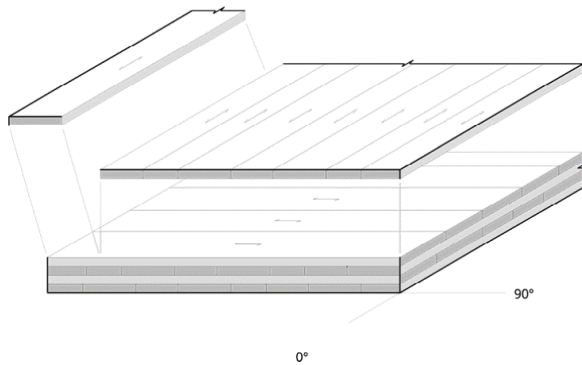


Cross laminated timber (gelamineerd kruislaaghout)

Wat is CLT?

Cross laminated timber (CLT) zijn vlakke massieve houtproducten die als draagstructuur element gebruikt kunnen worden. Deze bestaan uit minstens 3 plaatlagen die alternerend op 90 graden van elkaar worden verlijmd. De individuele planken zijn voornamelijk 40mm tot 300mm breed en 6mm tot 45mm dik.



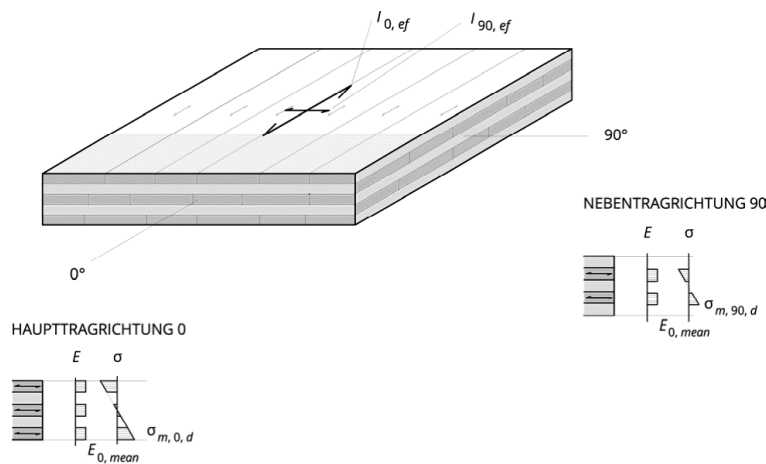
CLT-platen zijn niet iets nieuws, ze werden sinds 1995 geproduceerd maar werden tot dusver nog niet in normen opgenomen. Het gebruik ervan in de bouwindustrie werd wel via technische richtlijnen op Europees niveau (ETA: European Technical Assessment) geregeld. Dit zal bij de nieuwe generatie Eurocode 5 direct deel uitmaken van diezelfde norm waardoor bouwkundigen (eindelijk) een manier hebben om zulke constructies conform de norm te ontwerpen alsook te toetsen. Na inzage van de draftversie van de nieuwe Eurocode 5 die verwacht wordt rond 2025 kan er bevestigd worden dat CLT er volledig in geïntegreerd is (tot dusver). Zijnde dat het niet een aparte annex is maar dat het verweven zit in iedere controle (waar van toepassing) van de norm.

De toepassingsmogelijkheden van CLT-platen zijn vrij breed, zo kunnen diens dragende eigenschappen ingezet worden om te fungeren als:

- Vloer element
- Dak element
- Wand element

- Rib element van een vloer
- ...

CLT-panelen zijn orthotroop omwille van het feit dat diens dragende eigenschappen verschillend zijn in de twee richtingen (0° en 90°). Dit is een direct gevolg van het aantal platen alsook de positionering van de platielementen in een desbetreffende richting. Onderstaand figuur illustreert deze orthotropie aan de hand van de buigspanningen in beide richtingen (0° = hoofd draagrichting, 90° neven draagrichting):



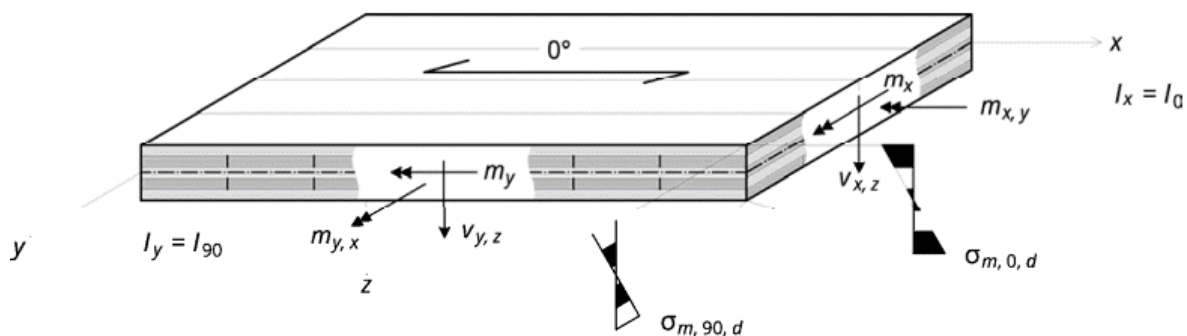
Merk op dat men voor de buigspanningen enkel rekent met de platen die in de desbetreffende richting georiënteerd zijn. De lagen die in de andere richting georiënteerd zijn werken als afstandhouders en zijn enkel belast op afschuiving in de hoofd draagrichting.

CLT in SCIA Engineer

Tot op heden is er nog geen controle op CLT-panelen in SCIA Engineer omwille van het ontbreken van richtlijnen in de huidige Eurocode 5. Men kan ze wel modelleren aan de hand van een orthotrope plaat teneinde diens stijfheid in het model in rekening te brengen. Vervolgens dient men op basis van de interne krachten die na analyse beschikbaar zijn zelf deze a.d.h.v. eigen Excel sheets of soortgelijks te controleren.

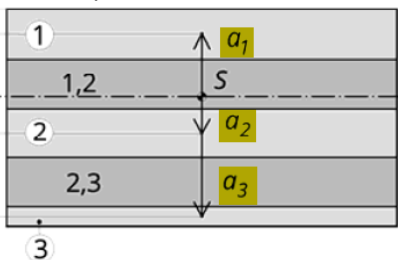
Het berekenen van de orthotrope parameters kan als volgt gebeuren op basis van de Mindlin-plaattheorie die dwarskrachtvervorming in rekening brengt via D44 & D55:

Plaat stijfheidsparameters (buiging en afschuiving)



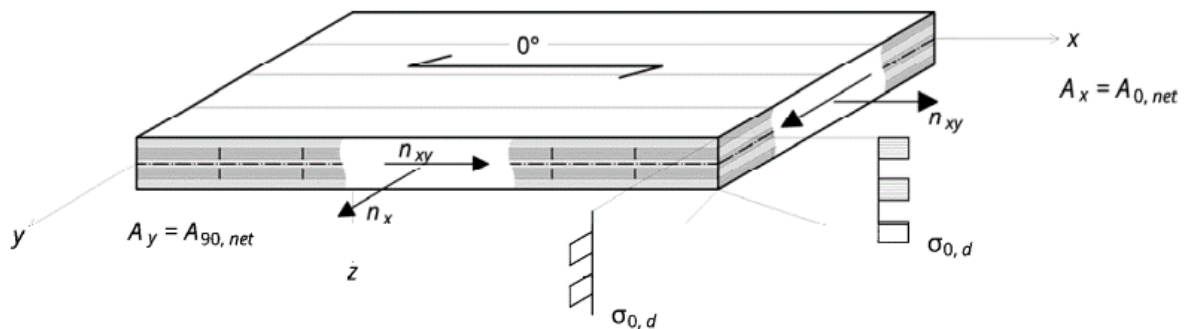
- Buigstijfheid in de x-richting: $D_{11} = \frac{E_{0,mean} * I_{0,net}}{(1 - \nu_{x,y} * \nu_{y,y})}$; in de praktijk: $D_{11} = E_{0,mean} * I_{0,net}$

- Buigstijfheid in de y-richting: $D_{22} = \frac{E_{0,mean} * I_{90,net}}{(1 - \nu_{x,y} * \nu_{y,y})}$; in de praktijk: $D_{22} = E_{0,mean} * I_{90,net}$
- Beïnvloeding van het buigmoment door dwarse rek: $D_{12} = D_{21} = \sqrt{\nu_{x,y} * \nu_{y,y} * D_{11} * D_{22}}$; in de praktijk (geen Poisson effecten): $D_{12} = D_{21} = 0$
- Torsiestijfheid: $D_{33} = k_{twist} * G_{0,mean} * \frac{b * d^3}{12}$
- Afschuifstijfheid: $D_{44} = \frac{1}{\kappa_{0,z}} * G_{0,mean} * A_{0,net}$
- Afschuifstijfheid: $D_{55} = \frac{1}{\kappa_{90,z}} * G_{0,mean} * A_{90,net}$

Met:	
	$E_{0,mean}$: Gemiddelde E-modulus in de hoofd draagrichting (0°)
	$G_{0,mean}$: Gemiddelde G-modulus in de hoofd draagrichting (0°)
	$\nu_{x,y}$ & $\nu_{y,y}$: Poisson ratio's in de praktijk negeert men de Poisson effecten, alsof de planken die in hetzelfde vlak 'ongelijmd' naast elkaar zitten $\rightarrow \nu_{x,y} = \nu_{y,y} = 0$
	$I_{0,net}$: Netto traagheidsmoment in de hoofd draagrichting (0°), m.a.w. enkel de lagen in de hoofd draagrichting in rekening brengen via de formule hieronder: $I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b * d_i * a_i^2$ Waarin: - E_i: E-modulus van de desbetreffende laag - E_c: Referentie E-modulus (Indien alle lagen dezelfde E-modulus hebben $\rightarrow \frac{E_i}{E_c} = 1$) - b: Voor de breedte kan een eenheidsbreedte van 1m genomen worden - d_i: Dikte van de desbetreffende laag - a_i: Afstand tussen het zwaartepunt van de algehele CLT-plaat en het zwaartepunt van de desbetreffende laag 
	$I_{90,net}$: Netto traagheidsmoment in de neven draagrichting (90°), m.a.w. enkel de lagen in de neven draagrichting in rekening brengen via de formule hieronder: $I_{90,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b * d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b * d_i * a_i^2$
	k_{twist} : Reductiefactor m.b.t. de torsiestijfheid $k_{twist} \approx 0.65$
	d : Dikte van het CLT-paneel (totale dikte)
	$\kappa_{0,z}$: Correctiefactor m.b.t. afschuiving (uit-het-vlak) voor de hoofd draagrichting (0°)

$\kappa_{0,z} = \frac{\sum G \cdot A}{(E \cdot I_{0,net})^2} * \int_h \frac{[E(z) \cdot S(z)]^2}{G(z) \cdot b} dz$ Richtwaarden voor CLT-panelen met standaardlamellen met onderling <u>verschillende diktes</u> (20, 30, 40mm) voor $\kappa_0 = \frac{1}{\kappa_{0,z}}$: - Type 3s: $0.15 \leq \kappa_0 \leq 0.18$ - Type 5s: $0.18 \leq \kappa_0 \leq 0.20$ - Type 7s: $0.25 \leq \kappa_0 \leq 0.29$ - Type 9s: $0.26 \leq \kappa_0 \leq 0.29$ Richtwaarden voor CLT-panelen met standaardlamellen die <u>gelijke diktes en sterktes</u> hebben, en een verhouding in G-modulus heeft van $\frac{G_{90}}{G_0} = \frac{1}{10}$: - Eén laag: $\kappa_0 = 0.83$ - Drie lagen: $\kappa_0 = 0.21$ - Vijf lagen: $\kappa_0 = 0.24$ - Zeven lagen: $\kappa_0 = 0.26$ - Negen lagen: $\kappa_0 = 0.27$	
$\kappa_{90,z}: \text{Correctiefactor m.b.t. afschuiving (uit-het-vlak) voor de neven draagrichting (90°)}$ $\kappa_{90,z} = \frac{\sum G \cdot A}{(E \cdot I_{90,net})^2} * \int_h \frac{[E(z) \cdot S(z)]^2}{G(z) \cdot b} dz$ Dezelfde richtwaarden als hierboven zijn ook hier van toepassing maar dan voor $\kappa_{90} = \frac{1}{\kappa_{90,z}}$	
$A_{0,net}$: Netto oppervlakte in de hoofd draagrichting	
$A_{90,net}$: Netto oppervlakte in de neven draagrichting	

Wand stijfheidsparameters (normaalkracht)

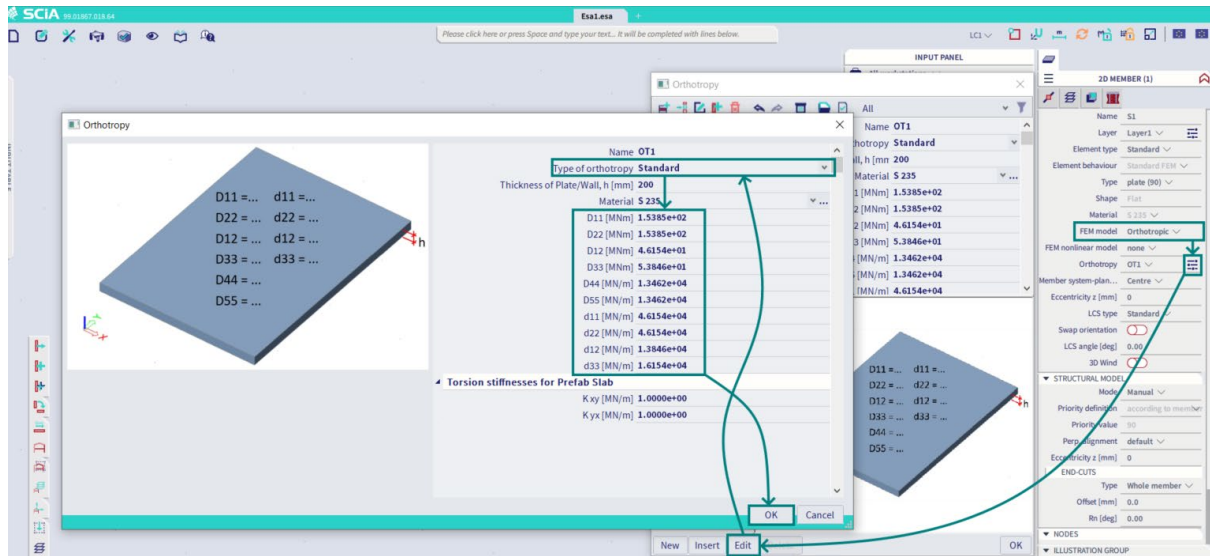


- Normaal stijfheid in de x-richting: $d_{11} = E_{0,mean} * A_{0,net}$
- Beïnvloeding van longitudinale spanning door transversale rek (Poisson effect):
 $d_{12} = \nu * d_{11}$; in de praktijk: $d_{12} = 0$
- Normaal stijfheid in de y-richting: $d_{22} = E_{0,mean} * A_{90,net}$
- Afschuifstijfheid: $d_{33} = G_{s,mean} * A_{brutto} \approx 0.75 * G_{0,mean} * A_{brutto}$

Invoer in SCIA Engineer

Eens de stijfheidsparameters berekend en gekend zijn kunnen deze ingegeven worden in SCIA Engineer via orthotropie. Dit doe je door de desbetreffende plaalement in SCIA Engineer te selecteren en vervolgens in diens eigenschappen het FEM-model te veranderen naar orthotropisch.

Vervolgens kun je dan de stijfheidsparameters direct ingeven van zodra je het orthotropie type 'standard' hebt geselecteerd. Zie de samenvattingsfiguur hieronder:



Van zodra je doorrekent breng je in de analyse de stijfheden van uw CLT-panelen correct mee in rekening. De volgende stap is dan om de interne krachten die eruit voortvloeien te evalueren via zelfgemaakte controles. Ik raad hierbij ten zeerste aan om de publicatie van proHolz (proHolz Austria (2014): Cross-Laminated Timber Structural Design) te raadplegen waarin u methodes kan vinden om een CLT-paneel te controleren.

Bronnen:

- proHolz Austria (2014): Cross-Laminated Timber Structural Design

By Hamza Bachiri