

## Lemnul ca material de construcție

### Proiect Erasmus+ 2022-1-NO01-KA220-HED-000087893

Acest proiect Erasmus+ a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai opiniile autorilor, iar Comisia Europeană și agențiile naționale Erasmus+ nu pot fi considerate responsabile pentru utilizarea informațiilor conținute în aceasta.

## BIM-LCA Proiect de construcție

### Titlu: Utilizarea lemnului ca material de construcție



## Lemnul ca material de construcție

### 1 – Scopuri

Obiectivele acestui tutorial sunt:

- Învățarea despre avantajele de mediu ale utilizării lemnului ca principal material de construcție a clădirilor.
- Cunoașterea stadiului tehnologiei de fabricare a elementelor din lemn pentru structuri de clădiri.
- Cunoașterea tipologiei sistemelor de structuri din lemn pentru clădiri.
- Cunoașterea rezultatelor unei evaluări a ciclului de viață (LCA) care compară impactul asupra mediului al unei clădiri din lemn cu impactul aceleiași clădiri din beton..

### 2 – Metodologie de învățare

Profesorul va da o explicație de aproximativ 30 de minute despre lemn ca material de construcție.

Studentii vor citi acest tutorial și vor urma pașii prezentați în tutorial, și anume:

- Beneficiile lemnului ca material de construcție. (Video Ted Talk inclus).
- Gestionarea pădurilor.
- Standarde și ghiduri de proiectare pentru construcțiile din lemn.
- Sisteme structurale în construcțiile din lemn.
- Elemente structurale în construcțiile din lemn.
- Conexiuni în structurile din lemn.
- Rezistența seismică în structurile din lemn. (Video inclus).
- Lemnul și siguranța împotriva incendiilor.
- Deteriorarea lemnului din cauza agenților biologici.
- Software de proiectare pentru **lemn masiv**.
- Exemplu de proiectare a unei clădiri din **lemn masiv**. Stora Enso. (Studiu LCA inclus)

Pentru a evalua succesul aplicației, va fi aplicat un chestionar pentru studenți.

### 3 – Durata tutorialului

Implementarea descrisă în acest tutorial va fi realizată prin intermediul site-ului web al proiectului BIM-LCA prin auto-instruire.

Sunt necesare 3 ore de lecție pentru această instruire.

## Lemnul ca material de construcție

### 4 – Resurse didactice necesare

Sală cu calculatoare conectate la internet.

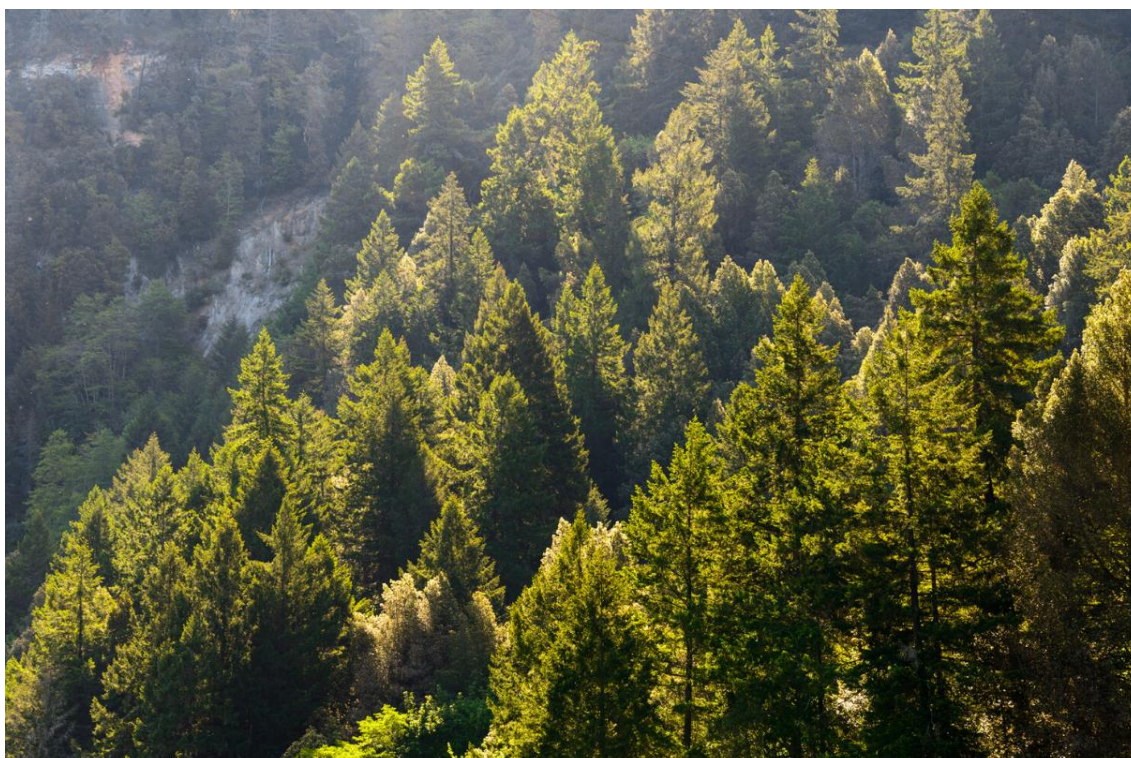
Software necesar: Microsoft Office.

### 5 – Conținuturi & tutorial

#### 5.1 – Introducere. Beneficiile lemnului ca material de construcție

##### 5.1.1. Sustenabilitate maximă

Lemnul se remarcă prin faptul că este un material de construcție extrem de regenerabil, excelând în ceea ce privește durabilitatea. În timpul creșterii lor, copacii captează și rețin dioxidul de carbon dăunător, sechestrând efectiv CO<sub>2</sub> în lemn, în loc să îl emită în aer. Prin urmare, este esențial să se recolteze copacii numai după ce aceștia au ajuns la maturitate deplină și au încetat să mai absoarbă CO<sub>2</sub>, asigurând avantaje maxime pentru mediu. Atunci când pădurile sunt supravegheate în mod responsabil de către proprietari care acordă prioritate refacerii în detrimentul epuizării, puteți avea încredere că lemnul pe care îl folosiți a fost obținut într-o manieră ecologică [1].



Energia încorporată cuprinde energia totală necesară pentru fabricarea unui produs sau furnizarea unui serviciu. În sectorul construcțiilor, aceasta include energia consumată în timpul proceselor de construcție, producție și transport, care constituie, de obicei, aproximativ 30-50% din amprenta globală de carbon a unui proiect.



## Lemnul ca material de construcție

Transformarea copacilor în lemn pentru construcții implică un consum minim de energie, iar procesul de construcție necesită, de obicei, doar o fracțiune din transportul necesar pentru beton.

Acești factori contribuie la faptul că lemnul primește cel mai mic scor pentru energia încorporată dintre materialele de construcție utilizate în mod obișnuit.

De exemplu, o grindă de pardoseală din lemn necesită aproximativ 80 de megajouli (MJ) de energie pe metru pătrat de podea și emite 4 kilograme de CO<sub>2</sub>. În schimb, un metru pătrat de planșeu susținut de o grindă de oțel necesită 516 MJ și emite 40 de kilograme de CO<sub>2</sub>, în timp ce o podea din plăci de beton necesită 290 MJ și emite 27 de kilograme de CO<sub>2</sub>.

Lemnul nu numai că se remarcă printr-o rezistență și o durabilitate excepționale, dar menține și standarde de înaltă calitate, chiar și atunci când se ia în considerare viteza de construcție. Structurile din lemn pot rezista timp de secole și sunt mai rentabile și mai ușor de întreținut în comparație cu materialele alternative.

### 5.1.2. Eficiență termică

Caracteristicile inerente ale acestui material contribuie, de asemenea, la reputația sa ecologică. Lemnul, fiind un izolator natural, conține mici goluri de aer care îi limitează capacitatea de a transmite căldura. Această caracteristică reduce energia necesară pentru încălzirea și răcirea locuințelor, ceea ce duce la reducerea dependenței de combustibilii fosili. În plus, cadrele din lemn oferă mai mult spațiu pentru izolare în comparație cu structurile din cărămidă, îmbunătățind astfel eficiența termică.

### 5.1.3. Ușurința asamblării

Lemnul, cunoscut pentru adaptabilitatea și greutatea sa redusă, oferă ușurință în manipulare și instalare. Acest lucru simplifică procesul de construcție, făcându-l mai rapid, mai rentabil și mai puțin perturbator. Devine o alegere ideală pentru amenajarea terenurilor industriale dezafectate și construcțiile urbane, creând șantiere mai liniștite și mai curate.

## Lemnul ca material de construcție



În plus, lemnul excelează în producția în afara șantierului, reducând semnificativ timpii de construcție cu până la 50%. Cadrele din lemn pot fi pretăiate cu precizie și asamblate cu ușurință cu mai puțini muncitori, mai puține livrări la fața locului și deșeuri minime. Fabricarea într-un mediu de fabrică controlat elimină problemele legate de vreme, reduce probabilitatea apariției defectelor și scade riscul de rănire. În plus, automatizarea sporită a procesului de fabricație reduce dependența de forța de muncă calificată tradițională. În ceea ce privește reducerea costurilor, construcțiile din lemn reprezintă o alternativă mult mai rentabilă la metodele tradiționale de construcție.

### 5.1.4 Un material clasic sau principalul material de construcție în viitor?

Michael Green, un arhitect din Vancouver, este unul dintre principalii susținători ai construirii zgârie-norilor din lemn în America de Nord. În discursul său TED, acesta a declarat că lemnul este cel mai avansat material pe care îl poate folosi și a vorbit despre necesitatea de a crea o realizare semnificativă, precum Turnul Eiffel, folosind lemnul.

## Lemnul ca material de construcție

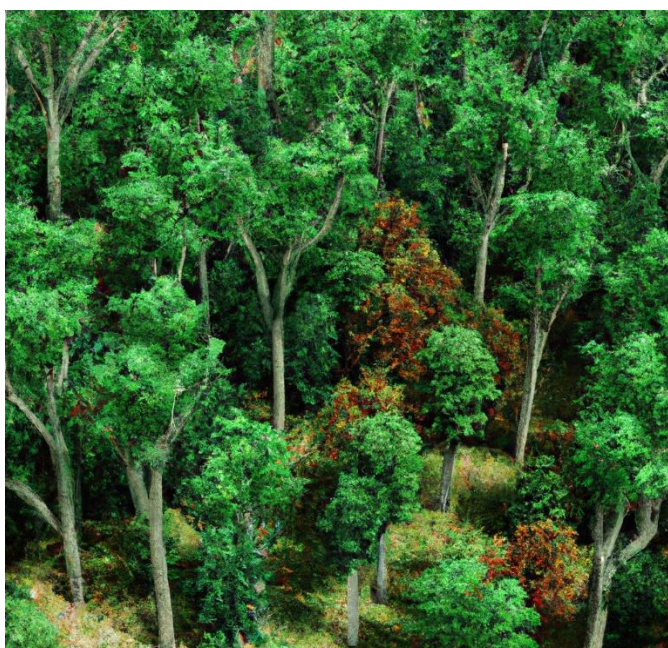


[Video 1](#)

## 5.2 – Gestionarea pădurilor

### 5.2.1. Silvicultură și lemn

În lumea interconectată de astăzi, trebuie să ne gândim la păduri și la lemn în moduri diferite: în zonele noastre locale, în regiunile apropiate și în întreaga lume. În prezent, aproximativ 30% din suprafața Pământului, adică aproximativ 4 miliarde de hectare, este acoperită cu păduri. Însă aceste păduri se micșorează de mulți ani din cauza unor practici precum arderea terenurilor pentru a le folosi ca terenuri agricole, transformarea lor în terenuri pentru ferme și tăierea ilegală a copacilor. Cu toate acestea, viteza cu care dispar pădurile a încetinit puțin între 2010 și 2015. Chiar dacă oamenii plantează aproximativ 4,3 milioane de hectare de noi păduri în fiecare an, încă pierdem 3,3 milioane de hectare de pădure anual.



## Lemnul ca material de construcție

Pădurile din diferite părți ale lumii, cum ar fi zonele tropicale, subtropicale, reci și temperate, sunt esențiale pentru obținerea lemnului pe care îl putem folosi. Dar, atunci când vine vorba de fabricarea produselor din lemn, pădurile cultivate din Europa sunt în centrul atenției. Aceste păduri sunt gestionate într-un mod care este bun pentru o mulțime de lucruri, nu doar pentru obținerea lemnului. Ele ajută la protejarea mediului, oferă locuri de care oamenii se pot bucura și susțin o varietate de plante și animale.

Pe de altă parte, există o mare industrie în întreaga lume care se ocupă de plantarea și creșterea anumitor tipuri de copaci, cum ar fi eucaliptul și pinul cu creștere rapidă, în principal pentru a produce lemn pentru crearea de energie, hârtie și alte produse. Acești copaci sunt cultivați în grupuri mari, iar acest lucru nu este la fel de pozitiv pentru mediu.

În fiecare an, pădurile de pe glob ne oferă o cantitate mare de lemn, aproximativ 3,7 miliarde de metri cubi (adică 2,2 miliarde de tone). Din această cantitate, aproximativ jumătate este utilizată pentru producerea de energie, iar cealaltă jumătate este transformată în diferite produse, cum ar fi lemnul pentru structura clădirilor. Așadar, lemnul este încă foarte important ca material pe care îl putem folosi în continuare și este unul dintre primele trei materiale pe care le folosim cel mai mult și care provine din natură.

### 5.2.2. Prezentul și viitorul resurselor de lemn în Europa

Timp de secole, oamenii din Europa au avut grijă de pădurile lor și chiar au cultivat păduri speciale pentru a obține lemn pentru construcția de case. În Uniunea Europeană, care are 28 de țări membre, există 180 de milioane de hectare de păduri, care acoperă aproximativ 41% din suprafața lor. În mod surprinzător, cantitatea de terenuri împădurite a crescut cu 5% între 1990 și 2010, iar numai în Germania, a crescut cu 48 000 de hectare între 2002 și 2012.

Aceste păduri din Europa conțin foarte mult lemn. De exemplu, în Germania, există aproximativ 3,7 miliarde de metri cubi de lemn, iar în întreaga UE este chiar mai mult, aproximativ 22,5 miliarde de metri cubi. Germania are cele mai mari rezerve de lemn din UE, cu excepția Elveției și Austriei. În medie, în Germania există aproximativ 336 de metri cubi de lemn pe hectar de teren. Iar în Germania, aproximativ 120 de milioane de metri cubi de lemn cresc la suprafață în fiecare an, din care aproximativ 80 de milioane de metri cubi sunt utilizați ca bușteni bruți.

Toate aceste cifre ne spun că Germania dispune din belșug de această materie primă și că nu va rămâne fără ea prea curând. De fapt, un **calcul a arătat că toate clădirile nou construite în Germania ar putea fi realizate cu doar o treime din cantitatea medie de lemn pe care țara o poate obține în mod durabil din pădurile sale.**

Pentru a utiliza lemnul într-un mod sustenabil, trebuie să ne asigurăm că avem grijă de pădurile noastre și că le ajutăm să crească din nou. O modalitate de a face acest lucru

## Lemnul ca material de construcție

este de a avea păduri diverse care să corespundă locațiilor și climei lor specifice. Aceste păduri diverse vor semăna mai mult cu cele naturale și vor rămâne sănătoase în timp. Vor avea o mulțime de tipuri diferite de copaci, mai mult lemn de esență tare și mai mult lemn mort și în descompunere, ceea ce este benefic pentru mediu.

În Germania, au analizat modul în care cresc pădurile și cantitatea de lemn pe care o pot obține în viitor. Ei au folosit un model numit "Waldentwicklungs-und Holzaufkommensmodellierung" (WEHAM), care este un mod elegant de a modela dezvoltarea pădurilor și resursele de lemn. Conform acestui model, se așteaptă ca în următorii 40 de ani să existe aproximativ 80 de milioane de metri cubi de bușteni bruți disponibili în fiecare an. Aceasta înseamnă că cantitatea de lemn din pădurile germane va crește la aproximativ 3,9 miliarde de metri cubi.

Cu toate acestea, ei prevăd, de asemenea, că tipul de lemn pe care îl obțin se va schimba. În prezent, majoritatea buștenilor bruți pe care îi folosesc pentru construcții provin din molid (aproximativ 44%). Dar până în 2027, cantitatea de bușteni de molid disponibilă va scădea la aproximativ 35%. În schimb, vor avea mai mult lemn de esență moale din arbori precum pinul și bradul Douglas. De asemenea, se va înregistra o creștere importantă a numărului de fagi și stejari. Această schimbare se datorează schimbărilor climatice, care vor face ca pădurile de foioase și cele mixte să devină mai importante pentru obținerea lemnului în Europa.

### 5.3 - Standarde de construcție și ghiduri de proiectare a lemnului.

#### Americani:

- American Wood Council (AWC) și International Code Council au lansat o publicație comună, Mass Timber Buildings and the IBC, care oferă o prezentare generală a cerințelor pentru construcțiile din lemn de masă, așa cum se regăsesc în 2015, 2018 și 2021 International Building Code (IBC).
- **Specificațiile naționale de proiectare (NDS) 2018 pentru construcțiile din lemn** au fost elaborate de Comitetul pentru standarde de proiectare a lemnului al Consiliului american al lemnului (AWC) și au fost aprobate de ANSI ca standard național american. NDS 2018 sunt menționate în Codul internațional al construcțiilor 2018. Adăugirile semnificative la NDS 2018 includ noi cuie Ring Shank pentru învelișul acoperișului și prevederi de proiectare a capului de fixare pentru a face față încărcărilor de vânt crescute în ASCE 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- ANSI/AWC 2021 Special Design Provisions for Wind and Seismic (SDPWS) oferă criterii pentru proporționarea, proiectarea și detalierea sistemelor, elementelor și conexiunilor din lemn prelucrat în sistemele de rezistență la forțe laterale. Proiectarea structurilor din lemn pentru a rezista forțelor eoliene sau seismice se face fie prin proiectarea la tensiuni admisibile (ASD), fie prin proiectarea la factorii de încărcare și rezistență (LRFD). Capacitățile nominale de forfecare ale



## Lemnul ca material de construcție

diafragmelor și pereților de forfecare sunt furnizate pentru ansamblurile de referință.

- **Engineering Design in Wood CSA 086, Canadian Standards Association, 2014.**
- **International Code Council. International Building Code. Country Club Hills, Illinois, U.S.A. 2018.**
- **International Code Council. International Residential Code. Country Club Hills, Illinois, U.S.A. 2018.**
- **APA-The Engineered Wood Association. Standard for Performance-Rated Cross Laminated Timber, ANSI/APA PRG 320. Tacoma, Washington, U.S.A. 2020.**

### Europeni:

English title	Description
EN 338	EN 338 - Structural timber ? Strength classes
ETA-14/0349	European Technical Assessment ETA-14/0349 of 02.10.2014
Expertise Rolling shear - no edge gluing, H.J. Blass	Expertise on Rolling shear for CLT
EN 1995-1-2	EN 1995-1-2 - Eurocode 5 — Design of timber structures — Part 1-2: General — Structural fire design
EN 14080	EN 14080 - Timber Structures - Glued laminated timber and glued solid timber - Requirements
DIN EN 1995-1-1	EN 1995-1-1 - Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings
DIN EN 1995-1-1 NA	EN 1995-1-1 - National Annex – Nationally determined parameters – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General ? Common rules and rules for buildings
Technical expertise 122/2011/02: analysis of load bearing capacity and separation performance of CLT elements	Verification of the load bearing capacity and the insulation criterion of CLT structures with Stora Enso CLT
Technical expertise 2434/2012 - BB: failure time $t_f$ of gypsum fire boards (GKF) according to ON B 3410	Expertise on failure time $t_f$ of gypsum wall fire boards according to ON B3410 and gypsum wall boards type DF according to EN 520
EN 1990	EN 1990 - Eurocode ? Basis of structural design
Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe	Fire safety in timber buildings - technical guideline for Europe; publishes by SP Technical Research Institute of Sweden
National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12	ÖNORM EN 1995-1-2 - National specifications concerning ÖNORM EN 1995-1-2, national comments and national supplements, chapter 12
DIN EN 1995-1-2_NA	DIN EN 1995-1-2 - Germany - National Annex - Eurocode 5: Design of timber structures ? Part 1-2: General ? Structural fire design ? National specifications concerning DIN EN 1995-1-2, national comments and national supplements
Expertise Rolling shear, H.J. Blass	Expertise on rolling shear strength and rolling shear modulus of CLT panels
ÖNORM EN 1995-1-1_NA, chapter 7.3	ÖNORM EN 1995-1-1 - Austria - National Annex – Nationally determined parameters – Eurocode 5: Design of timber structures – Part 1-1: General- Common rules and rules for buildings; chapter 7.3

- **Designers' Guide to Eurocode 5: Design of Timber Buildings: EN 1995-1-1.** EN 1995, or Eurocode 5, describes the principles and design rules to be used for the design of timber and wood-based materials in building and civil engineering structures. Designers' Guide to Eurocode 5: Design of Timber Buildings provides guidance on the interpretation and use of the main design requirements of Part

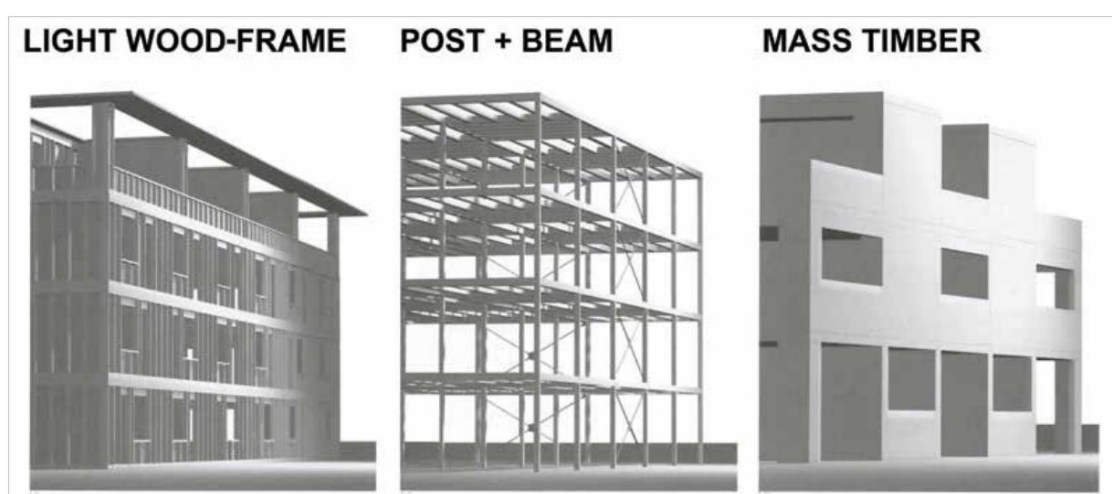
## Lemnul ca material de construcție

1.1. Common rules and rules for buildings, with additional guidance on the principles, requirements and rules of Part 1.2, Structural fire design.

- **Cross-Laminated Timber Structural Design.** Basic design and engineering principles according to Eurocode. proHolz Austria. Working group of the Austrian timber industry for promotion of the application of timber. Vienna/Austria. 2014. ISBN 978-3-902926-03-6

### 5.4– Sisteme structurale în construcțiile din lemn

Cele mai frecvent utilizate sisteme structurale pentru clădiri cu unul sau mai multe etaje sunt prezentate în următoarele figuri [2]:



#### 5.2.1. Construcție ușoară din lemn

Lemnul este în mod frecvent ales ca material principal de structurare pentru locuințe unifamiliale, locuințe multifamiliale și structuri comerciale, datorită rentabilității sale, disponibilității sale pe scară largă și procedurilor simple de asamblare. Tehnicile de construcție cu cadre ușoare sunt frecvent utilizate în construcția de unități de vânzare cu amănuntul, unități medicale, instituții de învățământ și diverse clădiri comerciale [3].

## Lemnul ca material de construcție



Treptat, componentele structurilor cu cadre ușoare sunt fabricate în afara șantierului și asamblate ulterior la șantier.

### 5.2.2. Construcție din lemn masiv

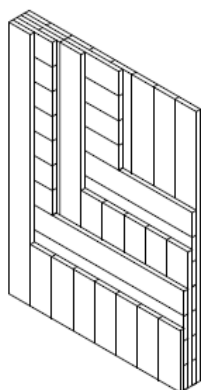
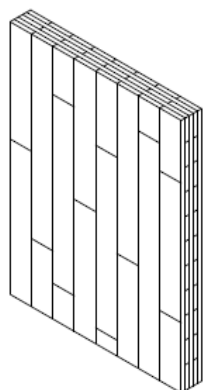
**Lemnul masiv** este o categorie de stiluri de structurare caracterizată, de obicei, prin utilizarea de panouri mari din lemn masiv pentru construcția pereților, podelelor și acoperișurilor. Aceasta include, de asemenea, forme inovatoare de clădiri sculpturale și structuri non-constructive formate din panouri din lemn masiv sau sisteme de încadrare de 2 m sau mai mult în lățime sau adâncime. Produsele din familia lemnului masiv includ

**Lemnul masiv** reprezintă o clasificare a metodologiilor de structurare, care se disting în mod convențional prin utilizarea unor panouri substanțiale din **lemn masiv** în construcția de pereți, podele și acoperișuri. Aceasta cuprinde, de asemenea, configurații inventive de construcții arhitecturale și structuri ne-constructive, formate din panouri din **lemn masiv** sau sisteme de încadrare cu dimensiuni care depășesc 2 metri în lățime sau adâncime. Spectrul de produse din lemn de masă include: [2], [4], [5]:

## Lemnul ca material de construcție



### Lemn stratificat încrucișat (CLT).

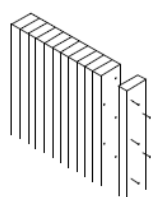
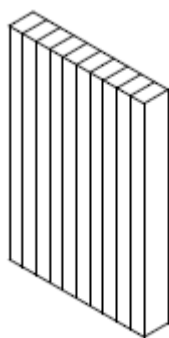


Lemnul stratificat încrucișat (CLT) cuprinde straturi de cherestea dimensionată, de obicei în număr de trei, cinci sau șapte, care sunt dispuse în unghi drept unul față de celălalt și lipite împreună pentru a crea panouri structurale caracterizate prin rezistență, stabilitate dimensională și rigiditate excepțională. Aceste panouri reprezintă o soluție deosebit de rentabilă pentru proiectele arhitecturale cu mai multe etaje și de mari dimensiuni. Unii arhitecți consideră CLT atât un sistem de construcție autonom, cât și un material de construcție versatil, care poate fi integrat perfect cu alte produse din lemn, permițând aplicații hibride și compozite. CLT se pretează la aplicații pentru pardoseli, pereți și acoperișuri și poate fi chiar lăsat la vedere pe suprafețele interioare în scopuri estetice. Natura laminată încrucișată a CLT îi conferă capacități de întindere în două direcții. În plus, CLT poate fi fabricat la comandă în diferite dimensiuni, dimensiunile panourilor variind în funcție de producător.

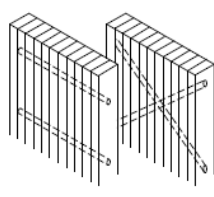
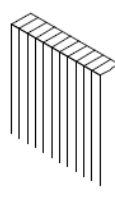
### Lemn laminat cu dibluri (DLT)



## Lemnul ca material de construcție



Nailing

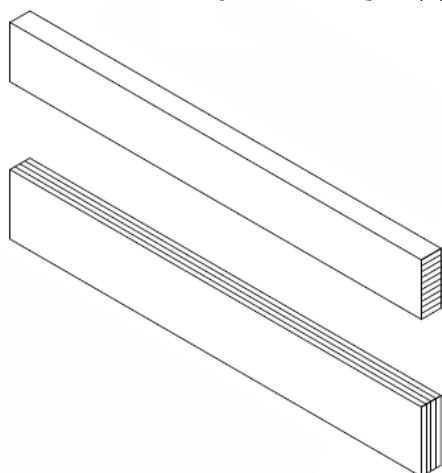

 Dowelling with  
wooden dowels


Gluing

Structurile din lemn stratificat cu dibluri au fost concepute inițial ca componente de plăci, construite din scânduri economice, de calitate inferioară, care sunt asamblate pentru a crea elemente structurale din **lemn masiv** de înaltă calitate, purtătoare de sarcină. Coeziunea mai multor plăci este orchestrată pentru a compensa neomogenitățile inerente ale acestora. Pereții despărțitori din lemn stratificat constau din scânduri din **lemn masiv**, de obicei din lemn de esență moale, cu grosimi cuprinse între 20 și 60 mm, interconectate meticolos. Unitățile de pereți verticali, concepute pentru a permite asamblarea simplă la fața locului, sunt de obicei fabricate în lățimi care facilitează manipularea practică. Aceste panouri pot acoperi întreaga lungime a elementului structural, pot fi îmbinate prin îmbinări cu degete sau pot prezenta îmbinări eșalonate. Grosimea acestor elemente este limitată în primul rând de lățimea maximă a plăcilor, care ajunge de obicei până la 240 mm sau, în cazuri mai rare, până la 280 mm. În forma lor incipientă, scândurile individuale erau legate între ele cu ajutorul cuielor, predominant din oțel, care puteau împiedica semnificativ modificările ulterioare. Cu toate acestea, atunci când plăcile sunt unite prin dibluri din lemn de esență tare, adesea confecționate din lemn de fag, componentele rezultate se pretează la modificări post-fabricare și reciclare, la fel ca lemnul **masiv**.

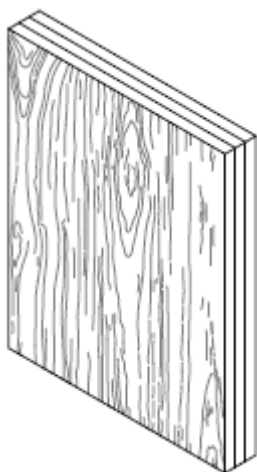
### Lemn lamelar (glulam)

## Lemnul ca material de construcție



Lemnul lamelar, cunoscut în mod obișnuit sub denumirea de Glulam, este constituit din lamine individuale de lemn, selectate și aranjate în mod specific în funcție de caracteristicile lor de performanță și lipite ulterior între ele cu ajutorul unor adezivi durabili, rezistenți la umiditate. Orientarea fibrelor tuturor laminatelor este menținută paralelă cu axa longitudinală a elementului. Glulam prezintă caracteristici remarcabile de rezistență și rigiditate și este oferit într-o varietate de grade de aspect potrivite atât pentru scopuri structurale, cât și arhitecturale. Deși este utilizat în mod convențional ca grinzi și coloane, proiectanții au opțiunea de a utiliza glulam în formă de scândură pentru aplicații de pardoseală sau acoperiș. Natura adaptabilă a fabricării grinzii Glulam permite crearea de "panouri" Glulam, capabile să faciliteze curburi complicate și modele geometrice distinctive. În cazurile în care astfel de configurații inovatoare sunt utilizate pentru panouri de planșeu și acoperiș, lemnul glulam este considerat o extensie a familiei de produse din lemn de masă și este uneori denumit lemn Glulam (GLT).

### Furnir laminat (LVL)



## Lemnul ca material de construcție

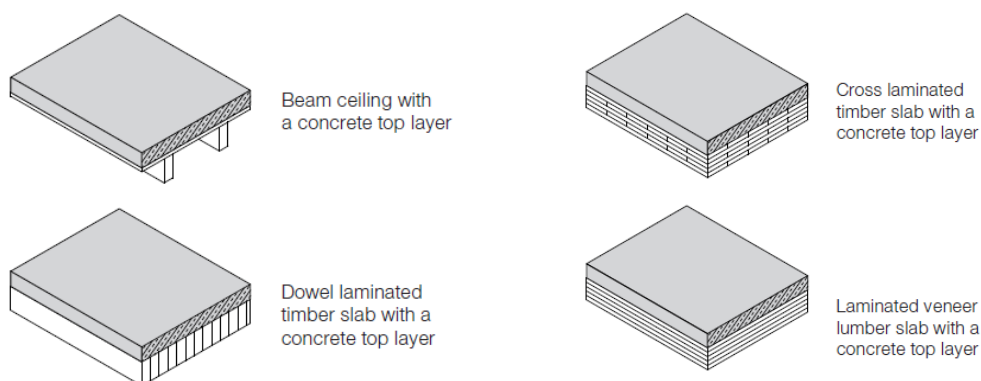
Cheresteaua din furnir laminat (LVL) reprezintă un produs **din lemn masiv** cu un raport rezistență/greutate de două ori mai mare decât cel al oțelului, ceea ce o transformă într-o alegere optimă atunci când sunt necesare atribute precum rezistența, stabilitatea dimensională și capacitatea portantă substanțială. LVL este fabricat din mai multe straturi de furnir de lemn uscat la cuptor, gradat din punct de vedere al rezistenței, lipite meticolos într-un cadru de fabrică controlat. Adaptabilitatea și fiabilitatea structurală dovedită a LVL au precipitat o creștere rapidă a adoptării sale în domeniul construcțiilor **din lemn masiv**.

Fiind unul dintre cele mai robuste materiale de construcție pe bază de lemn în raport cu masa sa, LVL reprezintă o soluție ideală atunci când este necesar un material portant care să fie atât durabil, cât și fiabil din punct de vedere dimensional. LVL se pretează la prefabricarea de precizie și la integrarea fără probleme cu diverse materiale.

Produsul LVL oferit de Stora Enso (<https://www.storaenso.com/en/products>) este fabricat prin lipirea unor furniruri cu grosimea de 3 mm, folosind adezivi de înaltă rezistență. Buștenii folosiți în producția de LVL sunt supuși unui proces de decojire și uscare, care asigură dispersia uniformă a oricăror defecte naturale ale lemnului pe furnir. Acest lucru, împreună cu procesul de laminare, produce un material liniar și uniform dotat cu o rezistență și rigiditate remarcabile.

Grinzile și stâlpii LVL pot fi realizate în panouri cu dimensiuni de până la 24.000 mm x 2.400 mm x 75 mm, care pot fi tăiate la comandă pentru a îndeplini cerințele specifice ale proiectului. Pentru grosimi mai mari de 75 mm, Stora Enso oferă grinzi și coloane LVL G, produse prin relipirea panourilor LVL într-o configurație plană [6].

### Plăci compozite lemn-beton



Conceptul de plăci compozite lemn-beton a fost introdus pentru prima dată în anii 1920, cu scopul principal de a reduce cantitățile de beton și oțel utilizate în construcțiile de plăci. După cel de-al Doilea Război Mondial, această tehnică și-a reînnoit relevanța, în principal pentru consolidarea și renovarea tavanelor cu grinzi de lemn învechite.

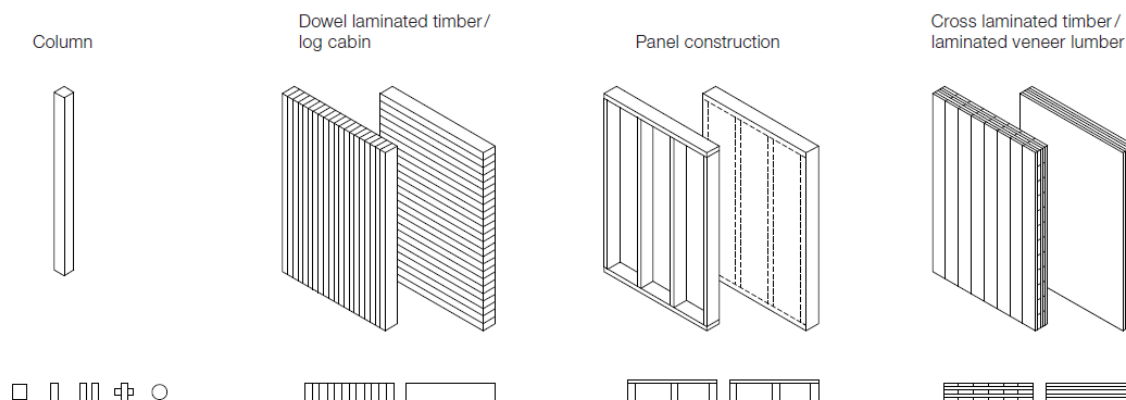
## Lemnul ca material de construcție

Începând cu anii 1990, s-a înregistrat o revenire în aplicarea plăcilor compozite din lemn-beton, în special în proiectele de construcții contemporane. În prezent, aceste plăci constituie cele mai răspândite componente hibride în construcțiile pe bază de lemn. În comparație cu structurile compuse exclusiv din lemn, acestea oferă îmbunătățiri în ceea ce privește integritatea structurală, izolarea acustică și caracteristicile de siguranță la incendiu. În plus, masa lor suplimentară servește la atenuarea vibrațiilor nedorite. În consecință, plăcile compozite lemn-beton sunt deosebit de potrivite pentru construcția de deschideri medii și lungi [5].

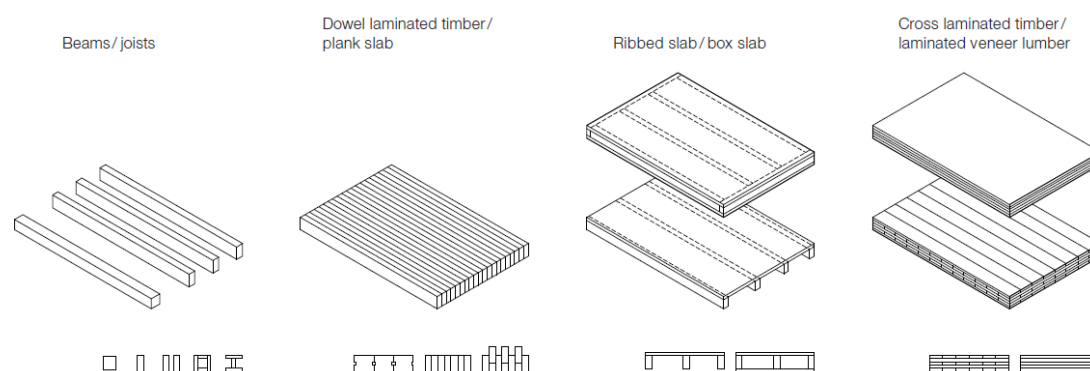
### 5.5 – Elemente structural în construcțiile din lemn

Următoarele figuri ilustrează cele mai comune componente structurale utilizate în mod obișnuit în construcțiile de clădiri pe bază de lemn [5].

#### Elemente structurale verticale:



#### Elemente structurale orizontale:



### 5.6 – Conexiuni în structurile din lemn

Implicațiile financiare ale conexiunilor în cadrul unei structuri din **lemn masiv** pot exercita o influență semnificativă asupra bugetului general al proiectului. Cu toate acestea, complexitatea proiectării conexiunilor **din lemn masiv** transcende simple



## Lemnul ca material de construcție

considerente structurale, cuprinzând preocupări estetice, respectarea reglementărilor privind rezistența la foc, fezabilitatea construcției, adaptarea la schimbările dimensionale ale lemnului datorate umidității și măsurile de protecție împotriva umidității. În consecință, căutarea unei soluții optime devine o provocare cu multiple fațete pentru proiectanți.

Pentru a facilita acest proces complex, WoodWorks a publicat un catalog ușor de utilizat al conexiunilor din lemn, cu scopul de a prezenta gama de conexiuni structurale și arhitecturale din lemn de masă disponibile. Obiectivul este de a simplifica selectarea tipurilor de conexiuni rentabile, echilibrând în același timp alți factori critici [7].

Acest catalog, denumit Indicele conexiunilor **lemnului masiv**, servește drept instrument pentru selectarea tipurilor de conexiuni adecvate pentru un anumit proiect. Aceste tipuri de conexiuni necesită evaluări structurale pentru a le verifica rezistența și rigiditatea. În plus, acestea trebuie să fie protejate în mod adecvat împotriva riscurilor de umiditate și de incendiu, în conformitate cu codurile de proiectare aplicabile structurilor din lemn, fie ele europene sau americane.

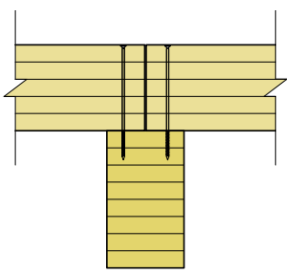
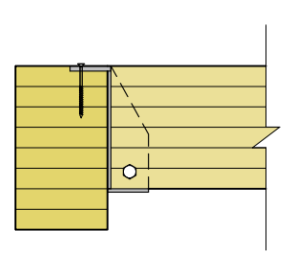
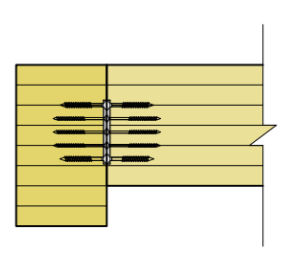
Pentru a accesa catalogul, faceți click [aici](#).

Pentru a sistematiza acest indice, conexiunile structurale au fost clasificate în trei "clase de conexiuni" distincte, grupându-le pe cele cu atribute comune legate de cost, constructibilitate și rezistență la foc. Aceste clase sunt prezentate și exemplificate în tabelul 1 ca fiind clasa 1, clasa 2 și clasa 3. Conexiunile din clasa 1 necesită exclusiv elemente din **lemn masiv** și elemente de fixare structurale. Îmbinările din clasa 2 presupun componente din oțel fabricate la comandă, cum ar fi plăci și unghiuri, în plus față de elementele de fixare structurale. În schimb, conexiunile din clasa 3 sunt alcătuite din conectori prefabricați brevetați oferiți de furnizori precum Simpson Strong-Tie, Rothoblaas, MiTek și alții. Îmbinările de clasă 3 sunt adesea însoțite de teste de coroborare care le demonstrează rezistența și rezistența la foc.

În general, conexiunile de clasă 1 reprezintă cea mai ecopot să nu se alinieze invariabil cu alte cerințe ale proiectului. În schimb, conexiunile din clasele 2 și 3 implică, în general, costuri mai ridicate. Cu toate acestea, conexiunile de clasă 3 ar putea fi deosebit de pertinente atunci când se preferă racordurile ascunse sau atunci când rezistența la foc are o importanță capitală.

## Lemnul ca material de construcție

**TABLE 1: Connection Classes**

Connection class	Class 1	Class 2	Class 3
Class description	Requires only mass timber elements and fasteners	Utilizes steel fabricated elements, with components such as angles and plates, and includes fasteners	Prefabricated proprietary connectors
Connection example			
	Beam Bears on Girder*	Beam Bears on Steel Bearing Seat with Knife Plate*	Beam Connected to Girder with Proprietary Concealed Connector*

\*Table 8 in the *Index of Mass Timber Connections*

### 5.7 – Rezistența seismică a structurilor din lemn

**Titlu video:** "Comparing Timber and Non-Timber Solutions: An Exploration of 8 Seismic and Wind Lateral System Options for Mass Timber Structures"

În această prezentare video, vom analiza gama de sisteme disponibile pentru a conferi rezistență seismică structurilor din **lemn masiv**. În special, ne concentrăm asupra sistemelor verticale de rezistență la forțele laterale, care joacă un rol esențial în rezistența la vânt și la forțele seismice laterale în contextul construcțiilor din **lemn masiv**.

În mod tradițional, sistemele de rezistență la forța laterală verticală din clădirile din **lemn masiv** au deviat adesea de la soluțiile de încadrare bazate pe lemn. Cu toate acestea, o schimbare notabilă a avut loc în ultima perioadă, cu un număr tot mai mare de proiecte care adoptă sisteme centrate pe lemn. Printre acestea se numără pereții de forfecare din lemn ușor, pereții de forfecare din lemn stratificat (CLT) și cadrele contravântuite din lemn. În paralel, există cazuri în care sistemele laterale fără lemn prezintă avantaje convingătoare.

Această prezentare video servește drept resursă ilustrativă, oferind informații despre 8 sisteme laterale utilizate în mod obișnuit în proiectarea și construcția clădirilor din **lemn masiv**.

## Lemnul ca material de construcție



[Video 2](#)

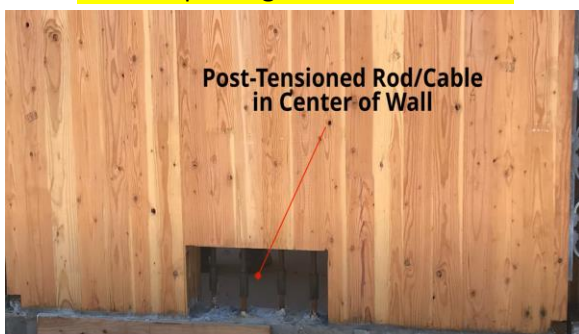
Figura următoare prezintă patru opțiuni de sisteme seismice laterale în lemn.



**Timber op. 1: Light-frame shear walls**



**Timber op. 2: Mass timber shearwalls**



**Timber op 3: Mass timber rocking shearwalls**



**Timber op. 4: Mass Timber Braced frames**

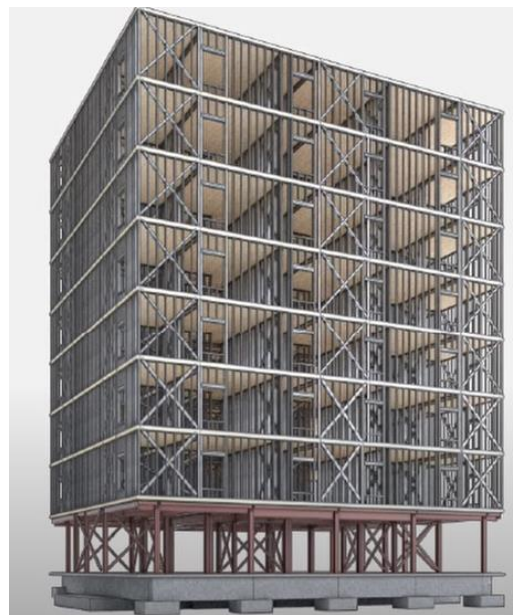


## Lemnul ca material de construcție

Și acum sunt prezentate patru opțiuni de sisteme seismice laterale non-lemn:



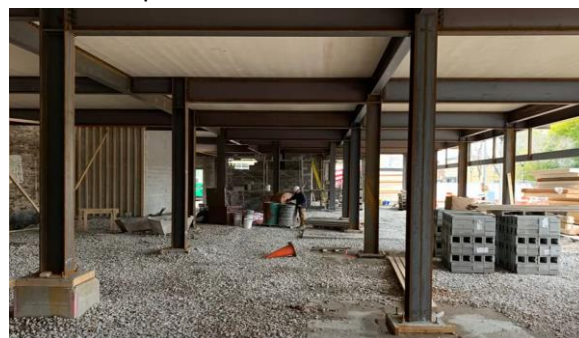
Non-timber op. 1: Concrete shear walls



Non-timber op. 4: Cold-formed steel strud shearwalls



Non-timber op 3: Masonry shearwalls



Non-timber op. 2: Steel braced/moment frames

Standardul european de referință pentru proiectarea clădirilor rezistente la cutremure este:

- EN 1998-1:2004 Eurocode 8: Proiectarea structurilor pentru rezistență la cutremur - Partea 1: Reguli generale, acțiuni seismice și reguli pentru clădiri

Pe de altă parte, ANSI/AWC 2021 Special Design Provisions for Wind and Seismic (SDPWS) oferă criterii pentru proporționarea, proiectarea și detalierea sistemelor, elementelor și conexiunilor din lemn prelucrat în sistemele de rezistență la forțe laterale.

### 5.8– Lemnul și siguranța privind incendiile

Combustibilitatea lemnului rămâne un factor principal care conduce la reglementări și standarde stricte în domeniul construcțiilor, care limitează semnificativ utilizarea



## Lemnul ca material de construcție

acestuia ca material de construcție. Siguranța împotriva incendiilor reprezintă un factor determinant în promovarea unui sentiment de securitate și joacă un rol esențial în selectarea materialelor pentru proiectele de construcții. O condiție prealabilă fundamentală pentru extinderea utilizării lemnului în construcții depinde de asigurarea unor măsuri solide de siguranță împotriva incendiilor [8].

La nivel internațional, numeroase inițiative de cercetare au întreprins în ultimele decenii studiul comportamentului la foc al structurilor din lemn, cu scopul principal de a furniza date și informații esențiale pentru încorporarea în siguranță a lemnului în practicile de construcție. Acest efort concertat a produs concepte și modele inovatoare de proiectare în caz de incendiu, susținute de protocoale de testare cuprinzătoare. Îmbunătățirea cunoștințelor în domeniul proiectării rezistente la foc pentru structurile din lemn, împreună cu intervențiile tehnologice, în special punerea în aplicare a sistemelor de aspersoare și disponibilitatea unor servicii de pompieri bine echipate, au pregătit terenul pentru integrarea sigură a lemnului într-un spectru larg de aplicații. În consecință, mai multe națiuni au inițiat revizuirii ale reglementărilor lor în materie de incendiu pentru a acomoda o încredere sporită în a utilizării lemnului

Armonizarea metodelor de testare și clasificare în caz de incendiu a avut loc recent în Europa, deși cerințele de reglementare privind construcțiile continuă să fie determinate în mare măsură la nivel național. Există standarde europene la nivel tehnic, dar guvernanta siguranței împotriva incendiilor rămâne de domeniul legislației naționale și, prin urmare, este o chestiune de discurs politic. În consecință, se preconizează că reglementările naționale în materie de incendiu vor persista, însă noua armonizare a standardelor europene este promițătoare pentru accelerarea reformelor în cadrul reglementărilor naționale.

Au ieșit la iveală disparități notabile între țările europene, care cuprind variații în ceea ce privește numărul de etaje permise în structurile din lemn și limitările specifice impuse vizibilității suprafețelor din lemn, atât în aplicații interioare, cât și exterioare. Unele țări nu au reglementări explicite sau nu impun restricții privind numărul de etaje pentru clădirile din lemn. Cu toate acestea, un prag practic și economic de opt etaje este utilizat frecvent pentru structurile din lemn. În special, această limită se poate extinde și mai mult pentru aplicații precum fațade, izolații și pardoseli, deoarece aceste componente sunt, de asemenea, frecvent integrate în structuri de beton, exemplificând adaptabilitatea lemnului în diverse contexte arhitecturale."

### 5.8.1 Standarde europene privind siguranța lemnului în caz de incendii

Următorul document Eurocod 5 tratează acest subiect:

- EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: General - Structural fire design.

Există, de asemenea, un ghid pentru protecția împotriva incendiilor a elementelor din lemn din clădiri:

## Lemnul ca material de construcție

- Östman, B., Mikkola, E., Stein, R., Frangi, A., König, J., Dhima, D., Hakkarainen, T., & Bregulla, J. (2010). *Fire safety in timber buildings: Technical guideline for Europe*. SP Report No. 2010:19

### 5.9 - Deteriorarea lemnului datorită agenților biologici

Principalii factori biologici care reprezintă o amenințare la adresa integrității structurale a lemnului sunt ciupercile care degradează lemnul, gândacii saproxilici, termitelile și moluștele și crustaceele marine. În majoritatea scenariilor, ciupercile care putrezesc lemnul își asumă rolul predominant de agenți responsabili pentru deteriorarea lemnului.

Eurocod 5 indică modul în care trebuie să se procedeze pentru a proteja elementele structurale de atacul organismelor:

*Lemnul și materialele pe bază de lemn trebuie fie să aibă o durabilitate naturală adecvată în conformitate cu EN 350-2 pentru clasa de pericol specifică (definită în EIW 335-1, EN 335-2 și EN 335-3), fie să fie supuse unui tratament de conservare selectat în conformitate cu EN 351-1 și EN 460.*

NOTĂ 1: *Tratamentul de conservare poate afecta proprietățile de rezistență și rigiditate.*

NOTĂ 2: *Normele pentru specificarea tratamentelor de conservare sunt prezentate în EN 350-2 și EN 335.*

### 5.10 – Software pentru proiectarea lemnului stratificat.

Software pentru analiza globală a lemnului cu ajutorul elementelor finite:



Aceste trei soft-uri sunt programe comerciale pentru elemente finite. Pentru a modela structura elementelor din lemn cu ajutorul acestor programe, este necesar să fim atenți la introducerea rigidității elementelor structurale.

În cazul panourilor LVL, rigiditatea legată de forțele de încovoiere și forțele normale în plan sunt diferite în direcția fibrelor și în direcția perpendiculară pe fibre.

În cazul panourilor CLT, deoarece acestea sunt construite din straturi orientate în direcții ortogonale, este necesară o matrice de rigiditate specială pentru elementele **shell** care modelează aceste panouri. Cu ajutorul programului de proiectare **CLT**,

## Lemnul ca material de construcție

această matrice de rigiditate poate fi calculată pentru a fi introdusă în programele Sap2000 sau RFEM 5. În cazul software-ului Sofistik FEA, putem modela elemente structurale 2D multistrat, prin urmare, acest software calculează corect matricea de rigiditate a elementelor Shell utilizate pentru a modela panourile CLT.

**Software pentru verificarea proiectării structurilor din lemn în conformitate cu standardele europene:**



### [CLTdesigner - CLTdesigner](#)

Software-ul de proiectare CLT oferă, printre altele, verificările necesare pentru starea limită ultimă (ULS) în ceea ce privește încovoierea și forfecarea pentru sarcini permanente și tranzitorii, precum și pentru situații de proiectare accidentale (incendiu), precum și verificările pentru starea limită de funcționare în ceea ce privește deformarea și vibrațiile în conformitate cu EN 1990 sau EN 1995 pentru sisteme continue, cum ar fi plăcile din lemn stratificat încrucișat.



### [Calculatis – Services and Digital Tools | Stora Enso](#)

Calculatis de la Stora Enso este un instrument gratuit de proiectare a lemnului pentru ingineri. Eficient și complet bazat pe web, Calculatis vă permite să analizați elementele structurale din produsele noastre din lemn **stratificat**, inclusiv produsele din gama Sylva™ de la Stora Enso.

Dezvoltat pentru a răspunde nevoilor inginerilor care lucrează cu construcții din lemn, Calculatis include module de proiectare pentru planșee, acoperișuri, stâlpi, grinzi, capete, suporturi și conexiuni pentru structuri realizate din CLT, LVL, lemn laminat lipit și **lemn masiv**. De asemenea, instrumentul poate efectua analize higrotermice (valoarea U, diagrama Glaser și condensul) și de proiectare în caz de incendiu (criteriile R, E și I) în conformitate cu Eurocod și cu codul elvețian al construcțiilor (**SIA**).

Calculatis sprijină toate etapele proiectului de construcție din lemn cu un flux de lucru eficient și rezultate precise. Cu o parametrizare ușoară și clară, module gata de utilizare și rapoarte ilustrative, instrumentul vă ajută să economisiți timp și să accesați toate calculele într-un singur loc.

## Lemnul ca material de construcție

Software pentru verificări de proiectare a structurilor din lemn în conformitate cu standardele americane:



<http://woodworks-software.com/us-edition/>



Cu WoodWorks® Sizer, dimensionați grinzi, grinzi, coloane, stâlpi de perete și panouri construite din cherestea, lemn, lemn glulam, lemn compozit structural, grinzi I și CLT.



WoodWorks® Shearwalls, proiectează structuri cu cadre din lemn de până la 6 etaje. Prin simpla apăsare a unui buton, sunt generate încărcările eoliene și seismice, sunt distribuite forțele și sunt proiectați pereții de forfecare.



Cu WoodWorks® Connections, puteți proiecta conexiuni formate din șuruburi, șuruburi pentru lemn, cuie, plăci de oțel grele și multe altele. Rezultatele sunt afișate ca desene de calitate CAD complet dimensionate.



## Lemnul ca material de construcție

### 5.11 – Exemplu de proiectare a unei clădiri din **lemn masiv**. Stora Enso.

Compania suedeză Stora Enso ([About us | Stora Enso https://www.storaenso.com/en](https://www.storaenso.com/en)) este un distribuitor de elemente din lemn pentru construcții. Pe site-ul lor web putem găsi mai multe exemple de clădiri construite cu structură din lemn.

#### 5.9.1. Descrierea clădirii

Unul dintre aceste exemple este o clădire rezidențială cu 8 etaje prezentată în figura de mai jos. Aceasta este construită în centrul orașului Helsinki, Finlanda, în 2023.



Principalele sale caracteristici sunt:

- **Sistem hibrid din lemn:** Acest sistem îmbină avantajele unei structuri portante din **lemn de masă** cu un înveliș de clădire foarte prefabricat, neportant.
- **Principiul de proiectare modulară:** utilizează un principiu de proiectare simplu, adaptabil pentru aplicarea modulară pe diferite amplasamente, care permite construirea de clădiri cu o înălțime de până la 8 etaje.
- **Flexibilitate de proiectare:** Sistemul oferă flexibilitate în configurațiile apartamentelor, permițând combinarea de deschideri cuprinse între 3,5 și 5,5 metri, fără a compromite rentabilitatea.
- **Optimizarea spațiului:** Învelișul exterior cu structură din lemn este cu mult mai subțire decât alternativele izolate în mod similar, putând mări suprafața interioară cu până la 5%.
- **Beneficii pentru mediu:** Acest sistem reduce semnificativ emisiile de carbon cu aproximativ 22% în comparație cu un sistem de referință pe bază de minerale pe întregul ciclu de viață (de la stadiile A1 la D5, timp de 50 de ani). În plus,

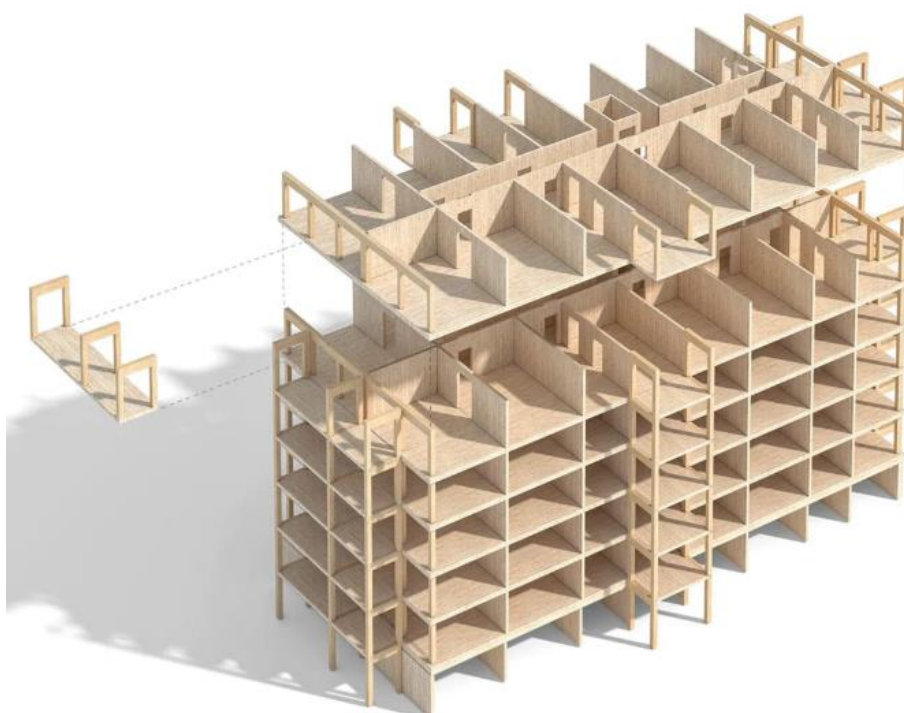
## Lemnul ca material de construcție

reduce carbonul încorporat cu aproximativ 29%, cuprinzând toate materialele de construcție, de la fundații la placări.

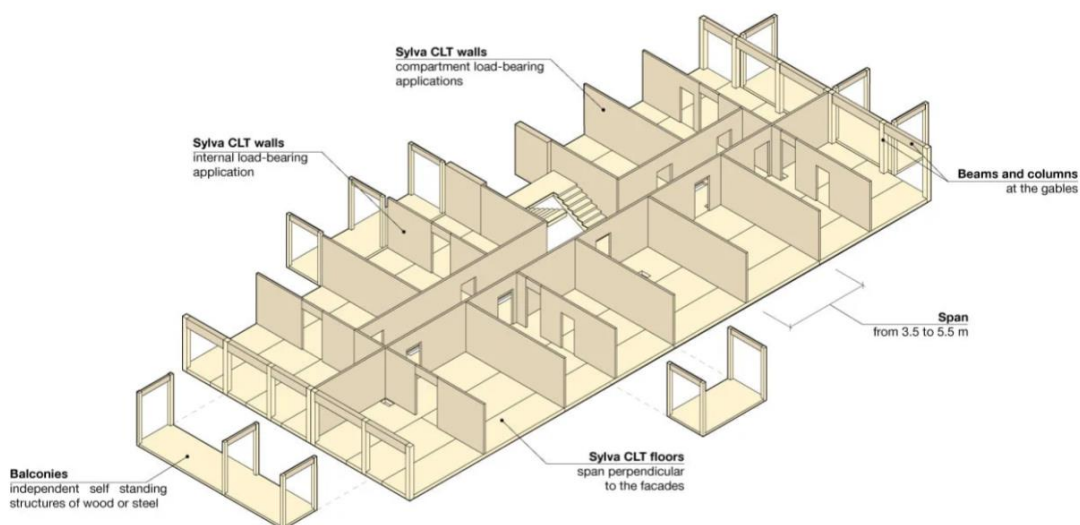
- **Soluții inovatoare pentru balcoane:** inovatoare, autoportante, care elimină nevoia de penetrări prin anvelopa clădirii.

Următoarele figuri prezintă câteva elemente din lemn ale structurii și închiderilor clădirii.

### Structură din lemn.

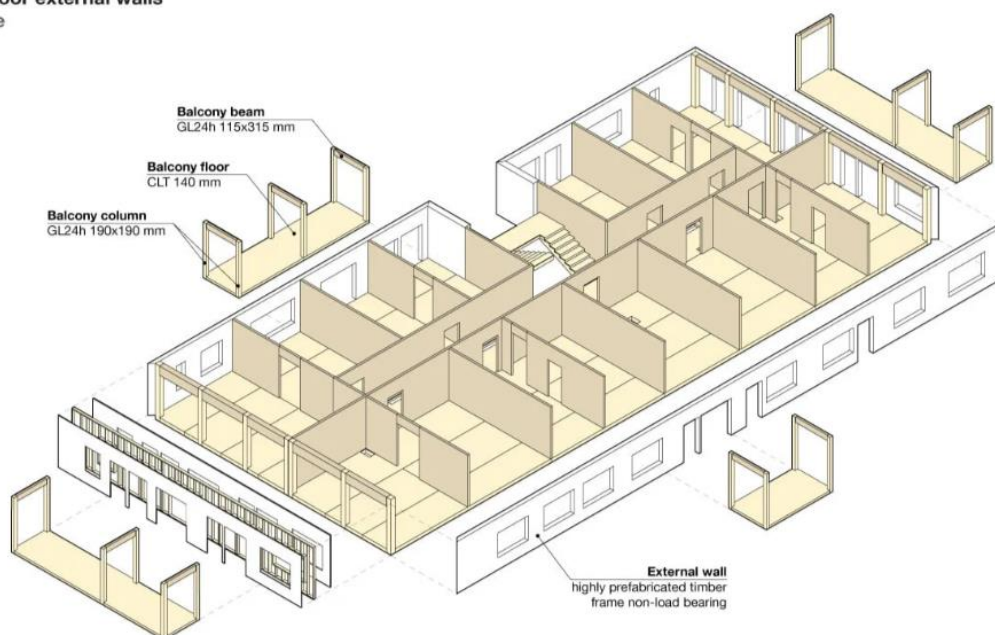


### Standard floor structure principles perspective



## Lemnul ca material de construcție

### Standard floor external walls perspective



### FEM analysis bracing structures

Based on the structural design study by Ramboll Finland

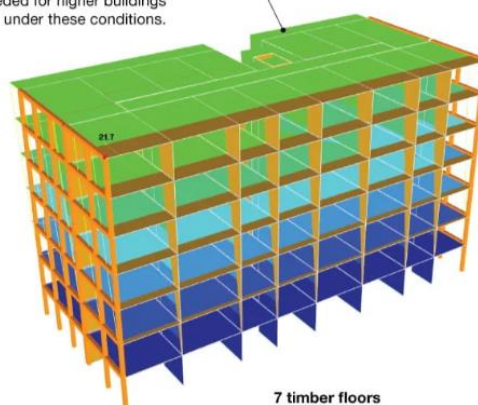
#### Model assumptions

- Wind conditions class I:  $q_w(z)=0,906\text{kN/m}^2$
- Pinned-pinned beams and columns
- CLT walls 120mm
- The stability of the building is ensured by the CLT walls in both directions.

Total horizontal deflection limit: **H/500**

Deflection: 22 mm  
Limit: 48 mm

The building's stability is ensured for 7 floors.  
Thicker walls may be needed for higher buildings under these conditions.



### 5.9.2. Costul clădirii din lemn stratificat.

Întrebați estimarea costurilor pentru structura din lemn de la un subcontractor specializat către un contractor principal:

- Cost de referință: 582 EUR /m<sup>2</sup> [suprafața totală din lemn, suprafața podelei și a acoperișului]
- Durata instalării: Aprox. 16 săptămâni
- Costul include:
  - Kit Sylva, inclusive pereți, podele, scări, balcoane, grinzi și coloane.
  - Conectori
  - Asamblare
  - **Frame contractor margin, risks and premium.**

## Lemnul ca material de construcție

### 5.9.3. Analiza ciclului de viață al clădirii din lemn masiv.

O analiză cuprinzătoare a ciclului de viață al acestei clădiri pe bază de lemn este disponibilă pe site-ul web al Stora Enso și poate fi descărcată ca document PDF (LCA pdf).

Principalele caracteristici ale acestui studiu, realizat de Stora Enso, sunt următoarele:

- **Analiză comparativă:** Studiul include o evaluare comparativă între un proiect cu structură din lemn și un proiect alternativ cu structură din beton. Acesta examinează emisiile de CO<sub>2</sub> pe metru pătrat de suprafață de podea pentru ambele opțiuni pe o durată de viață a clădirii de 50 de ani. De asemenea, analiza identifică cele mai relevante materiale și servicii în ceea ce privește emisiile.
- **Evaluarea întregului ciclu de viață al carbonului:** Evaluarea amprentei de carbon pe întreaga durată de viață a clădirii a fost realizată utilizând modelul de evaluare a ciclului de viață (LCA), folosind "Metoda de evaluare a emisiilor de carbon pe întreaga durată de viață a clădirilor" (ediția 2021), astfel cum este prevăzută de Ministerul Mediului din Finlanda. Această metodă se bazează pe cadrul de durabilitate cunoscut sub numele de Level(s), elaborat de Comisia Europeană, și aderă la standardele stabilite pentru construcțiile durabile.
- **Calculul cu OneClickLCA:** Calculurile au fost efectuate utilizând instrumentul OneClickLCA, o platformă recunoscută pentru evaluarea ciclului de viață în industria construcțiilor.

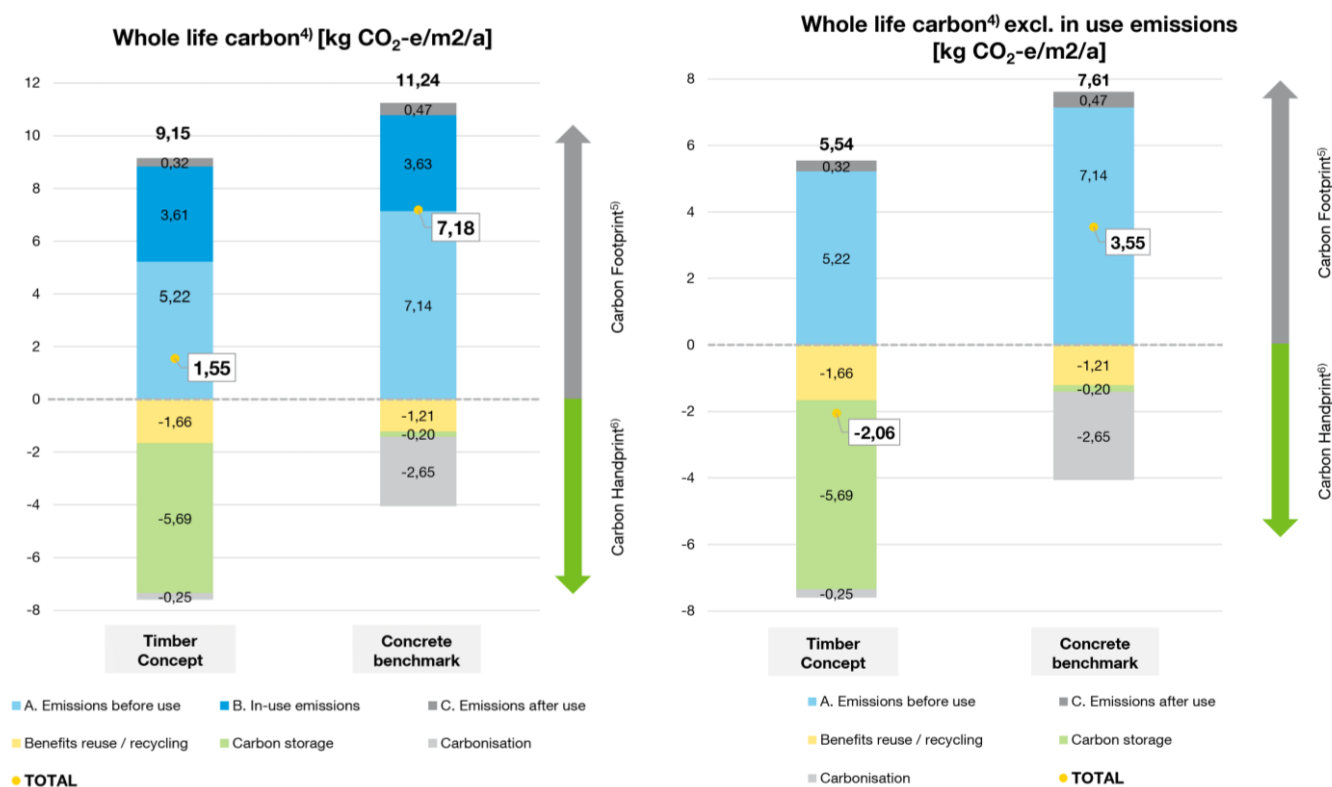
Caracteristicile clădirii analizate în acest studiu LCA sunt:

- Suprafața interioară brută/totală: 4465 m<sup>2</sup>
- Suprafața încălzită netă: 4298 m<sup>2</sup>
- Zona șantierului/ Amprenta la sol: 587 m<sup>2</sup>
- Număr de etaje: 8
- Durata de viață a structurii de cadre: 50 de ani
- Tip de încălzire: Geotermic
- Consum estimate de electricitate / an: 267 MWh



## Lemnul ca material de construcție

### Principalele concluzii ale acestui studiu comparativ LCA:



### Analiza comparativă a emisiilor de carbon:

#### 1. Emisiile totale din ciclul de viață (cu excepția creditelor):

- Construcție din lemn 9.15 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an
- Construcție din beton: 11.24 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an
- Rezultat: Construcțiile din lemn prezintă emisii de CO<sub>2</sub> cu 22% mai mici decât construcțiile din beton pe parcursul întregului ciclu de viață, fără a lua în considerare creditele de reutilizare/reciclare, stocarea carbonului biogenic sau carbonatarea.

#### 2. Emisiile totale din ciclul de viață (incluzând credite):

- Construcție din lemn: 1.55 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an
- Construcție din beton: 7.18 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an
- Rezultat: Construcțiile din lemn demonstrează o reducere remarcabilă de 78% a emisiilor de CO<sub>2</sub> în comparație cu construcțiile din beton pe întregul ciclu de viață, încorporând credite din reutilizare/reciclare, stocarea biogenică a carbonului și carbonatarea.

#### 3. Emisiile totale din ciclul de viață (Excluzând emisiile de utilizare și creditele):

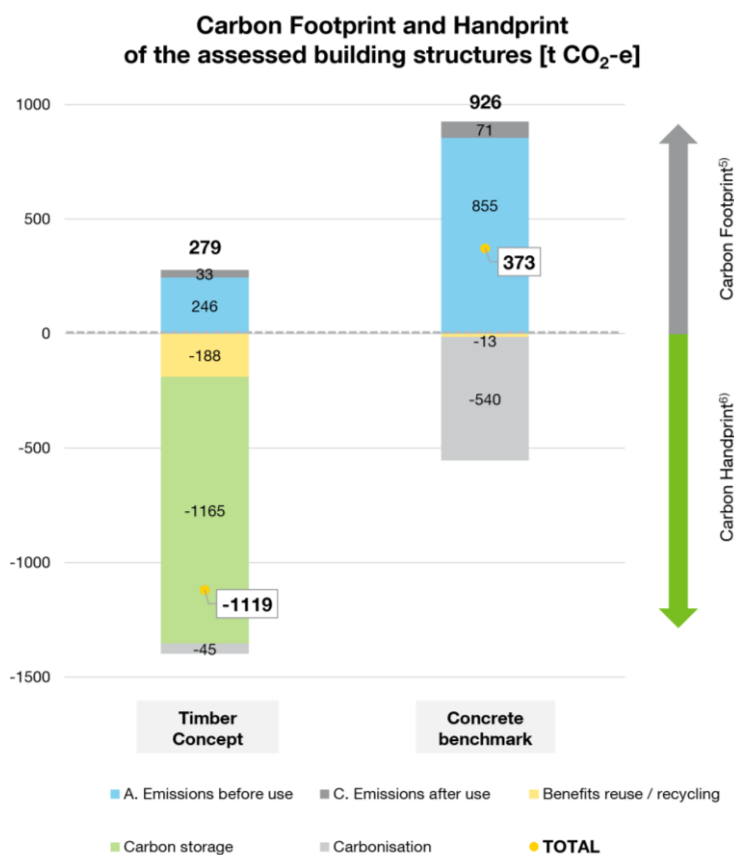
- Construcție de lemn: 5.54 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an

## Lemnul ca material de construcție

- Construcție din beton: 7.61 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an
- Rezultat: Construcțiile din lemn prezintă emisii de CO<sub>2</sub> cu 27% mai mici comparativ cu construcțiile din beton pe parcursul întregului ciclu de viață, excluzând emisiile din timpul utilizării (electricitate, încălzire, răcire) și orice credite rezultate din reutilizare/reciclare, stocarea biogenică a carbonului sau carbonatare.

### 4. Potențialul de încălzire globală (excluzând emisiile de **utilizare și creditele**):

- Construcție de lemn: -2.06 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an (contribuție negativă)
- Rezultat: Construcția din lemn are ca rezultat o contribuție negativă la potențialul de încălzire globală de -2,06 kg CO<sub>2</sub>-e/m<sup>2</sup>/an, excluzând emisiile din timpul utilizării.



### Compararea cadrelor structurale:

#### 1. Emisiile totale din ciclul de viață (cu excepția **creditelor**):

- Cadre din lemn: 279 tone CO<sub>2</sub>-e
- Cadre din beton: 926 tone CO<sub>2</sub>-e

## Lemnul ca material de construcție

- Rezultat: Un cadru structural din lemn emite cu 70% mai puțin CO<sub>2</sub> pe întregul ciclu de viață în comparație cu un cadru structural din beton, fără a lua în considerare creditele rezultate din reutilizare/reciclare, stocarea biogenică a carbonului sau carbonatare.

### 2. Impactul stocării carbonului:

- Conceptul de clădire din lemn stochează 318 tone de carbon pe parcursul ciclului său de viață.
- Aceasta înseamnă că 1 165 de tone de CO<sub>2</sub>-e sunt sechestrate și stocate în această clădire de-a lungul întregii sale durate de viață.

### 3. Emisiile totale din ciclul de viață (incluzând credite):

- **Cadre din lemn:** -1,119 tone CO<sub>2</sub>-e (contribuție negativă)
- **Cadre din beton:** 373 tone CO<sub>2</sub>-e
- Rezultat: Cadrul structural din lemn al clădirii are o contribuție negativă substanțială de -1.119 tone CO<sub>2</sub>-e la potențialul de încălzire globală atunci când se iau în considerare creditele provenite din reutilizare/reciclare, stocarea biogenică a carbonului și carbonatare. În schimb, cadrul structural din beton contribuie cu 373 tone CO<sub>2</sub>-e.

## Referințe bibliografice

- [1] 'The benefits of timber as a building material - Specifier Review', Mar. 16, 2018. <https://specifierreview.com/2018/03/16/timber-building-benefits/> (accessed Sep. 18, 2023).
- [2] 'Mass Timber in North America', *Think Wood*. <https://www.thinkwood.com/continuing-education/mass-timber-north-america> (accessed Sep. 18, 2023).
- [3] 'Light Frame Wood Construction', *Think Wood*. <https://www.thinkwood.com/light-frame-wood-construction> (accessed Sep. 18, 2023).
- [4] T. W. c/o S. L. Board, 'Mass Timber Design Manual'. <https://info.thinkwood.com/masstimberdesignmanual> (accessed Sep. 18, 2023).
- [5] K. Hermann, S. Krötsch, and S. Winter, *Manual of Multistorey Timber Construction*. 2018. doi: 10.11129/9783955533953.
- [6] 'Laminated veneer lumber (LVL) - Wood products | Stora Enso'. <https://www.storaenso.com/en/products/mass-timber-construction/building-products/lvl> (accessed Sep. 18, 2023).
- [7] 'Index of Mass Timber Connections', *WoodWorks | Wood Products Council*. <https://www.woodworks.org/resources/index-of-mass-timber-connections/> (accessed Sep. 18, 2023).
- [8] 'Fire Safety in Timber Buildings: First European Guideline - SFPE'. <https://www.sfpe.org/publications/periodicals/sfpeeuropedigital/sfpeurope3/issue3feature2> (accessed Sep. 18, 2023).

## 6 - Livrabile

Pentru a evalua succesul aplicației, studenții vor trebui să răspundă la un chestionar online.

## 7- Ce am învățat

Beneficiile ecologice ale construcțiilor din lemn

Faptul că stadiul cunoștințelor, tehnicii și standardelor privind lemnul ne permite astăzi să proiectăm clădiri mult mai durabile decât cele din beton, oțel și cărămidă.

Tipurile de elemente din lemn disponibile pentru proiectarea structurilor din lemn.

O listă de instrumente informatice pentru proiectarea structurii din lemn a unei clădiri.

Cu o gestiune adecvată a pădurilor, lemnul poate fi materialul viitorului.

Importanța analizelor LCA pentru a compara impactul asupra mediului al clădirilor din lemn cu cel produs de clădirile din beton.