

# Nosné konštrukcie z krížom lepeného dreva

## Ekologické, ekonomické a atraktívne riešenie (aj) viacpodlažných stavieb.

**Krížom lepené drevo (čes. krížem lepené dřevo, nem. BSP – BrettSPerrholz, angl. CLT – Cross Laminated Timber, obchodný názov v niektorých krajinách X-LAM) je materiál, ktorý sa pomerne rýchlo presadil v masívnych drevených konštrukciách, v bytovej výstavbe a viacpodlažnej výstavbe nielen v Európe, ale aj v USA a Kanade**

### Krížom lepené drevo – technický výrobok z dreva

Pri výrobe „technických výrobkov“ sa surovina – drevo – najskôr rozličnými spôsobmi delí na menšie kúsky určitých rozmerov a vzápätí spája pomocou lepidiel alebo – v špeciálnych prípadoch – mechanickými spojovacími prostriedkami.

Touto procedúrou sa môžu anizotropické efekty dreva odstrániť alebo prinajmenšom redukovať. Okrem prúťových prvkov (laty, dosky) sa vyrábajú aj dvojrozmerné elementy s pomerne veľkými a premenlivými rozmermi vo forme dosiek (zaťažované kolmo na rovinu elementu) a stien (zaťažované v rovine elementu). Tieto výrobky majú navyše výhodu v tom, že sa na ich výrobu dá použiť drevo horšej kvality alebo tiež recyklované drevo. Zmenšený vplyv jednotlivých porúch materiálu, akými sú suky, šikmý priebeh vlákien, zmeny hustoty atď., na fyzikálne vlast-

nosti umožňuje vyrobiť produkt s homogénnymi vlastnosťami.

Označenie výrobkov ako „technické“ súvisí so skutočnosťou, že takýmto spôsobom sú vyrábané produkty s „technickými“ a „vytvorenými“ vlastnosťami v porovnaní s prirodzenými vlastnosťami guľatiny alebo reziva.

V závislosti od veľkosti používaných častí a ich vzájomnej orientácie (smer vlákien použitých častí je paralelný alebo kolmý na hlavný smer elementu) sa dá vyrobiť široká škála výrobkov s určitými rozmermi.

### Výrobky zložené z dosiek

Základnými komponentami týchto výrobkov sú dosky hrúbky 6 až 40 mm, šírky viac ako 60 mm a dĺžky spravidla od 1,5 do 5,0 m (dĺžka 4,0 m je považovaná za štandardnú). Pre použitie dosiek je potrebné ich triedenie podľa príslušných predpisov a noriem. Za normálnych okolností sú

dosky vysušené na vlhkosť 12 až 18 % a pred ďalším použitím sú ohobľované. Podľa spôsobu použitia môžu byť dosky spájané zubovitými spojmi. V takomto prípade sa doska označuje pojmom „lamela“.

### • Výrobky s výrazným dĺžkovým rozmerom (nosníky)

Ak sú zlepené viac ako štyri vrstvy rovnobežne s pozdĺžnou osou, vzniká zrejme najdôležitejší technický výrobok z dreva – lepené lamelové drevo, používané na prúťové prvky.

### • Výrobky s dvoma hlavnými rozmermi – Dosky s jednou rovinou

Dosky s jednou rovinou vznikajú vzájomným lepením jednotlivých dosiek na úzkych stranách. Takéto výrobky sú na nosné účely používané veľmi zriedkavo. Používajú sa hlavne v nábytkárskom priemysle. Na ich výrobu sú vyžívané rôzne dreviny.


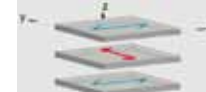
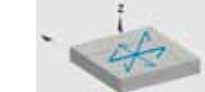




### – Dosky osadené „nastojato“ a mechanicky spájané (BRESTA) a priečne predpäté drevené prvky

Výrobok BRESTA vzniká z dosiek uložených nastojato, ktoré sú vzájomne klincované alebo skrutkované. Používajú sa väčšinou pre stropné konštrukcie, ale aj pre stenové a strešné konštrukcie. Do tejto skupiny patria aj lepené lamelové prvky, ktoré sú zaťažované priečne. Elementy, ktoré vzniknú priečnym predpätím nastojato uložených dosiek, sa využívajú ako mostovky drevených mostov.

### – Krížom lepené drevo (v ďalšom bude použité označenie z angličtiny – CLT)

Krížom lepené drevo je zložené z nepárneho počtu rovin tvorených doskami. Ich ortogonálne usporiadanie umožňuje výrobu elementov veľkých rozmerov. Tento produkt zohráva dôležitú úlohu z hľadiska použitia dreva pre viacpodlažné budovy.

Obr. 1: Prehľad technických výrobkov s výraznými rozmermi v dvoch smeroch

Orientácia vlákien komponentov		Orientácia častí v jednom smere		Orientácia častí ortogonálne		„Lubovoľná“ orientácia častí	
							
Jednoduché drevené komponenty							
Drevené vlákna (časti)		extrudát	–	vláknité dosky			
Triesky		pozdĺžne orientované triesky (LSL); paralelné triesky (Parallam)	orientované triesky (OSB)	–			
Dýhy		pozdĺžne orientované dýhy (LVL)	preglejky, KERTO dosky	–			
Dosky		lepené lam. drevo, BRESTA	krížom lepené drevo (CLT)	–			

### Výroba krížom lepeného dreva Od dosiek k elementom – výroba CLT-elementov

Základným materiálom pre výrobu CLT-elementov dreva sú dosky z okrajových častí kmeňa. Tento materiál má za normálnych okolností nízku cenu a zároveň dobré mechanické vlastnosti z hľadiska pevnosti a tuhosti.

Šírka jednotlivých dosiek v CLT sa pohybuje od 80 do 240 mm, hrúbka bežne od 10 do 45 mm (závisí od výrobcov – niekedy až do 100 mm). Pomer šírky a hrúbky by mal byť b:d = 4:1. V súčasnosti je používané ihličnaté drevo (smrek, borovica, jedľa), v budúcnosti sa uvažuje s používaním listnatých drevín (agát, buk).

Charakteristickými vlastnosťami jednotlivých dosiek je pevnosť v ťahu, modul pružnosti a hustota. Na vonkajšie vrstvy sa používajú dosky pred-

písanej triedy pevnosti. Dosky sú najskôr strojovo triedené. Nasleduje vyznačenie a vyrezanie úsekov v doske, v ktorých boli identifikované nejaké nehomogenity. Potom sú dosky spájané zubovitými spojmi a lepené. Na lepenie sú používané polyuretánové, fenolické a melamínové lepidlá. Podľa triedy použitia vyrábaného prvku sa určuje potrebná vlhkosť dosiek.

V ďalšom kroku sú lamely hobľované zo všetkých štyroch strán. Bočné strany sú paralelné alebo tvarované kónicky alebo sú frézované na pero a drážku.

Zubovité spoje musia byť zhotovené podľa EN 385. V spoji musí byť dosiahnutá tá istá kvalita, akú má spájaný materiál. Podľa EN 1194:1999-09 je nutné, aby charakteristická pevnosť spoja v ťa-

hu ( $f_{t,0,1,k}$ ) bola vyššia o 5 N/mm<sup>2</sup>, než je pevnosť príslušnej dosky.

Bočné spájanie jednotlivých lamiel sa v súčasnosti používa skôr výnimočne než pravidelne. Zubovité spoje v jednotlivých lamelách by mali byť v rámci susedných lamiel odsadené podľa EN 386.

Typická stavba jednotlivých vrstiev v krížom lepenom dreve je ortogonálna. Vrstvy však môžu byť ukladané aj pod iným uhlom (napr. 45 °). Kvázi tuhé spojenie jednotlivých vrstiev sa dosiahne celoplošným zlepením vrstiev. Je dôležité, aby lepidlo bolo nanosené na celú plochu rovnomerne.

Veľkosť a tvar CLT-elementov sú dané obmedzením výroby, prepravy a montážnych možností. V súčasnosti sú ako štandardné označované nasledovné rozmery pre rovinné a mierne

zakrivené elementy: dĺžka 16,5 m, šírka 3,0 m a hrúbka do 0,5 m. Väčšie dĺžky (do 30 m) sa dajú dosiahnuť spájaním zubovitými spojmi už hotových elementov. Pre zakrivené prvky musia byť dodržané zásady hrúbky vrstiev a polomeru zakrivenia – pozri napr. EN 386:1995.

Pri výrobe CLT-elementov sa na dosiahnutie požadovaných pevnostných a požiarnych vlastností používajú rôzne konfigurácie pozdĺžnych a priečných vrstiev.

Troj- alebo päťvrstvové elementy majú hrúbku približne 100 mm (170 mm). Pri stavbe mostov sa používajú hrubšie elementy.

CLT-elementy sa predávajú s neopracovaným povrchom vonkajších vrstiev, tzv. priemyselná kvalita. Opracovaný povrch, tzv. pohľadová kvalita sa robí na objednávku.

Niektoré používané typy vonkajších vrstiev sú nenosné (napr. drevené obkladové profily, OSB dosky, sádrovláknité dosky). Vtedy sú použité kvôli estetickým požiadavkám, stavebno-fyzikálnym požiadavkám (zvuková nepriezvučnosť) alebo kvôli zlepšeniu požiarienej odolnosti. Tieto vrstvy sú k CLT-elementu skrutkované, klinované alebo lepené.

#### Produkcia krížom lepeného dreva

Je pozoruhodné, akým tempom narastá objem výroby tohto produktu. Od roku 1995, kedy sa začala jeho výroba a bolo vyrobených 25 000 m<sup>3</sup>, stúpla jeho výroba do roku 2010 takmer 15násobne a v budúcom roku sa očakáva výroba 560 000 m<sup>3</sup>!



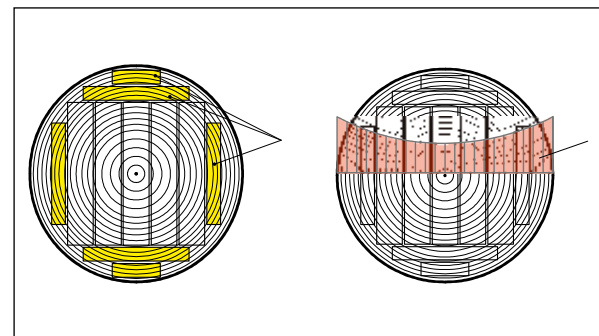
Obr. 2: Veľká tribúna v jazdeckom areáli v Pezinku, zhotovená v roku 2010, je súčasťou komplexu drevených konštrukcií – 2 tribúny, jazdecká hala s rozpätím 37 metrov, stajňa, boxy pre 250 koní a altánky pre návštevníkov



Obr. 3a, 3b a 3c: Nosná strešná konštrukcia bazénu a promenády, Aquapark Podhájska 2010, foto: František Lužica, Tectum Novum



Obr. 4: Nastojato uložené dosky spojené mechanickými spojovacími prostriedkami (BRESTA) ako stropná doska (vľavo), priečne predpätá drevená mostovka (vpravo)



Obr. 5: Dosky z okrajových častí kmeňa (vľavo), rozdelenie mechanických vlastností v priereze kmeňa (vpravo)

95 % celkovej produkcie strednej Európy sa nachádza najmä v Rakúsku (cca 63 %), v Nemecku (cca 26 %) a vo Švajčiarsku (cca 6 %). Úspešne a vysokým tempom sa začína vyrábať v USA a v Kanade [1]. V súčasnosti existuje asi 15 hlavných výrobcov, pričom v budúcom roku je predpoklad zvýšenia ich počtu až na 20.

#### Modelovanie CLT-elementov

Pri navrhovaní konštrukcie musia byť splnené všetky požiadavky jednak pre konštrukciu ako celok a jednak pre jednotlivé časti konštrukcie (napr. CLT-elementy). Únosnosť a použiteľnosť CLT-elementov je ovplyvnená veľkosťou elementu, otvormi v elemente (dvere, okná, komíny, schodiská, svetlíky), skladbou priečneho rezu (počet a hrúbka vrstiev, pevnostná trieda vrstiev, typ dreveniny, usporiadanie vrstiev).

#### Normy

V súčasnosti nie sú (okrem *DIN 1052:2004*) v európskych normách uvedené postupy navrhovania CLT-elementov. Jednotliví výrobcovia používajú pre výrobu, navrhovanie a použitie CLT-elementov národné technické predpisy.

Mechanické parametre CLT-elementov môžu byť stanovené na základe vlastností jednotlivých vrstiev a jednotlivých dosiek vo vrstve. Výpočtový model bol publikovaný napr. v [2].

#### Modelovanie a navrhovanie CLT-elementu ako dosky

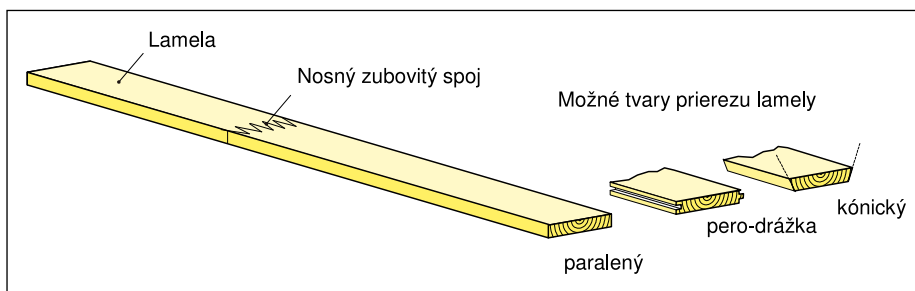
V závislosti od rozmerov elementu (od pomeru dĺžky a šírky  $l:b$ ) a od spôsobu uloženia sa uvažuje pôsobenie zaťaženia v jednom alebo dvoch smeroch. CLT-dosky sú uvažované ako prostý nosník alebo viacpoľový nosník. Ak sa predpokladá ohyb v dvoch smeroch, musí sa uvažovať s jednoduchým spojením jednotlivých dosiek vo vrstve.

Masívne CLT-stropy sa posudzujú ako tuhé dosky (ak zaťaženia pôsobia plošne), ktoré môžu prenášať zároveň horizontálne zaťaženia (od vetra, seizmicity atď.).

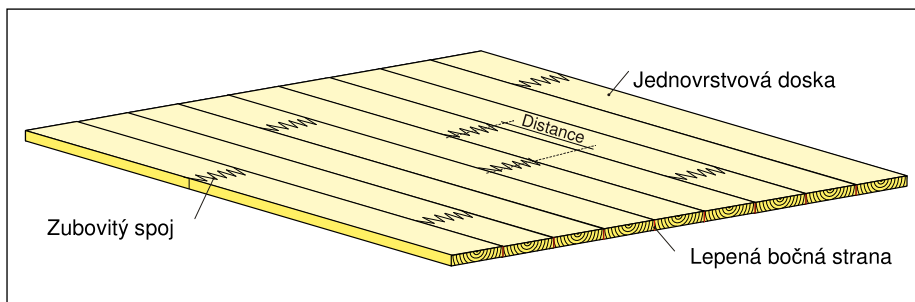
Pomôcku pre projektantov ponúka rakúska spoločnosť Holz.bau Forschungs GmbH Graz pod vedením prof. Gerharda Schickhofera z Technickej univerzity v Grazi. Softvér „CLT designer“ je bezplatný, je spracovaný v nemčine, angličtine, taliančine a francúzštine. S jeho pomocou je možné navrhovať dosky a steny a tiež navrhovať CLT-elementy na požiarne zaťaženie.

#### Modelovanie a navrhovanie CLT-elementu ako steny

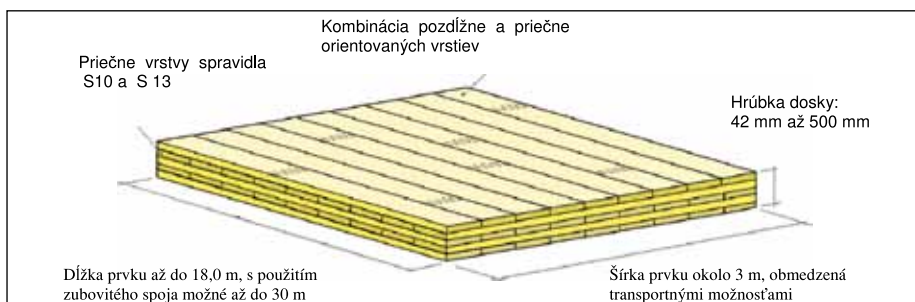
Na modelovanie CLT-elementov ako stien sa môže použiť model priehradovej konštrukcie alebo rámový model. Pri presnejšom výpočte možno použiť metódu konečných prvkov. Na zohľadnenie dverných a okenných otvorov musia byť vytvorené príslušné modely.



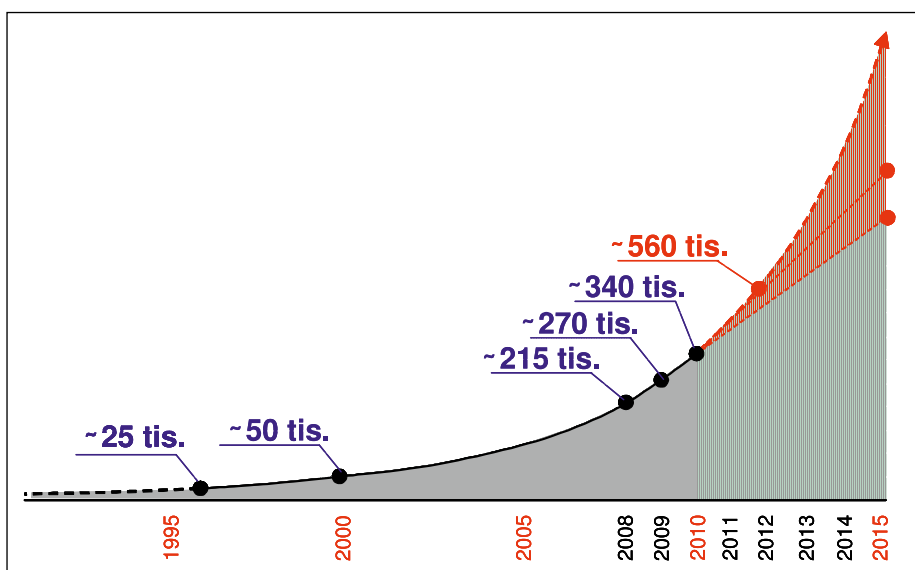
Obr. 6: Lamely s paralelnými, profilovanými alebo kónickými bočnými stranami



Obr. 7: Jednovrstvová doska – lamely sú lepené na bočných stranách iba zriedkavo



Obr. 8: Päťvrstvový CLT-element



Obr. 9: Rast produkcie krížom lepeného dreva v Európe od roku 1995, autor: R. Brandner [1]

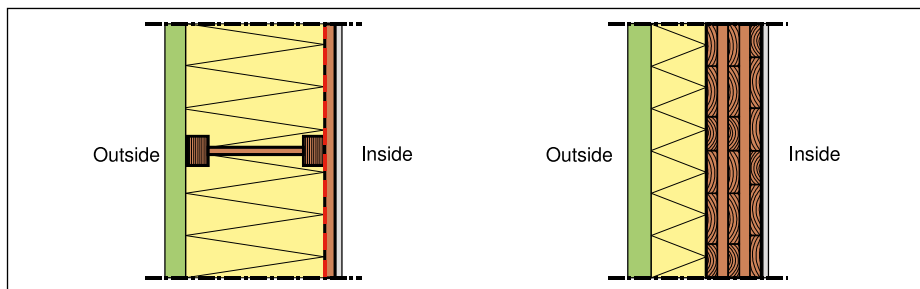
#### Použitie CLT-elementov v jedno- a viacpodlažnom objekte

Systém masívnej výstavby z dreva je charakterizovaný použitím CLT-elementov.

Vzhľadom na rozmery prvkov a pomer výšky resp. dĺžky elementov k ich hrúbke sa elementy

dajú klasifikovať ako plošné prvky (steny, dosky). Použitie je vhodné nielen na veľké vonkajšie a vnútorné steny, stropy a strechy, ale sú možné aj kombinácie s prútoými prvkami – prievlakmi a stĺpmi.

Na projekte trojpodlažných bytov v meste L'Aquila boli použité tieto dva varianty skla-



Obr. 10: Priechyň rez steny rámovej konštrukcie (vľavo) a masívnej konštrukcie (vpravo)

dieb stien (projekt bude popísan v budúcom čísle):

Variant 1:	Variant 2:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– cementotriesková doska</li> <li>– odvetranie 10 mm</li> <li>– tepelná izolácia 30 mm</li> <li>– XLAM 110 mm</li> <li>– tepelná izol. a inštalačná rovina 50 mm</li> <li>– sádrokartón 12,5 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ometka</li> <li>– tep. izolácia 100 mm</li> <li>– XLAM 163 mm</li> <li>– inštalačná rovina 50 mm</li> <li>– sádrokartón 2x 12,5 mm</li> </ul>

Rakúska spoločnosť ProHolz na stránke [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com) ponúka architektom, projektantom a ďalším záujemcom o použitie dreva v stavebníctve katalóg skladieb stien, stropov a striech s vypočítanými stavebnofyzikálnymi vlastnosťami a hmotnosťou jednotlivých vrstiev. Využívanie katalógu je bezplatné, stránka je v nemčine, angličtine, taliančine a španielčine. V katalógu je spracovaných niekoľko stoviek rôznych skladieb s drevom ako nosnou a tiež nenosnou konštrukciou.

### Steny, stropy a strešné elementy

Steny s otvormi (okná a dvere), stropy s otvormi (schodiská, komíny) a strešné elementy s otvormi (svetlíky) sa dajú realizovať spravidla bez ďalšej dodatočnej práce a ďalších dodatočných zosilnení.

Zo skúseností je známe, že hrúbka 5vrstvového stropného elementu vo viacpodlažnom objekte (do troch podlaží) je približne 95 mm. Minimálna hrúbka stenového prvku je závislá od rozpätia a typu použitého výrobku. Vo všeobecnosti sa neodporúča menšia hrúbka ako 75 mm.

V závislosti od usporiadania stropu, tiazde podlahových vrstiev a úžitkového zaťaženia sa dajú hospodárne realizovať stropy s rozpätím 4,0 až 5,0 m pomocou 5vrstvových elementov hrúbky 125 mm až 160 mm. Pre väčšie rozpätia stropu a vyššie stenové prvky sa môžu použiť trámové alebo komôrkové stropné konštrukcie so stenami z nosníkov z lepeného lamelového dreva.

Masívne steny, stropy a strešné elementy sa dajú vyrábať spolu s predpripravenými prípojami veľmi presne. Dá sa tak usporiť čas a náklady spo-

jené s korigovaním nepresností výroby na stavbe. Izolácie, debnenia, obklady a fasádne elementy sa dajú pripojiť jednoducho a rýchlo.

### Požiarna odolnosť konštrukcií s použitím CLT-elementov

CLT-elementy sú zložené z dreva a prípadne z materiálov na báze dreva, ktoré môžu horieť. Napriek tejto skutočnosti sa správanie dreva v prípade požiaru považuje za vhodné. V prípade požiaru vytvoria vonkajšie zhorené vrstvy ochrannú izolačnú vrstvu („rovinu pyrolýzy“), čím sú ďalšie vrstvy pred požiarom chránené. Teplo sa rozširuje pomalšie a horenie sa spomalí. Zmenšenie odolnosti prvku je spôsobené zmenšením prierezu.

V rámci požiarnych skúšok musí byť zohľadnená strata vonkajšej vrstvy. To znamená, že v 5vrstvovom elemente v prípade 30minútového požiaru zhorí najmenej jedna vrstva. Z pôvodného elementu s tromi pozdĺžnymi a dvomi priečnymi vrstvami sa po 20 minútach pôsobenia požiaru stane element s tromi vrstvami. Tento však pôsobí ďalších tridsať minút ako element s tromi vrstvami (horí vlastne druhá, nenosná (priečna) vrstva).

Experiment so 120 mm hrubým 5vrstvovým CLT-elementom ukázal, že sa dá dosiahnuť 60minútová požiarna odolnosť. Pri určitej skladbe vonkajšej roviny a/alebo opláštením elementu dodatočnou vrstvou (napr. sádrokartónom) sa dá dosiahnuť ešte vyššia požiarna odolnosť.

### Spojovacia technika pre CLT-elementy

Použitím veľkých elementov v masívnej výstavbe vzniká iba málo spojov. Tieto sú rozdelené podľa spájaných prvkov na spoje stena–stena, stena–základ, stena–strop a strop–strop. Spoje sú zväčša realizované mechanickými spojovacími prostriedkami.

Zhotovenie spojov CLT-elementov v uvedeních miestach a ich dimenzovanie prebieha väčšinou rozdelením spoja do jednotlivých bodov. Používanými spojovacími prostriedkami sú samorezné drevoskrutky, vlepované tyče do dreva, kolíky a svorníky. Môžu byť použité aj spojovacie systémy s príslušným technickým osvedčením.

V spoji stena–strop a stena–základ sa vyskytujú prevažne tlakové napätia vznikajúce od vlastnej tiazbe konštrukcie. Ťahové sily vznikajú zriedka-

vo – napr. v prípade montáže a/alebo určitej geometrie jednotlivých dielcov. Ťahové sily musia byť zachytené vhodnými spojmi.

Musia byť dodržané pravidlá pre vzdialenosti spojovacích prostriedkov, pre predvrtanie otvorov, pre lepené dĺžky atď. Pri vzniknutej medzere medzi jednotlivými doskami (môže vzniknúť pri výrobe) je potrebné túto pri návrhu spoja zohľadniť.

V dôsledku kolmej orientácie vrstiev (0°, 90°, 0° ...) možno očakávať iné pevnostné a tuhostné pomery spoja, ako pri navrhovaní prútových prvkov. Pre spojovacie prostriedky používané v súčasnosti (samorezné drevoskrutky, vlepované tyče, kolíky a svorníky) je dôležité predpokladať určitý model pôsobenia spoja. Tieto modely sú v súčasnosti vyvíjané. Pred použitím novovyvinutého spoja je nutné jeho experimentálne skúšanie.



Obr. 11: Montáž stien a stropov z CLT, foto Proholz

### ● Drevoskrutky

Priečne zaťažené drevoskrutky musia mať menovitý priemer  $d_s$  minimálne 4 mm. Zároveň musia byť aspoň štyri strihovité plochy. Ak je priemer skrutky väčší ako 10 mm, vyžadujú sa aspoň dve strihovité plochy. Skrutky sa môžu použiť v CLT-elementoch aj do čelných plôch, ak sú dodržané príslušné predpisy.

Ak vo vnútorných vrstvách existujú medzi spájanými doskami medzery, tak sa za nosnú vrstvu pre spojovacie prostriedky považuje iba vonkajšia vrstva. Kvôli tejto skutočnosti je výhodnejšie, ak sú dosky jednotlivých vrstiev spájané na kratších stranách lepením.

Veľmi dobrým spojovacím prostriedkom s vysokou únosnosťou sú samorezné drevoskrutky, ktoré sú zároveň hospodárnym riešením. Vyrábané sú priemery 8, 10 a 12 mm, dĺžky až do 600 mm. Môžu sa použiť bez predvrtania pod rôznymi uhlami vzhľadom na vlákna dreva. Tieto skrutky sú väčšinou zaťažené osovo, čo umožňuje prenos pomerne veľkých síl.

### ● Vlepované tyče

Vlepované tyče sú primeraným spojovacím systémom CLT-elementov. Umožňujú spoje-



Obr. 12: Predpripravená konštrukcia balkóna bytového domu pripájaná pomocou vlepaných tyčí, projekt L'Aquila, foto: Proholz



Obr. 13: Spoj stropná doska – stropná doska, autor: Brandner [1]

nie úzkych strán a prenos veľkých síl v prípade pôsobenia zaťaženia priečne a pozdĺžne vzhľadom na os.

V prípade, že dosky elementu nie sú lepené na užších stranách, môže vlepaná tyč prechádzať cez nezlepenú medzeru, čím sa jej únosnosť výrazne zmenší.

### ● Kolíky a svorníky

Kolíky a svorníky sa môžu používať na spájanie CLT-elementov, sú zaťažené priečne. Musí byť zohľadnený smer rovín priečného rezu elementu. V prípade, že dosky elementu nie sú lepené na užších stranách, môže kolík alebo svorník prechádzať cez nezlepenú medzeru, čím sa jeho únosnosť výrazne zmenší.

### ● Klince, kruhové záchytky a kľincové dosky

Tieto spojovacie prostriedky sa ešte prednedávnom nepoužívali na spájanie CLT-elementov. Použitie hrebienkových a špirálových kľincov – väčšinou v kombinácii s oceľovými uholníkmi – je pri dodržaní vyššie uvedených požiadaviek možné. Kľincové spoje na úzkych stranách elementov nie sú podľa nám dostupných informácií dovolené.

Kruhové záchytky a kľincové dosky sa na spájanie CLT-elementov môžu používať, musí byť však zohľadnená skutočnosť, že ich odolnosť je veľmi ovplyvnená polohou spojovacieho prostriedku.

### Detaily spojov

Všetky prípoje musia byť uzavreté vhodným spôsobom (tesniace pásky, gumové profily atď.), aby boli pripájané hrany vzduchotesné a prachotesné. Tiež musia byť zohľadnené požiadavky na zvukovú nepriezvučnosť. Zhotovenie spojov musí byť urobené podľa technologických predpisov pre použité výrobky. Väčšina spojov potrebuje pre svoju funkčnosť určitú prítlačnú silu. Nie je dovolené, aby spojovací prostriedok ovplyvňoval tesnosť spájanej hrany.

Pomôckou pri navrhovaní môže byť aj katalóg Inštitútu stavebnej fyziky TU Graz: [www.bauphysik.tugraz.at/aktuelles/pdf/bph5.pdf](http://www.bauphysik.tugraz.at/aktuelles/pdf/bph5.pdf).

Vo všetkých kontaktných miestach môžu vzniknúť deformácie tesnení a deformácie vplyvom zosychania a napučovania CLT-elementov. Špeciálne kolmo na rovinu CLT-elementov (radiálne napučovanie) môžu dosahovať pomerne veľké hodnoty. Tieto pohyby súvisiace so zmenou vlhkosti musia byť zohľadnené pri návrhu tesnení. Projektant musí pri návrhu zohľadniť správanie sa spájaných prvkov a taktiež tesnení.

V dôsledku tolerancií pri výrobe CLT-elementov, nepresností montáže, sadania konštrukcie a ostatných deformácií sú hodnoty koeficientov trenia  $\mu$  často neznáme. Pozitívny efekt trenia v spojoch medzi elementami sa preto nemôže využívať.

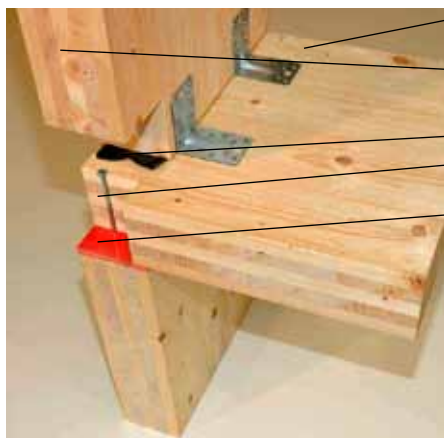
### ● Spoj stropná doska – stropná doska

Kvôli výrobným a transportným možnostiam sa elementy vyrábajú s obmedzenými šírkovými rozmermi (v závislosti od výroby 3,0 až 4,0 m). Pre stropy s väčšími rozmermi sú dôležité spoje jednotlivých elementov. Jednou z možností je preplátovanie v kombinácii so skrutkami. Tento prípoj môže prenášať normálové a priečne sily, ale nie je to momentový spoj. Tento spoj je bežne používaný na spojenie pozdĺžnych strán elementov. V prípade nerovnomerných zaťažení jednotlivých elementov vzniká nebezpečenstvo rozštípenia prierezu v dôsledku veľkých ťahových alebo tlakových napätí v smere kolmom na vlákna. V takomto prípade je potrebné použiť svorníkový spoj.

Pri použití príložík z technických výrobkov z dreva (napr. troj- alebo viacvrstvová doska, KERTO-Q) sa dá vytvoriť aj momentový spoj. Príložky sú spojené skrutkami alebo lepením s vyodením prítlačnej sily kľincami alebo drevoskrutkami.

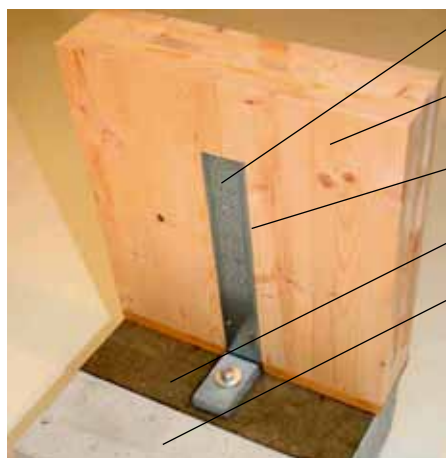
### ● Spoj stena – stropná doska

Pre spojenie steny a stropu sa používajú oceľové uholníky, samorezné skrutky a vlepané tyče. Týmto spojovacími systémami sa môžu do stropu prenášať horizontálne sily (napr. od vetra).



- 5vrstvový stenový element
- Napr. 5vrstvový stenový element (zvonka)
- Tesniaca páska
- Prípoj skrutkami (pozor: nepoužívať prípoj z čela prvku!)
- Zvuková izolácia – elastické podopretie v kombinácii s konštrukciou stropu: plávajúci poter; kročajová izolácia; prítlačenie stropu (zásyp); zavesený strop

Obr. 14: Spoj stena – stropná doska, autor: Brandner [1]



Obr. 16: Spoj stena-základ, autor: Brandner [1]

Stenové elementy môžu prenášať sily, ktoré spôsobujú namáhanie stropu na nadvihnutie. Spoj elementov stena – stropná doska môže byť vytvorený aj pomocou drevených profilov. Ako materiál sa používa LVL, dubové alebo agátové profily. Lokálne otvory v doske dovoľujú aj použitie vlepaných tyčí.

Je potrebné vyhnúť sa priamemu spoju stropnej dosky so spodným stenovým elementom pomocou skrutiek, pretože tieto by boli osadené do čelnej strany elementu, čo je nevhodné umiestnenie. Pre nosné spoje je potrebné použiť spojovacie prostriedky priemeru  $d_s < 10$  mm a spájať najmenej štyri šmykové roviny.

#### ● Spoj stena-stena v rohoch

Tento spoj môže byť zhotovený v rôznych variantoch – s použitím samorezných drevoskrutiek, hákovej spojky alebo oceľovej rúrky.

Ďalšou možnosťou tohoto spoja je použitie špeciálnych profilov, ktoré sú kombináciou dreva a ocele a vytvárajú spojovací systém, obdobný ako v nábytkárskom priemysle. Pri primeranej príprave spoja v dielni je potom montáž spoja na stavbe veľmi jednoduchá.

#### ● Spoj stena-základ a stena-hrana betónovej dosky

Na spojenie stenových CLT-elementov so základom a betónovou stropnou doskou existuje viacero spôsobov. Vo väčšine prípadov sa jedná o spoj pomocou oceľovej dosky a/alebo oceľového uholníka a drevoskrutiek ako spojovacích prostriedkov do CLT-elementu. Z dôvodu ochrany dreva pred vlhkosťou a výrobných tolerancií dreva aj betónu sa používajú drevené profily (z tvrdého dreva) alebo profily z technických výrobkov z dreva.

#### ● Špeciálne spojovacie prostriedky pre CLT-elementy

Spoje stena – stropná doska – stena môžu byť realizované aj vlepanými oceľovými tyčami,

Preklincovanie (pozor na medzery medzi doskami)

5vrstvový CLT-stenový element

Oceľový uholník (na vonkajšej strane)

Prilepená časť z tvrdého dreva ako ochrana dreva (napr. dub, agát)

ŽB základová doska

ktoré sú vlepené už vo výrobnej dielni. Počas montáže budovy sa CLT-elementy spájajú oceľovými prstencami, ktorými sú elementy fixované. Tento spôsob spájania je v súčasnosti ešte vo vývoji.

Na spájanie sa používajú tiež systémy podobné z nábytkárskeho priemyslu, prirodzene adaptované na veľkosť pôsobiacich síl. Takýmto spôsobom sa dá doceliť vysoký stupeň predprípravy konštrukcie.

#### Záver

Križom lepené drevo je relatívne nový produkt, ktorý však svoje uplatnenie našiel v stavebníctve veľmi rýchlo. Prekvapivo v dobrom slova zmysle je obrovská rýchlosť rastu jeho produkcie, a teda aj záujem zo strany investorov. Výrobcom a dodávateľmi dreva veľmi rýchlo pochopili, že tento materiál má v spoločnosti, kde sa kladie dôraz na znižovanie energetickej náročnosti stavieb, dôraz na využívanie obnoviteľných surovín, dôraz na používanie ekologických materiálov, veľmi dobré perspektívy.

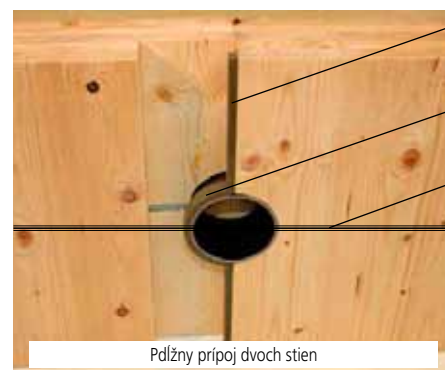
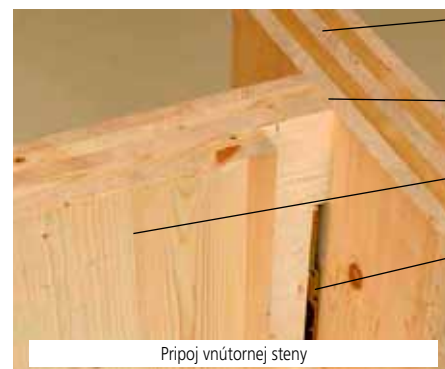
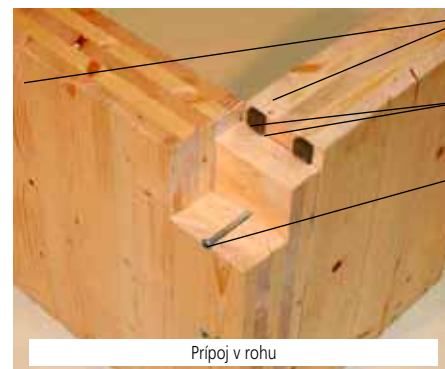
Projekty s nosnou konštrukciou z križom lepeného dreva budú predstavené v budúcom čísle časopisu.

MANFRED AUGUSTIN, JAROSLAV SANDANUS

foto – pokud neuvedeno, archiv autorov

#### Literatúra:

- 1) Brandner, R: Brettsperrholz – Technologie und Anwendung. Seminár Dřevostavby 2011, Volyně, ČR.
- 2) Jöbstl, R. A. et. al.: A Contribution to the Design and System Effects of Cross, Laminated Timber (CLT). Paper 39-12-4, Proceedings of CIB-W18, Florenz, Itálie, 2006.
- 3) Sandanus, J.: Nové produkty a ich využitie v drevených konštrukciách. Seminár Proignum, Nitra 2010.
- 4) Sandanus, J.: Drevená nosná konštrukcia pre viacpodlažné domy. ASB špeciál 2010, JAGA Group.



Obr. 15: Možnosti spoja stena-stena v rohoch, autor: Brandner [1]

Dipl.-Ing. Dr. techn. Manfred Augustin (\*1970) je absolventom Technickej univerzity v Graze, pracuje ako výskumník na Inštitute dřevostaveb a technologie dřeva TU Graz (Institut für Holzbau und Holztechnologie, Technische Universität Graz, Rakousko)

Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, Ph.D., (\*1965) je absolventom Stavební fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (SvF STU), kde v súčasnej dobe pôsobí ako docent na katedre kovových a dřevěných konstrukcí. Zabývá sa pedagogickou a vědecko-výzkumnou činností, rovněž spolupracuje s praxí v oboru dřevěných a ocelových konstrukcí. Je autorizovaným stavebním inženýrom pro statiku nosných konstrukcí.