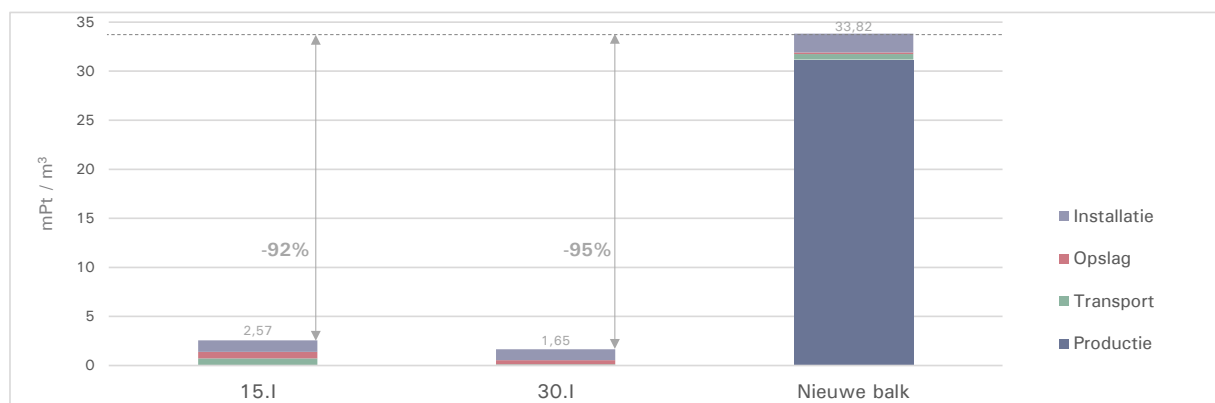


Figuur 139: Vergelijking van de installatiefase in Scenario I, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Binnen de opslagfase, wordt bij hergebruik uitgegaan van het aanbrengen van een waterdichte hoës uit polyethyleen (PE), om de balken tegen weeromstandigheden te beschermen. Voor nieuwe balken, wordt uitgegaan van een dunne plastic folie uit PE en omsnoerbanden uit polypropyleen. Er is immers meestal geen lange opslagperiode voor deze balken, waardoor de folie louter dient om de balken tijdens transport te beschermen. Het gebruik van de dikkere hoës bij een hergebruiksbalk levert zo een hogere milieu-impact op, zoals zichtbaar op figuur 138.

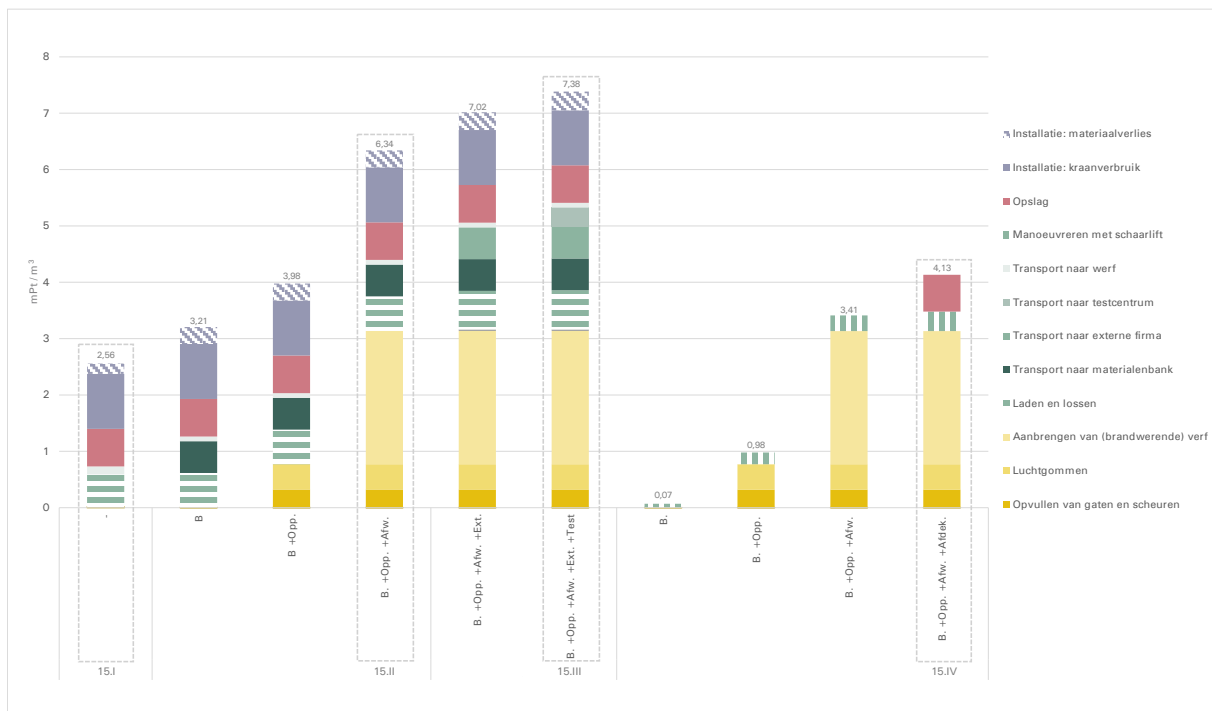
Wat installatie betreft, levert het verbruik van de kraan dezelfde impact op, aangezien de aangenomen installatiemethode voor nieuwe balken en hergebruiksbalken gelijk is. Uit de grafiek op figuur 139 volgt echter dat de impact van een nieuwe balk hoger ligt door het materiaalverlies dat tijdens de installatie optreedt. Voor een nieuwe balk zal dit verlies namelijk moeten worden gecompenseerd door de nieuwe productie-impact, terwijl er voor hergebruik geen productie-impact is. Dit betekent dat het materiaalverlies in hergebruikscenario I enkel bestaat uit een extra impact door de compensatie van de transport- en afvalverwerkingsimpact. Bij een nieuwe balk wordt dit eveneens meegerekend, bovenop de productie-impact.

Ondanks een hogere impact bij opslag, en een soortgelijke productie impact, is de totale reductie van scenario I voor module A1-5 aanzienlijk ten opzichte van een nieuw balk, zoals weergegeven op figuur 140.



Figuur 140: Milieu-impact voor verschillende processen binnen scenario I, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

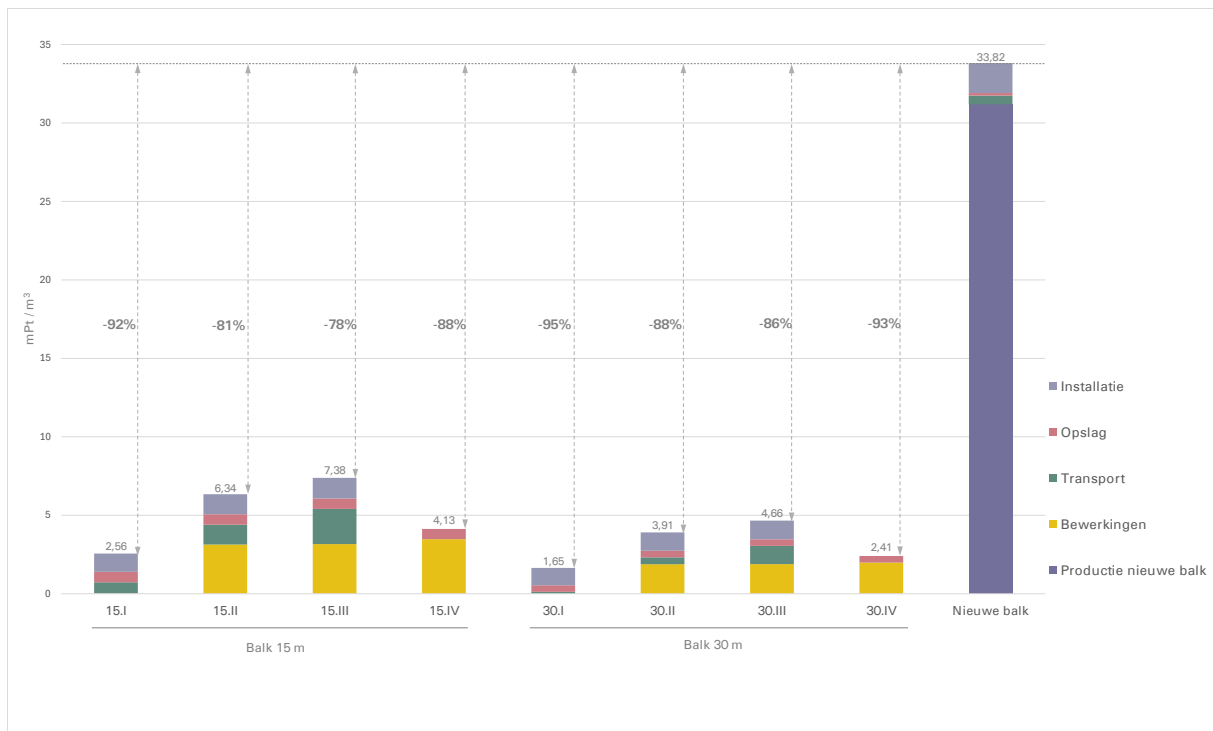
### 3.2.2 Onderlinge vergelijking



Figuur 141: Milieu-impact voor verschillende subscenario's, voor een balk van 15 m

Op figuur 141 wordt een vergelijking weergegeven van alle (sub)scenario's over de volledige A-module, van terugwinningsprocessen tot en met installatie. De impact van installatie en transport naar een nieuwe werf wordt dus bij alle terugwinningsprocessen gerekend. Enkel bij Scenario IV worden geen installatie en transport ingerekend, aangezien de spanten hier ter plaatse blijven in de oorspronkelijke constructie.

Dit behoud-scenario kent dan ook steeds de laagste impact in geval van basis- en/of oppervlaktebewerkingen. Wanneer bij een behoud ook een afwerkingslaag wordt toegevoegd, is deze echter niet systematisch lager dan andere subscenario's. Als alle mogelijke bewerkingen worden uitgevoerd op een balk die behouden blijft, zal deze totaaloperatie namelijk een hogere impact hebben dan een balk die volgens scenario I of II enkel basis- of oppervlaktebewerkingen verkrijgt. Dit komt omdat de verlaag een dusdanig grote impact heeft, dat het de impacten van transport en installatie overstijgt. Hieruit blijkt dat de beoordeling van milieuvordelen steeds mede afhankelijk blijft van het aantal uitgevoerde bewerkingen, en dit niet louter terug te brengen valt naar de transportprocedure die gevolgd wordt.

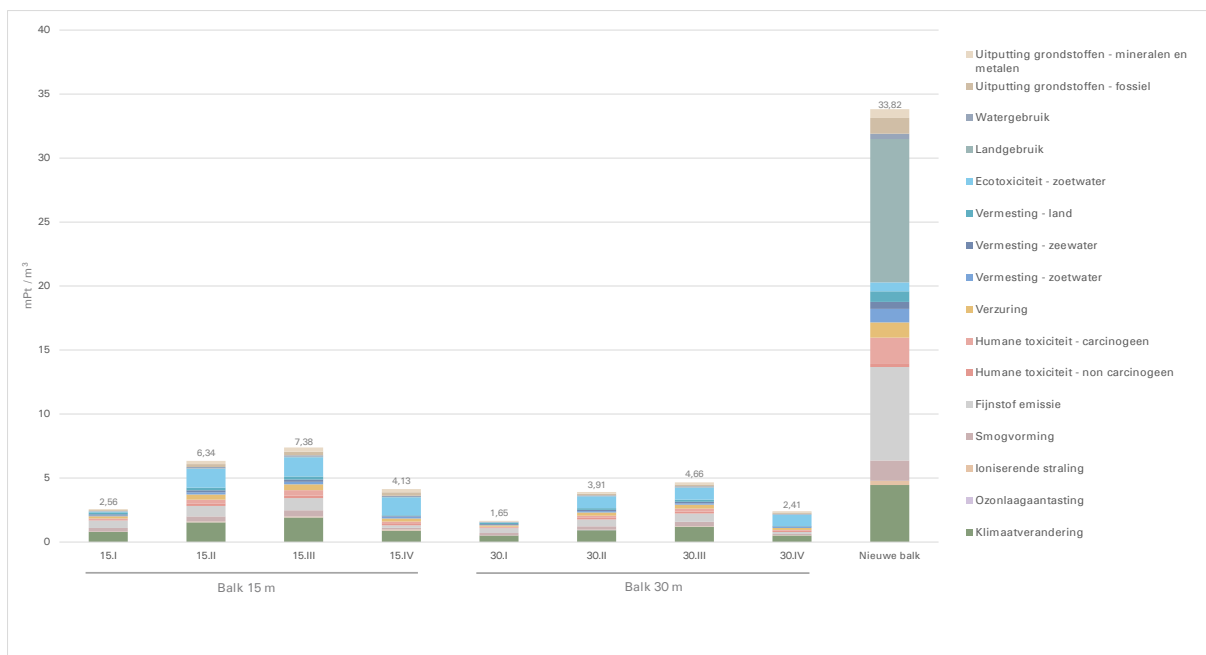


Figuur 142: Milieu-impact voor verschillende scenario's, voor een balk van 15 m of 30 m, tegenover een nieuwe balk

Op figuur 142 wordt het totale milieuvoordeel berekend, dat kan verkregen worden over de gehele A-module. Hieruit blijkt dat deze reductie sterk afhankelijk blijft van de lengte van de balk, en dus groter zal zijn voor een balk van 30 m. De rangschikking van de scenario's op basis van milieu-impact blijft wel gelijk binnen éénzelfde lengte.

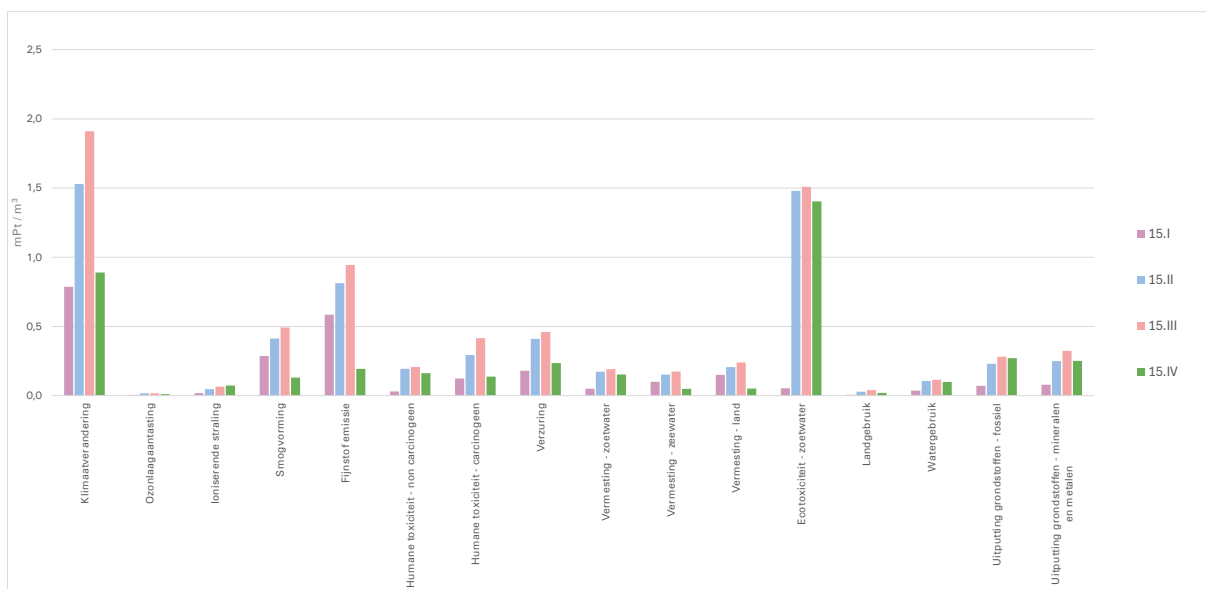
De reductie voor een grotere balk zal zo aanzienlijk zijn, dat de impact van Scenario II hier lager ligt dan een kleine balk die volgens Scenario IV wordt verwerkt (zie 30.II en 15.IV). Zelfs wanneer door het behoud van een balk van 15 meter transport en installatie wordt uitgespaard, zal de impact dus nog steeds hoger liggen dan een balk van 30 meter die met meerdere transporten en oppervlaktebewerkingen is hergebruikt. Dit illustreert nogmaals dat niet alleen de keuze van processen van belang is voor de milieu-impact, maar dat ook de balklengte een grote rol speelt.

Ondanks de grote reeks aan bewerkingen en transport die werden meegenomen in de scenario's, blijft de totale impact ook over de volledige A-module ver onder de impact van een nieuwe glulambalk. De totale reductie varieert tussen 78% en 92% voor balken van 15 meter, en tussen 86% en 95% voor balken van 30 meter.



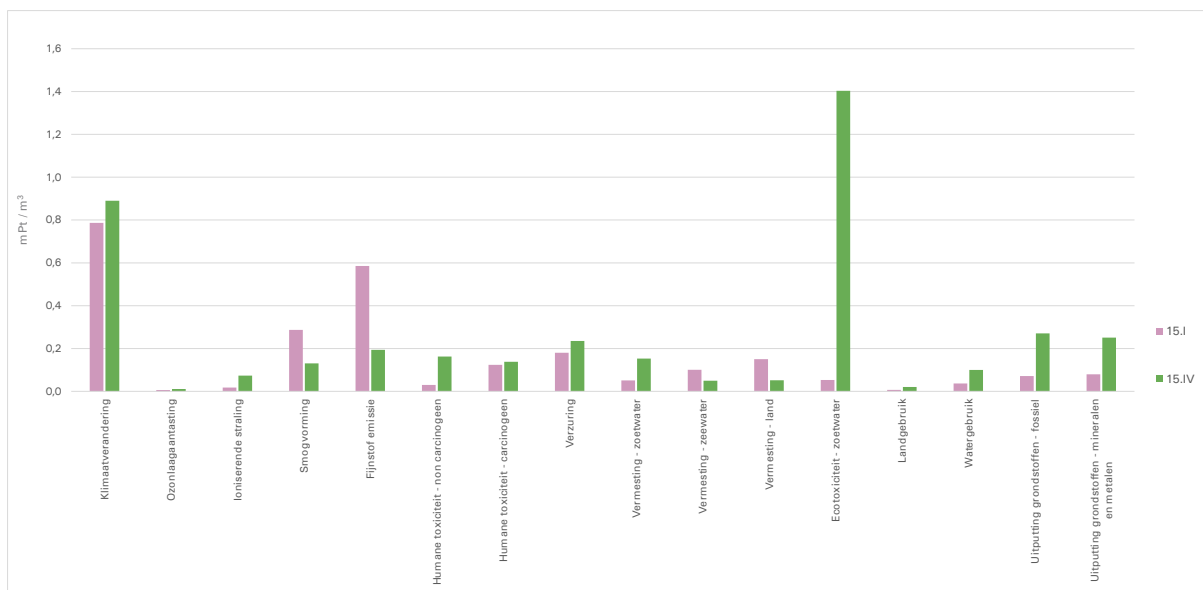
Figuur 143: Vergelijking van verschillende hergebruikscenario's aan de hand van de impactindicatoren voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

Op figuur 143 wordt de vergelijking gemaakt op basis van milieu-indicatoren tussen de verschillende scenario's en een nieuwe balk. Bij deze laatste zorgt alleen het aandeel van fijnstofemissie en landgebruik er reeds voor dat de impact hoger ligt dan de totale impact van de verschillende hergebruikscenario's.



Figuur 144: Vergelijking van verschillende hergebruikscenario's aan de hand van de impactindicatoren voor een balk van 15 m; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

Figuur 144 weegt de milieu-indicatoren van de verschillende scenario's af ten opzichte van elkaar. Scenario's met transport en installatie (I tot III) scoren slecht op smogvorming, fijnstof emissie en vermisting van zeewater en land. Daarnaast primeert bij alle scenario's ook klimaatverandering.



Figuur 145: Vergelijking van hergebruikscenario's I en IV aan de hand van de impactindicatoren voor een balk van 15 m; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

Scenario I en IV, de scenario's met de laagste impact, worden ten slotte nog onderling vergeleken in figuur 145. Hoewel behoud van een structuur kan zorgen voor een reductie van smogvorming, fijnstof, en zeewater- en landvermesting, scoort Scenario IV op de andere impactcategorieën hoger door de impact van de vele bewerkingen die hier worden uitgevoerd.

### 3.2.3 Conclusies deelanalyse A1-5

1. Voor **Scenario I** zal het aandeel van **installatie en opslag** in de totale impact aanzienlijk zijn en samen een **hogere impact hebben dan het transport naar de werf**. Voor **Scenario II en III** zal het **relatieve aandeel** in de milieu-impact veel **lager** zijn. In **Scenario IV** wordt de impact van installatie en transport naar de werf **volledig vermeden**.

Aangezien de aangenomen verbruikswaarde voor installatie constant is per kubieke meter, heeft deze dezelfde impact voor een grote en kleine balk. Dit zorgt ervoor dat het **relatieve aandeel** in de totaalimpact **hoger is voor een balk van 30 meter**, aangezien alle andere impacten verlagen met het toenemen van de schaal.

2. De hoeveelheid uitgevoerde bewerkingen is van belang voor de milieu-impact over de gehele A-module. Zeker wanneer voor een verflaag wordt gekozen, is de stijging in impact aanzienlijk. Een **beperking tot de nodige bewerkingen**, kan dus een **groter milieuvoordeel** opleveren ten opzichte van een nieuwe balk. Zo zal een balk die enkel werd verzaagd en meteen werd getransporteerd voor installatie op een nieuwe werf (**Scenario I**) een **reductie van 92% (15 m) tot 95% (30 m)** teweegbrengen **in de totale milieu-impact** ten opzichte van een nieuwe balk.

Daarnaast kan het milieuvoordeel ook op een andere manier vergroot worden. Wanneer een **structuur** ter plekke kan **behouden** blijven, zal dit de **impact van installatie en transport elimineren**. Echter zal vaak **wel een reeks bewerkingen** worden uitgevoerd om het behoud te faciliteren. Wanneer al deze bewerkingen worden ingerekend voor een balk die behouden blijft (**Scenario IV**), kan een **reductie van milieu-impact van 88% (15m) tot 93% (30m)** bekomen worden. De reductie ligt dus iets lager dan bij Scenario I, wat erop wijst dat een **beperking van bewerkingen steeds de belangrijkste reductie zal opleveren**.

Het **beperken van het aantal transporten** door geen externe bewerkingen of tests uit te voeren (Scenario II), zal **geen noemenswaardig extra milieuvoordeel** opleveren. Over de gehele A-module zal, in vergelijking met Scenario III (dat wel deze transporten bevat), slechts een extra reductie van 2 tot 3 % optreden ten opzichte van een nieuwe balk.

### 3.3 Einde-levensfase: C1-4

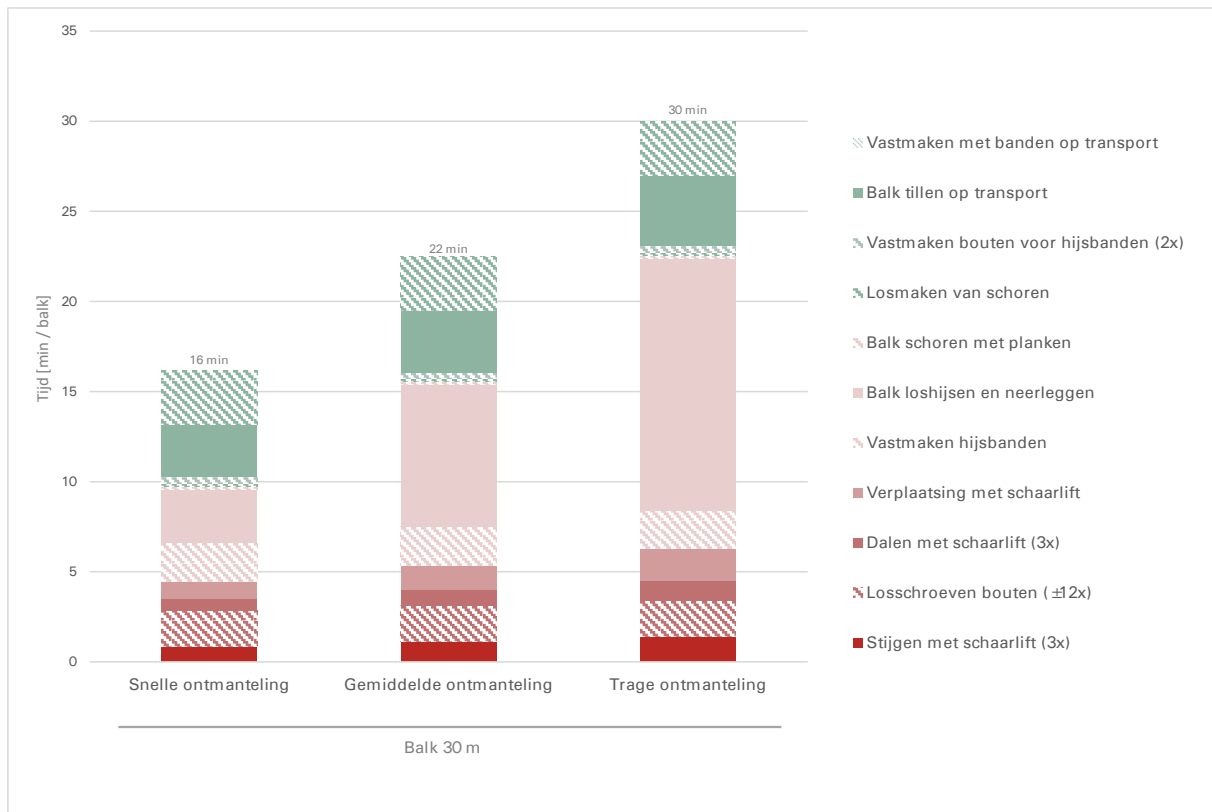
In deze deelanalyse wordt het einde van de levenscyclus (C1-4) geanalyseerd. Verschillende mogelijke verwerkingsmethodes worden met elkaar afgewogen. Hiertoe zal de impact van een selectieve ontmanteling worden bepaald en worden afgewogen met andere mogelijke procedures.

#### Onderzoeksvragen deelanalyse:

1. Welke factoren beïnvloeden de milieu-impact van een selectieve ontmanteling?
2. Welke afvalverwerkingsmethode heeft de hoogste milieu-impact?
3. Welk milieuvoordeel kan binnen de eerste levenscyclus worden behaald door een selectieve ontmanteling uit te voeren in plaats van een destructieve sloop?

### 3.3.1 Selectieve ontmanteling

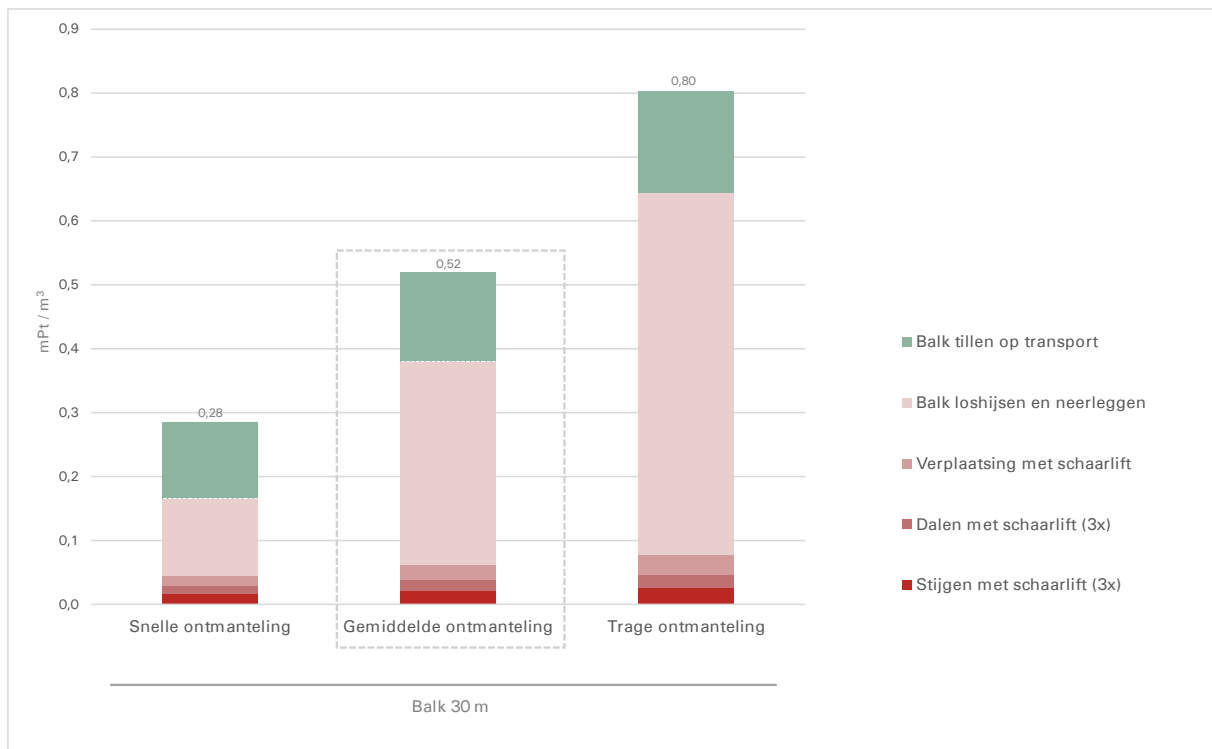
De volgende resultaten zullen de impact die een selectieve ontmanteling heeft op het einde van een sloop verder analyseren. Door hier eerst bij stil te staan, kan begrepen worden welke parameters van invloed zijn op deze impact.



Figuur 146: Vergelijking van de verschillende tijdsduren bij ontmanteling van een balk van 30 m; waarde in minuten/balk

Figuur 146 geeft weer dat het ontmantelen van een balk voor hergebruik kan variëren in tijdsduur. Aangezien bij *casus 2.4* meerdere balken van 30 meter ontmanteld werden, was het mogelijk om meerdere malen het ontmantelingsproces te registreren. Dit leverde een onderwaarde, bovenwaarde en gemiddelde waarde op voor hetzelfde proces.

Binnen de verschillende stappen in het proces, zit de grootste spreiding op het loshijsen en neerleggen van de balk. De voorziene ruimte, opstelling van de kraan en de spanning tussen balk en structuur, zijn immers bij elke ontmanteling anders en hebben allen een invloed op de tijdsduur. Dit zorgt ervoor dat er voor een trage ontmanteling 85% meer tijd nodig kan zijn dan voor een snelle ontmanteling, waar de randcondities beter zijn. Het voorbereidend werk, waarbij de bouten worden losgemaakt en de hijsbanden worden vastgebonden, kan 28% tot 41% van de totale tijdsduur bedragen, afhankelijk van hoe snel het uithijsen kan gebeuren.



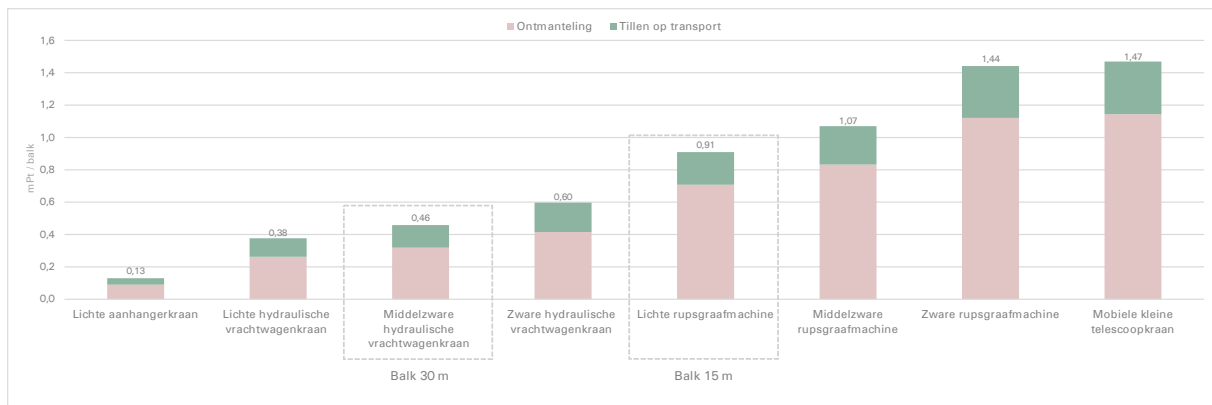
Figuur 147: Vergelijking van de impact bij verschillende tijdsduren bij ontmanteling van een balk van 30 m

Figuur 147 geeft de milieu-impacten weer die gekoppeld zijn aan deze verschillende tijdsduren. Manuele bewerkingen (gearceerd weergegeven in figuur 146) brengen hierbij geen impact met zich mee, en zijn dus niet weergegeven op de grafiek.

De impact van een selectieve ontmanteling zal voornamelijk voortkomen uit het verbruik van de ingezette kraanmachine. De impact van de manoeuvres met de schaarlift daarentegen, zullen steeds slechts een klein aandeel van de volledige impact vertegenwoordigen. De variatie in tijdsduur voor het uithijzen van de balken, levert eveneens een sterke variatie in milieu-impact op en heeft hier dus een belangrijke invloed op. Waar er in totale tijdsduur een stijging van 85% was van een snelle naar trage ontmanteling, is dit 186% op het vlak van milieu-impact.

Om de impact van de ontmanteling te beperken, zou deze dus zoveel mogelijk beperkt moeten worden in tijd. Hiertoe zou de werf zo optimaal mogelijk georganiseerd moeten worden, zodat de kraan zich zo kan opstellen dat hij de balk kan neerleggen zonder veel tijdverlies. Daarnaast is er ook een impactreductie mogelijk indien men de balk bij ontmanteling in één stap tegelijk zou stapelen op het transport. In dit geval kan de extra impact voor het inladen worden vermeden. Dit zorgt er anderzijds voor dat het uitvoeren van bewerkingen op de werf onmogelijk wordt gemaakt.

Ten slotte is het belangrijk op te merken dat, wanneer in het onderzoek de milieu-impact van ontmanteling zal vergeleken worden met de impact van sloop in de einde-levensfase, alleen de roze/roodgekleurde impacten op figuur 147 worden meegenomen. De balk verliest immers zijn einde afvalstatus wanneer deze op de grond wordt neergelegd op de afbraakwerf. Het inladen op een voertuig is deel van de volgende levenscyclusfase (in module A2), die eerder reeds werd beschouwd.



Figuur 148: Vergelijking van de impact van 8 kraantypes bij ontmanteling van een balk; waarde in mPt/balk

Uit observaties bij verschillende casussen en gesprekken met handelaars, konden 8 kraantypes onderscheiden, worden met uiteenlopende vermogens. Alle kraantypes, op de lichte aanhangerkraan na, zijn in staat om een balk van 30 m te tillen. Wanneer deze informatie werd gecombineerd met aannames omtrent de tijdsduur van ontmanteling, kon de milieu-impact worden bepaald voor elk kraantype. De aangenomen tijdsduur voor het uithijzen komt overeen met de gemiddelde tijdsduur uit figuur 146.

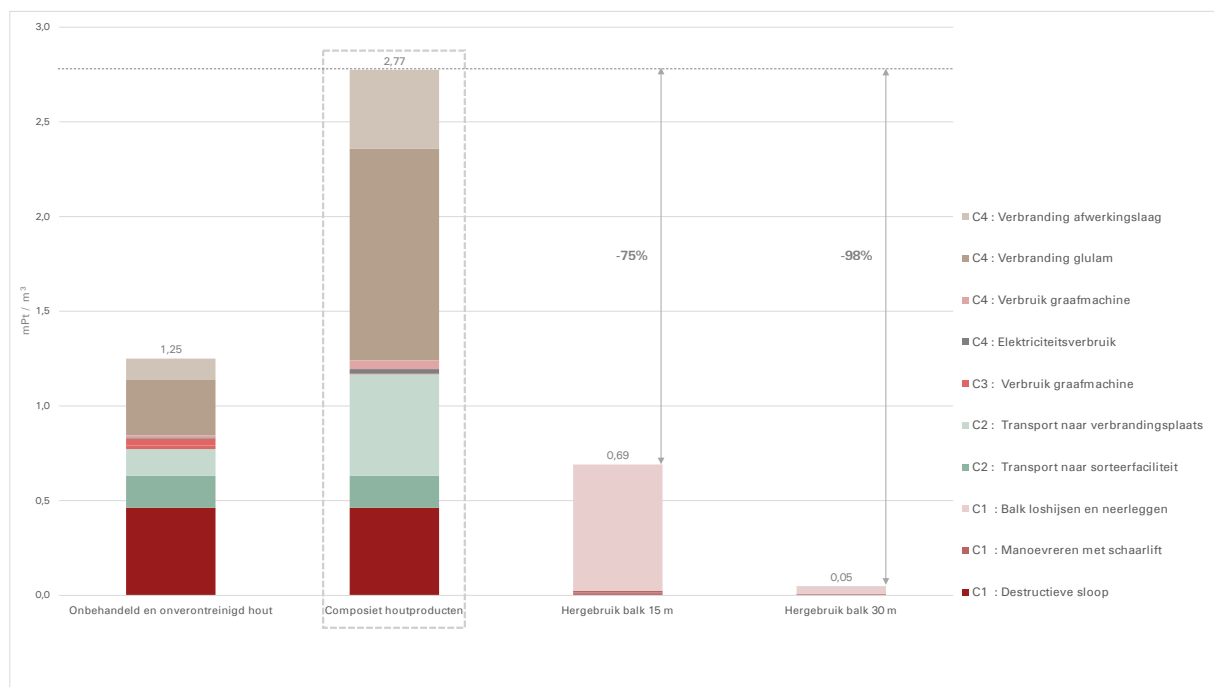
Voor de tijdsduur van het tillen op transport, werden verschillende waardes aangenomen voor mobiele en vaste kranen. Uit observaties binnen *casus 2.3* blijkt namelijk dat het tillen met een rupsgraafmachine iets sneller gebeurt (ongeveer 70 seconden sneller per balk), al is ook dit steeds afhankelijk van de condities en de te overbruggen afstand op de werf. De tijdsduur die hier kon worden vastgesteld, wordt overgenomen voor het tillen met de andere mobiele kranen. Voor de vrachtwagen- en aanhangkraan wordt de gemiddelde waarde overgenomen uit figuur 146.

De impacten werden oplopend gerangschikt in figuur 148 en weergegeven met de eenheid mPt/balk. Hieruit blijkt dat het ontmantelen met een hydraulische vrachtwagenkraan een voordelige keuze vormt op het vlak van milieu-impact. Dit type kraan wordt in praktijk meestal toegepast voor het ontmantelen van een balk van 30 m en de impact hiervoor wordt dan ook meegenomen voor dit type balk.

Een rupsgraafmachine kent een hoger verbruik en vormt dus een minder milieu-efficiënte optie. In de praktijk wordt deze kraan, omwille van zijn mobiliteit, meestal verkozen voor de ontmanteling van kleinere balken. De impact van deze ontmantelingswijze wordt daarom meegenomen in verdere analyses voor dit type balk. De milieu-impact van de telescoopkraan overtreft net de zwaarste rupsgraafmachine. Dit toestel zal meestal echter niet aanwezig zijn op een sloopwerf, aangezien het voornamelijk wordt gebruikt bij de installatie van balken.

De aannames voor ontmanteling moeten wel met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Gegevens voor specifieke tijdsduren op basis van observaties, werden uitgebreid naar andere kranen, terwijl de ontmanteling met deze toestellen mogelijks in realiteit sneller of trager kan gebeuren. Toch geeft figuur 148 in grootteordes wel een inschatting van welke invloed de keuze voor een kraantype heeft op de impact van een selectieve ontmanteling.

### 3.3.2 Onderlinge vergelijking van mogelijke einde-levensfases



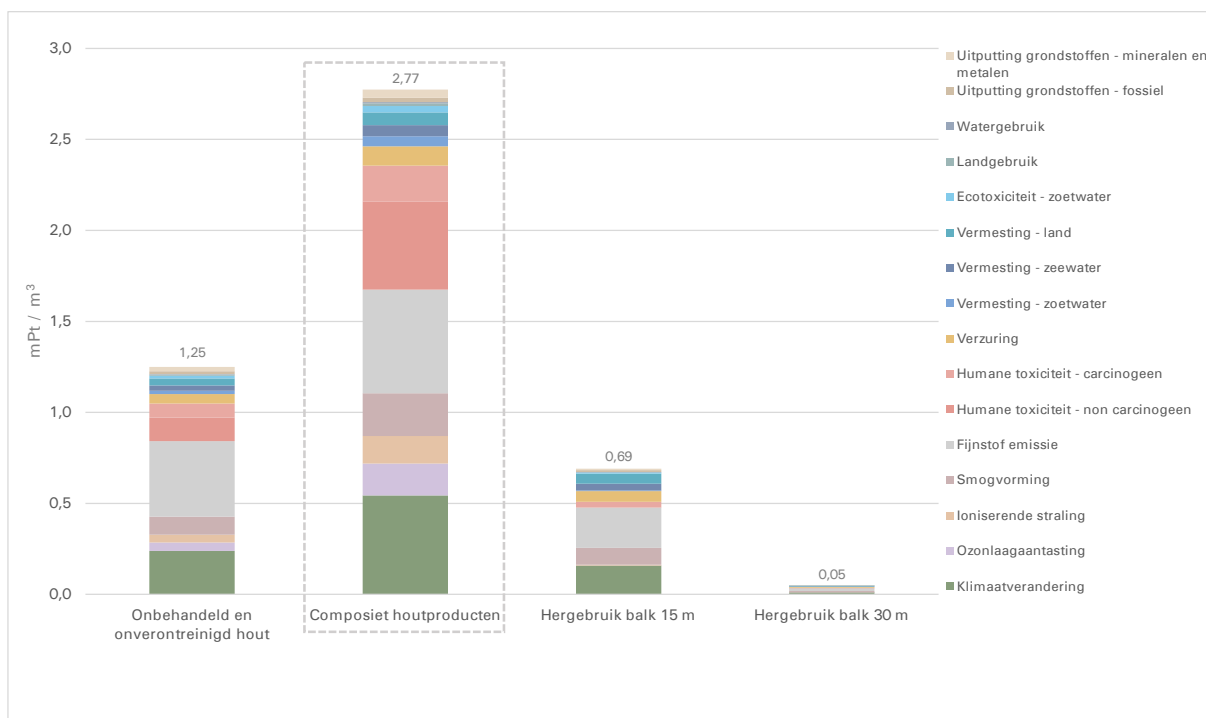
Figuur 149: Vergelijking van een destructieve sloop met een ontmanteling, voor een balk van 15 m of 30 m

Op figuur 149 wordt de impact per kubieke meter van de afvalverwerkingsscenario's afgewogen met een selectieve ontmanteling van zowel een balk van 15 meter, als een balk van 30 meter. Hieruit blijkt dat het ontmantelen van een balk van 30 m een veel lagere impact kent dan het ontmantelen van een balk van 15 m. Dit komt voort uit twee zaken: enerzijds lag de impact per balk reeds lager voor de ontmantelingsmethode met de vrachtwagenkraan (zie figuur 148), en tevens wordt dit door het schaafeffect van de grotere balk nog verder uitvergroot in de milieu-impact per kubieke meter.

Voor de afvalverwerkingsscenario's ligt de impact voor een verwerking volgens de categorie 'composiet houtproducten' (95% verbranding) hoger dan de categorie 'onbehandeld en onverontreinigd hout' (75% recyclage). Dit komt voort uit de hoge toegevoegde impact die een verbranding heeft op de totale score. Ook het toegevoegde transport naar de verbrandingsplaats voegt een belangrijk aandeel toe. Met recyclage kan dus een belangrijk milieuvoordeel verkregen worden ten opzichte van verbranding.

Een selectieve ontmanteling zal steeds een lagere impact met zich meedragen dan een afvalverwerking. Ondanks dat de impact voor het uithijzen van een balk van 15 m op de werf hoger ligt dan het slopen van deze balk (C1), ligt de totaalimpact ook hier lager. De afvalverwerkingsfases die hierna volgen, kunnen bij hergebruik immers worden uitgespaard. De verdere verwerking van de balk voor hergebruik zal namelijk worden toegekend aan een volgende levenscyclus. Hergebruik biedt dus ook reeds op het einde van de eerste levenscyclus een reductie van de impact.

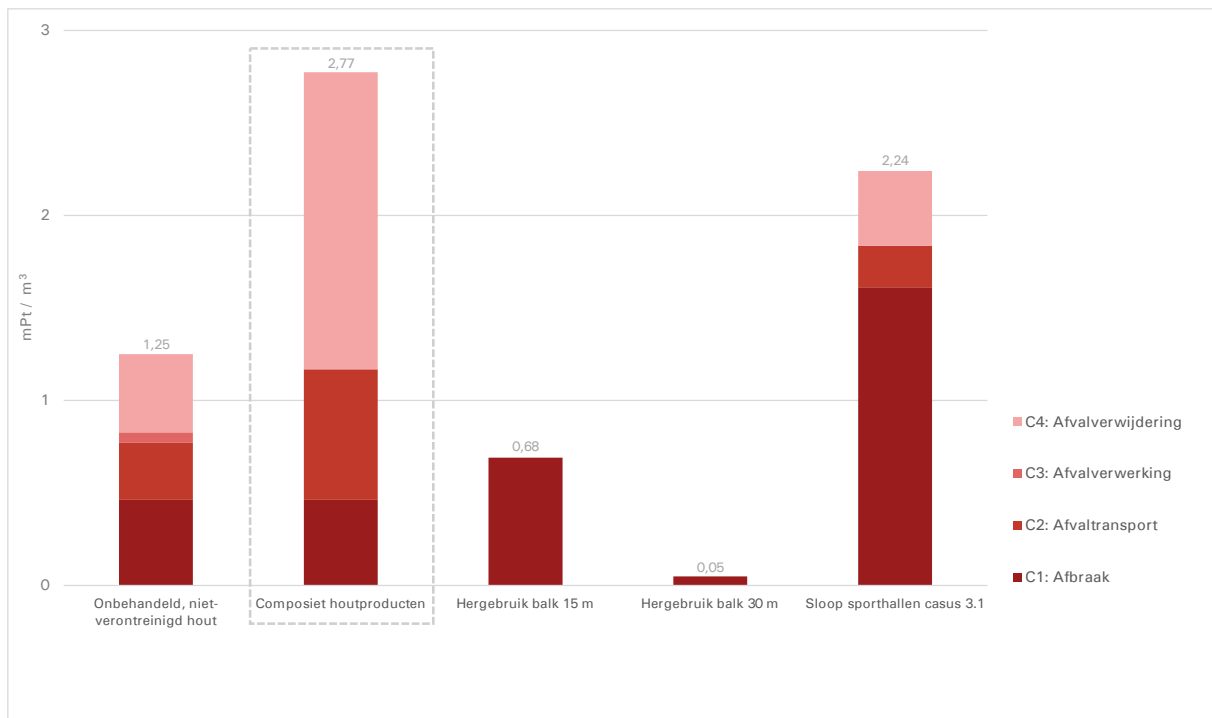
Ten opzichte van een verwerking met 95% verbranding, kan over de einde-levensfase (C1-4) van de eerste levenscyclus een impactreductie verkregen worden van 75% tot 98%, afhankelijk van de schaal van de balk.



Figuur 150: Vergelijking van een destructieve sloop met een ontmanteling aan de hand van de impactindicatoren, voor een balk van 15 m of 30 m

Figuur 150 geeft weer dat een destructieve sloop op alle indicatoren slechter scoort dan een selectieve ontmanteling. De meest impactvolle indicatoren bij een destructieve sloop, 'klimaatverandering' en 'fijnstof', worden vooral veroorzaakt tijdens de afbraakwerken zelf en het transport naar de afvalverwerking. Bij hergebruik treden deze indicatoren ook op tijdens de ontmanteling, door het dieselverbruik van de kraan.

De toename van impact bij een verbranding, komt vooral voort uit het effect op 'humane toxiciteit'. Ook een extra impact op de 'ozonlaagaantasting' en 'klimaatverandering' spelen hierbij een rol. Het vermijden of uitstellen van de verbranding van houtproducten, is dus nodig om deze negatieve effecten te voorkomen.



Figuur 151: Vergelijking van een destructieve sloop (aanname en reëel scenario) met een ontmanteling, voor een balk van 15 m of 30 m

Ten slotte wordt in figuur 151 de impact van twee theoretische sloopsenario's vergeleken met de impact van een reële sloop. Hierbij werden de tijdsduren, vermogens en transportafstanden bij de sloop van een bestaande sporthal geregistreerd (zie tabel 6 van bijlage 3). De aannames die volgen uit de methodologie voor theoretische afvalverwerkings-scenario's, kunnen zo worden afgewogen.

De impact voor de afbraakoperatie zelf (C1) ligt het hoogst in het reële scenario. Dit betekent dat er in de theoretische situaties een lager vermogen van machines, een snellere tijdsduur of beiden wordt aangenomen. Het afvaltransport (C2) van de casus heeft daarentegen een lagere impact, aangezien de verbranding van het hout hier kon plaatsvinden bij het sorteercentrum op 40 km van de werf. De afstand en het aantal transporten zal dus steeds afhangen van welke faciliteiten aanwezig zijn nabij de werf.

Wat de totaalimpact betreft, eindigt het reële scenario tussen de impact voor 'onbehandeld, niet-verontreinigd hout' en 'composiet houtproducten.' De twee categorieën kunnen dus worden beschouwd als onder- en bovenwaarde voor de impact van de afvalverwerking, waar de impact van verschillende reële procedures kan tussenvallen.

Wanneer in toekomstige analyses over de gehele levenscyclus een afvalverwerking wordt opgenomen, zal steeds worden uitgegaan van de meest vervuilende afvalcategorie 'composiet houtproducten'. Omdat een vast stramien voor de verwerking van glulam-afval vandaag niet bestaat, kan op die manier conservatief gerekend worden en wordt een bovenwaarde voor de impact aangenomen.

### 3.3.3 Conclusies deelanalyse C1-4

1. De **tijdsduur** heeft een belangrijke invloed op de milieu-impact van een selectieve ontmanteling. Er zit namelijk een grote spreiding op de mogelijke tijd waarbinnen het uithijzen van een balk kan gebeuren. De tijdsduur is namelijk steeds afhankelijk van de specifieke condities op de werf. Om de impact van de ontmanteling te beperken, zou deze zoveel mogelijk beperkt moeten worden in tijd. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door een goede voorbereiding en organisatie van de werf.

Daarnaast heeft ook het **gebruikte kraantype** een invloed op de milieu-impact. Met een **vrachtwagenkraan** kan een **lagere impact** per ontmanteling worden verkregen dan met een **rupsgraafmachine**. Echter is deze tweede wel mobieler en typisch al aanwezig op een afbraakwerf, wat andere voordelen biedt qua organisatie.

2. Het **recycleren van hout** kent een beduidend **lagere milieu-impact dan** een **afvalverwerking door verbranding**. Het verbranden zelf zorgt namelijk voor emissies die in belangrijke mate bijdragen aan de 'humane toxiciteit', 'ozonlaagaantasting' en 'klimaatverandering'. Deze impact wordt uitgespaard bij recyclage.

3. De **impact van de ontmanteling** zelf, ligt voor een balk van 15 m hoger dan de kraanimpact van een destructieve afbraak (C1). Voor een **balk van 30 m** ligt deze **impact** daarentegen **lager**, aangezien de gebruikte vrachtwagenkraan hier een lagere milieu-impact oplevert.

Het voordeel van hergebruik schuilt echter in de vermeden impacten in volgende modules: bij een selectieve ontmanteling kan de impact van het afvaltransport (C2), de afvalverwerking (C3) en de uiteindelijke verbranding (C4) worden uitgespaard. Verdere verwerkingen voor hergebruik behoren namelijk toe aan een volgende levenscyclus.

Over de **gehele einde-levensfase** (C1-4), is de **impact van een selectieve ontmanteling** steeds **lager dan afvalverwerkingsmethodes**. Zo kan met een selectieve ontmanteling een **reductie van 75% (balk van 15 m) tot 98% (balk van 30 m) van de totale impact** verkregen worden ten opzichte van een scenario met hoofdzakelijk afvalverbranding.

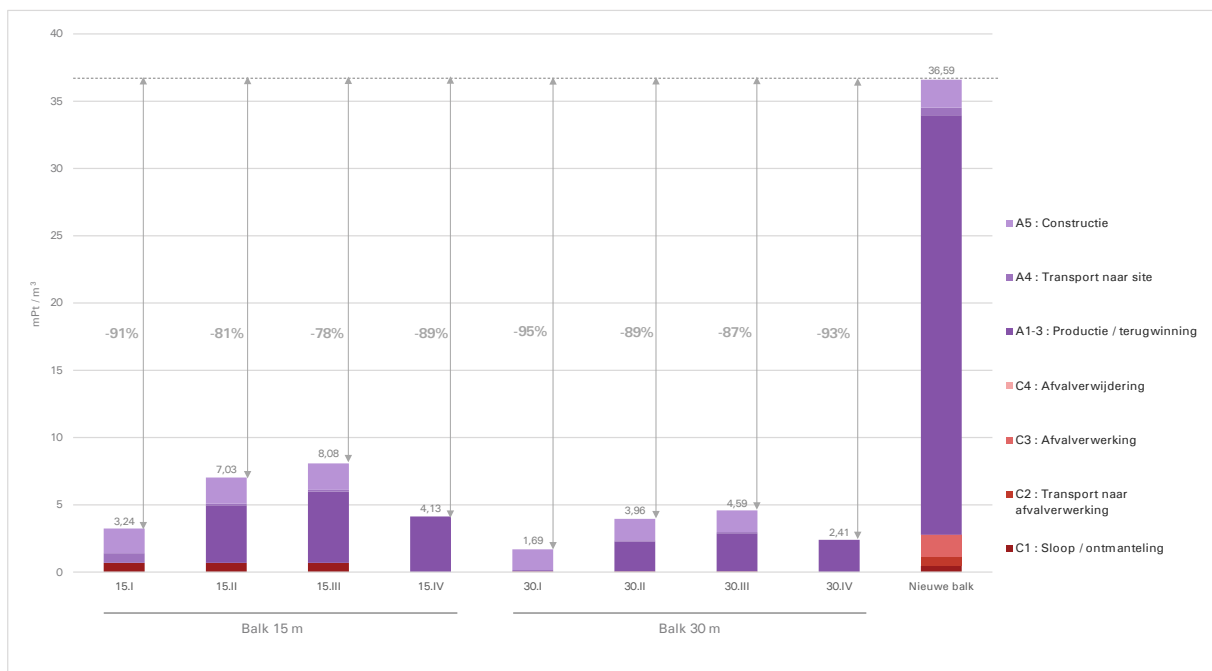
## 3.4 Hergebruikcyclus: C1<sub>L1</sub>-A5<sub>L2</sub>

In volgende deelanalyse zullen de eerder verkregen resultaten worden gesynthetiseerd. Dit gebeurt door de eindelevensfase (C1-C4) van een eerste levenscyclus (L1) samen te voegen met de productiefase (A1-A5) van een tweede levenscyclus (L2). Hierbij vergelijken de resultaten een volledig hergebruikproces met een situatie waarbij een balk werd verwerkt als afval en een nieuwe werd geproduceerd.

### Onderzoeksvragen deelanalyse:

1. Wat zijn, over het hele hergebruikproces gezien, de grootste impacten?
2. Welk hergebruikscenario heeft de laagste impact, bekeken over het volledige proces?
3. Hoe verhoudt de impact van een volledig hergebruikproces zich tot een lineair proces met sloop en nieuwe productie?

### 3.4.1 Onderlinge vergelijking



Figuur 152: Vergelijking van verschillende scenario's (module C1-A5), voor een balk van 15 m of 30 tegenover een nieuwe balk

Figuur 152 geeft een overzicht van de totale impact van het hergebruikproces, voor zowel een balk van 15, als een balk van 30 m. Ook de vergelijking met een sloop en nieuwe balk wordt opgezet.

In het gehele hergebruikproces is het aandeel van de selectieve ontmanteling op de totaalimpact beperkt. Bij een balk van 30 meter valt deze impact zelfs verwaarloosbaar te noemen. De bewerkingen en transporten in een volgende levenscyclus vertegenwoordigen dus het overgrote aandeel in de totale impact. Het uitsparen van de ontmanteling bij

Scenario IV (behoud), levert dan ook geen noemenswaardig voordeel op ten opzichte van andere scenario's. De factoren en keuzes die het hergebruikproces in een volgende levenscyclus beïnvloeden (A1-5), zullen dus van groter belang zijn op de totale impact van een volledig hergebruikproces. De manier waarop een ontmanteling (C1) gebeurt, zal daarentegen weinig invloed hebben op deze totaalimpact.

De grafiek geeft weer dat alleen al de productie van een nieuwe balk een veel hogere impact kent dan het volledige proces bij hergebruikscenario III, dat alle mogelijke bewerkingen en transporten bevat. Het milieuvoordeel dat hergebruik oplevert, blijft dus ook over het hele proces bekeken enorm. Voor het meest conservatieve Scenario III is er een impactreductie van 78 % (15 m) tot 87% (30 m) in vergelijking met de procedure voor het destructief slopen en produceren van een nieuwe balk. Ook hier neemt het voordeel dus toe bij een grotere balk van 30 meter.

Door te kijken over het gehele hergebruikproces wordt een dubbel voordeel toegekend aan hergebruik, zowel in de module C1-4, als in A1-5. Toch zal deze blik het milieuvoordeel niet hoger begroten dan wanneer enkel de productiefase A1-A5 wordt beschouwd (figuur 142), de reducties zijn namelijk quasi gelijk.

### 3.4.2 Conclusies deelanalyse C1<sub>L1</sub>-A5<sub>L2</sub>

**1. In de totale impact van het volledige hergebruikproces, maakt het aandeel van de terugwinningsprocessen en transporten (A1-5) het overgrote deel uit.** Aangezien de grootste impacten bij een hergebruikproces hier liggen, is de **keuze van het gevolgde hergebruikscenario** van het **grootste belang voor de totale impact**.

**2. Scenario I**, met enkel een verzaging en rechtstreeks transport naar de werf, kent de **laagste totale impact**. Het uitsparen van de ontmanteling in Scenario IV, levert geen significant voordeel op, ten opzichte van andere scenario's. Het aandeel van de ontmanteling in de totale impact is immers gering.

**3. De volledige milieu-impact van een hergebruikproces, ligt veel lager dan de impact van de productie van een nieuwe balk.** Het uitsparen van deze productie, zorgt dus voor het grootste voordeel. Er is hierdoor een **totale reductie tot maximum 91% (15 m) of 95% (30 m)** mogelijk ten opzichte van een sloop en nieuwe productieproces met installatie.

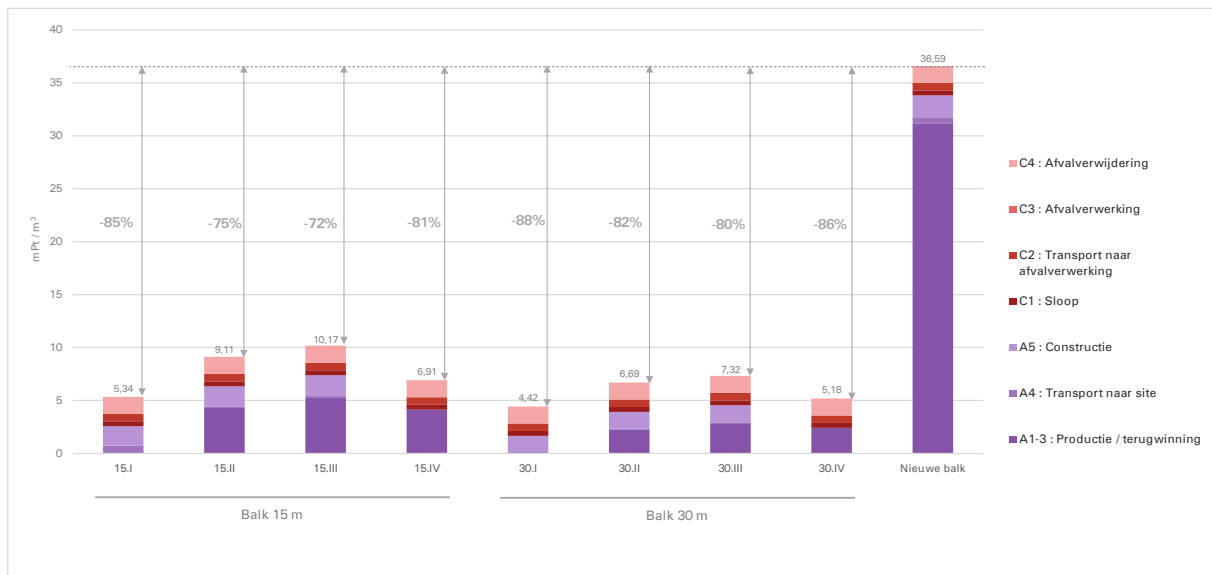
## 3.5 Volledige levenscyclus: A1-C4

Ten slotte wordt de volledige levenscyclus beschouwd, in een zogenaamde *Cradle-to-grave*. De modules A1 tot en met C4 worden dus beschouwd binnen éénzelfde levenscyclus voor verschillende hergebruikscenario's en een proces met nieuwe productie. Op basis van deze resultaten kan één van de hoofdonderzoeksvragen van deze thesis worden beantwoord:

### Onderzoeksvragen deelanalyse:

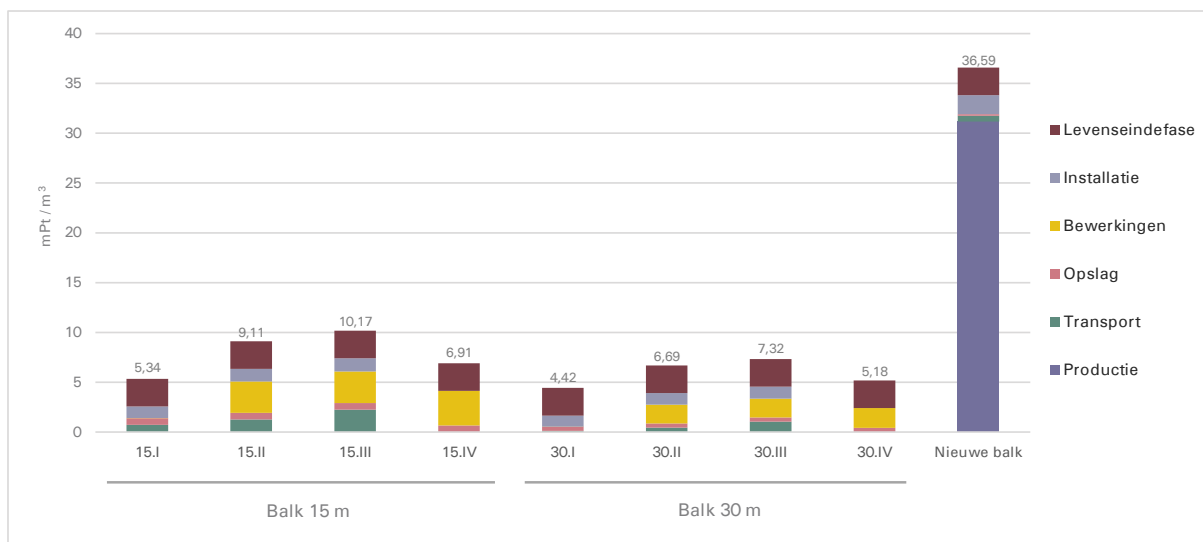
1. Welk milieuvoordeel valt te behalen door het gebruik van een hergebruikte balk in plaats van een nieuwe balk?
2. Levert het begroten van de resultaten in kg CO<sub>2</sub> eq nog steeds een noemenswaardige reductie op?

### 3.5.1 Onderlinge vergelijking



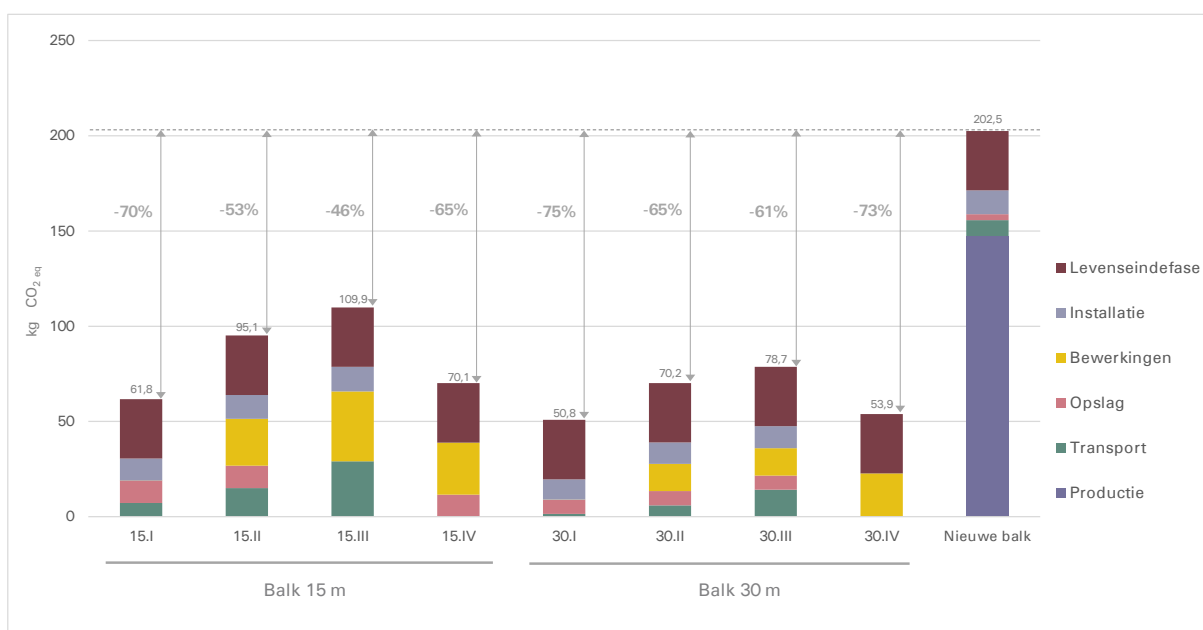
Figuur 153: Vergelijking van verschillende scenario's (module A1-C4), voor een balk van 15 m of 30 tegenover een nieuwe balk

Na het overlopen van alle mogelijke invloedsfactoren en parameters die de impact van een hergebruikproces beïnvloeden in voorgaande deelanalyses, wordt op figuur 153 helder weergegeven welk kwantificeerbaar voordeel het hergebruik van een gelijmd gelamineerde balk zal hebben ten opzichte van een nieuw alternatief. Dit wordt hier begroot over de gehele levenscyclus van een element. Het gebruik van een hergebruikte balk volgens Scenario III, kent een reductie van 72% (15 m) tot 80% (30 m). Als het aantal bewerkingen beperkt wordt tot de basis (Scenario I), vergroot het milieuvoordeel tot 85% en 88%. Wanneer daarentegen dankzij behoud de installatie en het transport kan worden uitgespaard (Scenario IV), neemt het milieu-voordeel eveneens toe tot 81% en 86%.



Figuur 154: Vergelijking van verschillende scenario's in verschillende categorieën, voor een balk van 15 m of 30 tegenover een nieuwe balk

Op figuur 154 worden dezelfde totaalimpacten weergegeven in categorieën. Hierop is te zien dat de impact voor de einde-levensfase (C1-4) voor elk alternatief element aangenomen wordt dezelfde te zijn. Dit zorgt ervoor dat de relatieve impact ervan in elk scenario verschilt. Relatief gezien zal het aandeel van deze fase dus hoger zijn in scenario's waarvan de impact van terugwinningsprocessen lager ligt. Bij balken van 30 m maakt deze fase dan ook steeds een groter aandeel uit dan bij balken van 15 m.



Figuur 155: Vergelijking van verschillende scenario's in verschillende categorieën, voor een balk van 15 m of 30 tegenover een nieuwe balk, waarde in kg CO<sub>2</sub> eq

Figuur 155 geeft weer welke CO<sub>2</sub>-emissies verschillende hergebruikscenario's tot gevolg hebben. De volgorde van de scenario's volgens CO<sub>2</sub>-emissies blijft gelijk aan de volgorde volgens de totaalimpacten. De reductie in emissies ten opzichte van een nieuwe balk zal met 46% tot 61% voor Scenario III echter minder bedragen dan de reductie in totaalimpact.

### 3.5.2 Conclusies deelanalyse A1-C4

1. Het toepassen van een hergebruikte balk in een project volgens het meest uitgebreide Scenario III levert een reductie op van de milieu-impact van 72% (15 m) tot 80% (30 m), ten opzichte van het gebruik van een nieuwe balk. Deze reductie kan door het volgen van andere scenario's hoger oplopen. Het volgen van Scenario I levert het meeste milieuvoordeel op, met reducties van 85% (15 m) tot 88% (30 m).

2. Ook op vlak van CO<sub>2</sub>-emissies scoren de verschillende hergebruikscenario's gunstiger dan een nieuwe balk. Hoewel de reductie minder is, door het wegvallen van categorieën landgebruik en fijnstof emissies bij de productie van de nieuwe balk, worden nog steeds reducties bekomen van 46% (15 m) tot 61% (30 m) in Scenario III. Voor Scenario I lopen de reducties op tot 70% (15m) en zelfs 75% (30m).

## 4 Sensitiviteitsanalyse

De gemaakte aannames kunnen een grote invloed hebben op de resultaten van het onderzoek. Voor hergebruikprocessen is echter slechts weinig concrete data beschikbaar en kan de uitvoering in realiteit steeds afwijken van de aanname. Ook de gehanteerde scenario's zijn voornamelijk gebaseerd op aannames uit beperkte informatiebronnen, waardoor deze slechts een deel van alle mogelijke variëteiten aan hergebruikprocedures beslaan.

In deze sensitiviteitsanalyse worden deelonderzoeken uitgevoerd waarbij veranderingen worden aangebracht in de aannames, om zo de invloed op de resultaten voor de volledige levenscyclus (A1-C4, zie deelanalyse 3.5) te evalueren. Op deze manier kan worden achterhaald aan welke variabelen de LCA-resultaten gevoelig zijn en of de resultaten met een andere aanname significant veranderen.

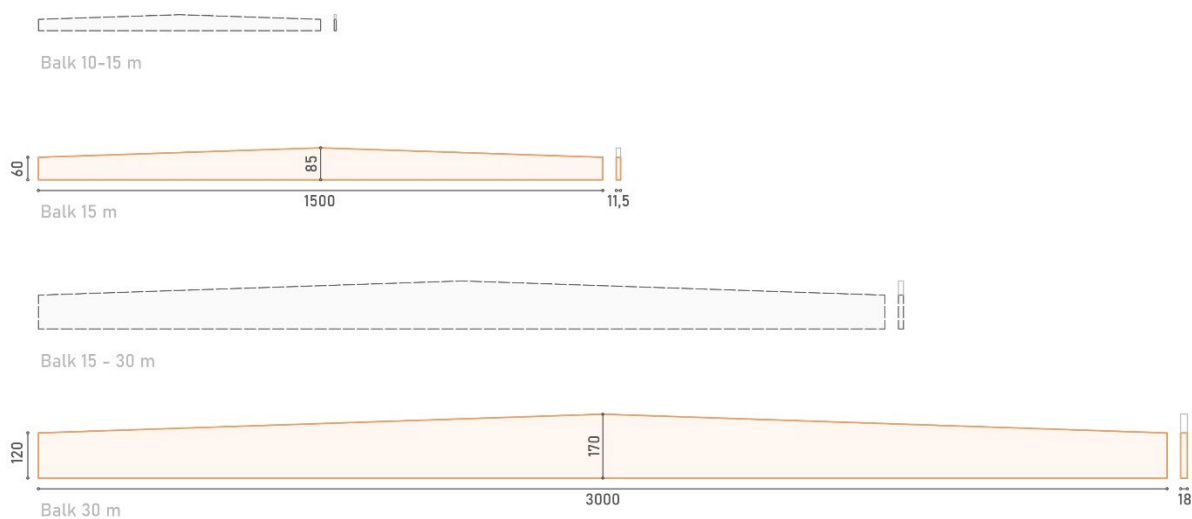
De sensitiviteitsanalyse zal bestaan uit zeven deelanalyses. De eerste drie analyses zullen de sensitiviteit van aannames op niveau van de glulambalk zelf evalueren. Hiertoe worden de parameters 'lengte', 'densiteit' en 'totaalimpact nieuwe balk' onderzocht. Daarna zullen vier parameters op niveau van het volledige hergebruikproces worden onderzocht: 'transportafstand', 'levensduur', 'materiaalverlies' en ten slotte 'conservatieve structurele maatregelen'.

### 4.1 Lengte (omvang)

Uit de resultaten bleek reeds dat de milieu-impact per kubieke meter van het hergebruik van een balk van 30 m lager ligt dan de impact van een balk van 15 m. In volgende deelanalyse wordt onderzocht of deze trend algemeen kan worden bevestigd voor andere balklengtes, en wordt getest of deze met andere functionele eenheden ook overeenind blijft. De invloed van de lengte en omvang op de milieu-impact van verschillende scenario's, zal ook verder in kaart worden gebracht.

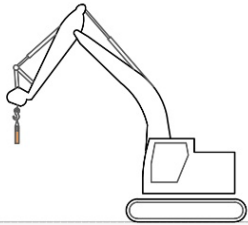
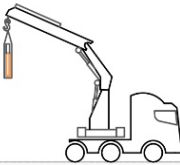

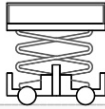
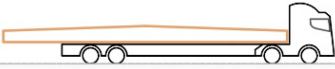


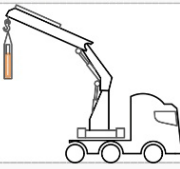
#### 4.1.1 Methodologie

Binnen de scenario's wordt steeds de impact van het hergebruik van een balk van 15 m afgewogen met een balk van 30 m. Het onderzoek naar de invloed van lengte op de milieu-impact, wordt in deze deelanalyse verder doorgevoerd met interpolaties tussen de balk van 15 en 30 m. Zo kan geanalyseerd worden op welke wijze de milieu-impact wijzigt, naarmate de omvang van de balk wijzigt. Voor de interpolatie worden alle dimensies verhoudingsgewijs bijgesteld naarmate de lengte van de balk wijzigt. Figuur 156 illustreert deze methode.



Figuur 156: Verhoudingsgewijze interpolatie van de balkomvang

Het verschil in ontmantelingsmethode tussen de balk van 15 en 30 m, zoals omschreven in deel 2.1, wordt ook opgenomen in de berekeningen van balken met variërende lengtes. Hiertoe wordt aangenomen dat voor het hergebruik van een balk onder de 19 meter dezelfde methode wordt gevolgd als voor de balk van 15 meter, terwijl een balk van meer dan 19 meter lengte dezelfde hergebruikprocedure kent als een balk van 30 meter. De aannames worden dus uitgebreid zoals op tabel 17.

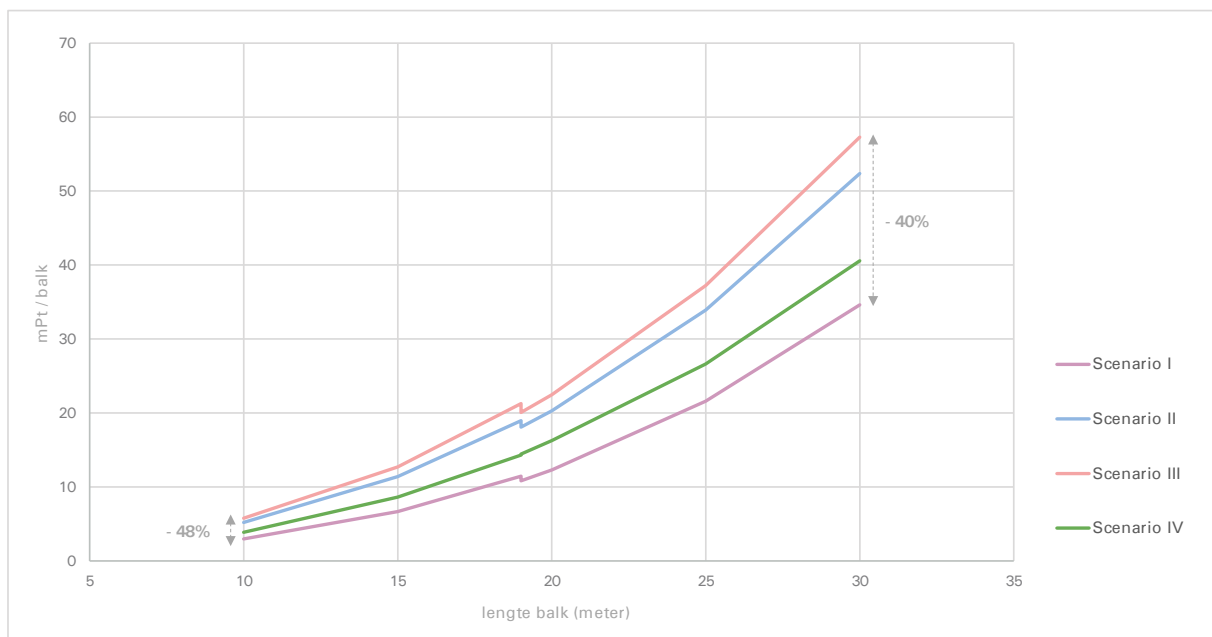
BALK < 19 METER	BALK ≥ 19 METER
 <p>Ontmanteling met rupsgraafmachine</p>	 <p>Ontmanteling met hydraulische vrachtwagenkraan</p>
 <p>Verplaatsingen met kleine elektrische hoogwerker</p>	 <p>Verplaatsingen met grote hoogwerker op diesel</p>
 <p>Voertuig met max gewicht &lt; 32 ton</p>	 <p>Voertuig met max gewicht &gt; 32 ton</p>
 <p>Laden en lossen met elektrische heftruck</p>	 <p>Laden en lossen met hydraulische vrachtwagenkraan</p>

Tabel 17: Verschil in algemene procedure voor een balk langer en korter dan 19 meter

De grens wordt gelegd op een lengte van 19 meter, aangezien dit de grens is waaronder nog kan worden vervoerd door een vrachtwagen met één aanhangwagen (zie tabel 3 uit hoofdstuk 2.2 van Deel 2). Wanneer de balk langer is dan 19 meter, zal een combinatie van opleggers moeten worden opgesteld achter de vrachtwagen om deze te vervoeren. Aangezien dergelijk voertuig over 5 assen beschikt, is het maximaal toegestane gewicht 44 ton (zie tabel 2 uit hoofdstuk 2.2 van Deel 2), wat dus boven de 32 ton valt. Omdat de grens van de twee transportprocessen uit de Ecoinvent-database op 32 ton ligt, zal een balk boven de 19 m dus een andere transportimpact hebben dan een minder lange balk. De aanname voor een balk langer dan 19 m ligt hiermee dus gelijk met deze voor een balk van 30 m.

Ook de andere aannames worden mee overgenomen, aangezien de overgang van een vrij regulier naar een professioneel (vaak uitzonderlijk) transportvoertuig gepaard gaat met een overgang in middelen, schaal van de werf en professionaliteit. Voor kleinschalige tot middelgrote balken (< 19 m) zal men vaak de reeds aanwezige middelen op de werf inzetten, zoals een rupsgraafmachine, een kleine hoogtewerker, of een vorkheftruck. Voor een grootschalige balk zal men sneller overgaan tot externe voertuigen en machines, die speciaal worden ingezet voor de ontmanteling van deze balken.

#### 4.1.2 Resultaten

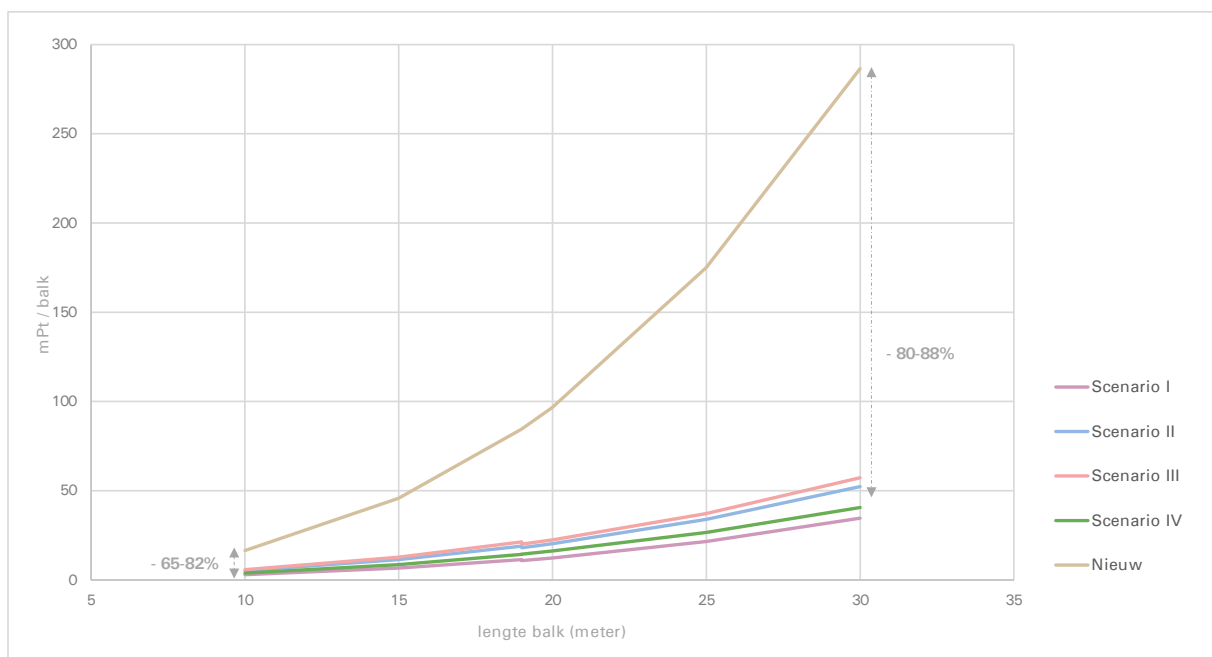


Figuur 157: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte; waarde in mPt/balk

Op figuur 157 wordt de milieu-impact uitgedrukt 'per volledige balk', een andere functionele eenheid, voor een variërende balklengte. De functionele eenheid is dus een glulambalk met een bepaalde lengte. Ter hoogte van 19 meter treedt een kleine daling op wat betreft de impact. Vanaf dit punt wordt de balk immers volgens de methode voor grotere balken berekend.

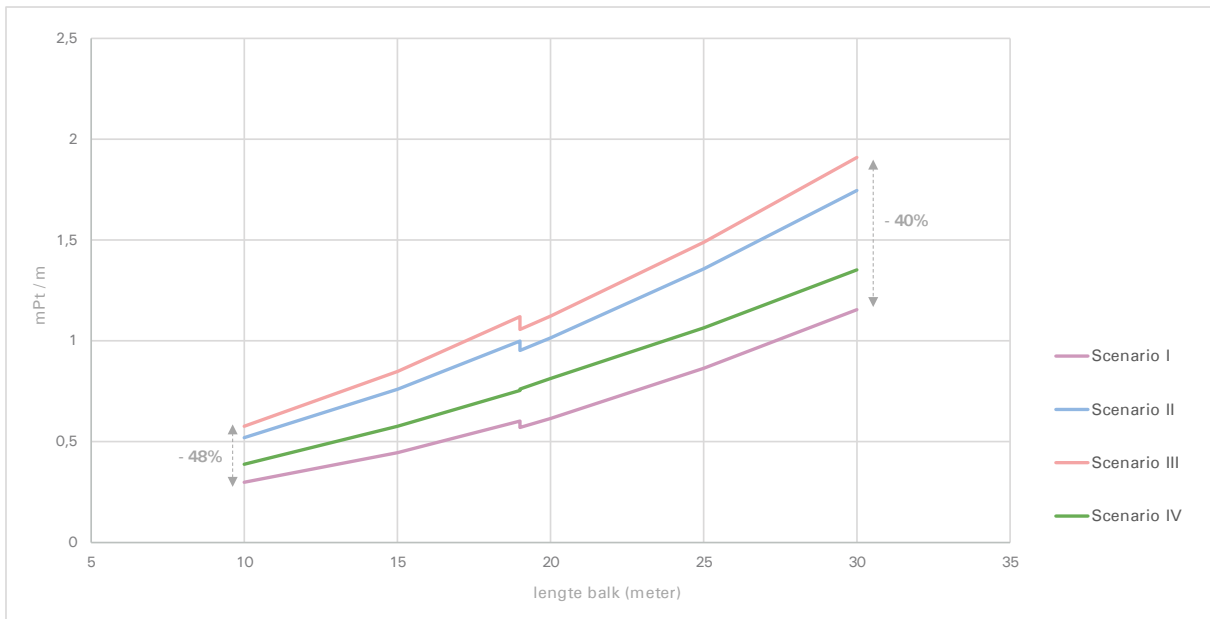
Figuur 157 toont aan dat de milieu-impact voor het hergebruik van een volledige balk stijgt naarmate de lengte toeneemt. Het valt tevens op dat deze stijging niet lineair is voor een toenemende lengte, maar eerder kwadratisch. De impact van de scenario's ligt bij grotere balklengtes verder uit elkaar wat absolute impact betreft, terwijl er relatief gezien een minder groot verschil zit tussen het meest en minst vervuilende scenario. Gemaakte keuzes binnen het hergebruikproces, zullen dus, naarmate de lengte toeneemt, een minder doorslaggevende relatieve invloed hebben op de totale milieu-impact.

De functionele eenheid 'een volledige glulambalk met een bepaalde lengte' vormt echter geen goede eenheid om de impact van verschillende balklengtes te vergelijken. Logischerwijs zal de terugwinning van een balk van 30 m immers een grotere impact hebben dan de terugwinning van een balk van 15 m, door de grotere te bewerken oppervlakte en het hogere gewicht.



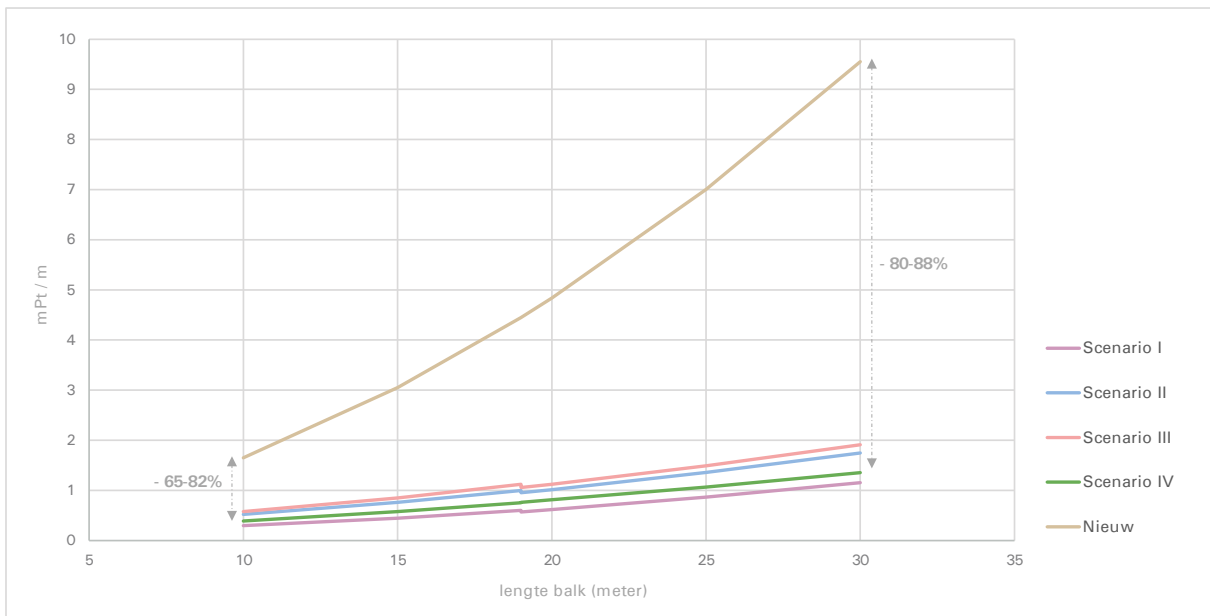
Figuur 158: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte, tegenover een nieuwe balk; waarde in mPt/balk

Wanneer, met dezelfde functionele eenheid, een nieuwe balk wordt vergeleken met de verschillende hergebruikscenario's in figuur 158, valt op dat de nieuwe balk een sterkere stijging kent naarmate de balklengte oploopt. Het productieproces voor nieuwe glulambalken is immers uitgedrukt in  $\text{mPt}/\text{m}^3$ . Wanneer de balklengte stijgt, stijgt het volume, en bijgevolg de milieu-impact, mee aan een sneller tempo. Waar er bij een balklengte van 10 meter reducties worden bekomen van 62% tot 82%, afhankelijk van het gekozen scenario, is dit voor een balk van 30 meter 80% tot 88%. Het milieuvoordeel voor hergebruik zal dus steeds toenemen naarmate de balklengte toeneemt. Dit komt omdat de milieu-impact van bewerkingen binnen het hergebruik-proces, in vergelijking met de productie van een nieuwe balk, slechts gestaag toeneemt met de balklengte.



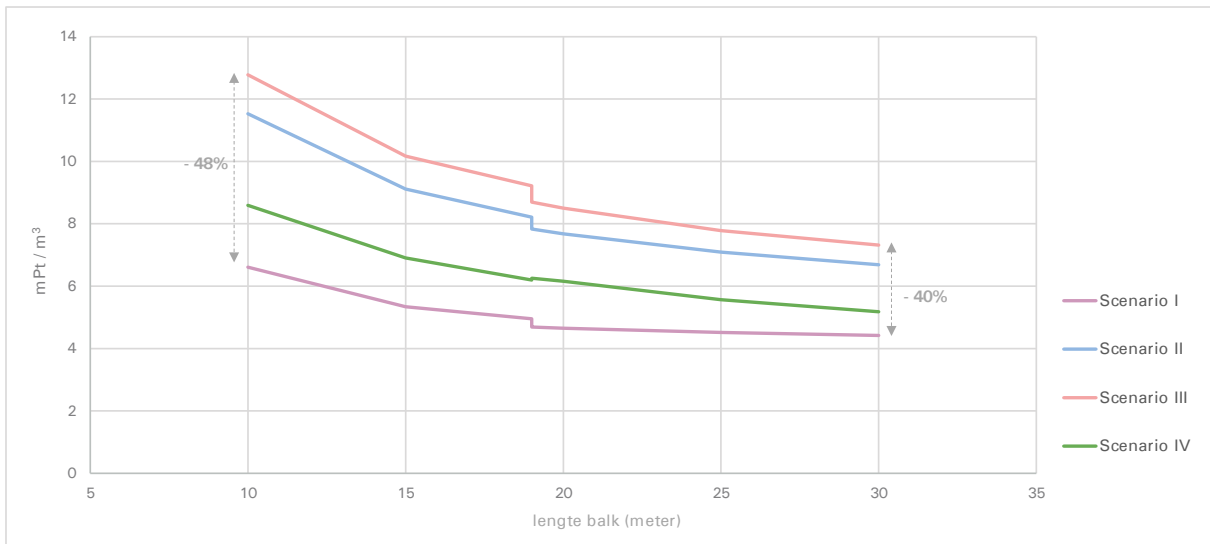
Figuur 159: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte; waarde in mPt/m

Figuur 159 geeft de milieu-impact weer in functie van de functionele eenheid 'per lopende meter balk'. Op de grafiek is er, in vergelijking met de weergave per balk, reeds een minder sterke stijging te merken. De functionele eenheid 'een lopende meter glulambalk', verrekenet immers al een deel van de impact, door deze te delen door de balklengte. De waargenomen toename in impact, komt dus voort uit een toename van de doorsnede. Het relatieve verschil tussen de scenario's blijft ongewijzigd.



Figuur 160: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte, tegenover een nieuwe balk; waarde in mPt/m

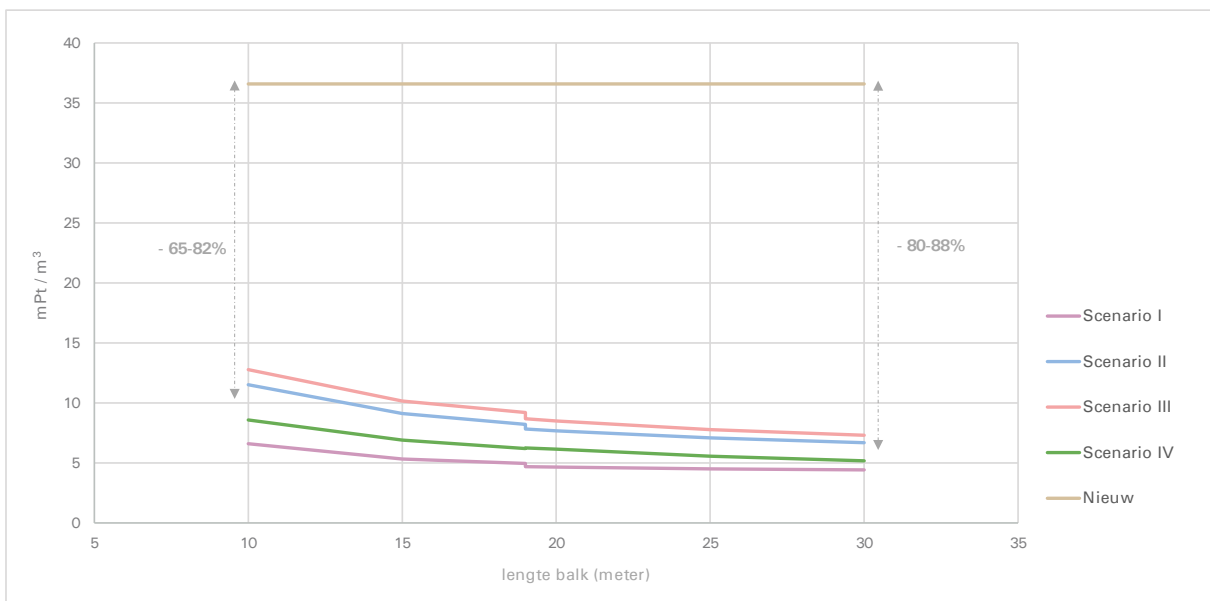
Hoewel het relatieve verschil met de impact van de nieuwe balk eveneens ongewijzigd blijft, toont deze voorstellingswijze op figuur 160 een minder kwadratische stijging. Ook met deze functionele eenheid is duidelijk dat de impact van de nieuwe balk sterker stijgt dan de verschillende vormen van hergebruik.



Figuur 161: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

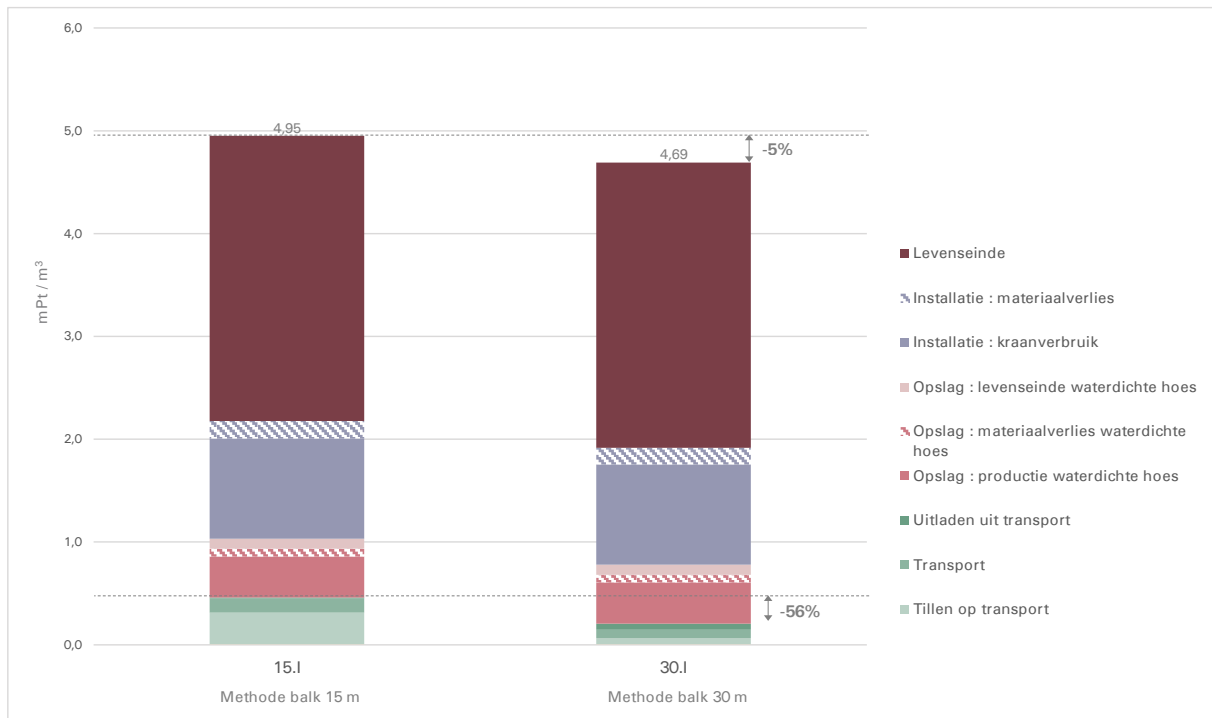
Op figuur 161 worden de resultaten uitgedrukt in mPt/m<sup>3</sup>, de functionele eenheid die gedurende de gehele LCA analyse gehanteerd werd. Met deze weergave wordt duidelijk dat de milieu-impact afneemt naarmate de balklengte stijgt. Ook de conclusie dat de keuze voor een bepaald scenario minder invloed heeft op de totaalimpact bij een hogere balklengte, wordt bevestigd. De spreiding tussen de verschillende waarden neemt namelijk zichtbaar af naarmate de balklengte toeneemt.

De impacten voor verschillende scenario's lijken ook asymptotisch naar elkaar toe te komen. Dit wijst erop dat het voordeel dat behaald kan worden met het 'schaaffect' bij toename in lengte minder groot wordt. De afname in milieu-impact van een hergebruikte balk van 29 m naar een balk van 30 m, zal bijvoorbeeld lager liggen dan de afname van 20 m naar 21 m.



Figuur 162: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de balklengte, tegenover een nieuwe balk; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

Figuur 162 voegt de impact van de nieuwe balk toe aan de grafiek. Deze is reeds uitgedrukt per kubieke meter, en is daarom constant in functie van de balklengte. Omdat de waarden voor de hergebruikscenario's daarentegen een lichte daling kennen, wordt het toegenomen milieuvoordeel bij stijgende lengte hier over de hele lijn helder zichtbaar. De functionele eenheid 'een kubieke meter glulam' vormt de meest eenduidige manier om de nieuwe balk met hergebruikbalken van verschillende schalen en hergebruikscenario's te vergelijken, aangezien deze eenheid een constante vergelijkingsbasis levert.



Figuur 163: Vergelijking van de impact van scenario I voor verschillende methodes, voor een balk van 19 m; waarde in mPt/m<sup>3</sup>

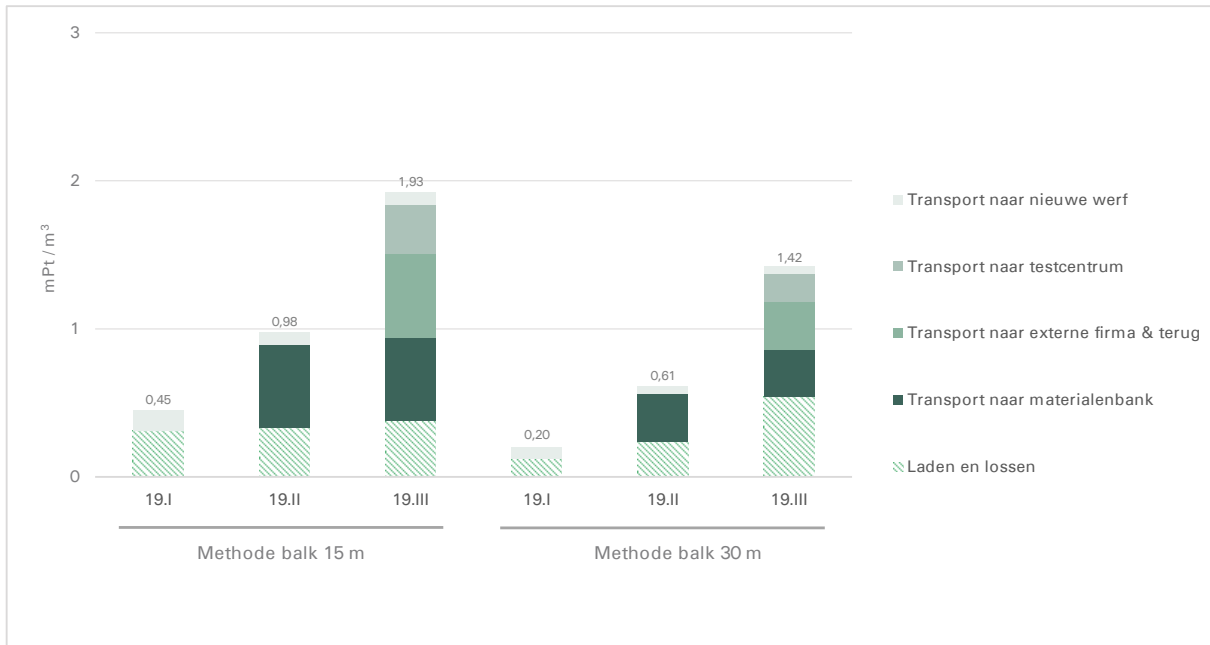
Figuur 163 geeft de milieu-impacten weer van een hergebruikte balk van 19 meter in Scenario I, voor beide hergebruikmethodes. De daling in impact die bij het wisselen van methode op 19 meter voor elke functionele eenheid zichtbaar is, wordt op de grafiek voorgesteld in functie van de verschillend levensfases en hergebruikprocessen.

Wanneer de methode voor een balk van 30 meter (rechts) wordt gebruikt in plaats van de methode voor een balk van 15 meter (links), kan een totaalreductie van 5% worden bekomen voor Scenario I. Hoewel het 'uitladen' met de hydraulische vrachtwagenkraan een iets grotere impact heeft bij de rechtermethode, zorgt het 'tillen op het transport' met de rupsgraafmachine er nog steeds voor dat de methode voor kleine balken (links) de grootste totale impact heeft. Ook het effectief transport is efficiënter bij de methode voor grotere balken. Wanneer een hogere gewichtsklasse vrachtwagen wordt vergeleken met een kleinere, zal de impact per balk, en daaruitvolgend per kubieke meter, groter zijn voor een kleinere vrachtwagen. Dit heeft te maken met het verdelen van de impact over een kleinere lading.

Deze reductie voor een even lange balk, bevestigt de bevinding dat de methode voor grote balken steeds een lagere milieu-impact tot gevolg heeft en dus milieuefficiënter is. Het

schaafeffect, waaraan de reductie eerder mede werd toegerekend, heeft in deze analyse immers geen invloed.

Over de gehele levenscyclus gezien, levert dit verschil in transport- en laadmethode geen significant verschil. Er is wel een grote reductie te merken wanneer enkel de transport- en laadcategorieën afzonderlijk worden beschouwd. In dat geval is de impact van de methode voor grote balken tot 56% lager.



Figuur 164: Vergelijking van de impact van transport in de hergebruikscenario's voor verschillende methodes, voor een balk van 19 m

Op figuur 164 wordt enkel de milieu-impact van deze transportoperaties voor een balk van 19 meter opgesteld. De figuur geeft deze impact weer voor de twee methodes, en voor drie hergebruikscenario's. De resultaten geven weer dat de daling in impact met de 30 m methode geldig is voor alle scenario's, maar dat dit voordeel afneemt naarmate er meer transporten optreden. De relatieve daling in impact bij het veranderen van methode zal dus het kleinst zijn in Scenario III, dat de meeste transporten bevat. De relatieve reductie in de categorie transport is in dit scenario slechts 26% bij het veranderen van methode waar dit in scenario I nog 56% bedroeg.

Het veranderen van methode zorgt voor een afname van de impact van alle transporten. De impact van de categorie 'laden en lossen' stijgt daarentegen in Scenario III voor de rechtermethode. Voor een balk van 30 m neemt de impact van deze operatie namelijk toe per extra transportstap, aangezien dit steeds gebeurt met een vrachtwagenkraan. Voor de methode van een balk van 15 m, gebeurt het laden en lossen enkel op de afbraakwerf met een rupsgraafmachine. Hierna gebeuren alle verdere logistieke laadoperaties met een vorkheftruc, wat amper zorgt voor een stijging van de impact. De totaalimpact van Scenario III blijft echter wel nog steeds lager, aangezien het toegenomen aantal transporten efficiënter kan gebeuren. Zolang de rechtermethode zich beperkt tot minder dan 20 laad- of losoperaties met de camionkraan in Scenario III, zal de reductie blijven gelden.

### Invloed van de parameter 'Lengte'

De afname van de milieu-impact (per kubieke meter) voor een toenemende lengte en omvang van de balk, kan vanuit de sensitiviteitsanalyse algemeen worden bevestigd. Ook kan voor verschillende functionele eenheden worden waargenomen dat het milieuvoordeel ten opzichte van een nieuwe balk significant toeneemt, naarmate de lengte stijgt. De functionele eenheid 'per kubieke meter' geeft deze voordelen op de meest eenduidige wijze weer.

Verder geven de trendlijnen weer dat het belang van de keuze voor een welbepaald hergebruikscenario op de milieu-impact relatief afneemt naarmate de balklengte toeneemt. Een keuze voor een ander scenario zal voor een grotere balk met andere woorden een minder significant verschil van de totale milieu-impact teweegbrengen.

De methode voor hergebruik van een balk van 30 meter, zal een reductie van de milieu-impact tot gevolg hebben ten opzichte van de andere hergebruikmethode. Deze reductie neemt verder toe naarmate een scenario grotere transportafstanden bevat, maar neemt licht af wanneer men de balken vaker in- en uitlaadt. Echter is het verschil in methode in mindere mate verantwoordelijk voor het verschil van de impact tussen een balk van 15 en een balk van 30 meter. Het is vooral het schaafeffect dat zorgt voor een vermindering van de milieu-impact.

## 4.2 Densiteit

Aangezien bij het hergebruik van glulamstructuur meestal niet bekend is uit welke houtsoort deze is opgebouwd of wat het exacte vochtgehalte is, is een variatie van de in deze thesis vooropgestelde densiteit van 420 kg/m<sup>3</sup> in realiteit aannemelijk. De sensitiviteitsanalyse zal de invloed van deze parameter op de resultaten onderzoeken.

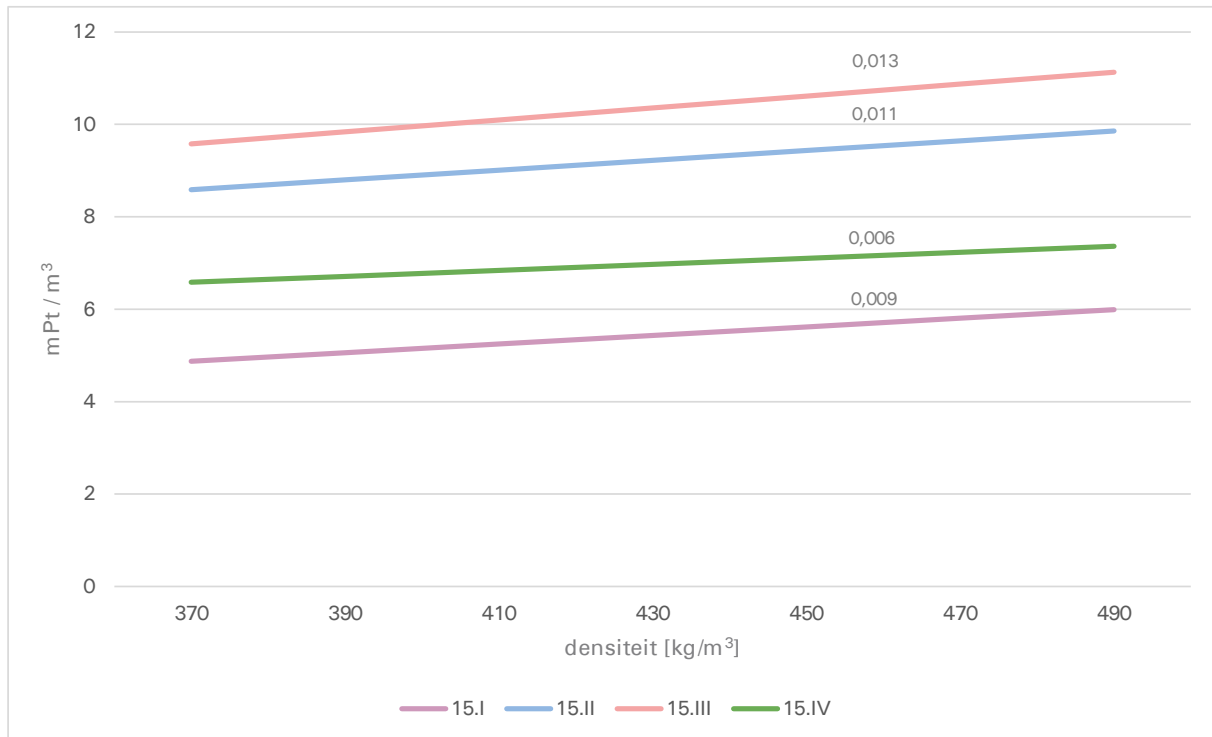
### 4.2.1 Methodologie

In norm EN 14080:2013 voor gelijmd gelamelleerd hout zijn verschillende mogelijke densiteiten voor glulam gegeven, afhankelijk van de sterkteklasse. In de tabellen uit de norm zit meer spreiding op de waarden voor een homogene balk, dan op deze van een gecombineerde balk. Om een zo breed mogelijke sensitiviteitsanalyse uit te voeren, werden de waarden voor een homogene balk als uitgangspunt genomen. Door een variatie tot de uiterste waarden uit tabel 18 toe te laten, zal een analyse van de invloed van densiteit op de resultaten worden uitgevoerd.

Sterkteklasse	GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Gemiddelde densiteit [kg/m <sup>3</sup> ]	370	410	420	445	460	480	490

Tabel 18: Mogelijke densiteit in functie van de sterkteklasse (CEN/TC 124, 2013)

## 4.2.2 Resultaten

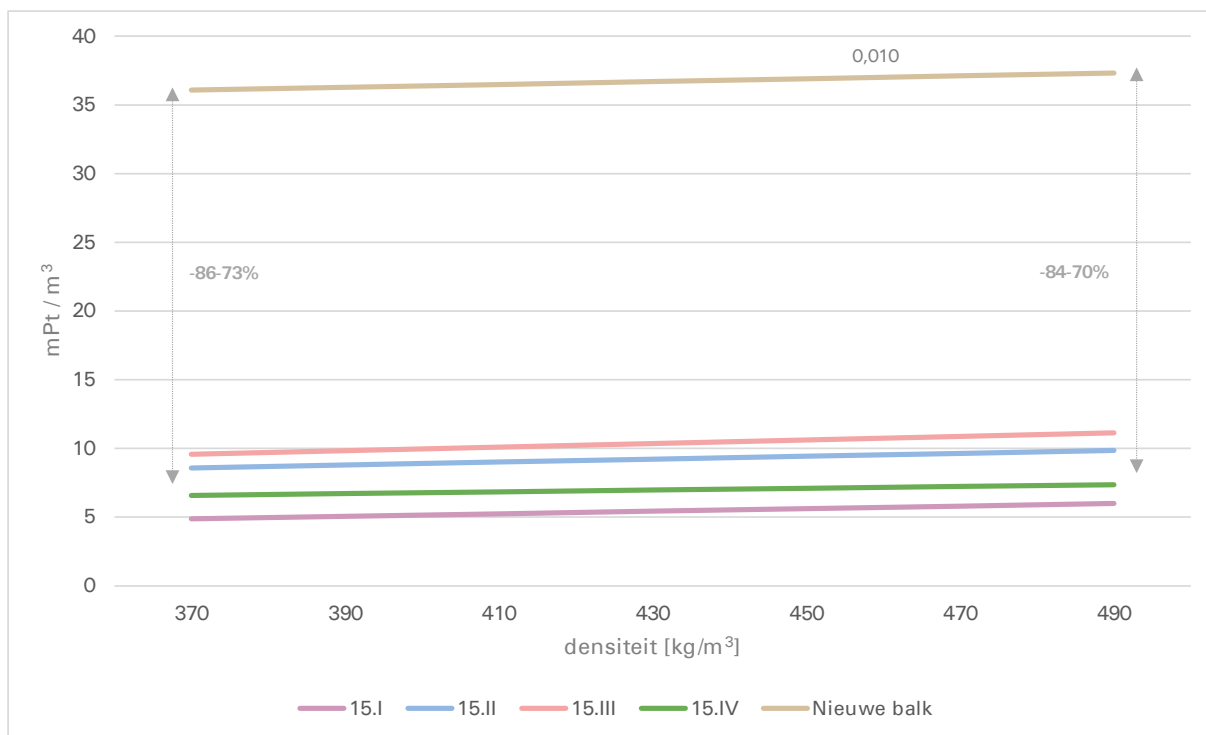


Figuur 165: Impact van de verschillende scenario's in functie van de densiteit, voor een balk van 15 m

Op figuur 165 wordt de milieu-impact van verschillende hergebruikscenario's uitgedrukt in functie van de densiteit. De stijging van de impact is lineair, waardoor voor elk scenario een richtingscoëfficiënt kon worden bepaald.

Scenario III kent de sterkste afhankelijkheid van de densiteit van de balk (grootste richtingscoëfficiënt). Aangezien de milieu-impact van transport toeneemt naarmate de lading zwaarder wordt, zal de grote hoeveelheid transporten bij Scenario III voor deze afhankelijkheid zorgen. Wanneer in Scenario III de densiteit bijvoorbeeld stijgt van de laagste naar hoogste waarde, is de totaalimpact 16% hoger. Voor andere scenario's is deze relatieve stijging lager.

Scenario IV blijkt het minst te variëren bij een verschillende densiteit. Er is in dit scenario immers geen installatie, noch transport, waardoor de stijging louter te wijten is aan de einde-levenscyclusfase. Een zwaardere balk betekent immers extra gewicht dat moet getransporteerd worden naar een afvalverwerking, en meer materiaal dat verbrand moet worden.



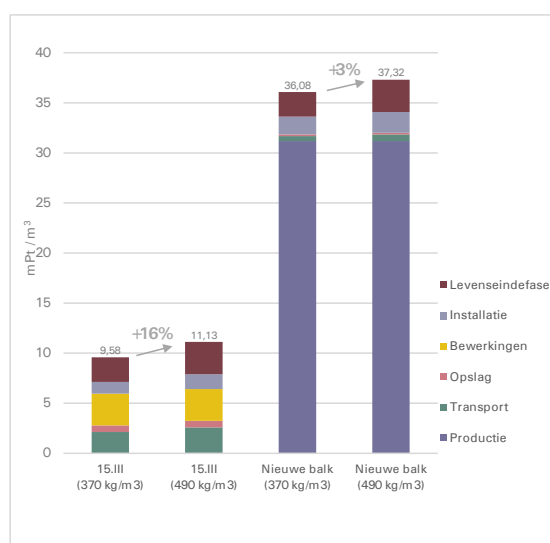
Figuur 166: Impact van de verschillende scenario's in functie van de densiteit, voor een balk van 15 m tegenover een nieuwe balk

Ook de nieuwe glulambalk kent een stijging van milieu-impact in functie van de densiteit, zoals weergegeven op figuur 166. De mate van stijging ligt tussen de richtingscoëfficiënten van hergebruikscenario I en II. Ook bij de nieuwe balk zijn louter de transport-, de installatie- en de afvalverwerkingsimpact afhankelijk van het gewicht. De productiewaarde blijft constant met variërende densiteit, aangezien deze is uitgedrukt per kubieke meter.

Aangezien zowel de hergebruikscenario's als de nieuwe balk een soortgelijke stijging kennen, blijft het absoluut verschil tussen beide impacten vrij constant naarmate de densiteit toeneemt. Het milieuvoordeel neemt licht af naarmate de densiteit toeneemt.

Figuur 167 toont geeft de impact weer voor de onder- en bovenwaarde voor de densiteit, zowel voor scenario III, als voor de nieuwe balk. De einde-levensfase kent de grootste toename in impact bij een toename in densiteit. De waarde voor de installatie- en transportimpact nemen daarentegen slechts in beperktere mate toe.

Aangezien zowel de verschillende vormen van hergebruik, als de nieuwe balk een soortgelijke stijgende impact hebben wanneer de densiteit toeneemt, is het niet mogelijk om de densiteit als significante invloedsfactor te zien.



Figuur 167: Impact scenario III in functie van de densiteit, voor een balk van 15 m tegenover een nieuwe balk

### **Invloed van de parameter 'Densiteit'**

De milieu-impact van een balk zal over de gehele levenscyclus licht toenemen met stijgende densiteit voor zowel een nieuwe, als hergebruikte balk. De mate van stijging is soortgelijk, en de densiteit van een balk heeft dus geen significante invloed op het behaalde milieuvoordeel.

## **4.3 Impact van een nieuwe balk**

Als referentie voor het bepalen van het milieuvoordeel, werd telkens rekening gehouden met dezelfde totaalimpact voor een nieuwe balk. Deze kwam voort uit de opgestelde methodologie in hoofdstuk 2.4 en 2.5. Echter kan de totaalimpact van een nieuwe balk ook op een andere manier bepaald worden. Verschillende totaalimpacten zullen in deze sensitiviteitsanalyse worden afgetoetst met de gehanteerde methodologie om de invloed hiervan op het resultaat te bepalen.

### **4.3.1 Methodologie**

Voor het opstellen van andere referentie-impacten voor nieuwe balken die relevant zijn in Belgische context, werd de TOTEM-tool geraadpleegd. Hierbinnen bevinden zich twee componenten voor structurele glulambalken, waarvan de impact binnen deze sensitiviteitsanalyse wordt opgenomen als variatie op de verkregen impact uit de eigen methodologie (zie hoofdstuk 2.4 en 2.5). De generieke component in TOTEM is:

[Rechthoekige doorsnede](#) | [Gelijmd gelamineerd hout](#)

De tweede component is gebaseerd op de eerder vernoemde EPD van OEWB (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020) en is in TOTEM opgenomen als volgende specifieke component:

[OEWB](#) | [Rechthoekige doorsnede](#) | [Gelijmd gelamineerd hout](#)

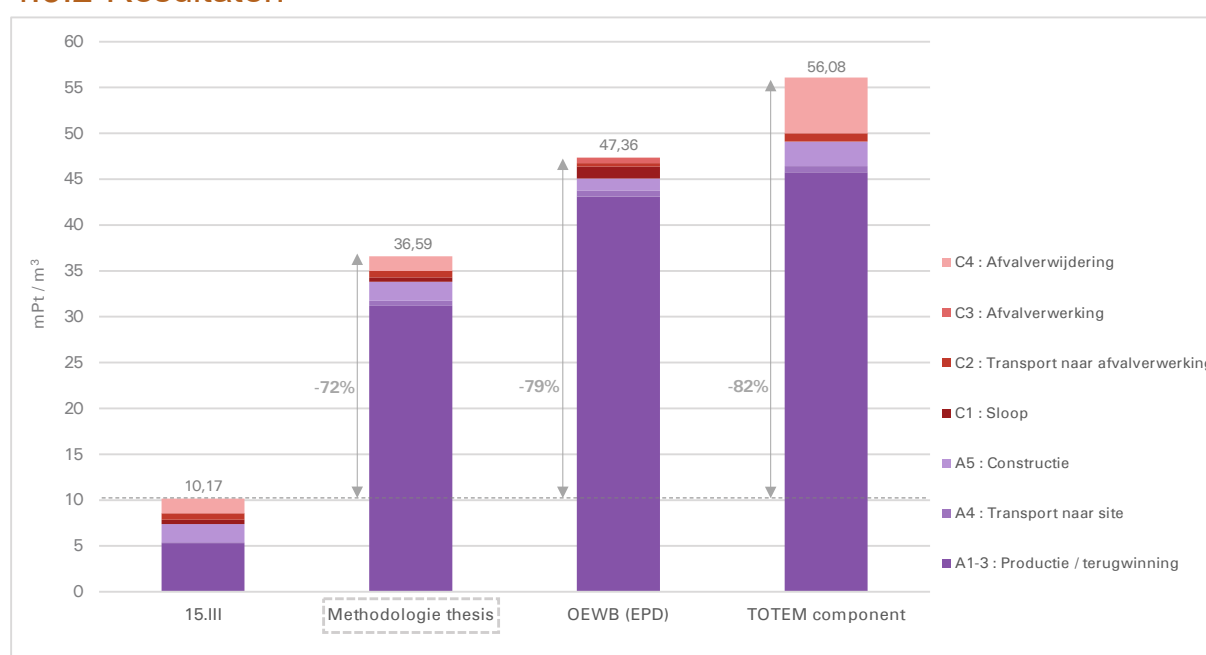
Voor beide component kan in TOTEM een doorsnede worden geselecteerd, waarna de impact per lopende meter kan worden bepaald voor de verschillende levensfasen. Om de resultaten te gebruiken als referentie voor een hergebruikbalk, werd de impact voor de sensitiviteitsanalyse omgerekend naar  $\text{mPt}/\text{m}^3$ . Om deze omrekening door te voeren moest ook de -1/+1 methode voor biogene koolstof, die standaard wordt toegepast voor houten materialen in TOTEM, omgerekend worden naar de 0/0 methode die wordt gehanteerd in deze thesis (zie 1.3.3 van dit hoofdstuk en 4.3 van het literatuuronderzoek).

Tabel 19 geeft de berekeningsmethodologieën weer voor de verschillende beschouwde impacten in deze sensitiviteitsanalyse.

Berekeningswijze		Productie (A1-3)	Transport naar werf (A4)	Installatie (A5)	Materiaalverlies (A5)	Einde-levensfase (C1-4)
<b>Methodologie thesis</b>	Methode	Overname EcolInvent proces	Aanname TOTEM (zie 2.4.2)	Aanname OEWB (zie 2.5.1)	3%, aanname NMD (zie 2.5.1)	Afvalcategorie 'Composiet houtproducten'
	LCI-data	Ecoinvent 3.10 (2024)	Ecoinvent 3.10 (2024)	EPD CTICM	Ecoinvent 3.10 (2024)	Ecoinvent 3.10 (2024)
<b>Generieke TOTEM component</b>	Methode	Overname EcolInvent proces	Aanname TOTEM (zie 2.4.2)	Niet meegenomen	5%, aanname TOTEM	Afvalcategorie 'Composiet houtproducten'
	LCI-data	Ecoinvent 3.6 (2019)	Ecoinvent 3.6 (2019)	-	Ecoinvent 3.6 (2019)	Ecoinvent 3.6 (2019)
<b>OEWB EPD</b>	Methode	Eigen metingen	Aanname TOTEM (zie 2.4.2)	Aanname OEWB (zie 2.5.1)	Niet meegenomen	Afvalcategorie 'Onbehandeld, niet verontreinigd hout'
	LCI-data	4 fabrieken (2020)	Ecoinvent 3.5 (2018)	EPD CTICM	-	Ecoinvent 3.5 (2018)

Tabel 19: Mogelijk berekeningsmethodologieën voor de milieu-impact van een nieuwe balk

### 4.3.2 Resultaten



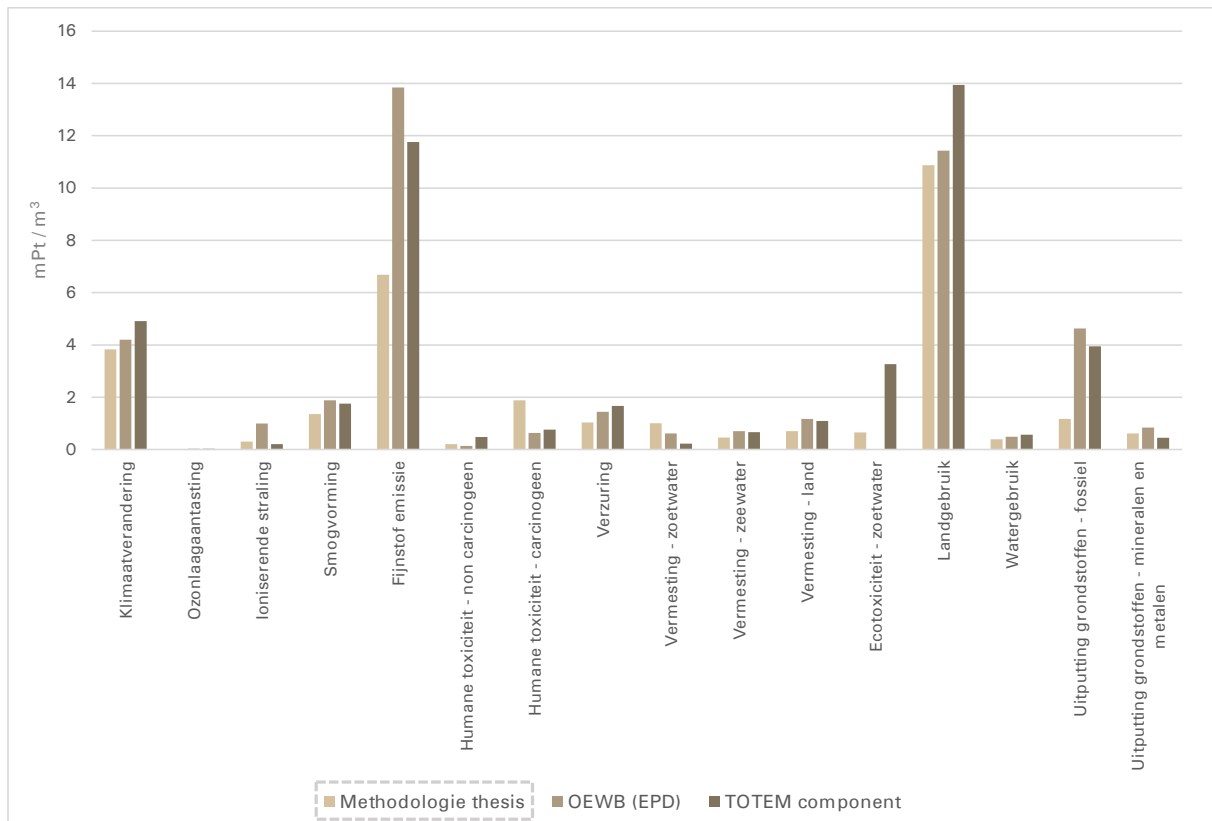
Figuur 169: Impact van scenario III, voor een balk van 15 m, tegenover verschillende waarden voor een nieuwe balk

De aangenomen waarde voor de impact van een nieuwe balk in de resultaten, wordt in figuur 169 vergeleken met de andere aannames. Ook met een andere vergelijkingsbasis, blijft hergebruik steeds beter scoren dan een nieuwe balk. De reductie op de totaalimpact voor een hergebruikte balk van 15 meter in scenario III, ligt 72% tot 82% lager dan een nieuwe balk voor verschillende referentiebalken. Een hogere totaalimpact van de nieuwe balk zal het milieuvoordeel hoger inschatten, zoals ook zichtbaar op de figuur. De waarde die werd bekomen aan de hand van de eigen gevolgde methode, met het Ecoinvent productieproces, is de meest conservatieve voor het inschatten van het milieuvoordeel van een hergebruikte balk, met een reductie van 72%.

Afgezien van de hoge afvalverwijderingsimpact bij de generieke TOTEM component, lijkt de meest invloedrijke spreiding te zitten op de waarden voor de productie. Deze wordt bij zowel de EPD als de TOTEM component hoger ingeschat dan bij de eigen methodologie. Ook voor de TOTEM component is nochtans gebruik gemaakt van een Ecoinvent proces, al valt in de tool niet te achterhalen met welk proces hier exact is gemodelleerd.

Indien hetzelfde proces als in de thesis gehanteerd werd, zou de hogere impact ook kunnen liggen aan de vijf jaar oudere Ecoinvent data die hiervoor werd gebruikt, zoals afleesbaar in tabel 19.

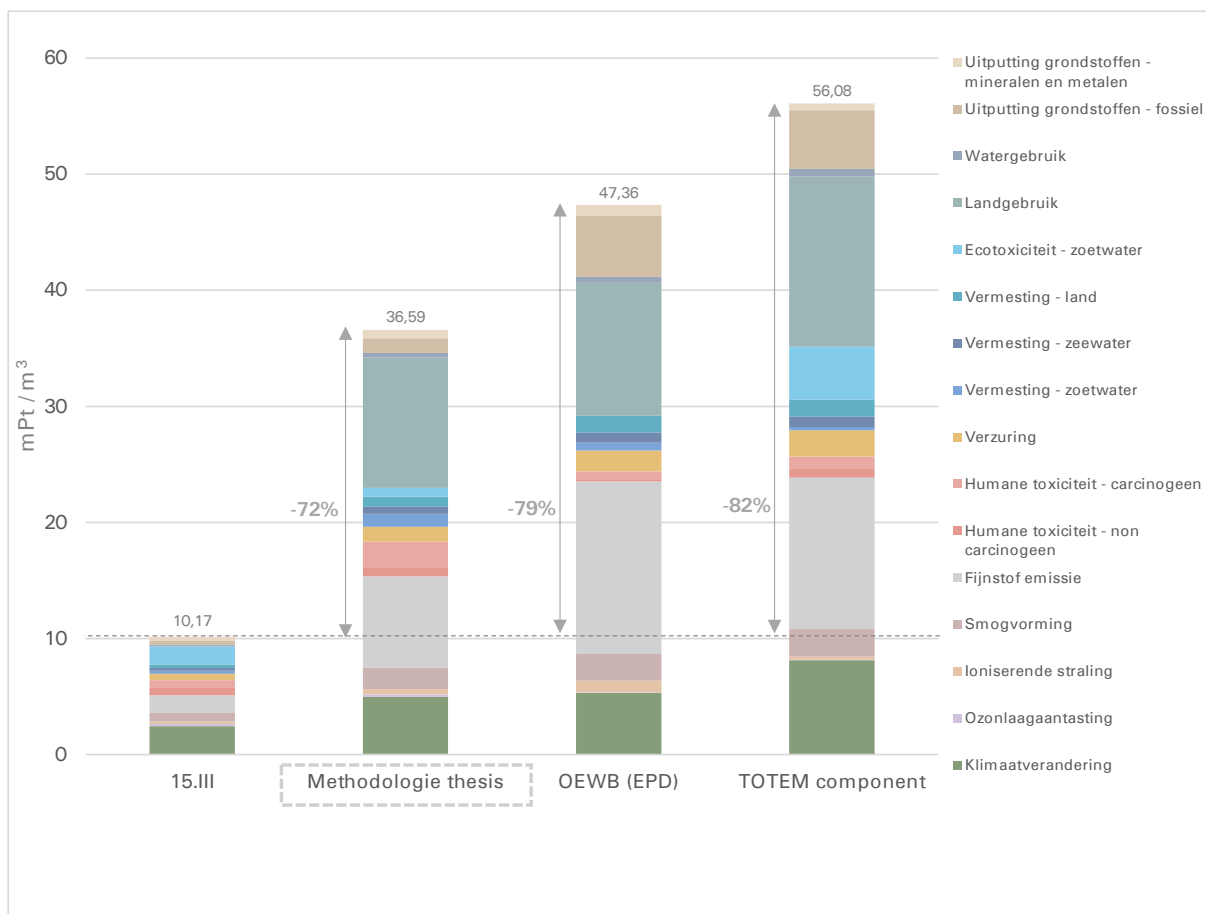
De aanname voor de fase A5 (constructie) in de eigen methode (zie 2.4.2) heeft een hogere impact dan de EPD (geen materiaalverlies ingerekend), en iets lagere impact dan de TOTEM component (meer materiaalverlies ingerekend).



Figuur 170: Impact van verschillende waarden voor de productie-impact van een nieuwe balk, aan de hand van de impactindicatoren

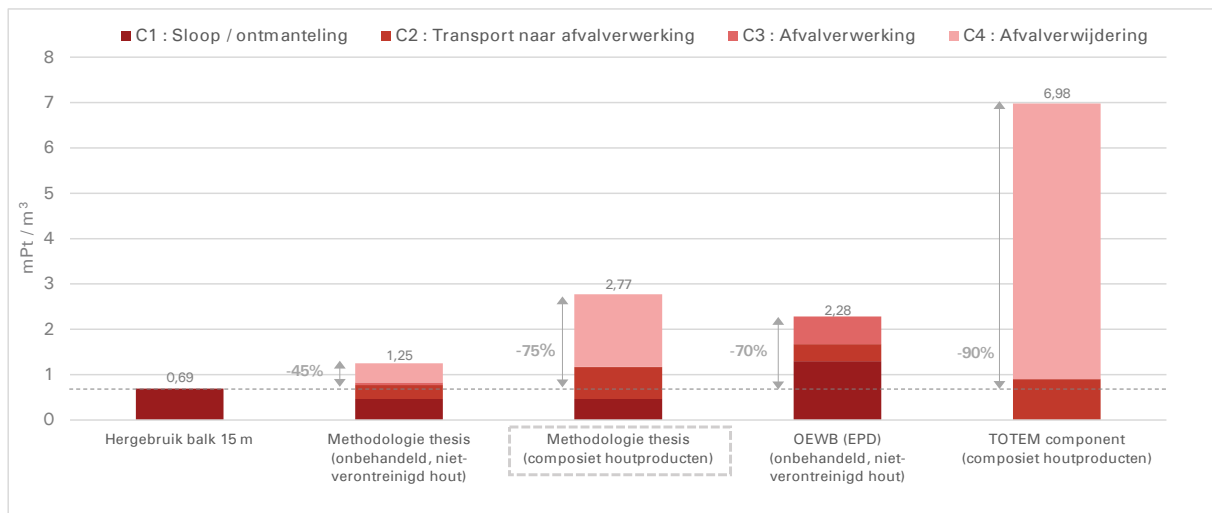
Om de grotere productie-impacten (A1-3) van andere methodes te proberen verklaren, worden deze in figuur 170 weergegeven volgens de verschillende impactindicatoren. De impacten die eerder al bestudeerd werden bij de eigen methodologie, namelijk klimaatverandering en landgebruik, hebben dezelfde grootteorde voor de andere berekeningswijzen. De indicator fijnstof kent bij de waarde uit de EPD en TOTEM echter een veel groter aandeel. Daarnaast is de waarde voor uitputting van fossiele grondstoffen bij deze andere methodes ook opmerkelijk hoger dan de waarde uit de eigen methodologie. Vermoedelijk wijst dit op een hoger aangenomen aandeel machineverbruik tijdens de productie, of een andere fossiele grondstof die werd meegenomen in het productieproces.

Bij de TOTEM component is er tenslotte ook een grote impact bij de indicator 'zoetwater ecotoxiciteit'. Het is plausibel dat er bij het TOTEM productieproces, in tegenstelling tot de andere methodes, één of meerdere vernis-of verflagen zijn meegenomen, aangezien eerder reeds werd aangetoond dat deze materialen een grote impact hebben op deze indicator.



Figuur 171: Impact van scenario III, voor een balk van 15 m tegenover verschillende waarden voor een nieuwe balk, aan de hand van de impactindicatoren

Figuur 171 geeft de indicatoren van de verschillende impacten weer voor zowel de nieuwe als hergebruikte balk, van module A1 tot C4. De figuur bevestigt dat hergebruik ten opzichte van elke referentiebasis zorgt voor grote reducties op vlak van fijnstof, landgebruik en klimaatverandering. Daarnaast treedt er bij hergebruik ook in mindere mate uitputting van grondstoffen op. Deze conclusie uit de eerdere resultaten kan dus ook hier worden bevestigd.



Figuur 172: Impact van scenario module C1-4, voor een balk van 15 m tegenover verschillende waarden voor afvalverwerking

Ook voor de einde-levensfase worden verschillende aannames gehanteerd in de methodes. Figuur 172 toont de impact van module C1-4, tegenover de ontmanteling van een balk van 15 meter. De impact van de eigen methodologie, werd voor deze figuur berekend volgens twee afvalcategorieën (zie ook 3.3.2). De verkregen impact voor de afvalcategorie 'composiet houtproducten' (hoofdzakelijk verbranding), die wordt aangenomen voor de generieke component in TOTEM, is steeds hoger ten opzichte van de verkregen impact voor de categorie 'onbehandeld, niet verontreinigd hout' (hoofdzakelijk recyclage). Deze laatste wordt aangenomen in de EPD van OEWB.

Ondanks dat het globale verschil in impact tussen verbranding en recyclage overeind blijft, is het opmerkelijk dat de TOTEM component een opvallende hogere impact heeft over de volledige einde-levensfase. Deze impact is hier vooral te wijten aan de hoge impact voor afvalverwijdering (C4), wat dus de verbranding betreft. Mogelijks is bij deze generieke component een ander, vervuilender, verbrandingsproces uit Ecoinvent gebruikt dan in de methodologie voor deze thesis (zie 2.5.2.). Dit valt echter niet te achterhalen binnen de tool. Terwijl TOTEM daarentegen geen impact toekent aan de sloopfase (C1), vormt dit bij de EPD net de grootste impact. Deze laatste geeft daarentegen geen impact weer voor de module C4. De EPD omschrijft namelijk in zijn methodologie dat de impact van verbranding is ingerekend in de module C3, in tegenstelling tot de allocatie in C4 bij andere methodes (Office économique Wallon du Bois & Hout Info Bois, 2020).

De keuze om met 'composiet houtproducten' als standaardcategorie te rekenen op het einde van de levenscyclus, blijkt uit figuur 172 vrij voordelig te zijn voor het bepalen van het milieuvoordeel van ontmanteling. Echter zal de vergelijking met de resultaten van de TOTEM component een nog grotere reductie opleveren van 90%. De keuze van methodologie heeft dus wel een belangrijke invloed op het behaalde milieuvoordeel van ontmanteling op het einde van een eerste levensfase.

Het gebruik van een andere afvalcategorie zou daarentegen weinig invloed hebben op de uiteindelijke milieureducties van hergebruik over de volledige levenscyclus bij een vergelijking, aangezien dezelfde einde-levensfase zowel bij hergebruik als bij de nieuwe balk voorkomt.

### **Invloed van de parameter 'Milieu-impact van een nieuwe balk'**

De inschatting van de milieu-impact van een nieuwe balk, zal een belangrijke invloed hebben op het behaalde milieuvoordeel van hergebruik. De reductie van de milieu-impact kan over verschillende referenties voor nieuwe productie heen bijvoorbeeld 10 % verschillen voor Scenario III. Echter zorgen twee andere bepalingsmethodes voor een hogere impact van de nieuwe balk, en dus een groter milieuvoordeel, dan de eigen methode in deze masterproef. De methodologie die werd gehanteerd schat het voordeel dus aan de conservatieve kant in.

Ook het milieuvoordeel van een ontmanteling aan het einde van de levensfase, is afhankelijk van de bepalingmethode. Het voordeel wordt steeds hoger ingeschat wanneer het wordt vergeleken met een scenario met hoofdzakelijk verbranding aan het einde van de levensduur. Een referentiebasis met meer recyclage, zal het voordeel lager inschatten. Over de gehele levensduur heeft deze specifieke inschatting minder belang, aangezien de einde-levensfase steeds gelijk genomen wordt voor een hergebruikbalk en een nieuwe balk.

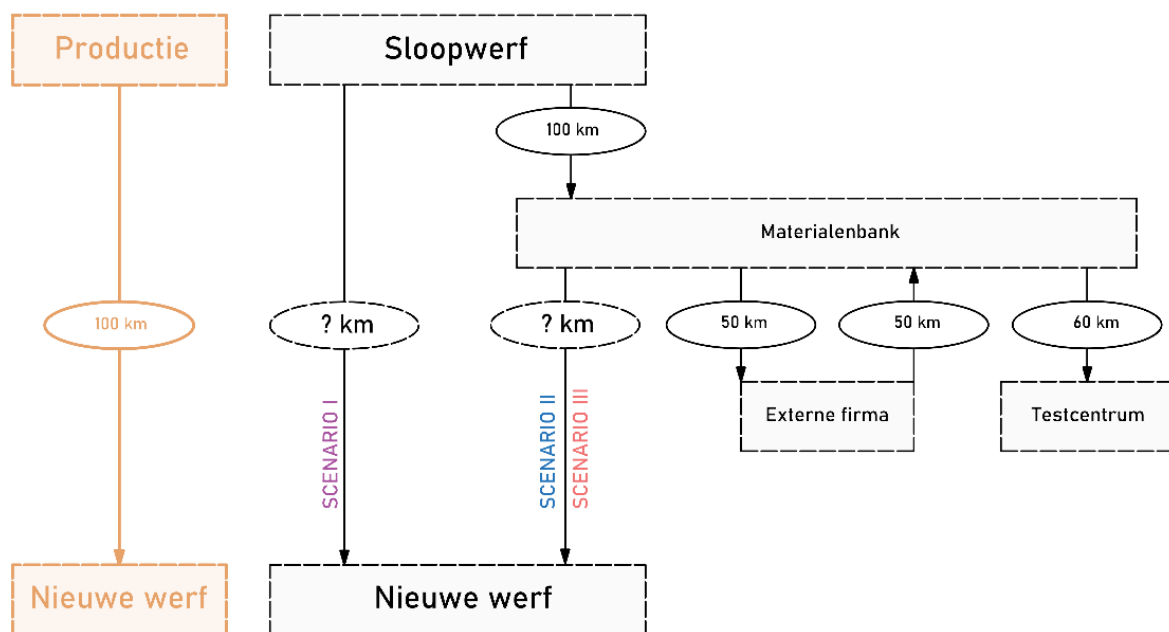
## 4.4 Transportafstand

Voor de transportafstanden bij hergebruik werden in de analyse steeds gemiddeldes genomen van afstanden uit casussen (zie 2.3.2 en figuur 113). Zeker de afstand naar de werf werd hierbij relatief kort ingeschat (25 km rechtstreeks en 15 km vanaf de materialenbank). Echter kan deze afstand in realiteit steeds verschillen of vele malen langer zijn. Voor een hergebruikbalk zou namelijk ook een afnemer kunnen worden gevonden in Nederland, Duitsland of Frankrijk. Om de invloed van een verder transport naar de werf op de milieu-impact in te schatten, zal in deze analyse worden bepaald voor welke afstand een hergebruikbalk dezelfde impact kent als een nieuwe balk.

### 4.4.1 Methodologie

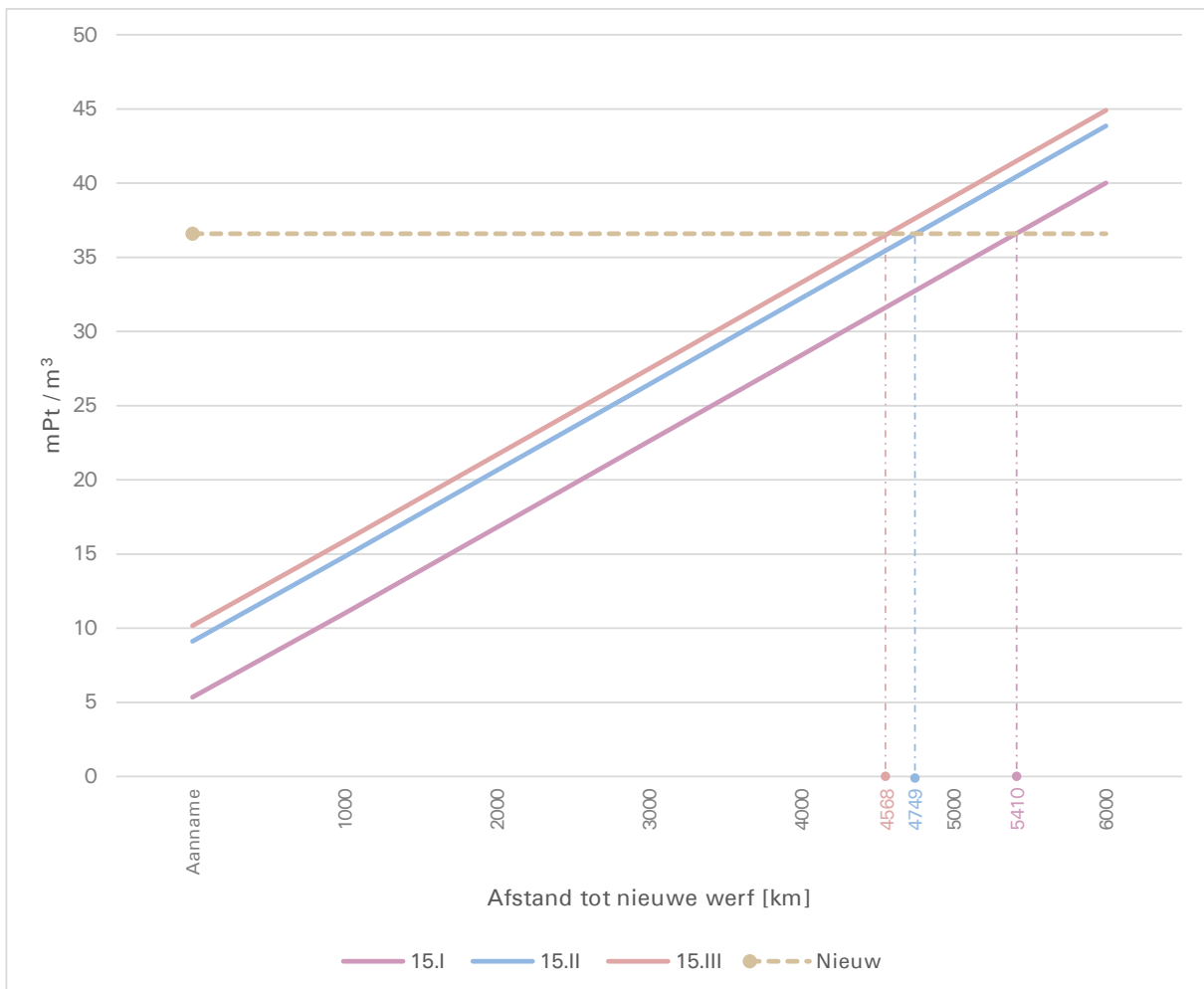
In voorgaande resultaten werden de totale transportafstanden tot aan de werf voor Scenario I, II en III respectievelijk bepaald op 25 km, 115 km, en 275 km. Voor een nieuwe balk wordt een aanname van 100 km gebruikt.

Een sensitiviteitsanalyse zal de transportafstanden die verbonden zijn aan het terugwinningsproces (module A2 en A3) constant houden, maar zal het transport naar de nieuwe werf (module A4) verder variëren. De te variëren afstanden worden weergegeven met een vraagteken op figuur 173.



Figuur 173: Vastgezette en te variëren transportafstanden in de sensitiviteitsanalyse

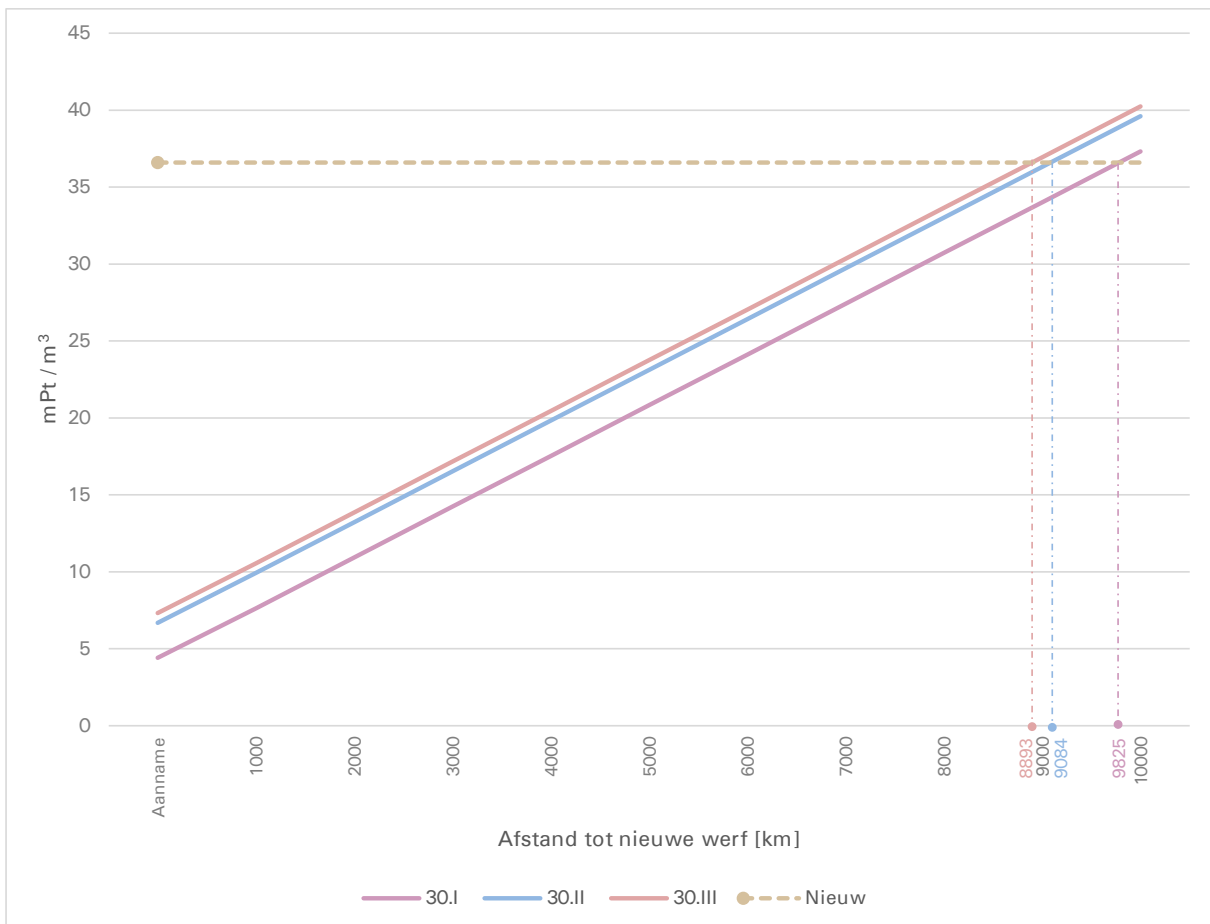
## 4.4.2 Resultaten



Figuur 174: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de transportafstand, voor een balk van 15 m, tegenover een nieuwe balk

Figuur 174 bepaalt de totale milieu-impact voor een balk van 15 meter in functie van de transportafstand. Voor de nieuwe balk wordt de milieu-impact voor een afstand van 100 km van fabriek tot de werf weergegeven. Zo kan uit de figuur worden afgeleid hoe ver de hergebruikbalken kunnen worden getransporteerd om de milieu-impact van (lokale) nieuwe balken te benaderen.

Hieruit blijkt dat in theorie de milieu-impact van een nieuwe balk slechts bereikt wordt na 4568 km voor Scenario III, 4749 km voor Scenario II, en 5410 km voor Scenario I. Wanneer transportafstanden over land gekoppeld worden aan deze waarden, leidt dit, ter illustratie, tot een theoretische transportafstand van Gent tot respectievelijk Azerbeidzjan, Irak of Koeweit. Het transporteren van een hergebruikbalk over land, zal er dus realistisch gezien nooit voor zorgen dat de milieu-impact hoger wordt dan deze van een nieuwe balk. De transportafstand heeft wel een invloed op de milieu-impact, maar het milieuvoordeel ten opzichte van een nieuwe balk blijft voor realistische afstanden aanzienlijk. Voor een waarde van 1000 km, is er bijvoorbeeld nog steeds een reductie van 57% tot 70%, afhankelijk van het scenario, in totale milieu-impact.



Figuur 175: Vergelijking van de impact van verschillende hergebruikscenario's in functie van de transportafstand, voor een balk van 30 m, tegenover een nieuwe balk

Figuur 175 geeft weer dat een hergebruikbalk van 30 meter over nog verdere afstanden moet worden getransporteerd om een gelijke impact te verkrijgen als een nieuwe balk.

Hier wordt deze pas bereikt na een afstand van 8893 km voor scenario I, 9084 km voor scenario II, en 9781 km voor scenario III. Met eenzelfde theoretische denkoefening, staat dit gelijk aan een transport over land naar respectievelijk Nepal, India of China.

Voor grote balken hebben realistische transportafstand dus eveneens een lage invloed op het milieuvoordeel. Voor een transportafstand van 1000 km wordt nog steeds een reductie bekomen van 71% tot 79%.

#### Invloed van de parameter 'Transportafstand'

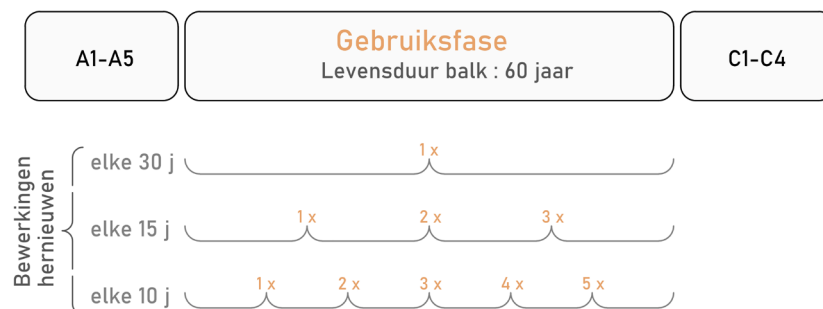
Een verdere transportafstand naar de werf heeft geen significante invloed op het behaalde milieuvoordeel. De impact van een hergebruikbalk stijgt wel, maar blijft voor alle realistische afstanden nog steeds veel lager dan de impact van een nieuwe balk. Zo zal de reductie in impact voor een transportafstand van 1000 km nog steeds minstens 57% blijven.

## 4.5 Levensduur van bewerkingen en structuur

Bij het berekenen van de resultaten werd de gebruiksfase (module B) niet meegenomen. In een volgende sensitiviteitsanalyse zal de impact van de gebruiksfase net wel worden onderzocht. Voor enkele bewerkingen zal worden onderzocht welke invloed het hernieuwen (opnieuw aanbrengen/ uitvoeren) heeft op de milieu-impact en het behaalde milieuvoordeel. Vervolgens wordt onderzocht welke impact het vervangen van een hergebruikte glulamstructuur heeft door een andere (hergebruikte) structuur. Ten slotte wordt de invloed van de levensduur gekoppeld aan de totaalresultaten.

### 4.5.1 Methodologie

In de eerste analyse wordt de impact van het hernieuwen van oppervlaktebewerkingen (luchtgommen als meest vervuilende optie) en afwerkingslagen (verf als meest vervuilende optie) tijdens de gebruiksfase onderzocht. De analyse wordt doorgevoerd voor Scenario IV (behoud van de structuur), aangezien alle bewerkingen hier tijdens de terugwinning in situ zijn uitgevoerd en hier dus de belangrijkste impact vormen. Het is mogelijk om deze later te hernieuwen, aangezien dit voor bepaalde oppervlaktebewerkingen of afwerkingslagen nodig kan zijn. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren om verkleuring van het materiaal door UV-licht tegen te gaan. Het aantal hernieuwingen wordt in figuur 176 voor een aantal onderhoudsfrequenties geïllustreerd.

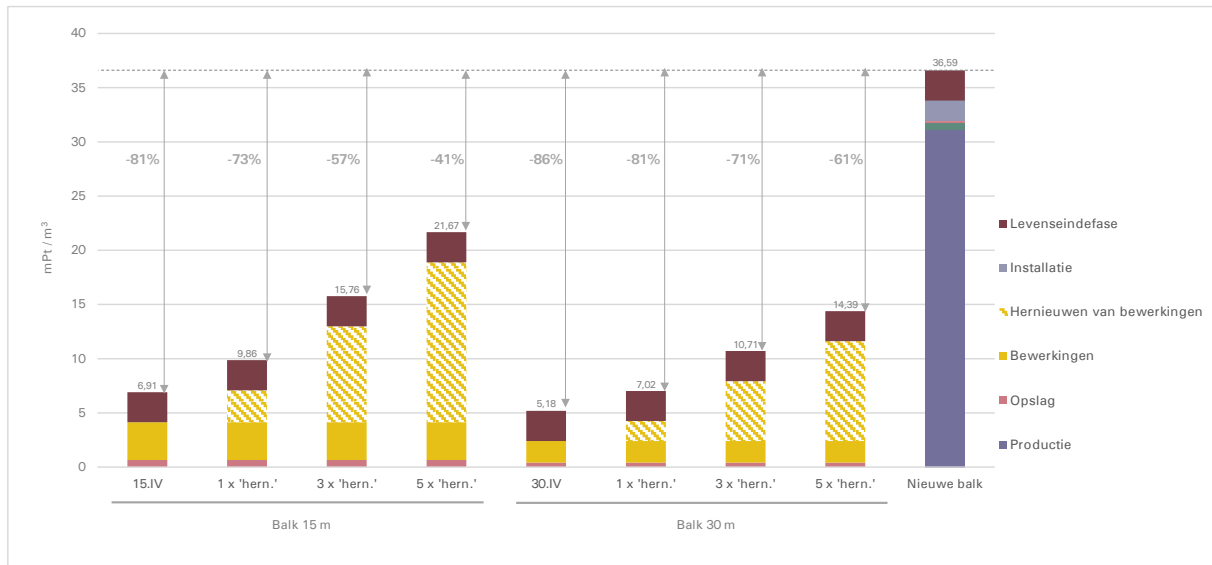


Figuur 176: Aantal hernieuwingen in functie van verschillende onderhoudsfrequenties

Vervolgens wordt onderzocht welk effect de vervanging van de volledige structuur heeft. Wanneer men uit gaat van een minder lange levensduur bij hergebruik, bijvoorbeeld slechts 30 jaar, zal de structuur na deze periode moeten worden vervangen. Om vormen van hergebruik te kunnen vergelijken met een nieuwe balk, wordt hier hoofdzakelijk uitgegaan van een vervanging door een tweede hergebruikte structuur. Wanneer deze beiden een levensduur van 30 jaar kennen, kunnen ze samen correct worden vergeleken met een nieuwe balk met een levensduur van 60 jaar. Ook de opties tot behoud en vervanging door een nieuw element zullen worden afgewogen. Voor de eerste balk wordt conservatief een balk uit scenario III met een lengte van 15 meter aangenomen (15.III).

Ten slotte zal een laatste analyse niet de vervangingen bestuderen, maar wel de eerste levensduur. Door het invoeren van een nieuwe eenheid ( $\text{mPt}/ (\text{m}^3 * \text{jaar})$ ), worden de impacten verdeeld over het aantal gebruiksjaren. Op die manier wordt onderzocht hoelang de levensduur van verschillende vormen van hergebruik moet zijn, om een lagere impact per jaar te bekomen dan een nieuwe balk, waarvan uitgegaan wordt van een 60-jarige levensduur.

## 4.5.2 Resultaten

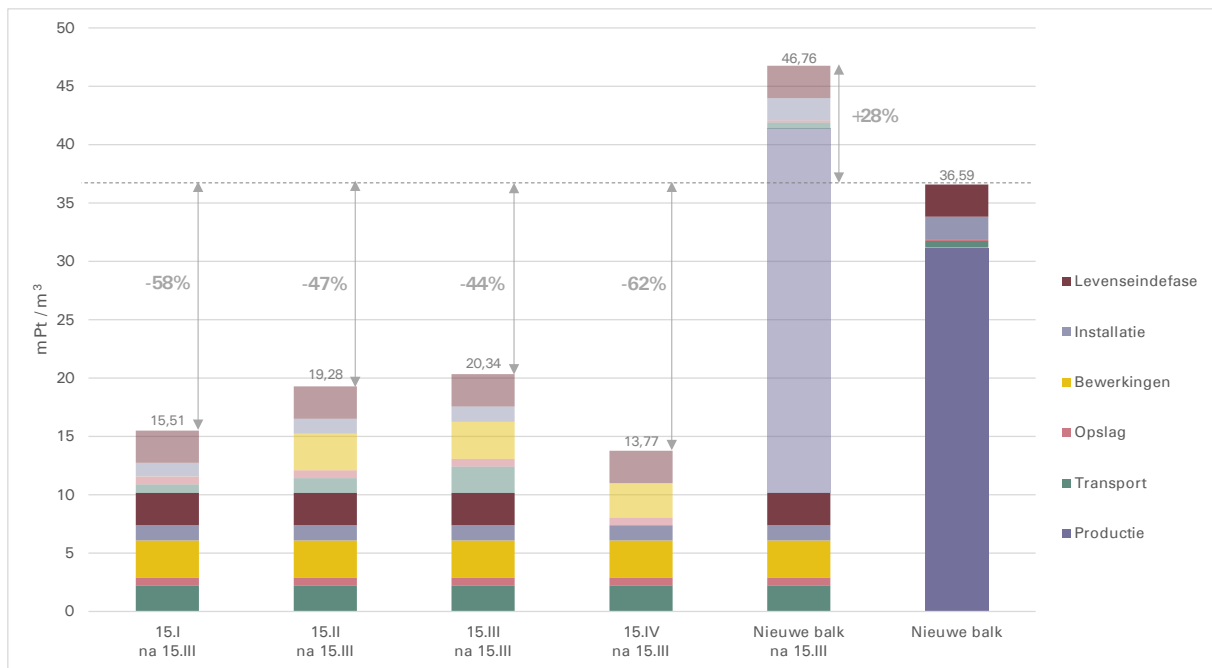


Figuur 177: Impact van hernieuwen van bewerkingen in scenario IV, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Op figuur 177 wordt de milieu-impact van een balk weergegeven in functie van het aantal hernieuwingen van bewerkingen die op deze balk worden uitgevoerd. Er wordt in bovenstaande gevallen dus uitgegaan van het opnieuw luchtgommen en schilderen van de behouden glulambalken in Scenario IV om de 30, 15 of 10 jaar (zie figuur 176).

Elke hernieuwing zorgt voor een grote toevoeging aan de totale milieu-impact van een behouden balk. Dit komt vooral voort uit de impact van de gebruikte processen, en in mindere mate ook uit het verbruik van de hoogwerker die nodig is om tot bij de balken in het gebouw te kunnen. Toch kan nog steeds een milieuvoordeel van 41% (15 m) tot 61% (30 m) worden bekomen ten opzichte van een nieuwe balk, in het geval de bewerkingen 5 keer worden hernieuwd tijdens de zestigjarige levensduur van de balk.

Zelfs als de bewerkingen op een behouden balk van 15 meter in theorie 10 keer hernieuwd worden, zal de impact lager blijven dan deze van een nieuwe balk. Voor een balk van 30 meter is dit maar liefst 17 keer.

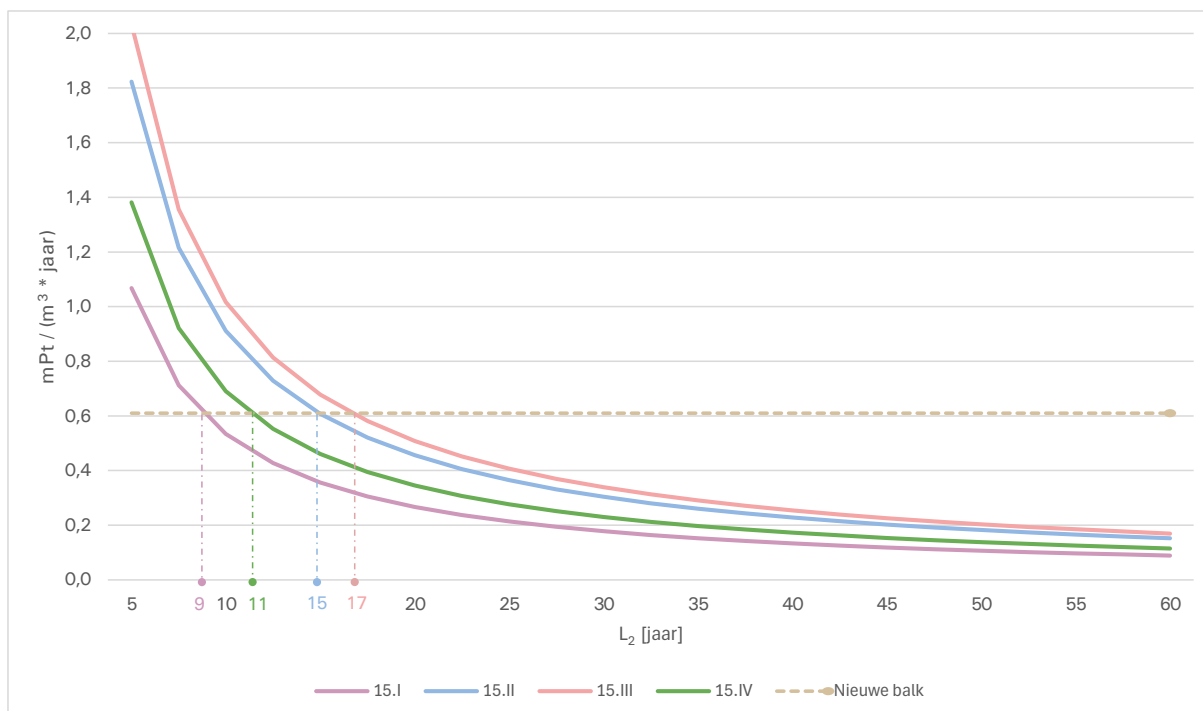


Figuur 178: Impact van het vervangen van een balk na scenario III, voor een balk van 15 m tegenover een nieuwe balk

Figuur 178 geeft de impact van de vervanging van een hergebruikte balk door een hergebruikbalk van verschillende scenario's weer. Het vervangen van een hergebruikte glulamstructuur door een tweede hergebruikstructuur zorgt nog steeds voor een impactreductie ten opzichte van een nieuwe balk. Afhankelijk van de eerdere terugwinningsprocessen die de tweede balk onderging, kan nog steeds een reductie worden bekomen van 44% tot 58%, voor een balk van 15 meter. Wanneer de hergebruikte structuur behouden blijft, en de levensduur wordt verlengd door het hernieuwen van de bewerkingen (Scenario IV), wordt de grootste reductie bekomen. Een belangrijk voordeel wordt hier behaald door het uitstellen van de einde-levensfase en het vermijden van een tweede installatie.

Wanneer een hergebruikte structuur wordt vervangen door een nieuwe balk, is de totale impact over twee levenscycli uiteraard hoger dan die van de nieuwe balk alleen. Echter is het wel belangrijk op te merken dat de gezamenlijke levensduur hier hoogstwaarschijnlijk die van de nieuwe balk zal overtreffen.

Door de lagere milieu-impact bij hergebruik, kunnen dus nog steeds grote reducties worden bekomen wanneer een glulamstructuur wordt vervangen tijdens zijn levensduur. Het behouden van de structuur levert in dit geval steeds het grootste milieuvoordeel op.



Figuur 179: Impact van verschillende hergebruikscenario's ten opzichte van een nieuwe balk, voor een balk van 15 m; waarde uitgedrukt in mPt / (m<sup>3</sup> \* jaar)

Ten slotte worden de eerdere totaalimpacts voor een enkele levensduur uitgedrukt per jaar in figuur 179. Dit maakt het mogelijk om impacten te vergelijken, zonder de levensduur als vaste parameter te beschouwen. Zo kan de periode worden bepaald waarin men een hergebruikbalk moet 'gebruiken', om een soortgelijke impact te behalen als een nieuwe balk die 60 jaar wordt gebruikt.

Door de lage impact van de verschillende hergebruikscenario's, wordt duidelijk dat dit punt al vrij vroeg wordt bereikt. Wanneer men er bijvoorbeeld in slaagt om een hergebruikte structuur 17 jaar te gebruiken, is de impact per jaar reeds gelijk aan die van een nieuwe balk die 60 jaar zal worden hergebruikt. Eveneens kan men aan de hand van deze waarden inschatten hoeveel keer men een balk zou kunnen vervangen met andere hergebruikbalken binnen eenzelfde scenario.

#### Invloed van de parameter 'levensduur van bewerkingen en structuur'

Wanneer oppervlaktebewerkingen en afwerkingslagen tijdens de gebruiksfase (B) worden hernieuwd, neemt de milieu-impact van een hergebruikbalk in belangrijke mate toe. Echter blijft het milieuvoordeel ten opzichte van een nieuwe balk nog steeds aanzienlijk wanneer deze hernieuwing bijvoorbeeld om de 10, 15 of 30 jaar gebeurt.

De aanvankelijk grote milieuwinst van de verschillende scenario's ten opzichte van een nieuwe balk, zorgt ervoor dat zelfs vervanging van de structuur of een kortere levensduur nog steeds tot een milieuvoordeel leidt.

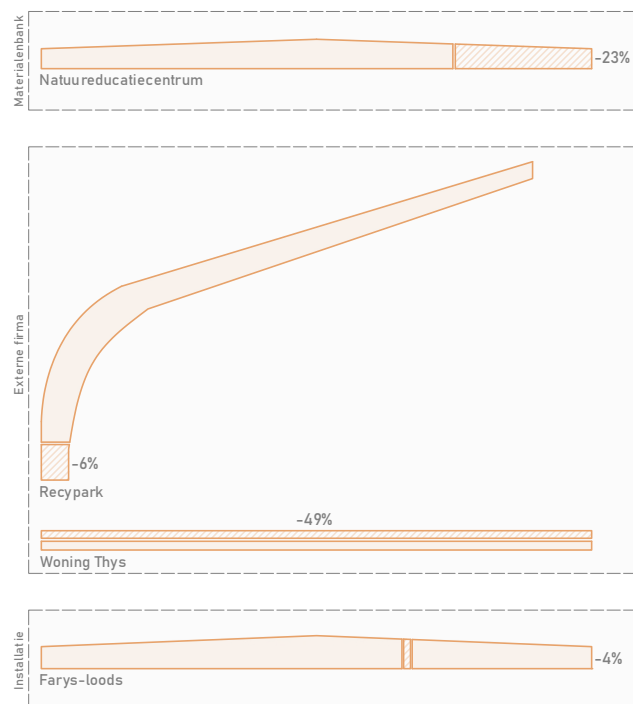
## 4.6 Materiaalverlies

Tot nog toe werd bij alle hergebruikscenario's enkel een standaardpercentage van 3% materiaalverlies bij installatie ingerekend (zie hoofdstuk 2.5.1). Tijdens de verschillende terugwinningsprocessen is het echter steeds mogelijk dat het materiaal wordt verzaagd, om zo een maat te krijgen die aansluit bij de nieuwe toepassing. Hierbij kan een deel van het materiaal verloren gaan.

Volgende sensitiviteitsanalyse zal, aan de hand van casussen, de invloed van andere vormen van materiaalverlies op de milieu-impact en het milieuvoordeel onderzoeken.

### 4.6.1 Methodologie

In figuur 180 worden de casussen uitgelicht waar er dergelijk materiaalverlies optreedt. In alle vier de gevallen was het nodig om de balken aan te passen voor de toepassing in een nieuw project. Dit materiaalverlies kan optreden in de materialenbank of later bij een externe firma. Daarnaast is het ook mogelijk dat er pas verlies optreedt tijdens de installatie op de werf. Op basis van de verzaging van deze balken uit de casussen worden concrete aannames gemaakt op vlak van materiaalverlies, uitgedrukt in verliespercentage. Zo kan er een sensitiviteitsanalyse worden opgezet waarin impacten opnieuw berekend worden met deze waarden als aanname. De waarden zijn per casus vastgelegd in tabel 20.



Figuur 180: Materiaalverlies door verzaging in verschillende casussen

Projectnaam	Origineel volume balk [m <sup>3</sup> ]	Volume balk na bewerkingen [m <sup>3</sup> ]	Verliespercentage
Natuureducatiecentrum	1,16	0,89	23%
Recypark	1,61	1,51	6%
Woning Thys	0,17	0,09	49%
Ontmanteling Farys-loods	8,09	7,79	4%

Tabel 20: Aangenomen materiaalverliezen op basis van verschillende casussen

Op basis van de verliespercentages, werd tabel 21 opgemaakt. Hierin worden dezelfde waarden als in tabel 20 licht afgerond en wordt weergegeven wanneer de materiaalverliezen optreden binnen het hergebruikproces.

Het moment van optreden zal van belang zijn om de toegevoegde milieu-impact van dit verlies te bepalen. Zoals weergegeven in tabel 21, wordt het percentage verloren materiaal namelijk vermenigvuldigd met alle voorgaande fases in het proces, alsook de impact van afvaltransport, -verwerking en -afvoer (C2-4).

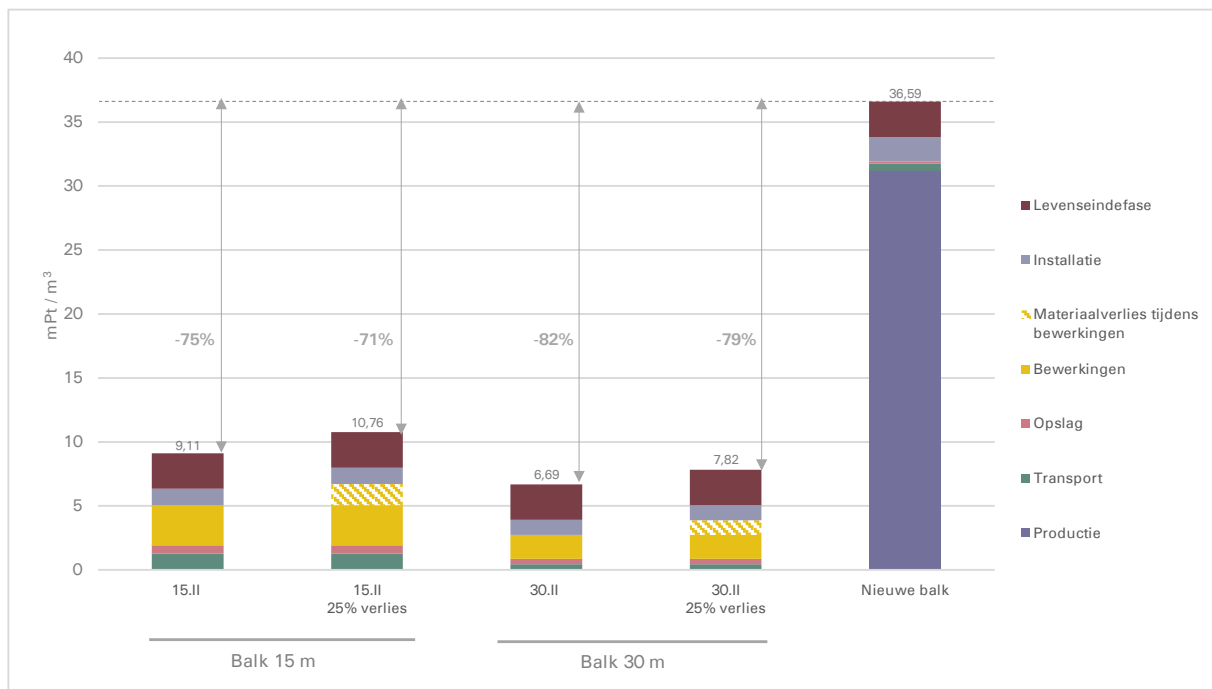
Aangezien er voor de materiaalverliezen bij de externe firma twee waardes (5%, *Recypark* en 50%, *Woning Thys*) zijn als input, zullen deze worden gebruikt als onder- en bovenwaarde. De verliezen van 3% tijdens de installatie (*Farysloods*), die standaard ook werden meegenomen in de resultaten, zijn toegevoegd aan tabel 21 om aan te tonen dat de aanname hieromtrent overeenkomt met de realiteit volgens de casussen. In de sensitiviteitsanalyse blijft deze aanname dus behouden en worden enkel de verliezen bij de materialenbank of de externe firma toegevoegd aan de totaalimpact.

Optreden van verlies	Extra impacten
Tijdens bewerkingen materialenbank	$25\% * \text{IMPACT}(\text{bewerkingen} + \text{transport}_{\text{materialenbank}} + \text{afvaltransport} + \text{afvalverwerking} + \text{afvalverwijdering})$
Tijdens bewerkingen externe firma	$5\% * \text{IMPACT}(\text{bewerkingen} + \text{transport}_{\text{ext}} + \text{afvaltransport} + \text{afvalverwerking} + \text{afvalverwijdering})$
Tijdens bewerkingen externe firma	$50\% * \text{IMPACT}(\text{bewerkingen} + \text{transport}_{\text{ext}} + \text{afvaltransport} + \text{afvalverwerking} + \text{afvalverwijdering})$
Tijdens installatie	$3\% * \text{IMPACT}(\text{bewerkingen} + \text{transport} + \text{afvaltransport} + \text{afvalverwerking} + \text{afvalverwijdering})$

Tabel 21: Berekeningswijze van materiaalverlies tijdens verschillende operaties

Door de reststukken van versneden balken als materiaalverlies te zien, wordt een conservatieve aanname gemaakt. De reststukken zullen in realiteit namelijk vaak nog worden gebruikt, al dan niet in een structurele toepassing (cascadering). Dit bleek ook de intentie te zijn bij verschillende casussen.

## 4.6.2 Resultaten

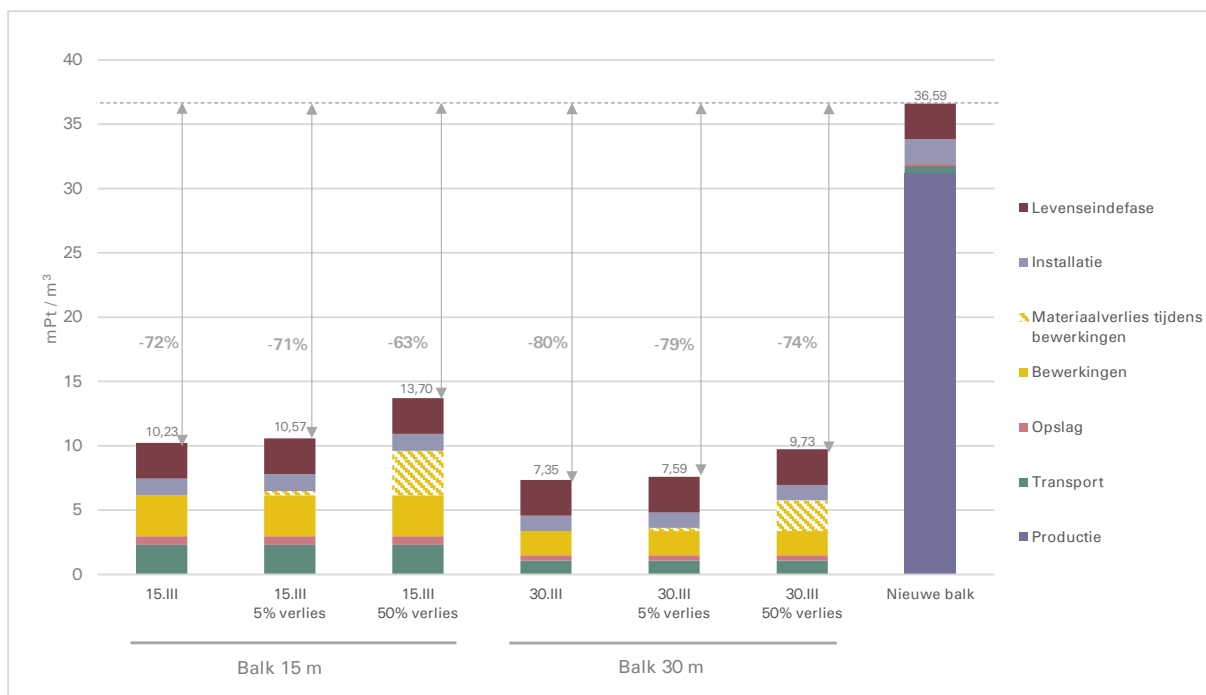


Figuur 181: Vergelijking van de impact van scenario II met of zonder materiaalverlies, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Figuur 181 geeft de totaalimpact weer van een hergebruikbalk met 25% materiaalverlies, dat optreedt tijdens de bewerkingen in de materialenbank. Er wordt geopteerd om deze impact te bepalen voor Scenario II, omdat deze overeen stemt met het proces die in realiteit werd gevolgd voor de casus (*Natuureducatiecentrum*) waaruit dit materiaalverlies stemt (zie hoofdstuk 2.2).

Een verlies bij de materialenbank zorgt ervoor dat een extra impact van 25% moet worden toegekend aan zowel de impact van het transport, de bewerkingen, als de afvalverwerking. De balk wordt in deze analyse pas na de oppervlaktebewerking verzaagd en gezien als afval. Deze sequentie van bewerkingen is de meest conservatieve, aangezien de 'verloren fractie' hier nog de volledige oppervlaktebewerking krijgt. In realiteit zal de balk wellicht eerst op maat gebracht worden, waarna pas andere bewerkingen gebeuren.

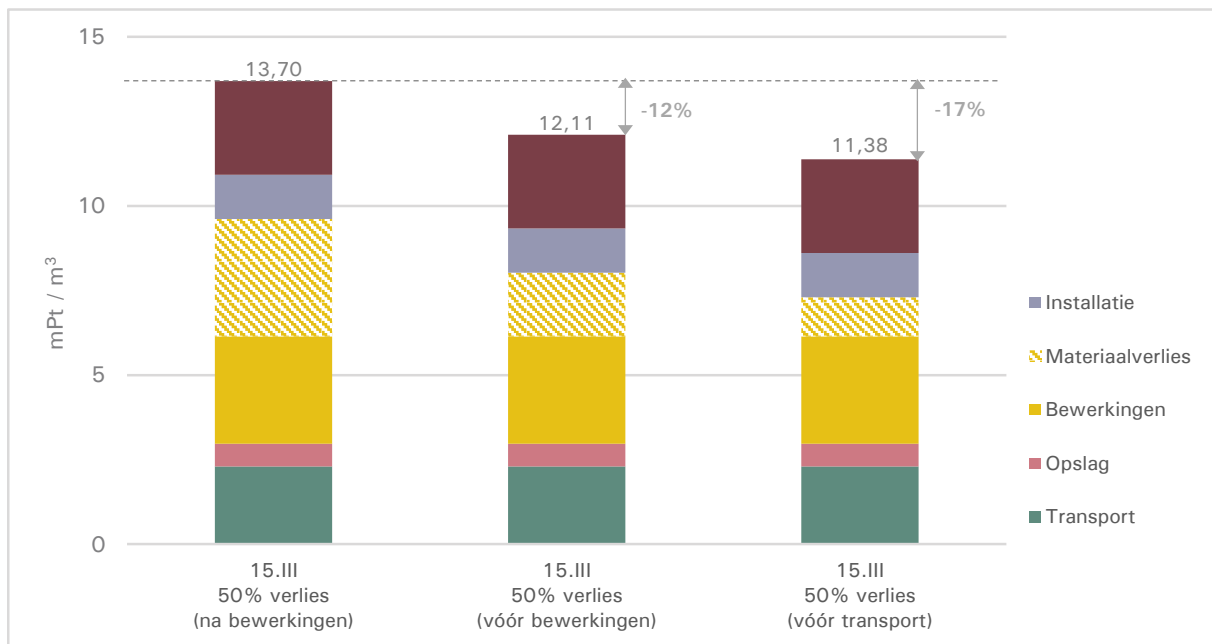
Hoewel het materiaalverlies zorgt voor een stijging in milieu-impact van 17 % (15 m) en 18 % (30 m), behoudt de hergebruikte balk nog steeds een significant milieuvoordeel ten opzichte van de nieuwe balk. Er kunnen nog steeds reducties in impact van 71% (15 m) tot 79% (30 m) worden bekomen.



Figuur 182: Vergelijking van de impact van scenario III met of zonder materiaalverlies, voor een balk van 15 m of 30 m tegenover een nieuwe balk

Het is ook mogelijk dat er materiaalverlies optreedt tijdens de geavanceerde bewerkingen bij de externe firma. Hierbij wordt uitgegaan van 2 verliessituaties, waarvan beide impacten zijn weergegeven op figuur 182. Scenario III wordt hier beschouwd, aangezien deze als enige de verwerking bij een externe firma meeneemt.

In een eerste situatie wordt rekening gehouden met 5% verlies, wat nauwelijks zorgt voor extra impact (slechts 3%). Een kleine verzaging of het schaven van de oppervlakken, zal dus niet zorgen voor een grote toename aan milieu-impact. Wanneer daarentegen 50% materiaalverlies optreedt, stijgt de milieu-impact wel significant met 32% (15 m) tot 34% (30 m). Toch is er nog steeds een reductie van 63% tot 74% ten opzichte van een nieuwe balk merkbaar. Het milieuvoordeel blijft dus ook met een materiaalverlies van 50 % aanwezig.



Figuur 183: Vergelijking van verschillende vormen van materiaalverlies in scenario III, voor een balk van 15 m

Figuur 183 geeft de impact van een materiaalverlies van 50 % weer op verschillende momenten van optreden tijdens het hergebruikproces volgens Scenario III. Zo kan ook de invloed van het tijdstip van materiaalverlies worden opgenomen in deze sensitiviteitsanalyse.

Bewerkingen uitvoeren, terwijl daarna nog materiaalverlies optreedt, zorgt voor de grootste mogelijke toename in milieu-impact. Door een verzaging daarentegen uit te voeren vóór het uitvoeren van andere bewerkingen, kan de impact van het schilderen, schuren, opvullen van gaten en schaven van een stuk dat later verloren gaat, vermeden worden. Dit zorgt voor een totaalreductie van 12% ten opzichte van een materiaalverlies na bewerkingen.

De milieu-impact van het materiaalverlies kan nog verder gereduceerd worden als een balk reeds (grotfweg) verzaagd wordt op de afbraakwerf. Zo kan ook de extra transportimpact, om een 'verloren fractie' mee te transporteren naar een materialenbank, worden voorkomen. Het vermijden van deze extra impacten is hier goed voor een reductie van 17% ten opzichte van een materiaalverlies na bewerkingen. Hier rest enkel nog de impact van de afvalverwerking van de verloren stukken als materiaalverlies.

Vanuit een milieu-perspectief is het dus gunstig als een materiaalverlies zo vroeg mogelijk optreedt. Zo worden stukken, die later toch zullen worden afgezaagd, niet mee getransporteerd of bewerkt. Daarom kan het bijvoorbeeld interessant zijn om al een grove verzaging te doen op de werf of in de materialenbank, en daarna nauwkeurig bij te zagen bij een externe firma. Een duidelijk plan van aanpak/hergebruikprotocol kan helpen om dergelijke keuzes al op voorhand te maken. Het is daarentegen nog beter als de reststukken kunnen worden ingezet binnen hetzelfde project of een ander, wat in realiteit dan ook vaak gebeurt. Grote stukken kunnen nog structureel dienen, terwijl kleinere stukken verder kunnen worden verwerkt tot meubels of interieurafwerking. Op die manier kan ook de impact van de afvalverwerking volledig worden voorkomen en is er geen materiaalverlies.

### Invloed van de parameter 'Materiaalverlies'

Het optreden van een materiaalverlies tijdens het hergebruikproces zal steeds een stijging van de milieu-impact tot gevolg hebben. Echter zal, zelfs bij een materiaalverlies van 50% net voor installatie, het milieuvoordeel ten opzichte van nieuwe balken significant blijven.

Ook het moment waarop een materiaalverlies optreedt, heeft een belangrijke invloed. Naarmate een materiaalverlies vroeger in het hergebruikproces optreedt, zal de impact van dit materiaalverlies lager liggen. Er worden op die manier namelijk minder transporten en bewerkingen uitgevoerd op een materiaal dat later toch verloren gaat. De beste optie blijft om afgezaagde reststukken verder te hergebruiken in een andere toepassing. In dit geval kan gerekend worden dat geen materiaalverlies optreedt.

## 4.7 Conservatieve structurele maatregelen

Om de structurele onzekerheid bij hergebruik te beperken, worden vaak verschillende maatregelen genomen om een erg veilig, en dus conservatief, berekende constructie op te bouwen. Deze maatregelen werden reeds beschreven in deel 2.5 en deel 2.6 van Deel 3 en in de verscheidene casussen. Aangezien met conservatieve berekeningen een teveel aan materiaal wordt bekomen ten opzichte van een functioneel equivalent geacht nieuw materiaal, kan ook dit teveel in rekening worden gebracht binnen de milieu-impact van een hergebruikbalk in een sensitiviteitsanalyse. Er wordt hiermee nagegaan of deze berekeningswijze een significant andere interpretatie van de resultaten oplevert.

### 4.7.1 Methodologie

De maatregelen, die in eerdere gedeeltes van het onderzoek werden verzameld, worden weergegeven in tabel 22.

Structurele maatregel	Voorbeeldcasus(sen)
GL 20 sterkteklasse	Recypark, Woning Dirk en Sally, Stadsatelier De Ville, Jeugdsite
Testprocedure	Recypark, Stadsatelier De Ville
Destructieve testprocedure	Recypark
Ontdubbelen van structuur	Recypark

Tabel 22: Structurele maatregelen uit de praktijkcasussen

De eerste structurele maatregel bestaat erin om de laagste sterkteklasse GL20 aan te nemen. Aangezien het merendeel van de glulambalken sterkteklasse GL24 heeft, houdt deze aanname een zekere onderschatting van de sterkte in:

$$\frac{20 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ N/mm}^2} \cong 85\% \text{ sterktereductie}$$

Deze aangenomen reductie in sterkte zal er doorgaans voor zorgen dat hergebruikte balken worden overgedimensioneerd. Er werd een overdimensionering van 15% aangenomen in de sensitiviteitsanalyse, ter compensatie van de sterktereductie. Concreet zal hiertoe in deze analyse een balk worden berekend met 15% meer hoogte dan de typebalk uit de aannames. De milieu-impact voor deze balken zal ten slotte gedeeld worden door de impact van het oorspronkelijke volume van de typebalk, om zo de overdimensionering ook naar milieu-impact door te rekenen.

Een tweede structurele maatregel bestaat uit het uitvoeren van één of meerdere testprocedures in een testcentrum. Dit transport werd reeds meegenomen in scenario III en zal nu worden afgewogen ten opzichte van andere maatregelen.

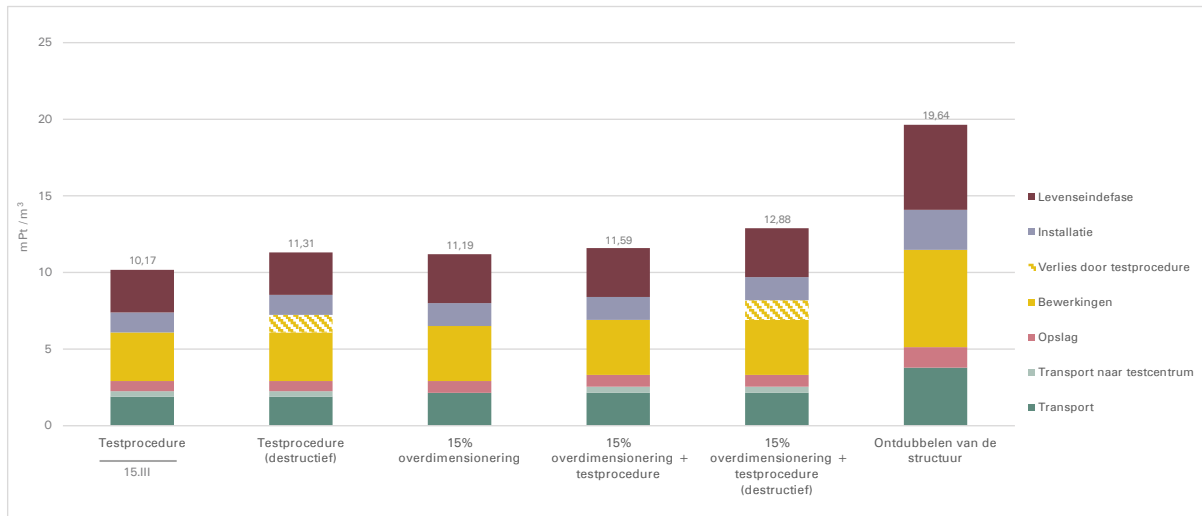
Een nieuwe impact doet zich voor wanneer dit testen destructief gebeurt. Op dat moment treedt er immers materiaalverlies op. Een aanname voor dit verlies werd gemaakt op basis van de reële testprocedure bij het *Recypark*. In dit geval werden 4 van de 28 elementen destructief getest, wat neerkomt op 15%. Dit verliespercentage zal worden gebruikt om de extra impact, die hieruit voortkomt, op dezelfde manier als een materiaalverlies tijdens de bewerking (zie 4.6) in te rekenen.

Een laatste geanalyseerde methode voor het mitigeren van structurele onzekerheid, is het ontdebelen van de structuur. In het *Recypark* werd een deel van de structuur gevormd door dubbele hergebruikte glulambalken, die samen als enkelvoudige structuur fungeerden. De nieuw geproduceerde spanten in het project werden daarentegen niet per twee gekoppeld, aangezien deze in staat werden geacht om de lasten van de structuur te kunnen dragen.

Wanneer de functionele eenheid 'een glulamstructuur met een bepaalde draagcapaciteit' wordt gehanteerd, zijn in dit geval twee keer zoveel hergebruikte balken als nieuwe balken nodig om aan deze eis te voldoen. Daarom zal voor deze conservatieve maatregel de totale impact van een hergebruikbalk worden verdubbeld in de sensitiviteitsanalyse.

Tenslotte is het ook mogelijk dat deze maatregelen worden gecombineerd, om zo meer zekerheid in te bouwen. Ook deze combinaties zullen worden meegenomen in de sensitiviteitsanalyse.

## 4.7.2 Resultaten

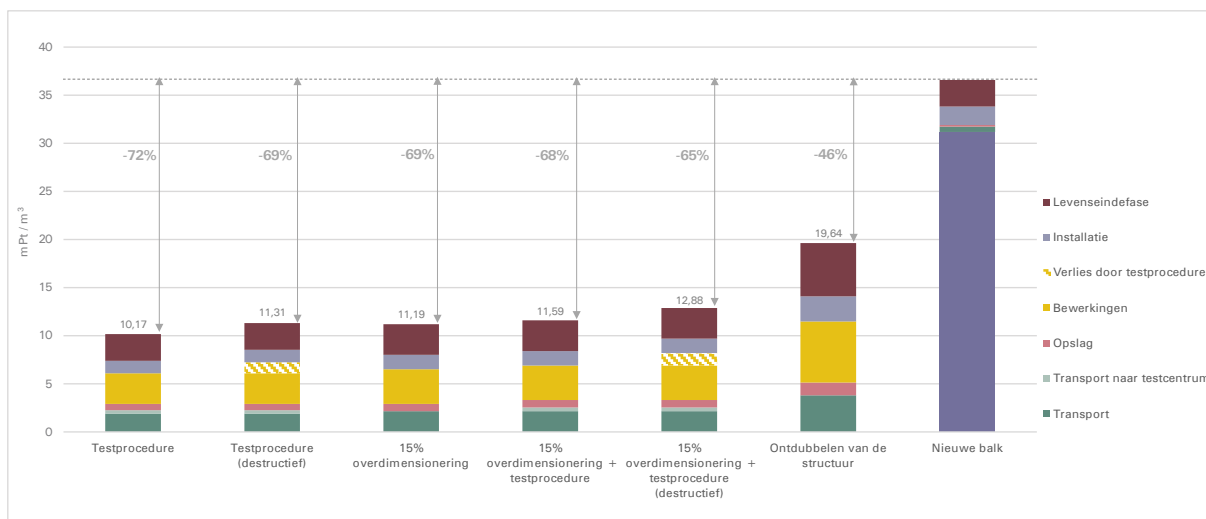


Figuur 184: Vergelijking van verschillende vormen van omgang met structurele onzekerheid in scenario III, voor een balk van 15 m

Figuur 184 geeft de milieu-impact weer van de verschillende conservatieve maatregelen die eerder werden besproken. Door de maatregelen met de voorgestelde methode door te rekenen, zorgt elke maatregel voor een stijging in milieu-impact van de hergebruikte balk ten opzichte van een procedure met een standaard niet-destructieve testmethode (Scenario III). De impact van het transport naar het testcentrum weegt binnen de totaalimpact van Scenario III namelijk niet significant door.

De 15 % overdimensionering van een balk volgens de GL20 klasse, veroorzaakt slechts een lichte stijging van deze milieu-impact. De toegevoegde impact ligt net iets lager dan de impact van het materiaalverlies en het transport, die optreedt bij het uitvoeren van een destructieve testprocedure. Bij grotere loten balken zullen kleinere verliespercentages echter volstaan, en zal het niet nodig zijn om 15% van het materiaal te testen. De aanname is dus conservatief, en biedt een bovenwaarde voor de impact die in realiteit kan optreden. Wanneer een (al dan niet) destructieve testprocedure wordt gecombineerd met een overdimensionering, stijgt de impact verder. Het ontdubbelen van een glulamstructuur, en dus het halveren van de lasten, levert de hoogste impact op, met een impactstijging van 93% ten opzichte van een hergebruik volgens Scenario III.

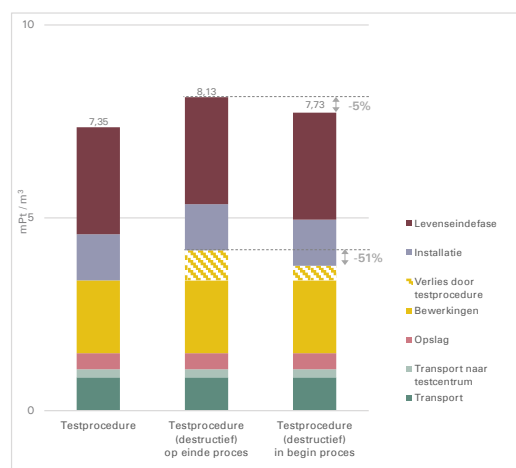
Het is belangrijk om te vermelden dat niet alle testmethodes een milieu-impact hoeven te veroorzaken. Met directe en indirecte beoordelingen kunnen ook reeds een deel onzekerheden worden weggenomen, zonder enige extra milieu-impact te veroorzaken (zie deel 3: terugwinningsprocessen, hoofdstuk 2.5).



Figuur 185: Vergelijking van verschillende vormen van omgang met structurele onzekerheid in scenario III, voor een balk van 15 m tegenover een nieuwe balk

Op figuur 185 wordt de impact van een hergebruikprocedure met verschillende conservatieve maatregelen weergegeven naast de totaalimpact van een nieuwe balk. Hieruit blijkt dat een hergebruik volgens de meest impactvolle maatregel, het ontdubbelen van de structuur, nog steeds een milieuvoordeel van 46% oplevert voor een balk van 15 m.

Figuur 186 toont aan dat het, net zoals eerder besproken bij materiaalverlies, belangrijk is om ook vóór de testprocedures de balken niet onnodig te transporteren of te bewerken. Het is in theorie immers mogelijk om een balk meteen na de ontmanteling te transporteren naar een testcentrum. De impact van deze optie is op de grafiek weergegeven als 'testprocedure in begin proces'. Dit zorgt voor een impactreductie van 51% op vlak van materiaalverlies, en een totaalreductie van 5%. Anderzijds sluit deze methode wel uit dat een balk pas getest wordt na een bepaalde specifieke bewerking of behandeling. In dat geval zal men de balk eerder moeten testen op het einde van het proces.



Figuur 186: Vergelijking van verschillende testmethodes in scenario III

### Invloed van de parameter 'Conservatieve structurele maatregelen'

Het inrekenen van verschillende conservatieve structurele maatregelen, heeft steeds een stijging van de impact tot gevolg. Door op deze manier te kijken naar de resultaten, wordt een conservatiever milieuvoordeel voor hergebruik verkregen. Echter zal zelfs de meest impactvolle maatregel, namelijk het verdubbelen van de structuur ten opzichte van een nieuwe balk, nog steeds een significant reductie van de totaalimpact bieden.

## 5 Biogene koolstofopslag

De biogene koolstofopslag vormt een aanvullend potentieel milieuvoordeel van houtproducten, dat kan worden versterkt door hergebruik. Een laatste analyse zal het effect van de CO<sub>2</sub> die werd opgeslagen tijdens de groei, en daarbij tijdelijk uit de atmosfeer blijft, proberen te begroten aan de hand van verschillende methodes.

### 5.1 Methodologie

Om het voordeel van vertraagde emissies in te schatten, worden deze meegenomen in een extra levenscyclusanalyse. Eerst zal dit voordeel ingeschat worden aan de hand van de -1/+1 methode (zie 4.3 van Deel 1), waarna een andere methode zal worden gehanteerd, overgenomen uit het ILCD handboek (European Commission, 2010). Er wordt bij deze methode een extra credit gegeven door de emissies ('E', uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub>-eq), te vermenigvuldigen met het aantal jaar dat de emissie werd vertraagd, en een factor -0,01, wat een reductie geeft. De te beschouwen tijdshorizon voor klimaatverandering is een periode van 100 jaar ('GWP<sub>100</sub>'). Alle emissies die na deze periode optreden, worden niet meegenomen in de analyse (Brandão et al., 2013). De formule voor de emissies wordt zo opgesteld:

$$GWP_{100} [kg CO_2 eq] = \left(1 - \frac{t_{vertraging} [jaar]}{100 jaar}\right) \times E [kg CO_2 eq]$$

Het uitgangspunt achter deze methode is dat de CO<sub>2</sub> tijdens de opslagperiode in hout geen stralingsforcering, en dus temperatuurstijging, veroorzaakt. Daarnaast wordt er hierbij ook aangenomen dat deze straling op korte termijn relevanter is dan in de toekomst, bijvoorbeeld na 100 jaar. Impliciet wordt hiermee verondersteld dat klimaatverandering (louter) een probleem vormt voor de komende 100 jaar, ofwel 3-4 generaties (European Commission, 2010).

Naast biogene koolstof, worden ook fossiele koolstofdioxide-emissies in deze analyse voordelig verrekend. Het gaat om emissies die uitgesteld optreden, maar niet van biogene aard zijn. Concreet gaat dit om alle emissies die optreden in module C1-4 aan het einde van de levensduur.

De biogene en fossiele emissies zullen eerst worden uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub> eq, waarna de vertragingfactor kan worden toegepast, afhankelijk van de uitgestelde periode. Aangezien alle eerdere analyses werden uitgevoerd volgens de 0/0 methode werd de biogene koolstof eerder niet in rekening gebracht (zie 1.3.3). Om deze nu wel mee te nemen in de ILCD methode, wordt teruggegrepen naar de materiaaleigenschappen van glulam.

Voor het bepalen van de opgeslagen koolstof, werd eerst in de Ecoinvent databank de 'niet-fossiele koolstofinhoud' van het materiaal geraadpleegd. Door dit percentage (44,2%) te vermenigvuldigen met de aangenomen soortelijke massa (420 kg/m<sup>3</sup>), wordt de totale koolstofinhoud van het materiaal bekomen. Ten slotte wordt deze parameter vermenigvuldigd met de moleculaire gewichtsverhouding van CO<sub>2</sub> ten opzichte van koolstof.

Zo wordt uiteindelijk de hoeveelheid koolstof in een kubieke meter balk gekoppeld aan een bepaalde massa equivalente CO<sub>2</sub>:

$$\text{biogene koolstofdioxide in glulam} = 0,442 \times 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{44}{12} = 680,68 \text{ kg CO}_2 \text{ eq} / \text{m}^3$$

Deze massa aan CO<sub>2</sub> per kubieke meter wordt dus opgenomen tijdens de groei, en afgegeven tijdens de verbranding. Op de afgifte zal, afhankelijk van de tijdsduur, een reductie worden toegepast.

De reductie wordt bepaald aan de hand van het aantal jaar waarin de koolstof wordt vastgehouden. Bij een hergebruikte balk is dit dus de som van de eerste levensduur en de tweede levensduur. Omtrent deze laatste bestaat onzekerheid, aangezien het hergebruikmateriaal mogelijks niet nog eens een volledige standaardlevensduur zal doorlopen. Er werd tot nog toe echter wel een volledige levensduur van 60 jaar aangenomen. In de analyse zal dit niet standaard worden aangenomen, maar zal de tweede levensduur van een hergebruikte balk variabel worden benaderd. Zo worden afgewogen welk effect de tweede opslagtermijn van biogene koolstof bij hergebruik heeft op het behaalde milieuvoordeel.

Om de eerste levensduur van een hergebruikte balk te bepalen werd een overzicht gemaakt van de verschillende casussen in tabel 23. Uit de tabel blijkt dat een glulamstructuur, die later nog kan worden hergebruikt, gemiddeld ontmanteld wordt na 40-45 jaar. De uiteindelijke resultaten zullen rekening houden met deze waarde voor de eerste levenscyclus, in plaats van de standaard levensduur van 60 jaar voor nieuw materiaal. Er moet immers rekening gehouden worden met het feit dat een structuur, met het oog op hergebruik, pas zal worden ontmanteld en hergebruikt wanneer deze nog in goede staat verkeert. Dit zal vaker zo zijn wanneer het gaat om een iets jongere glulambalk. In de analyse zal daarnaast ook een onderwaarde van 20 jaar worden meegenomen, om het effect van een eerder vroegtijdige ontmanteling te analyseren (zoals bijvoorbeeld bij de *Farys loods*).

Project	Bouwjaar oorspronkelijke gebouw	Jaartal hergebruik	Levensduur <sub>1</sub> [jaar]
Manege Recypark	1970	2018	48
Kantoorgebouw Charleroi	1994	2024	30
Loods Kortrijk	1970	2024	54
Farys- loods	2002	2024	22
Jeugdsite	1965	2023	58
<b>Gemiddeld</b>			<b>42,4</b>

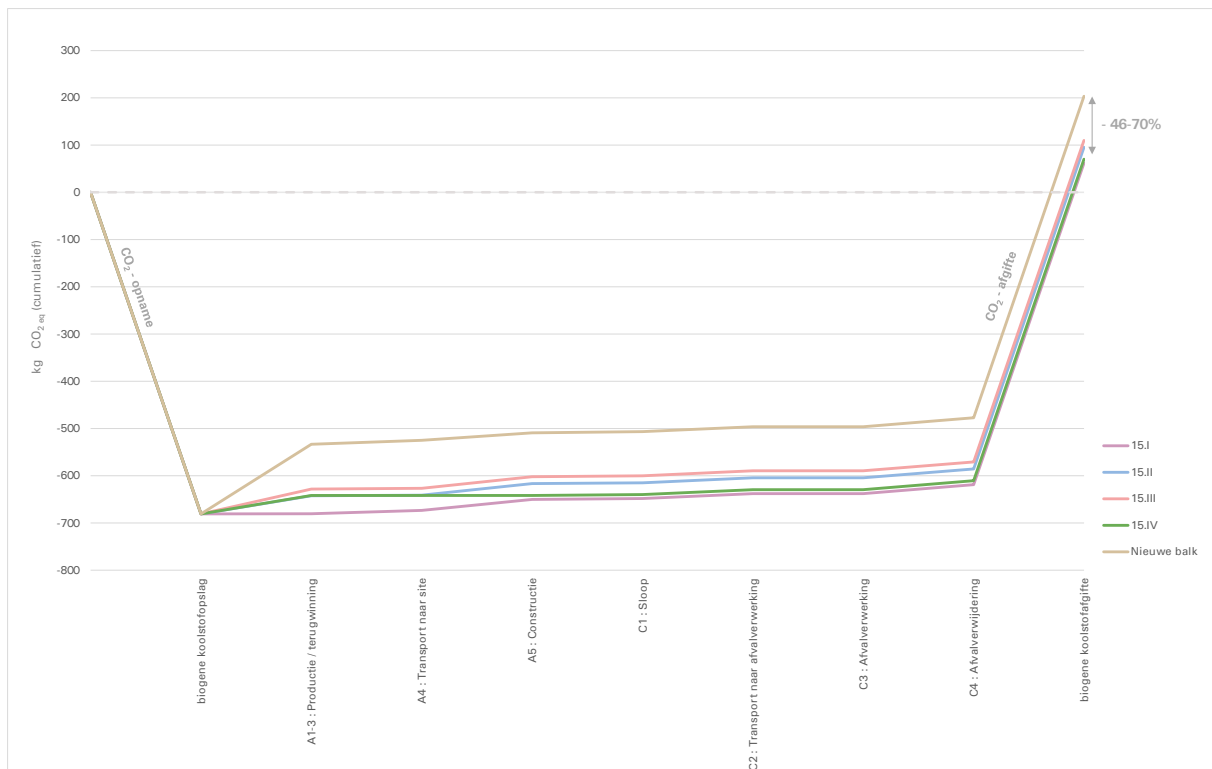
Tabel 23: Eerste levensduur voor ontmanteling, in verschillende hergebruikscasussen

Om een vergelijkingsbasis op te stellen met een nieuwe balk, wordt voor deze wel een totale levensduur van 60 jaar gebruikt. Wanneer uitgegaan wordt van een klassieke levenscyclus, van productie tot sloop, komt deze waarde tevens overeen met de twee casussen waarin een glulamstructuur werd gesloopt in plaats van ontmanteld, zoals weergegeven in tabel 24.

Project	Bouwjaar oorspronkelijke gebouw	Jaartal sloop	Levensduur [jaar]
Sporthallen Gentbrugge	1965	2025	60
Loods Neermeerskaai	1970	2025	55
<b>Gemiddeld</b>			<b>57,5</b>

Tabel 24: Levensduur van gesloopte glulamstructuren, in verschillende sloopcassussen

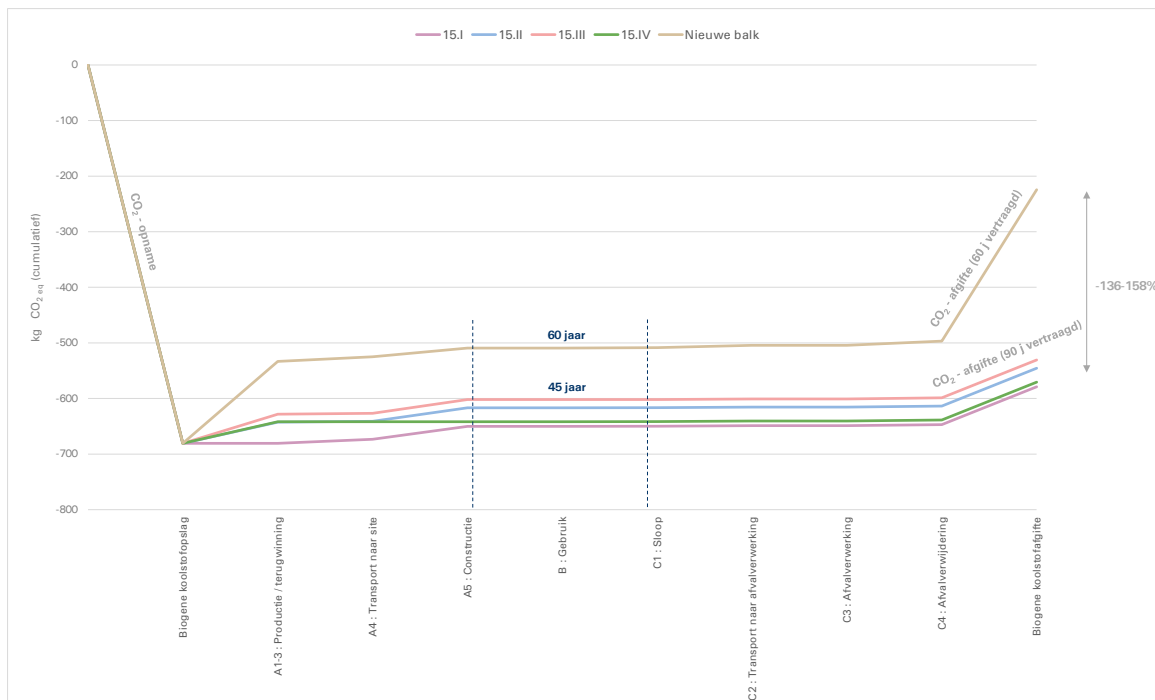
## 5.2 Resultaten



Figuur 187: Vergelijking van de CO<sub>2</sub>-impact over de verschillende modules, voor een balk van 15 m; -1/+1 methode

In figuur 187 wordt de emissie van CO<sub>2</sub>eq over verschillende levensfasen weergegeven volgens de -1/+1 methode (zie literatuurstudie, hoofdstuk 4.3). Deze methodologie houdt geen rekening met een effect van tijdelijke opslag op de milieu-impact. Wanneer biogene CO<sub>2</sub> wordt opgenomen tijdens de groei, zorgt dit voor een impactreductie tot een negatieve waarde in deze fase (en dus een milieuvoordeel). Het valt hierbij op dat deze (negatieve) waarde relatief groot is in vergelijking met de fossiele CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij andere processen doorheen de levenscyclus. De grootste emissie komt voor tijdens de productie van de nieuwe balk, terwijl de overige processen zorgen voor een relatief kleine impact, op vlak van CO<sub>2</sub>. Hergebruikscenario III heeft ook in deze analyse de meest vervuilende impact, gevolgd door Scenario II, IV en I. De rangorde blijft dus ongewijzigd ten opzichte van de totaalimpact. De CO<sub>2</sub> emissies komen in de scenario's wel op verschillende momenten vrij.

Aan het einde van de levenscyclus komt deze biogene CO<sub>2</sub> opnieuw vrij tijdens de verbranding en wordt de impact, die eerder werd afgetrokken, weer bijgeteld. Dit resulteert voor alle scenario's, alsook een nieuwe balk, in een positieve waarde voor de milieu-impact. De totale reductie van hergebruik ten opzichte van een nieuwe balk is, over de hele levenscyclus gezien, geringer dan wanneer de score wordt uitgedrukt in mPt. In vorige resultaten zorgden andere impactindicatoren, zoals fijn stof of landgebruik, immers voor een groot aandeel in de impact van de nieuwe balk. Voor de indicator klimaatverandering alleen, uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub> eq, worden met hergebruik reducties bekomen van 46-70%, afhankelijk van het scenario.



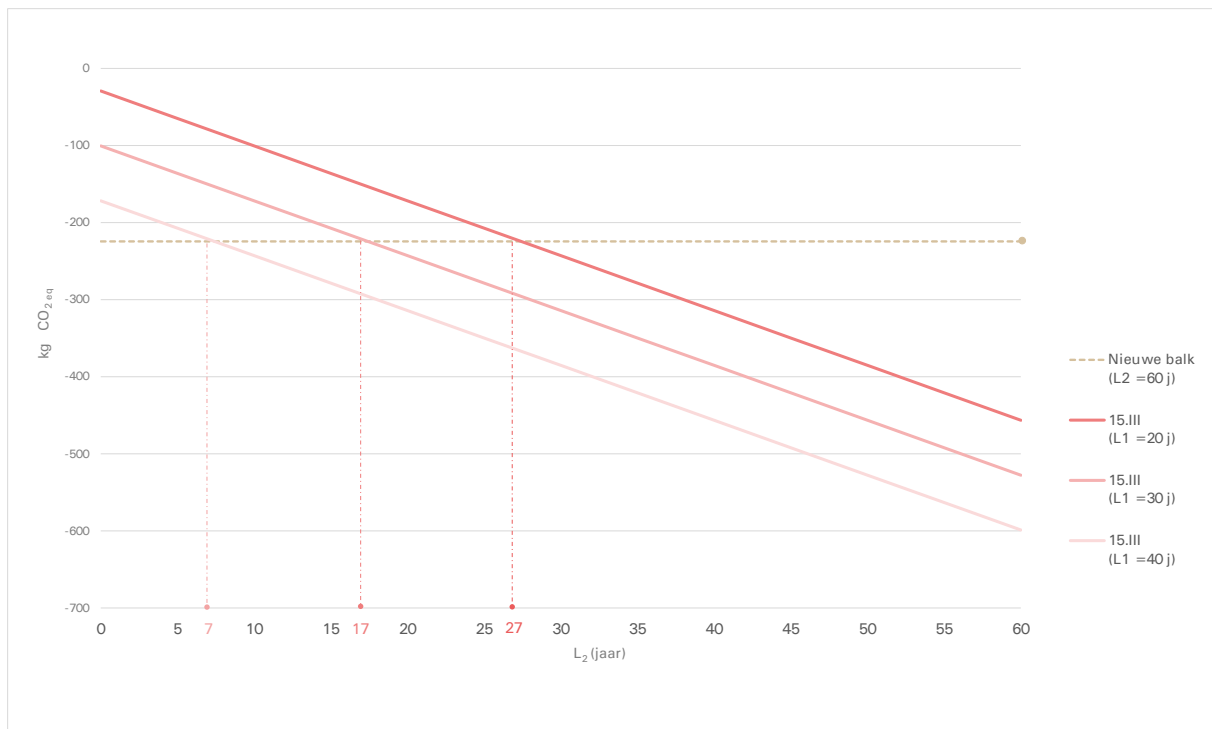
Figuur 188: Vergelijking van de CO<sub>2</sub>-impact over de verschillende modules, voor een balk van 15 m; ILCD methode

Op figuur 188 wordt de tijdelijke opslag van CO<sub>2</sub> ingerekend via de ILCD methodologie, om zo het gunstig effect van hergebruik te kunnen begroten. In de analyse wordt uitgegaan van een balk die na 45 jaar hergebruikt werd, en daarna nog eens een levensduur van 45 jaar kent tot aan verbranding. De tweede levensduur wordt op de grafiek beschouwd. Deze balk wordt vergeleken met een nieuwe balk, die een standaard levensduur heeft van 60 jaar.

De resultaten volgens deze methode geven het voordelige effect van het vasthouden van CO<sub>2</sub> weer. Zowel de totale netto-impacten van een nieuwe, als een hergebruikte balk, krijgen een negatieve waarde voor de aangenomen levensduren. Beiden hebben hiermee volgens deze methode een voordelige reductie van klimaat effecten tot gevolg.

Doordat de hergebruikte balk de biogeen opgenomen emissies 30 jaar langer uit de atmosfeer houdt, worden deze emissies bij de uiteindelijke verbranding verder gereduceerd dan de emissies van een nieuwe balk. Hierdoor zal de totale reductie van de impact van hergebruik ten opzichte van een nieuwe balk toenemen. Met deze methode worden waarden voor hergebruik bekomen die 136 tot 158 % lager liggen dan de waarden voor een nieuwe balk. Het milieuvoordeel wordt via de ILCD methode dus hoger ingeschat dan met de -1/+1 methode.

Door de uiteindelijke afgifte te reduceren, wordt het grote voordeel van de koolstofopname aan het begin van de levenscyclus van het materiaal merkbaar. Het voordeel van de opname neemt met andere woorden toe naarmate het materiaal langer gebruikt wordt. Het voordeel van hergebruik is dat de CO<sub>2</sub> langer gevangen blijft in het product en dat emissies uit een nieuwe productiefase worden vermeden. Dit effect werd meegenomen in figuur 188, en zorgt inderdaad voor een dubbel effect. Zelfs wanneer de hergebruikte balk een kortere (tweede) levensduur kent dan een nieuwe variant, kan deze nog steeds voor een grote reductie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer zorgen.



Figuur 189: Vergelijking van de CO<sub>2</sub>-impact voor scenario III op basis van de tweede levensduur, voor een balk van 15 m; ILCD methode

Figuur 189 geeft, volgens de ILCD methode, de totale impact van een hergebruikbalk op het einde van een levenscyclus weer, in functie van de (tweede) levensduur. Hiervoor werd de impact van een balk van 15 meter uit Scenario III geplot, met drie maal een andere eerste levensduur. Door de duur van de tweede levensduur variabel te houden, is het mogelijk om de dalende impact in functie van de tijdsduur weer te geven. Ook de totale impact van een nieuwe balk met een levensduur van 60 jaar wordt geplot ter referentie.

In de figuur wordt het punt opgezocht waarbij de impact van een hergebruikbalk lager ligt dan deze van een nieuwe balk met een levensduur van 60 jaar. Voor een balk met een eerste levensduur van 20 jaar, treedt dit punt op na 27 jaar. Een totale periode van 47 jaar over twee levenscyclussen, is dus voldoende bij hergebruik om de CO<sub>2</sub> impact van een equivalente nieuw geproduceerde balk met een levensduur van 60 jaar te evenaren. In het geval van een eerste levensduur van 30 of 40 jaar, treedt dit punt op na respectievelijk 17 jaar en 7 jaar. Ook hier gaat het dus om een totale periode van 47 jaar. Figuur 189 toont echter het meest impactvolle hergebruikscenario, namelijk 15.III. Voor een langere balk, in een minder intensief scenario zal deze periode nog korter zijn.

Indien men er in slaagt om met een hergebruikte balk een tweede levensduur van 60 jaar te bereiken, kunnen reducties optreden van 105 tot 166%, afhankelijk van de eerste levensduur.

### **Biogene koolstofopslag**

Door met de ILCD methode het voordeel van de tijdelijke opslag van biogene koolstof in te rekenen, wordt een grote reductie toegekend aan de totale klimaatveranderings-impact bij het langdurig gebruik van houtmaterialen. Door hergebruik, kan de totale levensduur verder verlengd worden tot bijvoorbeeld 90 jaar in plaats van 60 jaar, wat een extra milieuvoordeel oplevert. Dit voordeel wordt gekwantificeerd in een impactreductie van 136 tot 158% voor het effect op klimaatverandering. Het voordeel kan met de ILCD methode hoger ingeschat worden dan met statische methodes als de '0/0' of '-1/+1' methode.

De exacte reductie van impact voor een hergebruikmateriaal, zal steeds afhangen van zowel de eerste als de tweede levensduur. Wanneer deze voor het hergebruik van een glulambalk van 15 meter met alle verwerkingsprocessen (Scenario III) samen 47 jaar bedragen, zal de totale impact lager liggen dan een nieuwe balk met een levensduur van 60 jaar.



# Algemene Conclusie

## Hedendaagse praktijk

Glulamstructuren worden sinds de jaren 60 veelvuldig toegepast in grootschalige overspanningen binnen bouwtypologieën als stallen, hallen en kantoorgebouwen. Na terugwinning kan het materiaal vandaag ook in meer diverse nieuwe projecten worden hergebruikt, van particuliere woningen tot grootschalige publieke projecten. Casussen tonen aan dat zowel de technische als architecturale waarden van glulam inmiddels erkend zijn en ingezet worden door aannemers, architecten, (publieke) opdrachtgevers en materiaalhandelaars.

Gedurende het veldonderzoek bij verschillende projecten en hergebruikbedrijven, werden verschillende mogelijke methodes in kaart gebracht om glulam balken structureel te hergebruiken. Deze werden binnen het onderzoek herleid tot vier verschillende hergebruikscenario's, waarvan de milieu-impact werd berekend via een levenscyclusanalyse. Een scenario met direct transport van de afbraaksite naar de nieuwe werf zonder bewerkingen heeft de laagste impact, gevolgd door het in situ behoud van een structuur met bewerkingen. Scenario's met transport naar extra tussenstations en verdere bewerkingen scoren hoger qua milieu-impact. Toch blijkt uit de analyse dat alle scenario's leiden tot significante milieuvordelen ten opzichte van het gebruik van nieuwe balken, met impactreducties van 72% tot 92%, afhankelijk van balklengte en scenario.

Het hergebruikproces begint steeds met de ontmanteling van de glulambalk. Het beperken van de uitvoeringstijd zal hierbij de milieu-impact verlagen. Een goed voorbereide werf is daarbij essentieel. Ondanks de spreiding op de tijdsduur afhankelijk van de situatie, zal de totale impact van een selectieve ontmanteling ten opzichte van een klassiek sloopscenario 75% tot 98% lager zijn.

Om het materiaal vervolgens op te slaan, te bewerken, te testen of te vervoeren naar de uiteindelijke locatie zijn meerdere transporten nodig. Wanneer de afstanden beperkt blijven, vertegenwoordigen deze geen dominante factor in de totale milieu-impact. Hoewel de omvang van de elementen het transport logistiek complex maakt, is zelfs bij transportafstanden tot 1000 km nog steeds een milieureductie mogelijk van 57% tot 79% ten opzichte van een nieuwe balk.

Het aantal en de volgorde van bewerkingen is sterk projectspecifiek. De balk kan in de oorspronkelijke staat worden hergebruikt, maar kan ook een esthetische afwerking krijgen. Een handelaar beperkt zich meestal tot het manueel verwijderen van constructierestanten en metalen elementen om de rendabiliteit te behouden. Het verzagen van de balken, steeds noodzakelijk voor integratie in een nieuw project, kost weinig tijd en heeft een verwaarloosbare milieu-impact. Oppervlaktebewerkingen, zoals schuren of stralen, veroorzaken een hogere milieu-impact. Het aanbrengen van afwerkingslagen zoals verf, vernis of lijnolie, brengt de hoogste impact met zich mee. Deze laatste twee stappen zullen vanwege de arbeidsintensiviteit pas uitgevoerd worden wanneer de opdrachtgever er bewust voor kiest om een bepaalde esthetiek of performantie te verkrijgen.

De keuze van strategieën binnen het hergebruikproces beïnvloedt dus in sterke mate het uiteindelijke milieuvoordeel. Hoe eenvoudiger, meer gestroomlijnd en beter voorbereid het proces, hoe groter de milieuwinst.

## Uitdagingen en evoluties

De structurele onzekerheid vormt een belangrijke uitdaging bij hergebruikte constructie-elementen, omdat houtsoort en sterkteklasse vaak onbekend zijn. Met directe en indirecte methodes kan ter plaatse een visuele inspectie worden uitgevoerd op de elementen. Ze hebben geen milieu-impact, maar bieden ook niet de prestatiegarantie die nodig is voor publieke of grootschalige projecten. Niet-destructieve tests (delaminatieproeven) of destructieve tests (vierpuntsbuigproeven) bieden meer zekerheid, maar zullen een transportimpact en eventueel materiaalverlies tot gevolg hebben. Voor kleinschalige projecten zijn deze tests financieel niet haalbaar, waardoor hier meestal wordt overgegaan tot een conservatieve overdimensionering. De onderlinge verschillen in milieu-impact tussen deze drie methodes zijn relatief klein en dragen in beperkte mate bij aan de totale impact van een hergebruikbalk.

Daarnaast vormt de omvang van de elementen een grote uitdaging. Conventionele hergebruikhandelaars zijn niet in staat om grootschalige balken en spanten te transporteren en op te slaan, waardoor voor deze elementen al bij de afbraak een nieuwe bestemming binnen een project gevonden moet worden. Aangezien timing hierbij cruciaal is, moeten zowel sloopactoren als betrokkenen bij een hergebruikproject vroegtijdig initiatief nemen. Bij een succesvolle afstemming tussen beide partijen, kunnen bij hergebruik van deze grootschalige elementen aanzienlijke milieuvoordelen worden gerealiseerd. Alle LCA-resultaten wijzen namelijk uit dat het recycleren van de meest omvangrijke elementen steeds het grootste milieuvoordeel oplevert.

Sinds het pilootproject voor het 'Recypark', waarbij hindernissen pas gaandeweg overwonnen werden, heeft de sector een evolutie doorgemaakt. Bij nieuwe hergebruikprojecten worden vandaag meer gestroomlijnde protocollen opgesteld, om logistieke en structurele onzekerheden reeds vooraf aan te pakken. Door grip te krijgen op deze dimensies, wordt de praktische haalbaarheid erg concreet en is er vandaag een markt gevormd voor gerecupereerde glulambalken. Dit zorgt ervoor dat ook afbraakaannemers stevast contacten inlichten wanneer ze deze aantreffen in een gebouw.

Deze markt concentreert zich momenteel vooral rond lineaire balken. Boogspanten, die vaak ouder zijn, werken meer terughoudendheid in de hand, terwijl met het hergebruik van dit soort elementen even grote milieuvoordelen kunnen worden behaald. Door de unieke elementen te schatten naar hun architectuurhistorische meerwaarde, zou een mentaliteitswijziging teweeg gebracht kunnen worden, en kan ook hier een robuust hergebruiknetwerk ontstaan.

Naast het vastleggen van de milieuvoordelen, toonde dit onderzoek met de casusvoorbeelden eveneens aan dat hergebruik van glulamstructuren niet langer experimenteel is. Het is een volwaardige en technisch haalbare strategie binnen het circulair bouwen, die op grote schaal kan worden ingezet.



# Bronnen

# I. Literatuur

- 51N4E. (z.d.). *Recypark*. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://51n4e.com/projects/recypark/>
- Alheembouw. (z.d.). *Coldo, Kuurne*. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.alheembouw.be/nl/referenties/coldo-kuurne>
- Amiri, A., Ottelin, J., Sorvari, J., & Junnila, S. (2020). Cities as carbon sinks - Classification of wooden buildings. *Environmental Research Letters*, 15(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba134>
- Armster, Klaas., Solomon, Alan., & Arnaud, Michel. (2019). *Reclaimed Wood : A Field Guide*. Abrams, Inc.
- Atelier Circuler. (z.d.-a). Over ons. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://ateliercirculer.be/over-ons/>
- Atelier Circuler. (z.d.-b). Professionele Samenwerkingen. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://ateliercirculer.be/materialenbank/samenwerkingen/>
- be circular, & leefmilieu Brussel. (2019). Routekaart van de actoren van de bouwsector in Brussel: Naar een circulaire economie. [https://www.circulareconomy.brussels/wp-content/uploads/2019/06/BE\\_beCircular\\_routekaart-DB\\_def\\_NL1.pdf](https://www.circulareconomy.brussels/wp-content/uploads/2019/06/BE_beCircular_routekaart-DB_def_NL1.pdf)
- Bertino, G., Kisser, J., Zeilinger, J., Langergraber, G., Fischer, T., & Österreicher, D. (2021). Fundamentals of Building Deconstruction as a Circular Economy Strategy for the Reuse of Construction Materials. *Applied Sciences*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/app11030939>
- Bobex.be. (z.d.). Zandstralen, luchtgommen: prijs en werkwijze. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.bobex.be/nl-be/zandstralen-luchtgommen/#:~:text=De%20gemiddelde%20prijs%20voor%20luchtgommen,vuil%20zal%20de%20prijs%20vari%C3%ABren.>
- Bos + . (z.d.). Bio-economie. Geraadpleegd 5 mei 2025, van <https://www.bosplus.be/thema/bio-economie/>
- Bouwmeester Maître Architecte. (z.d.-a). Stadsatelier De Ville: Circulaire hub en nieuwe productiesite voor BC Materials. Geraadpleegd 19 maart 2025, van <https://bma.brussels/nl/stadsatelier-de-ville/>
- Bouwmeester Maître Architecte. (z.d.-b). Stadsatelier De Ville: Circulaire hub en nieuwe productiesite voor BC Materials (2). Geraadpleegd 4 mei 2025, van <https://bma.brussels/nl/stadsatelier-de-ville-2/>
- Boverket. (2021, maart 9). Climate declaration for new buildings. <https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/contractor/tendering-process/climate-declaration/>

- Boverket. (2023, september 8). The assignment to investigate how the introduction of a limit value can be done earlier than 2027.  
<https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/developer/rfq-documentation/climate-declaration/the-assignment-on-limit/>
- Boverket. (2024, april 12). Questions and answers about climate declarations.  
<https://www.boverket.se/en/start/building-in-sweden/developer/rfq-documentation/climate-declaration/questions/>
- Brandão, M., Levasseur, A., Kirschbaum, M. U. F., Weidema, B. P., Cowie, A. L., Jørgensen, S. V., Hauschild, M. Z., Pennington, D. W., & Chomkamsri, K. (2013). Key issues and options in accounting for carbon sequestration and temporary storage in life cycle assessment and carbon footprinting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 230–240. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0451-6>
- Broeckaert, C., & Verstraete, F. (2023). Waarom niemand kwantum begrijpt en iedereen er toch iets over moet weten. Lannoo.
- Bruco. (z.d.). Houtrecyclage. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.bruco-containers.com/recyclage/houtrecyclage/>
- Brunet-Navarro, P., Jochheim, H., Cardellini, G., Richter, K., & Muys, B. (2021). Climate mitigation by energy and material substitution of wood products has an expiry date. *Journal of Cleaner Production*, 303. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127026>
- Bruxelles Propreté - Net Brussel. (z.d.). Opening Recypark Demets. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.youtube.com/watch?v=7JJxusUKP6w>
- CE Delft. (2021). Kennisnotitie Circulair Zuid-Holland: Biobased bouwen.  
<https://circulair.zuid-holland.nl/activiteit/kennisnotitie-biobased-bouwen/>
- CEN/TC 124. (2012). NBN EN 408 + A1:2012 : Timber structures - Structural timber and glued laminated timber - Determination of some physical and mechanical properties.  
[https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40\\_id=207977&p40\\_language\\_code=en&p40\\_detail\\_id=67407&session=15930974227328](https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40_id=207977&p40_language_code=en&p40_detail_id=67407&session=15930974227328)
- CEN/TC 124. (2013). NBN EN 14080:2013: Timber structures - Glued laminated timber and glued solid timber - Requirements.  
[https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40\\_id=241799&p40\\_language\\_code=en&p40\\_detail\\_id=70466&session=6012474894619](https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40_id=241799&p40_language_code=en&p40_detail_id=70466&session=6012474894619)
- Claeys, E. (2022). Comparison of the environmental impact of concrete, steel, timber and masonry structural slab-support combinations in mid-rise buildings.  
[https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/003/149/874/RUG01-003149874\\_2023\\_0001\\_AC.pdf](https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/003/149/874/RUG01-003149874_2023_0001_AC.pdf)

- Cousins, S. (2025, januari 15). Recypark in Anderlecht, Belgium, makes circular economy a pleasure. *RIBA Journal*. <https://www.ribaj.com/intelligence/recypark-in-anderlecht-belgium>
- Creasman, P. P. (2014). Ship Timber and the Reuse of Wood in Ancient Egypt. *Journal of Egyptian History*, 6(2), 152–176. <https://doi.org/10.1163/18741665-12340007>
- Damiani, M., Ferrara, N., & Ardente, F. (2022). Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods. *KJ-NA-31-236-EN-N* (online). <https://doi.org/10.2760/11564> (online)
- De Valk, E., & Quik, J. (2017). Eenduidig bepalen van circulariteit in de bouwsector Milieuprestatie als uitgangspunt. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0128>
- De Wilde, B. (2023, november 28). Coldo bouwt groot diepvriesmagazijn op site Van der Venet: “Vraag naar stockageruimte bleef maar stijgen”. *Het Nieuwsblad*. [https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20231128\\_96047862](https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20231128_96047862)
- Debacker, W., Vrijders, J., Voorter, J., Vergauwen, A., Bergmans, J., & Stouthuysen, P. (2021). Urban mining in Vlaanderen: Hoe waarde creëren met het sluiten van materiaalstromen?
- Delem, L., & Wastiels, L. (2019). Module D in the Building Life Cycle: Significance Based on a Case Study Analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 290(1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012042>
- Departement Leefmilieu Natuur en Energie. (2013). Bio-economie in Vlaanderen. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/bio-economie-in-vlaanderen>
- Dhondt, J. (2024, Juni 10). Honderd jaar lang werd er gelopen en gevoetbald, deze zomer kan je er nog een laatste keer aperitieven: “We hebben nog redelijk wat plannen.” *Nieuwsblad.Be*. [https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20240610\\_93344349](https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20240610_93344349)
- Dias, A. M. A., Dias, A. M. P. G., Silvestre, J. D., & de Brito, J. (2020). Comparison of the environmental and structural performance of solid and glued laminated timber products based on EPDs. *Structures*, 26, 128–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.04.015>
- Dodd, N., Donatello, S., & Cordella, M. (2021). Gebruikershandleiding 1: inleiding tot het gemeenschappelijke Level(s)-kader (Editie 1.1). <https://ec.europa.eu/jrc>
- Douguet, E., & Wagner, F. (2021). Milieuvoordelen (impact) van hergebruik in de bouwsector. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-01-environmental\\_impact-NL.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-01-environmental_impact-NL.pdf)
- Ecobouwers. (2024, februari 21). Binnenkijken | Hoe bouw je een kleurrijke kaswoning met recuperatiematerialen? <https://www.ecobouwers.be/duurzaam-bouwen/artikels/binnenkijken-hoe-bouw-je-een-kleurrijke-kaswoning-met>

- Ecobuild Brussels. (2023, oktober 2). Wood construction, a pillar of Europe's Green Deal. Ecobuild Brussels. <https://ecobuild.brussels/en/wood-construction-a-pillar-of-europes-green-deal/>
- ecoQuery. (2012). glued laminated timber production, average glue mix. <https://ecoquery.ecoinvent.org/3.11/cutoff/dataset/22422/documentation>
- European Commission. (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook : general guide for life cycle assessment : detailed guidance. Publications Office. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
- Europese commissie. (2010). General guide for Life Cycle Assessment – Provisions and action steps. Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2788/94987>
- Europese commissie. (2018). Richtsnoeren inzake de cascadering van biomassa, met voorbeelden van goede praktijken inzake houtachtige biomassa. Publications Office. <https://doi.org/doi/10.2873/0522>
- Europese Commissie. (2021). Nieuwe EU-bosstrategie voor 2030. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/nl/qanda\\_21\\_3548](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/nl/qanda_21_3548)
- Eurostat. (2024). Statistics and data on Europe. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all\\_themes](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/all_themes)
- Evofenedex. (z.d.). Afmetingen en gewichten in België. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.evofenedex.nl/kennis/vervoer/internationaal-wegvervoer/overzicht-landeninformatie/belgie-wegvervoer/afmetingen-en-gewichten-in-belgie>
- F. Llana, D., Íñiguez-González, G., de Arana-Fernández, M., Ui Chulain, C., & Harte, A. M. (2020, juli 13). Recovered Wood as Raw Material for Structural Timber Products. Characteristics, Situation and Study Cases: Ireland and Spain (SWST 2020). [https://www.researchgate.net/publication/343858952\\_Recovered\\_Wood\\_as\\_Raw\\_Material\\_for\\_Structural\\_Timber\\_Products\\_Characteristics\\_Situation\\_and\\_Study\\_Cases\\_Ireland\\_and\\_Spain\\_SWST\\_2020](https://www.researchgate.net/publication/343858952_Recovered_Wood_as_Raw_Material_for_Structural_Timber_Products_Characteristics_Situation_and_Study_Cases_Ireland_and_Spain_SWST_2020)
- FCRBE. (2021, december 21). FCRBE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe. <https://vb.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>
- FCRBE. (2022). Aanbestedingsstrategieën: Integratie van materiaalhergebruik in uw projecten. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-03/wpt3\\_d\\_2\\_2\\_aanbestedingsstrategieen\\_20220208.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-03/wpt3_d_2_2_aanbestedingsstrategieen_20220208.pdf)
- FCRBE Projet Interreg North-West Europe. (2023). FCRBE Webinar: Hergebruik in de praktijk (voor de houtsector en dakdekkers) [Video recording]. FCRBE Projet Interreg North-West Europe. <https://www.youtube.com/watch?v=G5TOHxpsgLg>

- Föreningen Sveriges Skogsindustrier. (2013). Glulam Handbook Volume 1. <https://www.swedishwood.com/siteassets/5-publikationer/pdfer/glulamhandbook1-240508.pdf>
- FSC België. (z.d.). Duurzaam bosbeheer & klimaat. Geraadpleegd 5 mei 2025, van <https://be.fsc.org/be-nl/waarom-fsc/duurzaam-bosbeheer-klimaat>
- Ghyoot, M., Warnier, A., Billiet, L., & Devlieger, L. (2018). *Déconstruction et réemploi : comment faire circuler les éléments de construction*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:002384525>
- Gids Duurzame Gebouwen Brussel. (2023, augustus 29). Hergebruikinventaris. <https://gidsduurzamegebouwen.brussels/hergebruikinventaris#basisgegevens>
- Gids Duurzame Gebouwen Brussel. (2024, juli 1). De voordelen van hergebruik. <https://gidsduurzamegebouwen.brussels/recuperatie-hergebruik-van-bouwmaterialen/voordelen-van-hergebruik>
- Gobbo, E. (2021). Een stappenplan opstellen: Strategie ter bevordering van hergebruik in de bouwsector. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-05-build\\_roadmap-NL.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-05-build_roadmap-NL.pdf)
- Gobbo, E., Ghyoot, M., Bernair, C., & Paduart, A. (2022). Een stappenplan ter bevordering van hergebruikpraktijken in de bouwsector: een verzameling inspirerende acties voor overheden. [https://opalis.eu/sites/default/files/2024-04/FCRBE%20ROADMAP%20TO%20FOSTER%20REUSE%20PRACTICES\\_NL.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2024-04/FCRBE%20ROADMAP%20TO%20FOSTER%20REUSE%20PRACTICES_NL.pdf)
- Gobbo, E., Ghyoot, M., Paduart, A., & Nasserredine, M. (2021). Reuse in environmental impact assessment tools: A prospective report. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-en-reuse\\_in\\_environmental\\_impact\\_assessment\\_tools.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-en-reuse_in_environmental_impact_assessment_tools.pdf)
- Godina, M. (2021). Strategies for salvaging and repurposing timber elements from existing buildings Acknowledgements Acknowledgements. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652624040782>
- Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., & Meijer, E. (2016). Introduction to LCA with SimaPro. <https://pre-sustainability.com/files/2014/05/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>
- Groep Maatwerk. (2024, december 14). Wat is een maatwerkbedrijf? <https://www.groepmaatwerk.be/maatwerkbedrijven/over-maatwerkbedrijven>
- Hassan, O. A. B., A.A., N. E., & Abdulahad, G. (2022). A comparative study between glulam and concrete columns in view of design, economy and environment. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00966. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00966>
- Hassan, O. A. B., & Johansson, C. (2018). Glued laminated timber and steel beams: A comparative study of structural design, economic and environmental consequences.

- Journal of Engineering, Design and Technology, 16(3), 398–417.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2017-0130>
- Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). Life cycle assessment (Vol. 2018). Springer.  
[https://www.researchgate.net/publication/322030573\\_Life\\_Cycle\\_Assessment\\_Theory\\_and\\_Practice](https://www.researchgate.net/publication/322030573_Life_Cycle_Assessment_Theory_and_Practice)
- He, M., Wang, Y., Li, Z., Zhou, L., Tong, Y., & Sun, X. (2022). An Experimental and Analytical Study on the Bending Performance of CFRP-Reinforced Glulam Beams. *Frontiers in Materials*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.802249>
- Het Arsenaal. (2024, maart 1). Recirculaire bouwmaterialen te koop bij Scrap VZW.  
<https://hetarsenaal.gent/events/recirculaire-bouwmaterialen-te-koop-bij-scrap-vzw>
- Hillege, L. (2019, juni 7). Impact Categories (LCA) – The complete overview.  
<https://ecochain.com/blog/impact-categories-lca/>
- Hobbs, G., & Adams, K. (2017). Reuse of building products and materials – barriers and opportunities. <https://resolver.tudelft.nl/uuid:d511af0d-2c03-4234-a6c2-ffb38ab0f232>
- Hout Info Bois. (2019). Handleiding hout: materiaal en toepassing. Hout Info Bois.
- Houtwereld. (z.d.). Welke houtbewerkingsmachines zijn er en wat kunnen ze voor je doen? Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.houtwereld.nl/welke-houtbewerkingsmachines-zijn-er-en-wat-kunnen-ze/>
- Hoxha, E., Passer, A., Saade, M. R. M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K., & Habert, G. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*. <https://doi.org/10.5334/bc.46>
- Ibis. (2024). Milieu Prestatie Gebouwen (MPG): Alles wat je moet weten in 2024.  
<https://www.ibis.nl/kennisbank/milieu-prestatie-gebouwen-mpg-alles-wat-je-moet-weten-in-2024>
- Janssens, T. (2019, maart 15). Rotor: hergebruik van bouwmaterialen. de Koevoet, 186. [www.dialoog.be/dekoevoet](http://www.dialoog.be/dekoevoet)
- Jeffree, M. (2019). Hout: Bouwen aan de biobased circulaire economie (E. de Munck, Vert.). <https://www.centrumhout.nl/media/downloads/>
- Keijzer, E., Klerks, S., Van Leeuwen, S., Nijman, R., & Fraanje, P. (2021). Een verkenning van het potentieel van tijdelijke CO2-opslag bij houtbouw. [www.tno.nl](http://www.tno.nl)
- Khairun, M., & Uyup, A. (2016a). An Overview of Manufacturing Process of Glued-Laminated Timber. <https://www.researchgate.net/publication/306401137>
- Kiesnere, G., Atstaja, D., Cudecka-Purina, N., & Susniene, R. (2024). The Potential of Wood Construction Waste Circularity. *Environments*, 11(11).  
<https://doi.org/10.3390/environments11110231>

- Kitek Kuzman, M., Zbašnik-Senegačnik, M., Kosanović, S., Miloshevska Janakieska, M., Novaković, N., Rajković, I., & Grošelj, P. (2024). Architectural Perspectives on Wood Reuse within Circular Construction: A South–Central European Study. *Buildings*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/buildings14030560>
- Knoth, K., Fufa, S. M., & Seilskjær, E. (2022). Barriers, success factors, and perspectives for the reuse of construction products in Norway. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130494. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.130494>
- Kumar, V., Lo Ricco, M., Bergman, R. D., Nepal, P., & Poudyal, N. C. (2024). Environmental impact assessment of mass timber, structural steel, and reinforced concrete buildings based on the 2021 international building code provisions. *Building and Environment*, 251, 111195. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2024.111195>
- Kutnar, A., & Muthu, S. S. (2018). *Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts (1ste dr.)*. Springer. <http://www.springer.com/series/13340>
- Laklere, F. (2022, oktober 5). Na jarenlang geruzie: akkoord over nieuwbouwwijk, maar eerste steen is nog niet voor meteen. *Nieuwsblad.be*. [https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20221005\\_93805909](https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20221005_93805909)
- Lasvaux, S., Habert, G., Peuportier, B., & Chevalier, J. (2015). Comparison of generic and product-specific Life Cycle Assessment databases: application to construction materials used in building LCA studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(11), 1473–1490. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0938-z>
- Lerink, B. J. W., Schelhaas, M.-J., Schreiber, R., Aurenhammer, P., Kies, U., Vuillermoz, M., Ruch, P., Pupin, C., Kitching, A., Kerr, G., Sing, L., Calvert, A., Ní Dhubháin, Á., Nieuwenhuis, M., Vayreda, J., Reumerman, P., Gustavson, G., Jakobsson, R., Little, D., ... Nabuurs, G.-J. (2023). How much wood can we expect from European forests in the near future? *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 96(4), 434–447. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad009>
- Levasseur, A., Lesage, P., Margni, M., Deschênes, L., & Samson, R. (2010). Considering Time in LCA: Dynamic LCA and Its Application to Global Warming Impact Assessments. *Environmental science & technology*, 44, 3169–3174. <https://doi.org/10.1021/es9030003>
- Lindner, M., Pötzelsberger, E., & Verkerk, H. (2021, maart). How did EU-27 forests develop, and why do they differ from those of the past? <https://efi.int/forestquestions/q1>
- Ma, P., An, X., Zhou, B., Wang, S., Li, X., Li, J., Xie, J., & Que, Z. (2025). Experiment study on the bonding quality and shear performance of composite glulam manufactured by densified Chinese fir. *Industrial Crops and Products*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120565>

- Mazur-Wierzbicka, E. (2021). Towards circular economy—a comparative analysis of the countries of the European Union. *Resources*, 10(5).  
<https://doi.org/10.3390/resources10050049>
- Ministère de la transition écologique. (2024). Guide RE 2020: Réflexion Environnementale.  
[https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide\\_re2020\\_version\\_janvier\\_2024.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf)
- Mudersbach, M., Jürgens, M., Pohler, M., Spierling, S., Venkatachalam, V., Endres, H.-J., & Barner, L. (2023). Life Cycle Assessment in a Nutshell—Best Practices and Status Quo for the Plastic Sector. *Macromolecular Rapid Communications*, n/a(n/a), 2300466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/marc.202300466>
- Nationale Milieudatabase. (2024). Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken / versie 1.2 ( januari 2025). <https://milieudatabase.nl/nl/downloads-nmd/downloads-bepalingsmethode/>
- Naval, S. (2021). Product of afval?: Status van hergebruikmaterialen.  
[https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-04-Product\\_waste-NL.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-booklet-04-Product_waste-NL.pdf)
- NBN. (2013). NBN EN 14080:2013: Timber structures - Glued laminated timber and glued solid timber - Requirements.  
[https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40\\_id=241799&p40\\_language\\_code=en&p40\\_detail\\_id=70466&session=15930974227328](https://edu.nbn.be/data/r/platform/eduportal/detail?p40_id=241799&p40_language_code=en&p40_detail_id=70466&session=15930974227328)
- Niu, Y., Rasi, K., Hughes, M., Halme, M., & Fink, G. (2021). Prolonging life cycles of construction materials and combating climate change by cascading: The case of reusing timber in Finland. *Resources, Conservation and Recycling*, 170.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105555>
- Office économique Wallon du Bois, & Hout Info Bois. (2020). Poutre en bois lamellé-collé fabriquée en Belgique. <https://www.houtinfobois.be/downloads/analyse-de-cycle-de-vie-dune-poutre-en-lamelle-colle-2020/>
- Ong, C. B. (2015). Glue-laminated timber (Glulam). In *Wood Composites* (pp. 123–140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-454-3.00007-x>
- Opalis. (z.d.-a). Handelaars. Geraadpleegd 7 mei 2025, van <https://opalis.eu/nl/handelaars>
- Opalis. (z.d.-b). Over Opalis. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://opalis.eu/nl/over>
- Opalis. (2025a, februari 27). Kameleon BVBA. <https://opalis.eu/nl/handelaars/kameleon-bvba>
- Opalis. (2025b, februari 27). Materialenbank Leuven.  
<https://opalis.eu/nl/handelaars/materialenbank-leuven>

- Opalis. (2025c, februari 28). Huismus - Recupmarkt.  
<https://opalis.eu/nl/handelaars/huismus-recupmarkt>
- OVAM. (z.d.). Houtafval. Geraadpleegd 19 mei 2025, van  
<https://ovam.vlaanderen.be/houtafval>
- OVAM, SPW, KU Leuven, VITO, CSTC, WTCB, & BE. (2023). Environmental profile of buildings. <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/26890>
- Passarelli, R. N. (2018). The Environmental Impact of Reused CLT Panels: Study of a Single-Storey Commercial Building In Japan.  
<https://www.researchgate.net/publication/326989209>
- Pawelzik, P., Carus, M., Hotchkiss, J., Narayan, R., Selke, S., Wellisch, M., Weiss, M., Wicke, B., & Patel, M. K. (2013). Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials – Reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 73, 211–228.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.006>
- Persteam - Stad Gent. (2021, december 27). Oude hockey- en tennissite Gantoise krijgt tijdelijke buurtbestemming. <https://persruimte.stad.gent/207964-oude-hockey-en-tennissite-gantoise-krijgt-tijdelijke-buurtbestemming#>
- Piccardo, C., & Hughes, M. (2022). Design strategies to increase the reuse of wood materials in buildings: Lessons from architectural practice. *Journal of Cleaner Production*, 368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133083>
- Pinska Woodmill. (2021, februari 4). Beam end cuts - wooden beams cut to size GLULAMEXPERTS.com [Video recording].
- Poncelet, F., & Engelborghs, T. (2023a). Hergebruik in de praktijk: Van ontmanteling tot nieuwe toepassing. Gids voor beroepen uit de houtsector.  
[https://vb.nweurope.eu/media/21070/nl\\_fcrbe\\_wood\\_web.pdf](https://vb.nweurope.eu/media/21070/nl_fcrbe_wood_web.pdf)
- Poncelet, F., & Engelborghs, T. (2023b). Hergebruik in praktijk: Van ontmanteling tot (her)gebruik. Gids voor sloop-en afbraakbedrijven.  
[https://opalis.eu/sites/default/files/2023-10/nl\\_fcrbe\\_finishers\\_web.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2023-10/nl_fcrbe_finishers_web.pdf)
- Prins, E., van Roeden, S., & van der Lugt, P. (2021). Houtbouw Amsterdam: Verkenning naar bouwen met hout in de gebiedsontwikkeling (E. de Munck, Vert.).  
<https://research.tudelft.nl/en/publications/houtbouw-amsterdam-verkenning-naar-bouwen-met-hout-in-de-gebiedso>
- provincie Antwerpen. (2024, juni 20). Inclusieve economie in beeld | Aflevering: Buurman.  
[https://www.youtube.com/watch?v=1j43CrEzg7k&list=PLjppTA4Mj2eSc\\_eS2LMJoxj1qvw2YINLy&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=1j43CrEzg7k&list=PLjppTA4Mj2eSc_eS2LMJoxj1qvw2YINLy&index=4)
- Quist, Z. (2024, January 24). De Bepalingsmethode (MKI) is aangepast: Wat de EN15804 + A2 betekent voor jouw bedrijf.  
<https://milieudatabase.nl/nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

- Raamwerk. (z.d.). Jeugdsite Eernegem. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://raamwerk.com/projects/eernegem>
- Raamwerk, Atelier Arne Deruyter, & Robuust ao. (2018). OW 1803: Studieopdracht voor het inrichtingsplan en speelhuis te Eernegem. <https://www.winvorm.be/media/2c9k5rqb/raamwerk.pdf>
- RECO. (n.d.). Middenspanning: Wat is dat en hoe werkt het? Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://reco.eu/nl/nieuws-projecten/middenspanning/>
- Recupcentrale. (2024). Houten dakspanten (GLT-glulam). <https://recupcentrale.be/nl/materialen/constructie/houten-dakspanten-glt>
- Re:Purpose Savannah. (2022, augustus 29). Instagram post. <https://www.instagram.com/repurposesavannah/?hl=en>
- Re:Purpose Savannah. (z.d.-a). Re:Purpose Savannah. Geraadpleegd 20 december 2024, van <https://www.repurposesavannah.org/>
- Re:Purpose Savannah. (z.d.-b). The Hyrne Hideaway. Geraadpleegd 20 december 2024, van <https://www.repurposesavannah.org/hyrnehideaway>
- Reuse Toolkit. (2021a). Constructieve elementen van gelijmd gelamelleerd hout. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/2.11\\_nl\\_-\\_constructieve\\_elementen\\_van\\_gelijmd\\_gelamelleerd\\_hout\\_v01\\_0.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/2.11_nl_-_constructieve_elementen_van_gelijmd_gelamelleerd_hout_v01_0.pdf)
- Reuse Toolkit. (2021b). Massief constructiehout met rechthoekige doorsnede. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/2.10\\_nl\\_-\\_massief\\_constructiehout\\_met\\_rechthoekige\\_dwarsdoorsnede\\_v01.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/2.10_nl_-_massief_constructiehout_met_rechthoekige_dwarsdoorsnede_v01.pdf)
- Reuse Toolkit. (2021c). Materiaalfiches: Algemene inleiding. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-Algemene\\_inleiding.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/FCRBE-Algemene_inleiding.pdf)
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2024, december 16). MilieuPrestatie Gebouwen - MPG. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/milieuprestatie-gebouwen-mpg>
- Rinke, M., & Haddadi, R. (2022). An industry in transition: on the network of early glue-laminated timber production in Switzerland. *Construction History*, 37(2), 19–41. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/industry-transition-on-network-early-glue/docview/3086409632/se-2?accountid=11077>
- Rotor. (2023, Augustus 28). Recypark under construction. <https://rotordb.org/en/news/recypark-under-construction>
- Rotor. (z.d.). Recypark Anderlecht. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://rotordb.org/en/projects/recypark-anderlecht>
- RotorDC. (2024, oktober 7). Update 11 oct: Thanks to feedback, we realized that the first version of. . . LinkedIn.

- Sala, S., Amadei, A. M., Beylot, A., & Ardente, F. (2021). The evolution of life cycle assessment in European policies over three decades. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(12), 2295–2314. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01893-2>
- Sands, R. (2022). Life beyond life: Repair, reuse, and recycle—the many lives of wooden objects and the mutability of trees. *Archaeometry*, 64(S1), 168–186. <https://doi.org/10.1111/arcm.12708>
- SERV. (2018). Nota: Overzicht barrières bij de transitie naar een circulaire economie. [https://www.serv.be/sites/default/files/documenten/SERV\\_20180403\\_CE-barri%C3%A8res\\_NOT.pdf](https://www.serv.be/sites/default/files/documenten/SERV_20180403_CE-barri%C3%A8res_NOT.pdf)
- Seys, S., Billiet, L., Gielen, M., Ghyoot, M., Haerlingen, R., Boniver, T., & Devlieger, L. (2016). De recuperatie van bouwmaterialen uit publieke gebouwen haalbaar maken. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/Vademecum\\_recuperatie\\_van\\_bouwmaterialen\\_Rotor.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-02/Vademecum_recuperatie_van_bouwmaterialen_Rotor.pdf)
- SGS Search. (2022). Onderzoeksrapport: ‘Voorstel berekeningsmethodiek om koolstofvastlegging in biobased bouwmaterialen te kunnen waarderen’. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2022/07/29/onderzoek-berekeningsmethodiek-koolstofvastlegging-in-biobased-bouwmaterialen>
- Smeyers, T., Deweerdt, M., & Mertens, M. (2022). Toolkit hergebruik: De hergebruikinventaris. [https://opalis.eu/sites/default/files/2023-01/NL\\_FCRBE%20WPT2%20D1.2%20gids\\_compressed\\_1.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2023-01/NL_FCRBE%20WPT2%20D1.2%20gids_compressed_1.pdf)
- SPF Economie, P.M.E., & Classes moyennes et Energie. (2021). Federaal actieplan circulaire economie 2021-2024. <https://www.health.belgium.be/nl/federaal-actieplan-circulaire-economie-2021-2024#anchor-41030>
- Stichting Nationale Milieudatabase. (2020). Gids Milieuprestatieberekeningen: Praktisch hulpmiddel bij het berekenen van de milieuprestatie van bouwwerken. [https://milieudatabase.nl/media/filer\\_public/2c/f7/2cf72604-221a-4baf-bde5-ce6ee55737c0/gids-milieuprestatieberekening-juli-2020.pdf](https://milieudatabase.nl/media/filer_public/2c/f7/2cf72604-221a-4baf-bde5-ce6ee55737c0/gids-milieuprestatieberekening-juli-2020.pdf)
- Strengers, B., Matthews, R., Berndes, G., Cowie, A., & Laganière, J. (2024). On the science of carbon debt.
- Swedish Forest Industries Federation. (2024a). The Glulam Handbook: facts about Glulam. [www.swedishwood.com](http://www.swedishwood.com).
- Swedish Forest Industries Federation. (2024b). The Glulam Handbook Planning and assembly of glulam structures. In *Glulam Handbook* (Vol. 4). <https://woodcampus.co.uk/wp-content/uploads/2024/03/SW-GLH1-240307.pdf>
- Swedish Forest Industries Federation. (2024c). The Glulam Handbook-Volume 2 1 The Glulam Handbook Volume 2. [www.swedishwood.com](http://www.swedishwood.com).
- Swimberghe, G. (2024, september 14). Projectontwikkelaar bouwt nieuw studentencomplex met 240 koten in Gent. VRT NWS.

- ISO. (2017). Timber structures-Glued laminated timber-Test methods for determination of physical and mechanical properties. <https://www.iso.org/standard/40958.html>
- Trovo. (z.d.-a). Gelamelleerde balken 42cm x 9cm. Geraadpleegd 3 mei 2025, van <https://www.trovo.be/products/gelamelleerde-balken-42cm-x-9cm>
- Trovo. (z.d.-b). GL Balken Diverse maten. Geraadpleegd 3 mei 2025, van <https://www.trovo.be/products/gl-balken-044>
- Trovo. (z.d.-c). RECUP ? Geraadpleegd 3 mei 2025, van <https://www.trovo.be/pages/recup>
- Van Cauwenberge, E. (2018). Lokale materialen in de Belgische context. [https://documentserver.uhasselt.be/bitstream/1942/35694/1/Van%20Cauwenberge%20Eline\\_AR\\_scriptie%5B2017-2018%5D\\_Lokale%20bouwmaterialen%20in%20de%20Belgische%20context\\_Volledig.pdf](https://documentserver.uhasselt.be/bitstream/1942/35694/1/Van%20Cauwenberge%20Eline_AR_scriptie%5B2017-2018%5D_Lokale%20bouwmaterialen%20in%20de%20Belgische%20context_Volledig.pdf)
- van Tussenbroek, G. (2009). Dendrochronologisch onderzoek in Amsterdam (1490-1790) Bouwhout als materiële bron\*. Stadsgeschiedenis, nummer 2 4e jaargang. [https://pure.uva.nl/ws/files/2810231/178917\\_2009\\_2\\_gabri\\_van\\_tussenbroek.pdf](https://pure.uva.nl/ws/files/2810231/178917_2009_2_gabri_van_tussenbroek.pdf)
- Vandermeulen, V., Nolte, S., & Van Huylenbroeck, G. (2010). Hoe biobased is de Vlaamse economie? Afdeling Monitoring en Studie. <https://landbouwcijfers.vlaanderen.be/hoe-biobased-de-vlaamse-economie>
- Vlaams Architectuurinstituut. (2023, oktober 1). OPROEP. REFLIP Winter School - Regenerating Kortrijk-Noord. Architectura. <https://www.architectura.be/nl/nieuws/oproep-reflip-winter-school-regenerating-kortrijk-noord/>
- Vlaamse overheid, A. W. en V. (z.d.-a). Begeleiding uitzonderlijk vervoer. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://wegenenverkeer.be/zakelijk/uitzonderlijk-vervoer/begeleiding-uitzonderlijk-vervoer>
- Vlaamse overheid, A. W. en V. (z.d.-b). Langere en Zwaardere Vrachtwagens. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://wegenenverkeer.be/zakelijk/uitzonderlijk-vervoer/langere-en-zwaardere-vrachtwagens>
- Vlaamse overheid, A. W. en V. (z.d.-c). Uitzonderlijk vervoer. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://wegenenverkeer.be/zakelijk/uitzonderlijk-vervoer>
- Vlaanderen Circulair, Embuild Vlaanderen, & OVAM. (2023). Eindrapport van de Green Deal Circulair Bouwen. <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/54484>
- Vlaanderen Circulair (OVAM). (2020). Gerichtte call: projecten circulaire bouweconomie. <https://vlaanderen-circulair.be/src/Frontend/Files/userfiles/files/Gerichte%20Call%202020.pdf>

Vlaanderen.be. (z.d.). Boetes uitzonderlijk vervoer. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.vlaanderen.be/belastingen-en-begroting/vlaamse-belastingen/boetes-uitzonderlijk-vervoer>

VRT CANVAS. (2021). Een circulaire wereld - leven binnen de grenzen van de planeet [Video recording]. VRT CANVAS. <https://www.vrt.be/vrtmax/a-z/wat-houdt-ons-tegen-/1/wat-houdt-ons-tegen--s1a4/>

Wastiels, L., Delem, L., & Van Steenkiste, J. (2021). TOTEM voorschrijven in overheidsopdrachten - Een praktische gids voor aanbestedende overheden. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/totem-voorschrijven-in-overheidsopdrachten-een-praktische-gids-voor-aanbestedende-overheden>

WinVorm. (z.d.). OW1803 Jeugdcentrum. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.winvorm.be/nl/vorige-projecten/ow1803-jeugdcentrum/68/>

## II. Persoonlijke communicatie

Onderstaande opsomming lijst alle bevraagde personen op. De verslagen van persoonlijke communicatie die zijn verkregen voor dit onderzoek kunnen worden opgevraagd bij de auteurs.

1. Abeele, Matthias (zaakvoerder Europort). Bedrijfsbezoek op 4 november 2024, Pittem.
2. Allaer, Robin & Bourgois, Timothy (sustainability ingenieur/ business unit manager sustainability bij SECO). Videogesprek op 5 december 2024.
3. Bertrand, Frédéric (CEO Structurewood). Telefoongesprek op 31 maart 2025.
4. De Bruyn, Floris (zaakvoerder bij GAFPA architectuur). E-mail op 17 april 2025.
5. De Cock, Gijs (zaakvoerder RAAMWERK ontwerpcollectief). E-mail op 26 november 2024.
6. De Gieter, Bram (architect bij GAFPA architectuur). E-mail op 16 april 2024.
7. Desiere, Mathijs (projectleider afbraak bij De Meuter). E-mail op 13 februari 2025.
8. Dignef, Ronny (zaakvoerder Roditrans). Werfbezoek op 26 november 2024, Gent.
9. Engelborghs, Thieme (onderzoeker bij Buildwise). Videogesprek op 20 november 2024.
10. Jacobs, Reintje (medewerker Scrap vzw). E-mail op 5 november 2024, 4 februari 2025 en 5 maart 2025.
11. Kurtulus, Omer (medewerker Lab15). Bedrijfsbezoek op 3 december 2024, Gent; e-mail op 8 april 2025.
12. Lannoo, Luna (deskundige klimaat en energie bij Provincie Oost-Vlaanderen). Gesprek op 13 februari 2025, Gent.
13. Maes, Sally & Smet, Dirk (eigenaars woning Dirk en Sally). Huisbezoek op 10 november 2024, Boekhoute.
14. Malfliet, Pieter & Jacobs, Reintje (medewerkers Scrap vzw). Bedrijfsbezoek op 7 november 2024, Gentbrugge.
15. Meersschaut, Nicolas (zaakvoerder HuisMus). Telefoongesprek op 26 november 2024; e-mail op 11 december 2024; lezing op 20 maart 2024, Gent.
16. Osselaer, Rein (werfleider bij ACLAGRO). Werfbezoek op 6 maart 2025, Gentbrugge.
17. Polfliet, Geert (voormalig zaakvoerder Kameleon BV). Bedrijfsbezoek op 11 november 2024, Lochristi.
18. Saerens, Christoph (campusbeheerder Stad Gent). Gesprek op 23 april 2025, Gent.

19. Steukers, Karen (doctoraatsonderzoeker Vakgroep Architectuur en Stedenbouw Ugent). E-mail op 30 maart 2025.
20. Stoffels, Alexander (medewerker Departement Facility Management bij Stad Gent). E-mail op 9 december 2024, 4 februari 2025 en 7 april 2025.
21. Thys, Wart (eigenaar, architect en uitvoerder woning Thys). Lezing / gesprek op 20 maart 2024, Gent; huisbezoek op 28 maart 2024, Gentbrugge.
22. Van der Meirsch, Herty & Pausenberger, Nancy (eigenaars circulaire woning). Huisbezoek op 2 november 2024, Gent.
23. Van Steenberge, Nele (medewerker Departement Stedelijke Ontwikkeling bij Stad Gent). E-mail op 9 december 2024.
24. Van Winghem, Guy (eigenaar spanten Farys loods). Telefoongesprek op 13 mei 2024.
25. Vandaele, Mieke (projectleider infrastructuur bij gemeente Ichtegem). Gesprek op 18 november 2024, Eernegem.
26. Vandendriesche, Dieter (projectleider Bouw en Renovatie). Telefoongesprek op 4 november 2024.
27. Vandermaesen, Martha (adviseur circulair bouwen, DBFM-manager bij Democo). Videogesprek op 4 december 2024; werfbezoek op 16 december 2024, Brussel.
28. Vandewalle, Elise (ingenieur-architect bij H110). Telefoongesprek op 6 november 2024.
29. Vandewyngaerde, Colin (projectingenieur bij LTS). Bedrijfsbezoek op 24 maart 2025, Moorslede.
30. Vanhaelemeesch, Katrien & Vanhaelemeesch, Jan (zaakvoerders Vanhaelemeesch). Bedrijfsbezoek op 26 oktober 2024, Oostkamp.
31. Verhaert, Sam (medewerker Buurman). Bedrijfsbezoek op 28 november 2024, Antwerpen.
32. Verstappen, Ward (medewerker Atelier Circuler). Bedrijfsbezoek op 7 november 2024, Herent.
33. Willem, Tim (medewerker architectuur, EPB en stabiliteit bij Robuust). E-mail op 6 november 2024.

# Bijlagen

## Bijlage 1: Maatschappelijke reflectie

Structureel hergebruik van gelijmd gelamelleerd hout (glulam), zoals onderzocht in deze masterproef, sluit nauw aan bij de groeiende maatschappelijke aandacht voor circulair bouwen en duurzaam materiaalgebruik. Binnen de Vlaamse context, waar zowel het bouwen met hout als het inzetten van hergebruikte materialen in de kinderschoenen staan, vormt deze thesis een relevante bijdrage. De bouwsector wordt immers gekenmerkt door een sterke gerichtheid op nieuwe materialen en lineaire processen, ondersteund door een wetgevend kader dat nog te weinig ruimte laat voor alternatieve, circulaire benaderingen. Daarnaast is er bij veel actoren nog terughoudendheid tegenover structureel hergebruik, onder meer omwille van onzekerheden rond aansprakelijkheid, normering en prestaties. Dit onderzoek wil daartegenover de haalbaarheid, het potentieel, en het milieuvoordeel van hergebruik van glulam aantonen en zo bijdragen aan een transitie naar een meer circulaire economie.

Vanuit het duurzaamheidskader wordt in dit onderzoek bewust verder gekeken dan enkel milieu-impact. De analyse van zeven casussen en de bredere context van hergebruikprocessen kaderen de maatschappelijke relevantie binnen het geheel van 'People, Planet, Profit.' Deze drie P's werden reeds in 1994 geïntroduceerd door John Elkington, en vormen een kader om duurzaamheid in een bredere context te evalueren.

Op vlak van '**Planet**' toont het hergebruik van glulam een duidelijke milieuwinst: het verlengt de levensduur van hout, voorkomt afval en reduceert de nood aan nieuwe grondstoffen. Daarnaast werd binnen het onderzoek ook een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen en andere impacten aangetoond, wat het belang van de praktijk in de context van klimaatdoelstellingen onderstreept. Het onderzoek naar terugwinningsprocessen, alsook de vergelijkingsbasis voor een nieuwe glulambalk, zijn binnen het onderzoek echter zeer Belgisch georiënteerd. Casussen, stakeholders en handelaars bevinden zich allemaal binnen de Vlaamse of Brusselse context. Een geografisch bredere analyse van praktijken zou de maatschappelijke relevantie kunnen vergroten.

'**People**' staat eveneens centraal in dit verhaal. Structureel hergebruik is een arbeidsintensief proces, dat veel manuele arbeid en technische expertise vereist. Het zijn hierbij mensen die initiatief en beslissingen nemen, het materiaal inspecteren, demonteren, bewerken en opnieuw integreren. Deze aanpak stimuleert niet alleen lokaal vakmanschap en kennisopbouw, maar kan ook bijdragen aan lokale tewerkstelling. Binnen het onderzoek werd hergebruik van glulam geanalyseerd aan de hand van concrete casussen. Een verdere analyse van deze casussen aan de hand van menselijke sociale factoren zoals (arbeids)organisatie, comfort en esthetiek zou een bredere relevantie in dit domein kunnen teweegbrengen.

Wat '**Profit**' betreft, wordt doorheen het onderzoek duidelijk dat economische kostenbesparing nog niet de voornaamste drijfveer is bij hergebruik. Toch kunnen kostenreducties op termijn mogelijk worden, vooral wanneer logistieke operaties en regelgeving verder op punt worden gesteld. Bovendien zorgt lokaal hergebruik voor kortere ketens en een versterking van de regionale economie. De economische waarde ligt dus eerder op lange termijn en in de maatschappelijke return dan in directe financiële

opbrengst. Een marktanalyse zou de haalbaarheid en bredere voordelen op economisch vlak nog verder kunnen onderstrepen.

Duurzaamheid wordt dus in zijn brede zin benaderd, waarbij vooral de '**sustainability**' van het hergebruikte materiaal kwantitatief wordt aangetoond. Anderzijds is er ook aandacht voor het aspect '**durability**'. Duurzaamheid houdt in dit opzicht immers in dat veiligheid en bruikbaarheid op lange termijn worden gegarandeerd. Het onderzoek gaat daarom ook in op de structurele betrouwbaarheid en bestaande maatregelen en procedures bij het opnieuw toepassen van glulamelementen.

Het structureel hergebruik van glulam past binnen de bredere ambitie om een transitie te maken naar een circulaire economie, waarin producten en materialen zo lang mogelijk in omloop blijven. Deze visie sluit aan bij meerdere duurzame ontwikkelingsdoelstellingen (Sustainable Development Goals), waaronder **SDG 12** (verantwoorde consumptie en productie), **SDG 13** (klimaatactie) en **SDG 9** (industrie, innovatie en infrastructuur). Door in te zetten op hergebruik, kunnen actoren binnen de bouwsector bijdragen aan een systeemverandering waarbij materiaalkeuzes niet enkel technisch of economisch, maar ook ecologisch verantwoord zijn. Deze masterproef wil niet alleen technische inzichten leveren maar ook, vanuit een specifieke invalshoek, mee nadenken over hoe de bouwsector in Vlaanderen duurzamer, lokaler en toekomstbestendiger kan worden ingericht.

## Bijlage 2: Verantwoord gebruik van generatieve artificiële intelligentie

Binnen het onderzoek werd het AI-taalmodel *ChatGPT* aangewend als hulpmiddel bij enkele specifieke taken:

- Het grammaticaal en tekstueel beoordelen van bepaalde alinea's, als input voor latere eigen revisie.
- Ondersteuning bij het zoeken naar academische bronnen, als startpunt voor eigen onderzoekswerk.
- Het vertalen van passages uit (Franstalige) bronnen.
- Het helpen voorbereiden van vragen voorafgaand aan een Frans telefoongesprek.
- Leveren van technische bijstand bij het gebruik van bepaalde apps (Word, Excel, Affinity Publisher).
- Het voorstellen van duidelijke RGB-kleurencodes en lettertypes voor lay-out van tekst en grafieken.

Gezien beperkte betrouwbaarheid en mogelijke bias van de tool, werd deze zo objectief mogelijk ingezet, en werd steeds een kritisch-reflecterende houding aangenomen ten opzichte van de geleverde output.

## Bijlage 3: Waarden en aannames

Tabel 1: Verzamelde data, vetgedrukte data werd gebruikt voor simulaties in SimaPro

Handeling	Machine / voertuig	Vermogen [kW]	Duur [s]	Eenheid	Bron
<b>Tranport</b>					
Transport	<b>Vrachtwagen +oplegger</b>	<b>270</b>	-	-	<b>Omer Kurtulus</b>
	Trekker met uitschuifbare semidieplader	298	-	-	Werf Stropkaai
	<b>Zware trekker met uitschuifbare semidieplader</b>	<b>388</b>	-	-	<b>Werf Stropkaai</b>
<b>Ontmanteling</b>					
Stijgen met schaarlift (3x)	<b>Schaarlift op diesel</b>	<b>36</b>	<b>51</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
	Elektrische schaarlift	16	84	/balk	Werf Stropkaai
Losschroeven bouten (±12x)	<b>Elektrische slagmoersleutel</b>	<b>0,38</b>	<b>120</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
	Schaarlift op diesel	36	40	/balk	Werf Stropkaai
Dalen met schaarlift (3x)	<b>Elektrische schaarlift</b>	<b>16</b>	<b>66</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
	Schaarlift op diesel	36	56	/balk	Werf Stropkaai
Verplaatsing met schaarlift	<b>Elektrische schaarlift</b>	<b>16</b>	<b>106</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
Vastmaken hijsbanden	Manueel	-	128	/balk	Werf Stropkaai
Balk loshijzen en neerleggen	Lichte aanhangerkraan	17	180-840	/balk	Kameleon BV
	Lichte hydraulische vrachtwagenkraan	48	180-840	/balk	Kameleon BV
	<b>Middelzware hydraulische vrachtwagenkraan</b>	<b>58</b>	<b>180-840</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
	Zware hydraulische vrachtwagenkraan	76	180-840	/balk	Nicolas Meersschaut
	<b>Lichte rupsgraafmachine</b>	<b>129</b>	<b>180-840</b>	/balk	<b>Liesbeth de Vetter</b>
	Middelzware rupsgraafmachine	152	180-840	/balk	Kameleon BV
	Zware rupsgraafmachine	205	180-840	/balk	Kameleon BV
	Mobiele (kleine) telescoopkraan	209	180-840	/balk	Kameleon BV
Balk schoren met planken / losmaken van schoren	<b>Elektrische boor-en schroefmachine</b>	<b>0,9</b>	<b>10</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
Vastmaken bouten voor hijsbanden (2x)	<b>Elektrische boor-en schroefmachine</b>	<b>0,9</b>	<b>20</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
<b>Inladen</b>					
Balk tillen op transport	Elektrische vorklift	22	135	/balk	Omer Kurtulus
	<b>Elektrische heftruck</b>	<b>28</b>	<b>135</b>	/balk	<b>Shipit - StadsatelierDeVille</b>
	Lichte hydraulische vrachtwagenkraan	48	176-236	/balk	Kameleon BV
	<b>Middelzware hydraulische vrachtwagenkraan</b>	<b>58</b>	<b>176-236</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
	Zware hydraulische vrachtwagenkraan	76	176-236	/balk	Nicolas Meersschaut
	<b>Lichte rupsgraafmachine</b>	<b>129</b>	<b>135</b>	/balk	<b>Liesbeth de Vetter</b>
	Middelzware rupsgraafmachine	152	135	/balk	Kameleon BV
	Zware rupsgraafmachine	205	135	/balk	Kameleon BV
<b>Vastmaken met banden op transport</b>	<b>Manueel</b>	<b>-</b>	<b>180</b>	/balk	<b>Kameleon BV</b>
<b>Uitladen</b>					
Balk uitladen uit transport	Elektrische vorklift	22	90	/balk	Omer Kurtulus
	<b>Elektrische heftruck</b>	<b>28</b>	<b>90</b>	/balk	<b>Shipit - StadsatelierDeVille</b>
	<b>Middelzware hydraulische vrachtwagenkraan</b>	<b>58</b>	<b>176-236</b>	/balk	<b>Werf Stropkaai</b>
<b>Opslag</b>					
Aanbrengen van ademende waterdichte hoezen	Manueel	-	-	/m <sup>2</sup>	Shipit - StadsatelierDeVille
<b>Bewerkingen</b>					
Verwijderen van bovenklossen, leidingen en draden	<b>Manueel (koevoet, hamer, slijpschijf)</b>	<b>-</b>	<b>160-270</b>	/m	<b>Omer Kurtulus</b> <b>Dieter Vandendriesche</b>
Verwijderen van metalen elementen	<b>Manueel (metaaldetector)</b>	<b>0,001</b>	<b>75-750</b>	/m	<b>Thieme Engelborghs</b> <b>Matthias Abeele - Europort</b>
Markeren locatie zaagsnede	<b>Winkelhaak</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	/balk	<b>Shipit - StadsatelierDeVille</b>
Verzaging in de breedte : ruw	<b>Kettingzaag</b>	<b>4,4</b>	<b>33</b>	/m	<b>Werf Stropkaai</b>
	Handcirkelzaag	2,2	45-60	/m	Nicolas Meersschaut
	Grootformaat handcirkelzaag	3	21	/m	Glulam Handbook 4 Pinksa Woodmill (youtube)
	<b>Kettingzaag</b>	<b>4,1</b>	<b>16</b>	/m	<b>Shipit - StadsatelierDeVille</b>
	Reciprozaag	0,9	45-60	/m	Kameleon BV
Verzagen in de breedte/lengte: zorgvuldig	Zwaardzaag	1,6	60	/m	Nicolas Meersschaut
	Kettingzaag met U-profiel	3,5	60	/m	Kameleon BV
	Zwaardzaag met hoge zaagdiepte	3	60	/m	Kameleon BV
	<b>Klopboormachine met staander</b>	<b>1,3</b>	<b>108</b>	/balk	<b>Pinksa Woodmill (youtube)</b>
Maken van openingen (±12x)	<b>Lintzaag met doorvoerder</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	/m	<b>Kameleon BV</b>
Schaven	<b>Brede schaafmachine</b>	<b>7,5</b>	<b>1-3</b>	/m	<b>Pinksa Woodmill (youtube)</b>
Opvullen van gaten en scheuren (±12x)	<b>Houtpasta of epoxyhars</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Reuse Toolkit</b>
Reinigen van oppervlak	<b>Luchtgomtoestel (straalketel)</b>	<b>2,2</b>	<b>200-339</b>	/m <sup>2</sup>	<b>Omer Kurtulus</b> <b>Dieter Vandendriesche</b>
	Staalborstel	0,9	200-339	/m <sup>2</sup>	Reuse Toolkit
	Hogedrukreiniger	1,6	200-339	/m <sup>2</sup>	Omer Kurtulus
	Parketschuurmachine	1,5	200-339	/m <sup>2</sup>	Omer Kurtulus
Aanbrengen van afwerkingslaag	<b>Vernis, olie of verf</b>	<b>-</b>	<b>27-226</b>	/m <sup>2</sup>	<b>Colin Vandewyngaerde</b> <b>Dieter Vandendriesche</b>
<b>Sloop</b>					
Deconstructieve sloop van een balk	Rupsgraafmachine	159	877	/m <sup>3</sup>	Rein Osselaer

Tabel 2: Uitgebreide aannames typebalken

Aannames balken - uitgebreid			Verhouding
Balklengte [m]	15	30	50%
Hoogte midden [m]	0,85	1,7	50%
Hoogte uiteinde [m]	0,6	1,2	50%
Dikte [m]	0,115	0,18	64%
Volume [m <sup>3</sup> ]	1,3	7,8	16%
Massadichtheid [kg/m <sup>3</sup> ]	420	420	100%
Massa [kg]	525	3289	16%
Oppervlakte zijden [m <sup>2</sup> ]	22	87	25%
Specifiek oppervlak [m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> ]	17,4	11,1	157%
Oppervlakte / balklengte [m <sup>2</sup> / m]	0,69	0,34	200%
Volume / balklengte [m <sup>3</sup> / m]	0,08	0,30	32%
Doorsnede-sectie [m <sup>2</sup> ]	0,10	0,31	32%
Slankheid [-]	0,06	0,06	100%

Tabel 3: Berekeningsmethode transport van gelijmd gelamelleerde balk naar site

Input transport van gelijmd gelamelleerde balk naar site			
Lengte balk [m]	Massa balk [ton]	Input [tkm]	Berekening
15	0,525	52,50	0,525 ton * 100 km
30	3,29	329,00	3,29 ton * 100 km

Tabel 4: Berekeningsmethode aanname installatie van balken op de werf

Aannames installatie van balken op werf		
Parameter	Waarde	Bron
Duurtijd ontmanteling [h/ton]	0,9	B-EPD OEWB
Verbruik ontmanteling [l/uur]	6	B-EPD OEWB
Vermogen hijskraan [kW]	62	B-EPD OEWB
Densiteit [kg/m <sup>3</sup> ]	420	Eigen aanname, GL 24h
Energieverbruik hijskraan [MJ/m <sup>3</sup> ]	84	$((\text{Vermogen [kW]} / 1000) * ((\text{Duurtijd [h/ton]}) * 3600 / 1000) * (\text{Densiteit [kg/m}^3]))$

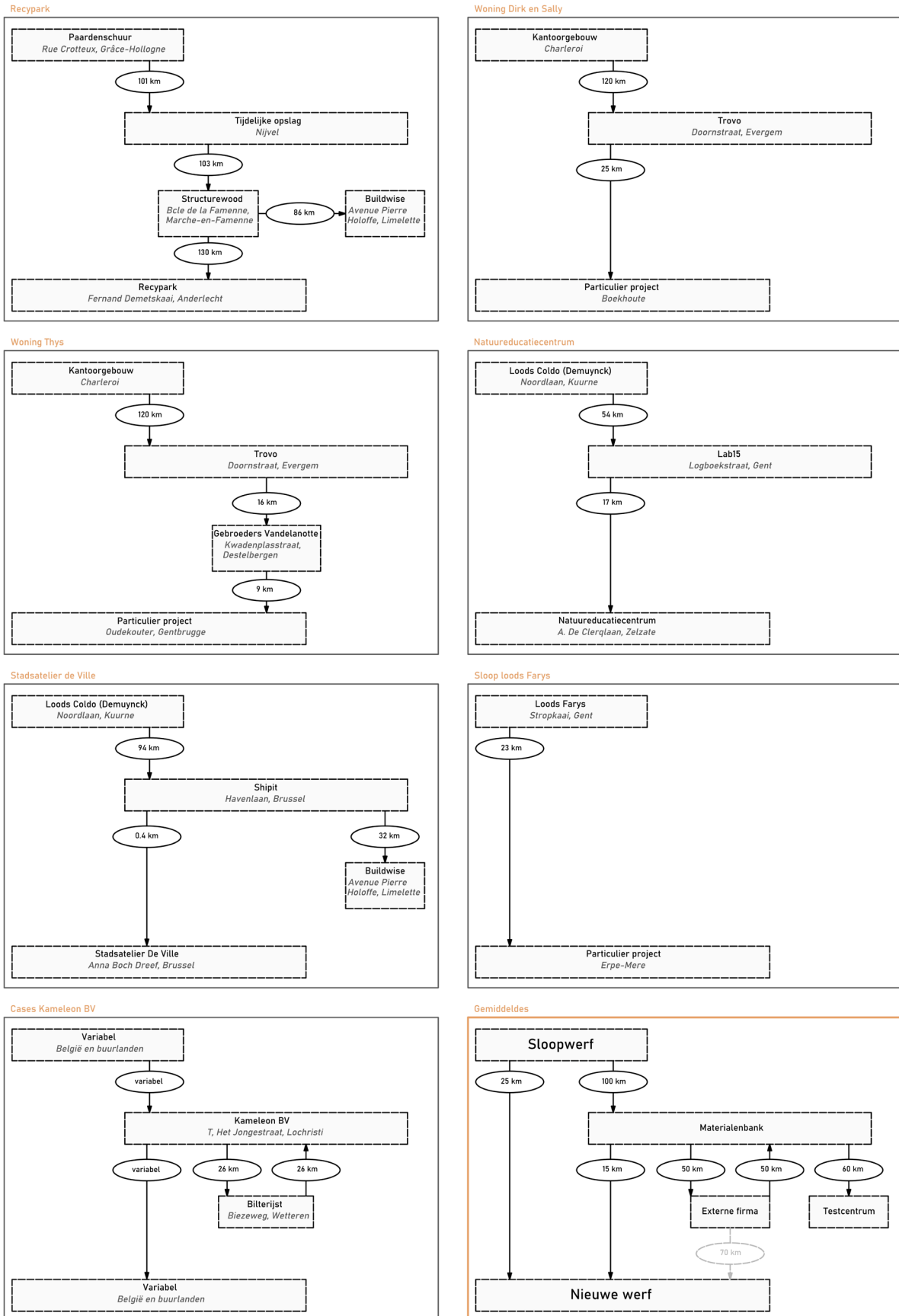
Tabel 5: Aannames materiaalverlies tijdens installatie, volgens Nationale Milieudatabase (Nederland)

Materiaalverliezen in constructiefase		
Productgroep	Materiaalverlies	Materialen / hulpstoffen
Prefab producten	3%	Gelijmd gelamelleerde balken
In-situ producten	5%	-
Hulp- en afwerkingsmaterialen	15%	Verpakkingsmateriaal

Tabel 6: Aannames sloop casus 3.1

Aannames sloop reële casus (3.1)		
Parameter	Waarde	Berekeningsmethode
Waargenomen tijdsduur voor sloop sporthal [s]	43200	
Aantal spanten [-]	12	
Aandeel spanten in totale slooptijd [-]	1/3	(1/3 muren, 1/3 dak, 1/3 spanten)
Volume 1 spant [m <sup>3</sup> ]	1,37	
Benodigde tijd per kubieke meter spant [s/m <sup>3</sup> ]	877	$(43200 \text{ s} * 1/3) / (12 * 1,37 \text{ m}^3)$
Vermogen rupsgraafmachine [kW]	159	
Energieverbruik per kubieke meter [MJ/m <sup>3</sup> ]	139	$(159 \text{ kW} * 877 \text{ s} / \text{m}^3) / 1000$
Transportafstand werf tot afvalverwerking [km]	39,9	(Tennisstraat, Gentbrugge -Zwaarveld, Hamme)

Tabel 7: Aannames transportafstanden aan de hand van gemiddelden uit casussen



# Bijlage 4: Input SimaPro

Tabel 1: Gebruikte processen en bijbehorende waarden in SimaPro voor een balk van 15 m

Beschrijving	Proces SimaPro	Kwantiteit	Eenheid	Voorkomen binnen scenario				
				15.I	15.II	15.III	15.IV	Nieuwe balk
<b>Productie en transport (nieuwe balk)</b>								
<i>Productie van gelijmd gelamelleerd hout</i> 1,25 m <sup>3</sup>	Glued laminated timber, average glue mix {Europe without Switzerland}  glued laminated timber production, average glue mix  Cut-off, S	1,25	m <sup>3</sup>					1
<i>Transport van gelijmd gelamelleerd hout naar site</i> (0,525 ton * 100 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	52,50	tkm					1
<b>Hulpstoffen (nieuwe balk)</b>								
<i>Productie van verpakingsfolie</i> (0,18 kg/m <sup>3</sup> * 1,25 m <sup>3</sup> )	Packaging film, low density polyethylene {RER}  packaging film production, low density polyethylene  Cut-off, S	0,23	kg					1
<i>Productie van kunststofbanden</i> (0,007 kg/m <sup>3</sup> * 1,25 m <sup>3</sup> )	Polypropylene, granulate {RER} polypropylene production, granulate  Cut-off, S	0,0088	kg					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,000225 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,014	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,000225 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,013	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,000225 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,00071	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,0000088 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,00053	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,0000088 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,00051	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,0000088 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,000028	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar afvalverwerking</i> (0,000225 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,027	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar afvalverwerking</i> (0,0000088 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0011	tkm					1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (0,225 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,00050	kWh					1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (0,225 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,00027	m <sup>3</sup>					1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (0,225 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	2,25E-11	p					1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,00875 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,000019	kWh					1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,00875 kg * 1/(0,9*920 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,000011	m <sup>3</sup>					1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,00875 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	8,75E-13	p					1
<i>Stort van verpakingsfolie</i> 10% * (0,225 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,023	kg					1
<i>Stort van kunststofbanden</i> 10% * (0,00875 kg)	Waste polypropylene {CH}  treatment of waste polypropylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,00088	kg					1
<i>Verbranding van verpakingsfolie</i> 85% * (0,225 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	0,19	kg					1
<i>Verbranding van kunststofbanden</i> 85% * (0,00875 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	0,0074	kg					1

Transport (hergebruik)									
<i>Transport naar materialenbank met vrachtwagen +aanhangwagen</i> (0,525 ton * 100 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RER] transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	52,50	tkm	1	1				
<i>Transport naar externe firma met vrachtwagen +aanhangwagen</i> (0,525 ton * 50 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RER] transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	26,25	tkm			2			
<i>Transport naar testcentrum met vrachtwagen +aanhangwagen</i> (0,525 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RER] transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	31,50	tkm			1			
<i>Transport naar nieuwe werf met vrachtwagen +aanhangwagen</i> (0,525 ton * 15 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RER] transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	7,88	tkm	1	1				
<i>Transport naar nieuwe werf met vrachtwagen +aanhangwagen</i> (0,525 ton * 25 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 [RER] transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	13,13	tkm	1					
Energieverbruik en andere verbruiken (hergebruik)									
<i>Stijgen met elektrische schaarlift (3x)</i> (16 kW * 84 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,37	kWh	1	1	1			
<i>Dalen met elektrische schaarlift (3x)</i> (16 kW * 66 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,29	kWh	1	1	1			
<i>Verplaatsing met elektrische schaarlift (3x)</i> (16 kW * 106 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,47	kWh	1	1	1			
<i>Balk loshijsen en neerleggen met rupsgraafmachine</i> (129,4 kW * 473 s) / 1000	Diesel, burned in building machine [GLO] market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	61,21	MJ	1	1	1			
<i>Vastmaken of losmaken schoren met elektrische boor- en schroefmachine</i> (0,9 kW * 10 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,0025	kWh	1	1	1			
<i>Vastmaken of losmaken bouten (2x) met elektrische boor- en schroefmachine</i> (0,9 kW * 20 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,0050	kWh	1	3	8			
<i>Balk tillen op transport met rupsgraafmachine</i> (129,4 kW * 135 s) / 1000	Diesel, burned in building machine [GLO] market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	17,47	MJ	1	1	1			
<i>Balk uitladen uit transport met elektrische vorklift</i> (22 kW * 90 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,55	kWh	1	2	5			
<i>Herorganiseren van een balk in de stock met elektrische vorklift</i> (28 kW * 90 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,70	kWh		1	1			
<i>Uitladen van een balk uit de stock met elektrische vorklift</i> (28 kW * 45 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,35	kWh		1	1			
<i>Verwijderen van metalen elementen met metaaldetector</i> (0,001 kW * 75 s/m) * 15 m / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,00031	kWh		1	1			
<i>Verzagen in de breedte met handcirkelzaag</i> (1,2 kW * 53 s/m) * (0,60 m +0,85 m) / 2 / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,023	kWh		1	1			
<i>Maken van openingen (±12x) met kloppoormachine met staander</i> (1,3 kW * 108 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,039	kWh		1	1	1		
<i>Verzagen in de hoogte met lintzaag met doorvoerder</i> (122 kW * 12 s/m) * 15 m / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	1,10	kWh			1			
<i>Schaven met brede schaafmachine</i> (17,5 kW * 2 s/m) * 15 m * 2 / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,125	kWh			1			
<i>Reinigen van oppervlak met elektrische staalborstel</i> (10,9 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	1,86	kWh		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met hogedrukreiniger (deel elektriciteit)</i> (1,6 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	3,31	kWh		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met hogedrukreiniger (deel water)</i> (380kg/u * (1/3600 u/s) * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup>	Tap water [Europe without Switzerland]  market for tap water  Cut-off, S	787,23	kg		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met parketschuurmachine</i> (1,5 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	3,11	kWh		1	1	1		
<i>Balk tillen op transport met elektrische vorklift</i> (28 kW * 135 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	1,050	kWh		1	3			
<i>Luchtgommen met straalketel</i> (1339 s / 1 m <sup>2</sup> ) / (25 s / 0,001 m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup>	Abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate [GLO] abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate  Cut-off, S	0,298	m <sup>2</sup>		1	1	1		
<i>Stijgen met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> ( 15 m / 3,22 m * 2 * 16 kW * 28 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	1,24	kWh				1		
<i>Dalen met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> ( 15 m / 3,22 m * 2 * 16 kW * 22 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,978	kWh				1		
<i>Verplaatsing met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> (16 kW * 212 s) / 3600	Electricity, low voltage [BE]  market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,942	kWh				1		

Hulpstoffen (hergebruik)							
<i>Productie van waterdichte hoes</i> (10,09 kg/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> )	Packaging film, low density polyethylene {RoW}  packaging film production, low density polyethylene  Cut-off, S	1,98	kg	1	1	1	1
<i>Productie van (brandwerende) verf</i> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> )	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER}  alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state  Cut-off, S	2,20	kg	1	1	1	
<i>Productie van vernis</i> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> )	Acrylic varnish, with water, in 53% solution state {RER}  acrylic varnish production, with water, in 53% solution state  Cut-off, S	2,20	kg	1	1	1	
<i>Productie en transport van lijnolie</i> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 22 m <sup>2</sup> )	Vegetable oil, refined {GLO} market for vegetable oil, refined  Cut-off, S	2,20	kg	1	1	1	
<i>Productie van epoxyhars voor het opvullen van gaten en scheuren</i> (10,01 m <sup>2</sup> * π * 0,115 m ) * 1100 kg/m <sup>3</sup> ) * 12	Epoxy resin, liquid {RER} epoxy resin production, liquid  Cut-off, S	0,48	kg	1	1	1	
<i>Transport van waterdichte hoes naar site</i> (0,00198 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,11	tkm	1	1	1	
<i>Transport van waterdichte hoes naar site</i> (0,00198 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0062	tkm	1	1	1	
<i>Transport van verf / vernis naar site</i> (0,0022 ton * 90 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,20	tkm	1	1	1	
<i>Transport van verf / vernis naar site</i> (0,0022 ton * 35,20 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,077	tkm	1	1	1	
<i>Transport van verf / vernis naar site</i> (0,0022 ton * 6,30 km)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,014	tkm	1	1	1	
<i>Transport van epoxyhars naar site</i> (0,000477 ton * 90 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,043	tkm	1	1	1	
<i>Transport van epoxyhars naar site</i> (0,000477 ton * 35,20 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,017	tkm	1	1	1	
<i>Transport van epoxyhars naar site</i> (0,000447 ton * 6,30 km)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0030	tkm	1	1	1	
<i>Transport van waterdichte hoes naar afvalverwerking</i> (0,00198 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,24	tkm	1	1	1	1
<i>Transport van verf / vernis / lijnolie naar afvalverwerking</i> (0,0022 ton * 130 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,29	tkm	1	1	1	1
<i>Transport van epoxyhars naar afvalverwerking</i> (0,000447 ton * 130 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,058	tkm	1	1	1	1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van waterdichte hoes</i> (1,98 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,0044	kWh	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van waterdichte hoes</i> (1,98 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0023	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van waterdichte hoes</i> (1,98 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	1,98E-10	p	1	1	1	1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van verf / vernis / lijnolie</i> (2,2 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,0048	kWh	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van verf</i> (2,2 kg * 1/(0,9*1050 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0023	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van verf / vernis / lijnolie</i> (2,2 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	2,20E-10	p	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van vernis</i> (2,2 kg * 1/(0,9*1000 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0024	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van lijnolie</i> (2,2 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0026	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van epoxyhars</i> (0,47 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,0010	kWh	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van epoxyhars</i> (0,47 kg * 1/(0,9*1300 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,000	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van epoxyhars</i> (0,47 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	4,70E-11	p	1	1	1	1
<i>Start van waterdichte hoes</i> 10% * (1,98 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,20	kg	1	1	1	1
<i>Verbranding van waterdichte hoes</i> 85% * (1,98 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	1,68	kg	1	1	1	1
<i>Verbranding van verf / vernis / lijnolie</i> 2,2 kg	Waste paint {CH} treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S	2,20	kg	1	1	1	1
<i>Verbranding van epoxyhars</i> 0,47 kg	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration  Cut-off, S	47,70	kg	1	1	1	1

Installatie (hergebruik / nieuw)							
<i>Installatie glulambalk op de werf met telescoopkraan</i> (84 MJ/m <sup>3</sup> ) * 1,25 m <sup>3</sup>	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	105,00	MJ	1	1	1	1
Klassiek leveenseinde (hergebruik / nieuw)							
<i>Input elektriciteit/warmte in sloop van glulambalk</i> (0,0437 MJ/kg * 525,26 kg)	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	22,95	MJ	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,000166 kg/kg * 525,26 kg)	Particulates, <2.5 um	0,0087	kg	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,000634 kg/kg * 525,26 kg)	Particulates, >2.5 um, and <10um	0,033	kg	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,000835 kg/kg * 525,26 kg)	Particulates, >10 um	0,044	kg	1	1	1	1
<i>Transport glulambalk naar afvalverwerking (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> (0,525 ton * 55 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	28,88	tkm	1	1	1	1
<i>Transport glulambalk naar afvalverwerking (composiet houtproducten)</i> (0,525 ton * 125 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	65,63	tkm	1	1	1	1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (525,26 kg * 0,0037 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE}  market for  Cut-off, S	1,17	kWh	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (525,26 kg * 1/(0,9*420 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,83	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (525,26 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO}  market for  Cut-off, S	3,15E-08	p	1	1	1	1
<i>Verbranding glulambalk (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> 25% * 98,5 % * (525,26 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	129,35	kg	1	1	1	1
<i>Verbranding glulambalk (composiet houtproducten)</i> 95% * 98,5% * (525,26 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	491,51	kg	1	1	1	1
<i>Extra verbrandingsproces (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> 25% * 1,5 % * (525,26 kg)	Waste paint {CH}  treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S	1,97	kg	1	1	1	1
<i>Extra verbrandingsproces (composiet houtproducten)</i> 95% * 1,5% * (525,26 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	7,48	kg	1	1	1	1
<i>Reële sloop van glulambalk met rupsgraafmachine (balken Gentbrugge)</i> (159 kW * 877 s / m <sup>3</sup> ) / 1000 * 1,25 m <sup>3</sup>	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	174,30	MJ				
<i>Reël transport glulambalk naar afvalverwerking</i> (0,525 ton * 40 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	21,00	tkm				

Tabel 2: Gebruikte processen en bijbehorende waarden in SimaPro voor een balk van 30 m

Beschrijving	Proces SimaPro	Kwantiteit	Eenheid	Voorkomen binnen scenario				
				30.I	30.II	30.III	30.IV	Nieuwe balk
<b>Productie en transport (nieuwe balk)</b>								
<i>Productie van gelijmd gelamelleerd hout</i> 7,83 m <sup>3</sup>	Glued laminated timber, average glue mix {Europe without Switzerland}  glued laminated timber production, average glue mix  Cut-off, S	7,83	m <sup>3</sup>					1
<i>Transport van gelijmd gelamelleerd hout naar site</i> (3,29 ton * 100 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	329,00	tkm					1
<b>Hulpstoffen (nieuwe balk)</b>								
<i>Productie van verpakingsfolie</i> (0,18 kg/m <sup>3</sup> * 7,83 m <sup>3</sup> )	Packaging film, low density polyethylene {RER}  packaging film production, low density polyethylene  Cut-off, S	3,21	kg					1
<i>Productie van kunststofbanden</i> (0,007 kg/m <sup>3</sup> * 7,83 m <sup>3</sup> )	Polypropylene, granulate {RER}  polypropylene production, granulate  Cut-off, S	0,055	kg					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,00321 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,19	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,00321 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,186	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar site</i> (0,00321 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,01011	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,000055 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0033	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,000055 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0032	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar site</i> (0,000055 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,00017	tkm					1
<i>Transport van verpakingsfolie naar afvalverwerking</i> (0,00321 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,39	tkm					1
<i>Transport van kunststofbanden naar afvalverwerking</i> (0,00055 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0066	tkm					1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (3,21 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE}  market for  Cut-off, S	0,0071	kWh					1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (3,21 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER}  processing  Cut-off, S	0,0038	m <sup>3</sup>					1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van verpakingsfolie</i> (3,21 kg * 0,0000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO}  market for  Cut-off, S	3,21E-10	p					1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,055 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE}  market for  Cut-off, S	0,00012	kWh					1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,055 kg * 1/(0,9*920 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER}  processing  Cut-off, S	0,000066	m <sup>3</sup>					1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van kunststofbanden</i> (0,055 kg * 0,0000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO}  market for  Cut-off, S	5,50E-12	p					1
<i>Stort van verpakingsfolie</i> 10% * (3,21 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,32	kg					1
<i>Stort van kunststofbanden</i> 10% * (0,055 kg)	Waste polypropylene {CH}  treatment of waste polypropylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,0055	kg					1
<i>Verbranding van verpakingsfolie</i> 85% * (3,21 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	2,73	kg					1
<i>Verbranding van kunststofbanden</i> 85% * (0,055 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	0,047	kg					1

Transport (hergebruik)									
<i>Transport naar materialenbank met trekker +oplegger</i> (3,29 ton * 100 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 (RER) transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	329,00	tkm	1	1				
<i>Transport naar externe firma met trekker +oplegger</i> (3,29 ton * 50 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 (RER) transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	164,50	tkm		2				
<i>Transport naar testcentrum met trekker +oplegger</i> (3,29 ton * 60 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 (RER) transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	197,40	tkm		1				
<i>Transport naar nieuwe werf met trekker +oplegger</i> (3,29 ton * 15 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 (RER) transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	49,35	tkm	1	1				
<i>Transport naar nieuwe werf met trekker +oplegger</i> (3,29 ton * 25 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 (RER) transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	82,25	tkm	1					
Energieverbruik en andere verbruiken (hergebruik)									
<i>Stijgen met schaarlift (3x)</i> (36 kW * 51 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	1,84	MJ	1	1	1			
<i>Dalen met schaarlift (3x)</i> (36 kW * 40 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	1,44	MJ	1	1	1			
<i>Verplaatsing met schaarlift (3x)</i> (36 kW * 56 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	2,02	MJ	1	1	1			
<i>Balk loshijsen en neerleggen met hydraulische vrachtwagenkraan</i> (58 kW * 473 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	27,43	MJ	1	1	1			
<i>Vastmaken of losmaken schoren met elektrische boor-en schroefmachine</i> (0,9 kW * 10 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,0025	kWh	1	1	1			
<i>Vastmaken of losmaken bouten (2x) met elektrische boor-en schroefmachine</i> (0,9 kW * 20 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,0050	kWh	1	3	8			
<i>Balk tillen op transport met hydraulische vrachtwagenkraan</i> (58 kW * 206 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	119,77	MJ	1	1	1			
<i>Balk uitladen uit transport met hydraulische vrachtwagenkraan</i> (58 kW * 206 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	119,77	MJ	1	2	5			
<i>Herorganiseren van een balk in de stock met elektrische vorklift</i> (28 kW * 90 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,70	kWh						
<i>Uitladen van een balk uit de stock met elektrische vorklift</i> (28 kW * 45 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,35	kWh						
<i>Verwijderen van metalen elementen met metaaldetector</i> (10,001 kW * 75 s/m) * 30 m) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,00063	kWh		1	1			
<i>Verzagen in de breedte met handcirkelzaag</i> (13 kW * 53 s/m) * (1,20 m + 1,70 m) / 2) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,064	kWh		1	1			
<i>Maken van openingen (±12x) met kloppboormachine met staander</i> (1,3 kW * 108 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,039	kWh		1	1	1		
<i>Verzagen in de hoogte met lintzaag met doorvoerder</i> (122 kW * 12 s/m) * 30 m) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	2,20	kWh			1			
<i>Schaven met brede schaafmachine</i> (17,5 kW * 2 s/m) * 30 m * 2) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	0,250	kWh			1			
<i>Reinigen van oppervlak met elektrische staalborstel</i> (10,9 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> ) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	7,37	kWh		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met hogedrukreiniger (deel elektriciteit)</i> (1,6 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> ) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	13,11	kWh		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met hogedrukreiniger (deel water)</i> (380kg/u * (1/3600 u/s) * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> )	Tap water (Europe without Switzerland)   market for tap water  Cut-off, S	3113,15	kg		1	1	1		
<i>Reinigen van oppervlak met parketschuurmachine</i> (11,5 kW * 339 s/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> ) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	12,29	kWh		1	1	1		
<i>Balk tillen op transport met hydraulische vrachtwagenkraan</i> (58 kW * 206 s) / 3600	Electricity, low voltage (BE)   market for electricity, low voltage  Cut-off, S	1,05	kWh		1	3			
<i>Luchtgommen met straalketel</i> (1339 s / 1 m <sup>2</sup> ) / (25 s / 0,001 m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup>	Abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate (GLO) abrasive blasting, alumina, carbon steel substrate  Cut-off, S	1,18	m <sup>2</sup>		1	1	1		
<i>Stijgen met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> (30 m / 6,57 m * 2 * 36 kW * 17 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	6,12	MJ				1		
<i>Dalen met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> (30 m / 6,57 m * 2 * 36 kW * 13 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	4,680	MJ				1		
<i>Verplaatsing met elektrische schaarlift voor uitvoeren bewerkingen</i> (36 kW * 112 s) / 1000	Diesel, burned in building machine (GLO) market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	4,032	MJ				1		

Hulpstoffen (hergebruik)							
<b>Productie van waterdichte hoes</b> (10,09 kg/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> )	Packaging film, low density polyethylene {RoW}  packaging film production, low density polyethylene  Cut-off, S	7,83	kg	1	1	1	1
<b>Productie van (brandwerende) verf</b> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> )	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER}  alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state  Cut-off, S	8,70	kg	1	1	1	1
<b>Productie van vernis</b> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> )	Acrylic varnish, with water, in 53% solution state {RER}  acrylic varnish production, with water, in 53% solution state  Cut-off, S	8,70	kg	1	1	1	1
<b>Productie en transport van lijnolie</b> (10,1 kg/m <sup>2</sup> ) * 87 m <sup>2</sup> )	Vegetable oil, refined {GLO} market for vegetable oil, refined  Cut-off, S	8,70	kg	1	1	1	1
<b>Productie van epoxyhars voor het opvullen van gaten en scheuren</b> (10,01 m <sup>2</sup> * π * 0,18 m ) * 1100 kg/m <sup>3</sup> ) * 12	Epoxy resin, liquid {RER} epoxy resin production, liquid  Cut-off, S	0,75	kg	1	1	1	1
<b>Transport van waterdichte hoes naar site</b> (0,00783 ton * 57,85 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,45	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van waterdichte hoes naar site</b> (0,00783 ton * 3,15 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,025	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van verf / vernis naar site</b> (0,0087 ton * 90 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,78	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van verf / vernis naar site</b> (0,0087 ton * 35,20 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,31	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van verf / vernis naar site</b> (0,0087 ton * 6,30 km)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,055	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van epoxyhars naar site</b> (0,0007461 ton * 90 km)	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,067	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van epoxyhars naar site</b> (0,0007461 ton * 35,20 km)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,026	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van epoxyhars naar site</b> (0,0007461 ton * 6,30 km)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,0047	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van waterdichte hoes naar afvalverwerking</b> (0,007831 ton * 120 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	0,94	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van verf / vernis / lijnolie naar afvalverwerking</b> (0,0087 ton * 130 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	1,13	tkm	1	1	1	1
<b>Transport van epoxyhars naar afvalverwerking</b> (0,07461 ton * 130 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	9,70	tkm	1	1	1	1
<b>Input elektriciteit in afvalsortering van waterdichte hoes</b> (7,83 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,017	kWh	1	1	1	1
<b>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van waterdichte hoes</b> (7,83 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0093	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<b>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van waterdichte hoes</b> (7,83 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	7,83E-10	p	1	1	1	1
<b>Input elektriciteit in afvalsortering van verf / vernis / lijnolie</b> (8,70 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,019	kWh	1	1	1	1
<b>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van verf</b> (8,70 kg * 1/(0,9*1050 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0092	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<b>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van verf / vernis / lijnolie</b> (8,70 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	8,70E-10	p	1	1	1	1
<b>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van vernis</b> (8,70 kg * 1/(0,9*1000 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0097	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<b>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van lijnolie</b> (8,70 kg * 1/(0,9*940 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,0103	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<b>Input elektriciteit in afvalsortering van epoxyhars</b> (0,74 kg * 0,0022 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	0,0016	kWh	1	1	1	1
<b>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van epoxyhars</b> (0,74 kg * 1/(0,9*1300 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	0,00064	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<b>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van epoxyhars</b> (0,74 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	7,46E-11	p	1	1	1	1
<b>Stort van waterdichte hoes</b> 10% * (7,83 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, sanitary landfill  Cut-off, S	0,78	kg	1	1	1	1
<b>Verbranding van waterdichte hoes</b> 85% * (7,83 kg)	Waste polyethylene {CH}  treatment of waste polyethylene, municipal incineration  Cut-off, S	6,66	kg	1	1	1	1
<b>Verbranding van verf / vernis / lijnolie</b> 8,70 kg	Waste paint {CH} treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S	8,70	kg	1	1	1	1
<b>Verbranding van epoxyhars</b> 0,74 kg	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration  Cut-off, S	0,74	kg	1	1	1	1

Installatie (hergebruik /nieuw)							
<i>Installatie glulambalk op de werf met telescoopkraan</i> (184 MJ/m <sup>3</sup> ) * 7,83 m <sup>3</sup> )	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	657,72	MJ	1	1	1	1
Klassiek levenseinde (hergebruik /nieuw)							
<i>Input elektriciteit/warmte in sloop van glulambalk</i> (0,0437 MJ/kg * 3289 kg)	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	143,73	MJ	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,0000166 kg/kg * 3289 kg)	Particulates, <2.5 um	0,0646	kg	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,0000634 kg/kg * 3289 kg)	Particulates, >2.5 um, and <10um	0,209	kg	1	1	1	1
<i>Emissies bij sloop van glulambalk</i> (0,0000835 kg/kg * 3289 kg)	Particulates, >10 um	0,275	kg	1	1	1	1
<i>Transport glulambalk naar afvalverwerking (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> (3,29 ton * 55 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	180,95	tkm	1	1	1	1
<i>Transport glulambalk naar afvalverwerking (composiet houtproducten)</i> (3,29 ton * 125 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	411,25	tkm	1	1	1	1
<i>Input elektriciteit in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (3289 kg * 0,0037 kWh/kg)	Electricity, low voltage {BE} market for  Cut-off, S	7,30	kWh	1	1	1	1
<i>Input hydraulische graafmachine in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (3289 kg * 1/(0,9*420 kg/m <sup>3</sup> ))	Excavation, hydraulic digger {RER} processing  Cut-off, S	5,22	m <sup>3</sup>	1	1	1	1
<i>Input sorteerfaciliteit in afvalsortering van glulambalk</i> 60% * (3289 kg * 0,000000001 p/kg)	Sorting facility, for construction waste {GLO} market for  Cut-off, S	1,97E-07	p	1	1	1	1
<i>Verbranding glulambalk (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> 25% * 98,5 % * (3289 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	809,92	kg	1	1	1	1
<i>Verbranding glulambalk (composiet houtproducten)</i> 95% * 98,5% * (3289 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	3077,68	kg	1	1	1	1
<i>Extra verbrandingsproces (onbehandeld en ongecontamineerd)</i> 25% * 1,5 % * (3289 kg)	Waste paint {CH} treatment of waste paint, municipal incineration  Cut-off, S	12,33	kg	1	1	1	1
<i>Extra verbrandingsproces (composiet houtproducten)</i> 95% * 1,5% * (3289 kg)	Waste wood, untreated {CH}  treatment of waste wood, untreated, municipal incineration  Cut-off, S	46,87	kg	1	1	1	1
<i>Reële sloop van glulambalk met rupsgraafmachine (balken Gentbrugge)</i> (159 kW * 877 s / m <sup>3</sup> ) / 1000 * 7,83 m <sup>3</sup>	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for diesel, burned in building machine  Cut-off, S	1091,84	MJ				
<i>Reël ransport glulambalk naar afvalverwerking</i> (3,29 ton * 40 km)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5  Cut-off, S	131,60	tkm				

# Bijlage 5: Aannames afkomstig van ‘Environmental profile of buildings’ (TOTEM-methodologie)

Tabel 1: Aannames voor transportafstanden en -voertuigen module A4 (OVAM et al., 2023)

Product group/ Material category	Transport route		Means of transport from							Average transport distance from		
	% directly from factory to site	% via an intermediary supplier	factory to site			factory to supplier	supplier to site			factory to site [km]	factory to supplier [km]	supplier to site [km]
			Lorry 16-32 ton (EURO 5)	Lorry 7.5-16 ton (EURO 5)	Lorry 3.5-7.5 ton (EURO 5)	Lorry >32 ton (EURO 5)	Lorry 16-32 ton (EURO 5)	Lorry 7.5-16 ton (EURO 5)	Lorry 3.5-7.5 ton (EURO 5)			
Bulk materials for structural work (e.g. cement, sand, gravel, ...)	75%	25%	100%	0%	0%	100%	90%	10%	0%	100	100	35
Poured concrete	100%	0%	100%	0%	0%	n/a	n/a	n/a	n/a	100	100	35
Prefabricated products for structural work (e.g. beams, columns, ...)	100%	0%	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%	100	100	35
Loose products (e.g. blocks, bricks, roof tiles, plasterboard, ...)	40%	60%	100%	0%	0%	100%	85%	15%	0%	100	100	35
Insulation	40%	60%	100%	0%	0%	100%	85%	15%	0%	100	100	35
Finishing products: floor coverings (e.g. carpet, linoleum, ceramic tiles, ...)	10%	90%	90%	10%	0%	100%	90%	10%	0%	100	100	35
Finishing products: plasters (e.g. gypsum plaster, external plaster, ...)	40%	60%	50%	50%	0%	100%	50%	50%	0%	100	100	35
Finishing products: cabinet work (e.g. window frames, stairs, ...)	90%	10%	50%	45%	5%	100%	40%	50%	10%	100	100	35
Finishing products: paints and varnishes	10%	90%	0%	100%	0%	100%	0%	80%	20%	100	100	35
Installations (e.g. heating boiler, radiators, ventilation, ...)	0%	100%	n/a	n/a	n/a	100%	0%	80%	20%	100	100	35

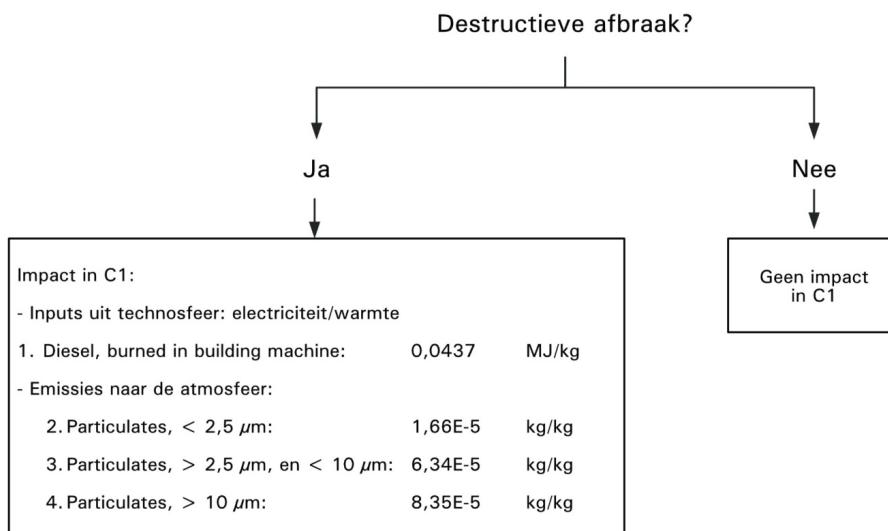
Tabel 2: Aannames voor afvalverwerking per afvalcategorie (1) (OVAM et al., 2023)

Main category	Waste category	Landfill	Incineration <sup>a</sup>	Reuse	Recycling	Sorted on building site <sup>b</sup>
Stony & glass	Bricks, roof tiles	5%	0%	0%	95%	75%
	Bulk materials (e.g. sand, gravel, expanded clay grains)	5%	0%	95%	0%	90%
	Concrete	5%	0%	0%	95%	75%
	Flat glass	5%	0%	0%	95%	70%
	Other stony waste (e.g. tiles, natural stone, slates, sand-lime blocks)	5%	0%	0%	95%	75%
	Porcelain and ceramics (e.g. toilet, bath, washbasin)	15%	0%	0%	85%	75%
Wood	Chemically treated, impregnated wood (e.g. railway sleepers, wood used for carports, outdoor playsets, garden screens)	0%	100%	0%	0%	40%
	Composite wood products (e.g. fibreboards (like plywood, chipboard, OSB, MDF), veneer, laminate)	0%	95%	0%	5%	40%
	Surface treated, solid wood (e.g. painted or varnished (like window frames, solid parquet))	0%	85%	0%	15%	40%
	Untreated, uncontaminated wood (e.g. roofs, structures, formworks, auxiliary timber)	0%	25%	0%	75%	40%
Metals	Metals: iron, steel, non-ferro (copper, brass, aluminium, lead, zinc, tin)	5%	0%	0%	95%	85%
Packaging (on construction site) <sup>c</sup>	EPS packaging	10%	30%	0%	60%	50%
	Pallets	0%	40%	20%	40%	50%
	Paper and cardboard packaging	0%	5%	0%	95%	50%
	Plastic films packaging	5%	60%	0%	35%	50%
Insulation materials	Mineral insulation materials (e.g. stone wool, glass wool)	50%	50%	0%	0%	0%
	Organic insulation materials (e.g. vegetable fibres (like wood, coconut, hemp, flax), cellulose (in bulk or blankets), sheep wool, cork (in bulk or boards))	5%	95%	0%	0%	0%
	Synthetic insulation materials (e.g. polyurethane (PUR), polyisocyanurate (PIR), extruded polystyrene (XPS), phenolic foam, expanded polystyrene (EPS))	5%	95%	0%	0%	0%
Fibre cement products	Fibre cement products (e.g. fibre cement slabs or slates)	100%	0%	0%	0%	75%

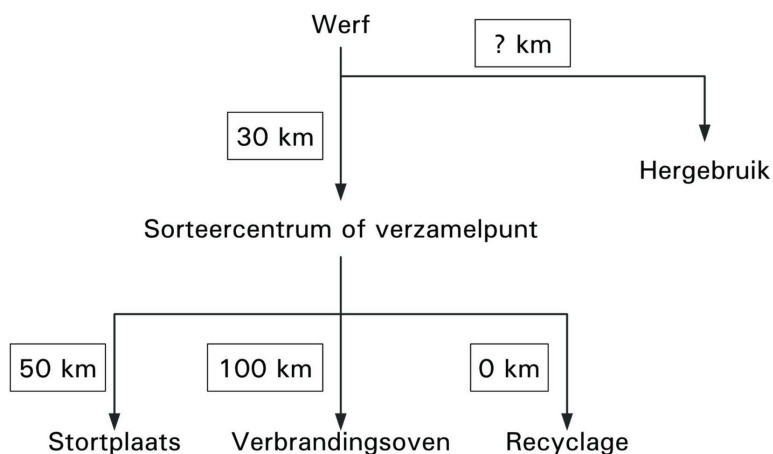
Tabel 3: Aannames voor afvalverwerking per afvalcategorie (2) (OVAM et al., 2023)

Main category	Waste category	Landfill	Incineration <sup>a</sup>	Reuse	Recycling	Sorted on building site <sup>b</sup>
Gypsum elements	Gypsum elements (e.g.gypsum blocks, gypsum (fibre/plaster)boards)	80%	0%	0%	20%	50%
Aerated / cellular concrete	Aerated autoclaved concrete (e.g.elements, blocks)	70%	0%	0%	30%	30%
Bitumen	Bitumen (e.g.bituminous roofing, vapour barrier,waterproofing membrane)	85%	5%	0%	10%	0%
Polyolefins (PP,PE)	Polyolefins (PP,PE)(e.g.kraft paper or polyethylene (PE)vapour barrier, ducts), excluding packaging	10%	85%	0%	5%	0%
Elastomers	Elastomers (e.g.EPDM roofing)	90%	0%	0%	10%	0%
PVC	PVCcabling (e.g.electric cables and wire insulation)	10%	40%	0%	50%	0%
	PVCpipes (e.g.for sewerage) <sup>c</sup>	10%	30%	0%	50%	0%
	PVCprofiles (e.g.window frames)	10%	45%	0%	45%	0%
	PVCsheets (e.g.PVCroofing, waterproofing membranes (like for swimming pools))	20%	65%	0%	15%	0%
Supple flooring	Supple flooring (e.g.linoleum, fixed carpet, vinyl)	0%	95%	0%	5%	0%
Finishing layers <sup>d</sup>	Finishing layer fixed to stony waste (e.g.plaster (like gypsum plaster, calcareous plaster, loam plaster), paint, coatings, adhesives)	5%	0%	0%	95% <sup>e</sup>	0%
	Finishing layer fixed to wood, plastic or metal (e.g.paint, coatings, adhesives)	0%	100% <sup>f</sup>	0%	0%	0%
Remaining waste	Combustible remaining waste	0%	100%	0%	0%	0%
	Non-combustible remaining waste	100%	0%	0%	0%	75%
Other hazardous waste	Aerosols and kits (e.g.PU foam, silicones)	0%	100%	0%	0%	100%
	Asbestos(bounded, unbounded)	100%	0%	0%	0%	100%
	Fluorescent lamps	30%	0%	0%	70%	100%
	Liquid construction site waste (e.g.paints, adhesives, resins, form mould oil, white spirit)	0%	75%	0%	25%	100%

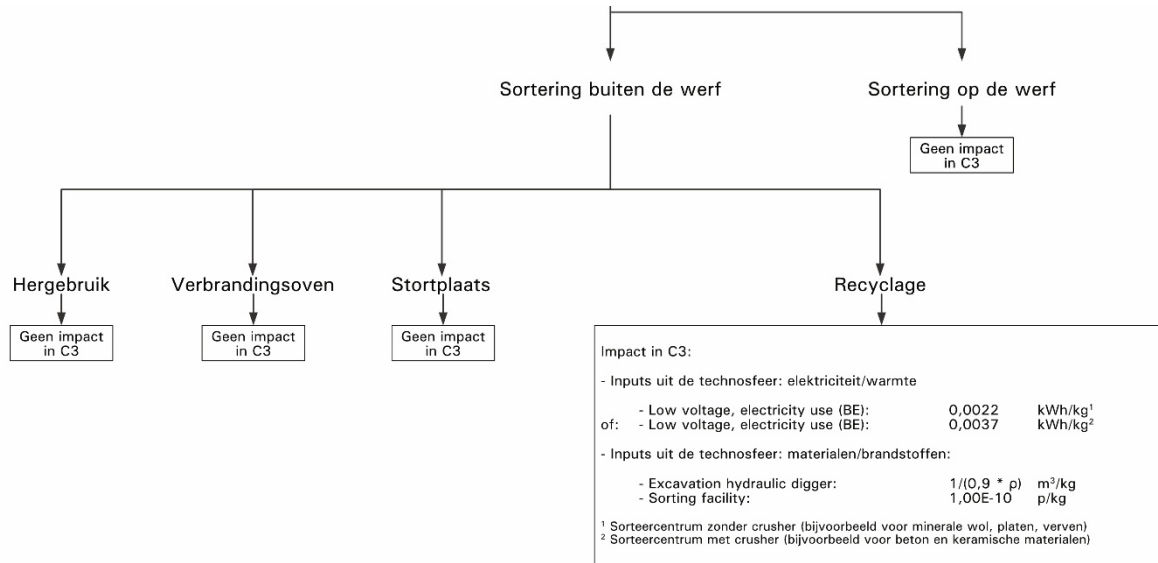
Tabel 4: Aannames voor module C1 (OVAM et al., 2023)



Tabel 5: Aannames voor transportafstanden binnen module C2 (OVAM et al., 2023)



Tabel 6: Aannames voor module C3 (OVAM et al., 2023)



Tabel 7: Aannames voor module C4 (OVAM et al., 2023)

