

Abstract

The entire comparative estimation comprises four sections:

1. Embodied environmental implications of different structural systems of wooden buildings;
2. Embodied ecological efficiency of diverse constructions composed of various materials;
3. LCA of building models comprising equivalent thermal performance;
4. LCA of building models exhibiting similar seismic behaviour.

First, the LCA results for thirty realised buildings are analysed based on the inventory of each project. This evaluation is intended to quantify and compare the embodied environmental burdens caused by different structural systems of timber houses. The second section is a comparative evaluation of the embodied ecological impacts caused by different materials, when used in the same construction. This study aims to investigate the ecological efficiency of various materials in the form of whole structures. With regard to making a compatible and reasonable LCA comparison, however, the appraisal needs a more scientific framework. In order to address this insufficiency, the third and fourth LCA studies are carried out.

The third section involves various buildings made of different materials but providing equivalent thermal performance. Within this estimation, the thermal performance of a building is simply represented by the thermal inertia of its outer walls. Constructions composed of alternative envelopes are established and LCA based on the inventories of these structures are carried out. The fourth section examines three structures composed of three building materials but exhibiting similar seismic behaviour. In this study, the horizontal stiffness of the entire building against earthquakes indicates its seismic performance. The simulation develops alternative multi-storey buildings according to the seismic performance. The environmental impacts of the three buildings are quantified and compared. Both the third and fourth sections take the recycling scenarios into account. The impact of disposal after the end-of-life and the contribution from reuse and recovery are integrated into the overall impact assessment.

Defining the system boundary and scope is essential for LCA studies. Normally, LCA framework refers to a 'from-cradle-to-grave' scenario, including the manufacturing, utilisation and dismantling phases. In the studies here, however, the estimation is focused on the production and recycling stages, without the results for utilisation and maintenance. This appraisal is the so-called 'from-cradle-to-gate' plus 'from-gate-to-grave' system.

Compared to former research, this dissertation raises a couple of innovative contributions to the sustainability appraisals of constructions:

1. The scopes are focused on the structural part of buildings, considering the congruent system boundary for LCA.

2. A series of LCAs compare various building materials in the form of construction, integrating diverse aspects about buildings like thermal and seismic performance.
3. These LCAs are based on consistent prerequisites and make it possible to compare the results comprehensively.
4. In addition to embodied implications, these LCA quantify the contribution from material recycling.
5. This study divides the timber buildings according to their structural systems and estimates them individually.

Kurzfassung

Die vergleichende Bewertung der Umweltleistung mehrgeschossiger Wohnbauten umfasst vier Abschnitte:

1. Ökologische Auswirkungen der Bereitstellung und Bearbeitung von Holz für verschiedene Tragsysteme;
2. Material- und herstellungsinduzierte (graue) Umwelteffizienz von verschiedenen Materialien und Bauweisen;
3. Ökobilanzierung von Gebäuden mit gleichen thermischen Eigenschaften;
4. Ökobilanzierung von Gebäuden mit ähnlichem seismischen Verhalten.

Zunächst werden die Ergebnisse der Ökobilanz für dreißig realisierte Bauten auf der Grundlage der Sachbilanzen analysiert. Diese Auswertung vergleicht und quantifiziert die materialbezogene Umweltbelastung für verschiedene Tragsysteme mehrgeschossiger Wohnbauten aus Holz.

Der zweite Abschnitt vergleicht die ökologischen Auswirkungen verschiedener Baustoffe, wobei jeweils der gleiche Konstruktionstyp zugrunde gelegt wird. Das Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Umwelteffizienz unterschiedlicher Materialien auf der Ebene der Gebäudeteile. In Hinblick auf die Kompatibilität und Plausibilität der Ökobilanz wird mit der dritten und vierten LCA ein einheitlicher Bewertungsansatz geschaffen.

Der dritte Abschnitt handelt von verschiedenen Gebäudetypen mit gleichem Wärmestandard aber unterschiedlichen Baustoffen, wobei die Wärmeeffizienz vereinfachend durch den Wärmedurchgangswiderstand der Außenwände erfasst wird. Es werden Baukonstruktionen mit alternativen Gebäudehüllen entwickelt und auf der Grundlage der Sachbilanzen ökologisch bewertet.

Der vierte Abschnitt untersucht drei Strukturen aus verschiedenen Baustoffen mit ähnlichem seismischen Verhalten. Diese Studie verwendet die horizontale Steifigkeit des Gebäudes gegen Erdbebenerschütterungen als Indikator für die seismische Leistungsfähigkeit. Auf der Basis dieses Indikators werden konstruktive Alternativen für mehrgeschossige Gebäuden entwickelt und deren Umweltwirkungen quantitativ ermittelt.

Sowohl im dritten als auch im vierten Abschnitt werden unterschiedliche Recyclingszenarien berücksichtigt. Die Auswirkungen auf die Umwelt, die nach der Nutzungsdauer infolge der Abfallbeseitigung, des Materialrecycling oder die Wiederverwendung entstehen, werden in die gesamte Umweltwirkungsabschätzung integriert.

Die Festlegung der Systemgrenzen und der Umfang der Betrachtung ist für die Ökobilanz unerlässlich. Normalerweise betrachten diese alle Lebenszyklusphasen eines Produkts, einschließlich Herstellung, Nutzung und Recyclings („from-cradle-to-grave“). Die hier betrachteten Untersuchungen beschränken sich jedoch auf die Phasen der

Produktion und des Recyclings. Umweltauswirkungen infolge der Nutzung und Wartung des Gebäudes werden nicht berücksichtigt („from-cradle-to-gate“ und „from-gate-to-grave“).

Im Vergleich mit früheren Forschungsergebnissen arbeitet diese Dissertation innovative Beiträge zur Umweltbewertung von Baukonstruktionen heraus:

1. Der Rahmen der Untersuchung erstreckt sich auf die Bauteile der Gebäudestruktur, was zu einer einheitlichen Systemgrenze für die Ökobilanzen führt.
2. Die Datenreihen der Ökobilanzen vergleichen verschiedenartige Baumaterialien auf der Ebene von Gebäudeteilen unter verschiedenen Aspekten.
3. Diesen Ökobilanzen liegen einheitliche Voraussetzungen zugrunde. Dadurch ist es möglich, die Ergebnisse umfassend zu vergleichen.
4. Neben den material- und herstellungsinduzierten Umweltauswirkungen quantifizieren diese Ökobilanzen direkt den Beitrag des Materialrecyclings.
5. Die Arbeit klassifiziert die mehrgeschossigen Holzbauten nach Tragsystemen und bewertet diese individuell.