

Accurate 3D-modellering van houtstructuren in commerciële analysesoftware

Celil Aydogan

Muhamedali Yasarlar

master IW Bouwkunde

master IW Bouwkunde

Introductie

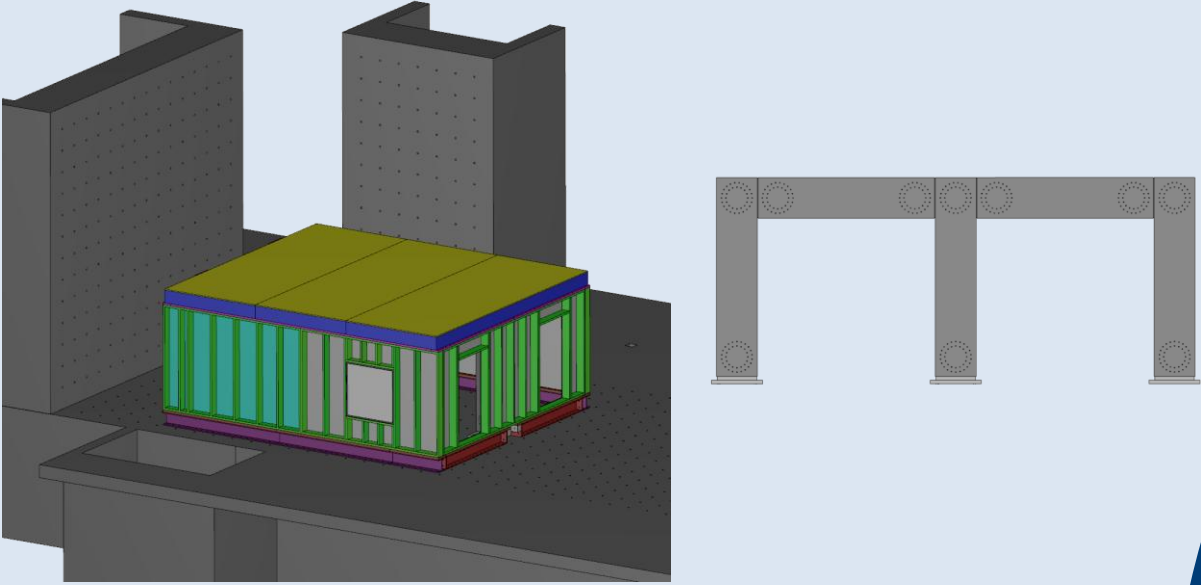
Om de **koolstofvoetafdruk** van de bouwsector te verlagen blijft de vraag naar duurzamere bouwmaterialen alsmäär stijgen. **Hout** (Figuur 1) loopt hierin voorop als duurzaam bouw materiaal aangezien het van nature energiezuinig is en, in vergelijking met meer traditionele bouwmaterialen, de uitstoot van CO2 tijdens de productie en transport verlaagt [2]. Het gebruik van hout als bouw materiaal is echter **niet courant** in België, wat maakt dat analyse-softwarepakketten zoals BuildSoft Diamonds [3] er niet voor bestemd zijn. Deze masterproef focust op het **accuraat modelleren** van houtstructuren in commerciële analysesoftware aan de hand van de gesimplificeerde **rigid link-methode**.



Figuur 1: Houtskeletbouw (HSB) [1]

TETRA-project HoP_HoVer

Construction Engineering Research Group (CERG) **assembleert** in samenwerking met het TETRA-project HoP_HoVer [4] een **houtstructuur** in het labo van ACB². Hier zullen vervolgens verschillende **belastingsproeven** op worden uitgevoerd om het **structurele gedrag van de verbindingen en componenten**, en de **interactie** hiertussen te onderzoeken. Figuur 2 toont het 3D-model in het labo en frame van deze specifieke structuur.



Figuur 2: 3D-model TETRA-project HoP_HoVer (links) en het frame (rechts)

Resultaten

Vergelijking met fictievediagonaalmodel

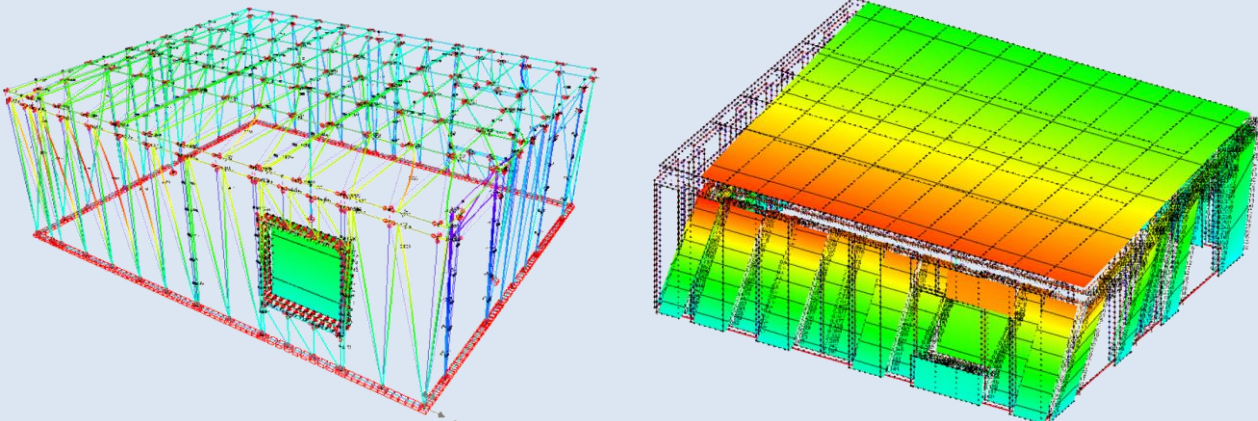
Wegens enkele **praktische complicaties** en vertragingen zijn de fysieke proeven **te laat** uitgevoerd om op te kunnen nemen in dit onderzoek. Hierdoor is er voor de HoP_HoVer-constructie enkel een **kalibratie** uitgevoerd van het **rigid link-model** met het **fictievediagonaalmodel** van [7].

Tabel 1: Vergelijking tussen voorgaande simulaties met rigid link-methode en fictievediagonaalmethode

Simulatie	Verplaatsing rigid link-model (mm)	Verplaatsing fictievediagonaalmodel (mm)	Afwijking (%)
Enkel HSB	1,775	1,779	0,225
HSB + frame	1,639	1,763	7,566
HSB + raam	1,526	1,998	30,931
Compleet	1,421	1,917	34,905

Verdere toelichting resultaten

Tabel 1 geeft de **vergelijking** tussen het **rigid link-model** en fictievediagonaalmodel [7] van de HoP_HoVer-constructie weer. Hierbij is de **voorgevel** belast met een **horizontale last van 10 kN** aangrijpend op de **linkerbovenhoek** van het skelet en is de **verplaatsing rechtsboven** van de voorgevel gemeten. Dit is gedaan voor respectievelijk enkel de **HSB-constructie**, **HSB-constructie en het frame**, **HSB-constructie en het raam**, en het **complete model**. Figuur 7 illustreert het vervormingsgedrag van de respectievelijke modellen in Diamonds.



Figuur 7: Vervormingen compleet HoP_HoVer fictievediagonaalmodel (links) en rigid link-model (rechts)

Conclusie

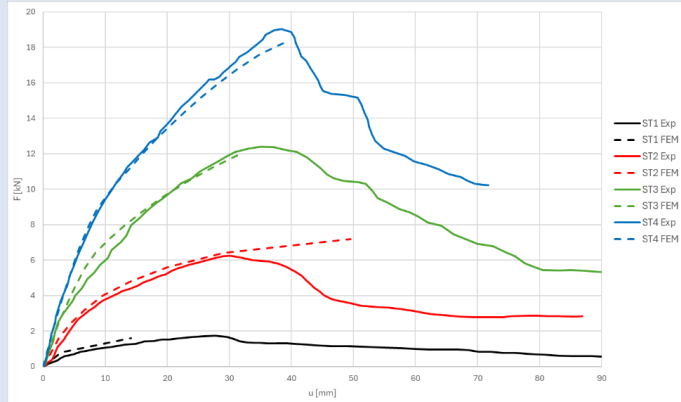
Het **fictievediagonaalmodel** verkrijgt een **afwijking** van **0,255%** ten opzichte van het **rigid link-model**. Echter **vergroot** de afwijking naarmate er **meer complexiteit** wordt toegevoegd in het model. Verder is het gebruik van de **rigid link-methode** voor het **modelleren en simuleren** van experimenten op **houtstructuren** in commerciële analysesoftware een **geschikte en effectieve** benadering.

Methode

Literatuurstudie

Deze masterproef is rechtstreeks het vervolg van de bachelorproef **“Modelling the mechanical behaviour of timber-frame walls using commercial FEM software”** [5]. Hierbij werd de gesimplificeerde **rigid link-methode** gebruikt om HSB-structuren te modelleren in **Diamonds**. Deze bachelorproef omvat onderzoek naar het modelleren van:

- een **HSB-elementstructuur** (Figuur 3a),
 - een **samengestelde wand** uit platen (Figuur 3b),
 - en een **hoekverbinding** (Figuur 3c)
- waarbij Figuur 4 de vergelijking tussen de experimentele resultaten en gesimuleerde resultaten weergeeft.

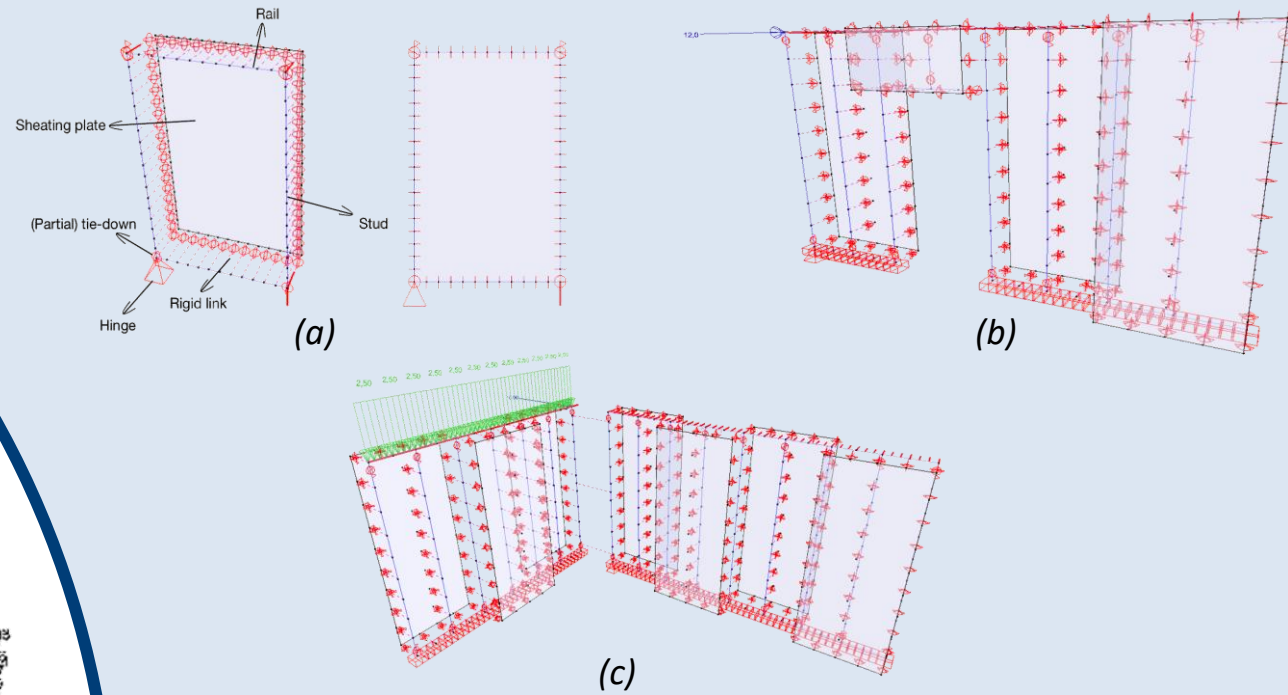


Figuur 4: Vergelijking tussen experimentele en gesimuleerde resultaten van samengestelde wanden

Voorstudie

Als voorstudie is er geëxperimenteerd met verschillende aspecten in het kader van het **efficiënter** maken en het **verbeteren** van de **rigid link-methode**. Deze zijn:

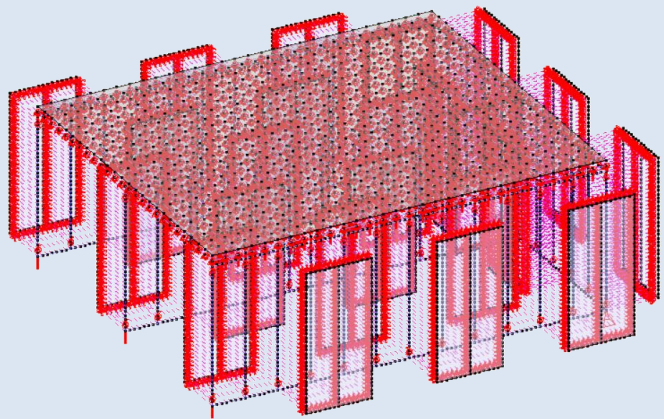
- het **vergelijken** van de **rigid link-methode** met de eenvoudigere fictievediagonaalmethode [6];
- het **variëren** van de **rigid link-lengte** in het model (met name het effect op Diamonds);
- en het **vereenvoudigen** van het aantal **rigid links** per stijl en regel in het model.



Figuur 3: Volgorde van modelleren [5]

Voorbereidend model

Ter **voorbereiding** op het HoP_HoVer-model is er op basis van het bovengenoemde onderzoek uit [5] een structuur van dezelfde grootteorde gemodelleerd. Deze is in Figuur 5 geïllustreerd en bestaat uit **samengestelde platen**, een **dwarswand** en een **dakstructuur**. Hierop zijn verschillende **belastingsproeven** gesimuleerd om het gedrag van de structuur, met name de **vervormingen** en de **interactie** tussen de componenten, in kaart te brengen. Aan de hand van de bevindingen uit dit model is uiteindelijk het HoP_HoVer-model gemodelleerd.



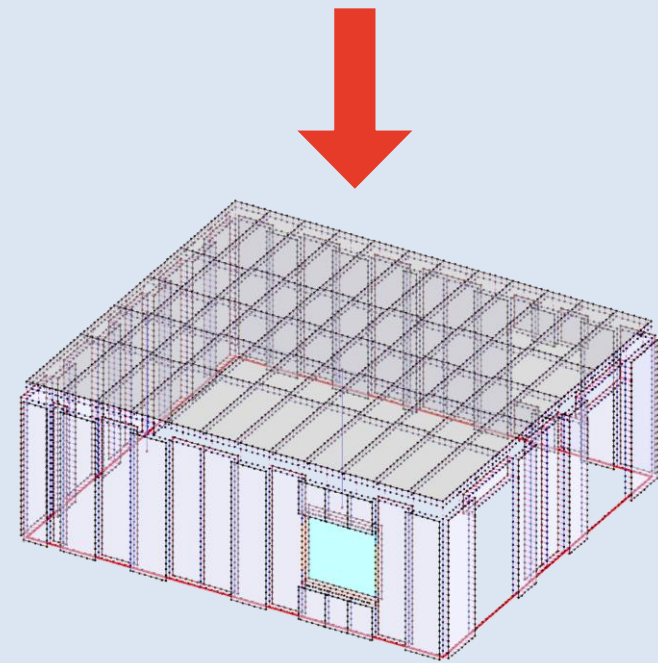
Figuur 5: Voorbereidend model

Uit de simulaties verkrijgt het model, door het toevoegen van de verschillende wandelementen, een **vergroete stijfheid**. Dit geeft aan dat de componenten van de HSB-structuur **succesvol** met elkaar **interacteren**. Ook de dakstructuur **vervormt dienovereenkomstig** met de opgelegde belasting.

HoP_HoVer-model

Figuur 6 toont de **uiteindelijk geassembleerde structuur**, gemodelleerd in Diamonds, door CERG in het labo van ACB². De opening in de voorste gevel op de figuur bevat een **hybride hout-glas wandelement**, en in het midden binnen de structuur is er een **frame** (Figuur 2, links) bevestigd aan het dak. De belastingsproeven op deze structuur omvatten:

- een **symmetrische** belastingsproef met een **stapsgewijs toenemende** belasting van 1 tot 10 kN op de linkerzevel;
- en een **asymmetrische** belastingsproef met een 2,5 kN puntlast links en 5 kN puntlast rechts, en andersom.



Figuur 6: HoP_HoVer-model

Methode

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

Prof. dr. ing. Bram Vandoren
Ing. Dries Byloos

[1] VIVES, "Houtskeletbouw heeft veel potentieel maar wordt weinig toegepast in Vlaanderen," 21 augustus 2023. [Online]. Available: <https://www.vives.be/nl/nieuws/houtskeletbouw-heeft-veel-potentieel-maar-wordt-weinig-toegepast-vlaanderen/>. [Geopend 4 mei 2025].
[2] AmperaPark, "Hout als duurzaam bouw materiaal," 14 april 2021. [Online]. Available: <https://amperapark.com/nl/nieuws/hout-als-duurzaam-bouw-materiaal/>. [Geopend 8 december 2024].
[3] BuildSoft, (2024). Diamonds [Software]. Available: <https://www.buildsoft.eu/products/diamonds>.
[4] HoP_HoVer, "TETRA-project HoP_HoVer." [Online]. Available: <https://www.hophover.be/startpagina/>. [Geopend 24 november 2024].
[5] C. Aydogan, M. Nollet, en M. Yasarlar, *Modelling the mechanical behaviour of timber-frame walls using commercial FEM software* [bachelorproef], Diepenbeek: Gezamenlijke opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen UHasselt & KU Leuven, 2024.
[6] S. Jacobs, T. Michiels, en M. Nauwelaerts, *3D modelling of timber frame structures using a virtual diagonal element* [bachelorproef], Diepenbeek: Gezamenlijke opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen UHasselt & KU Leuven, 2024.
[7] B. Michiels en M. Nollet, *Numerieke analyse van het robuustheidsgedrag van houtskeletstructuren met behulp van commerciële FEM-software* [masterproef], Diepenbeek: Gezamenlijke opleiding Industriële Ingenieurswetenschappen UHasselt & KU Leuven, 2025.