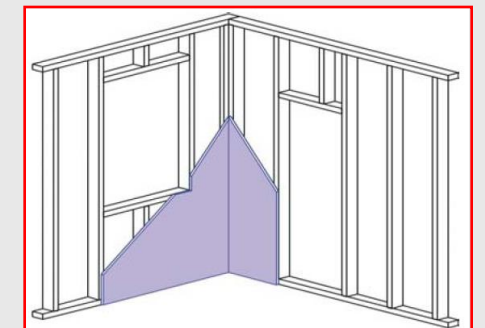
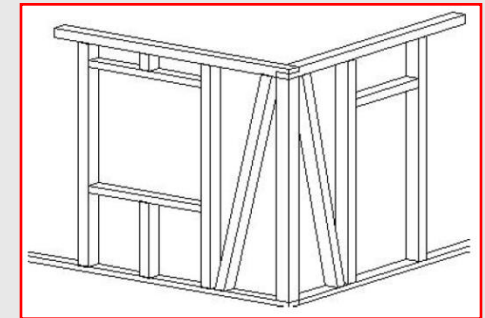
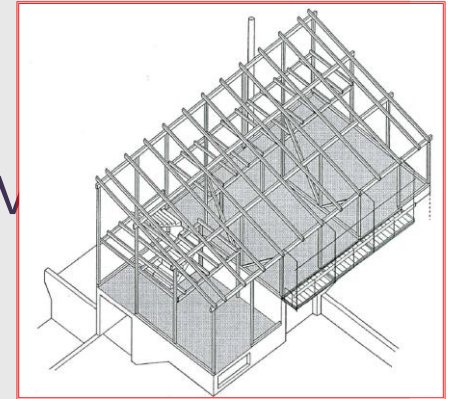




KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI ZA LAGANI TIP GRADNJE



- **3. KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI U LAGANOM TIPU GRADNJE**
- **SKELETNI (OKVIRNI) KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI**
 - Sustavi stup – greda
- **SUVREMENI KANATNI SUSTAVI**
 - Stabilizacija drvenim kosnicima
 - Tesarski priključci elemenata (CAD/CAM tehnologija)
- **SUSTAVI LAGANIH OKVIRA**
 - Lagani drveni elementi obloženi pločama na osnovi drva
 - Ploče na osnovi drva – ispuna i ukruta





■ SKELETNI KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI

■ Suvremeni skeletni sustavi – razvoj od 60-ih godina 20.st.

■ Glavna nosiva konstrukcija – stupovi i grede

- Primjena proizvoda od drva (LLD, tvornički proizvedeno masivno drvo i LVL) u suvremenim sustavima omogućila je:
 - povećanje rastera glavne nosive konstrukcije i slobodniju koncepciju i organizaciju unutarnjeg prostora i fasada.



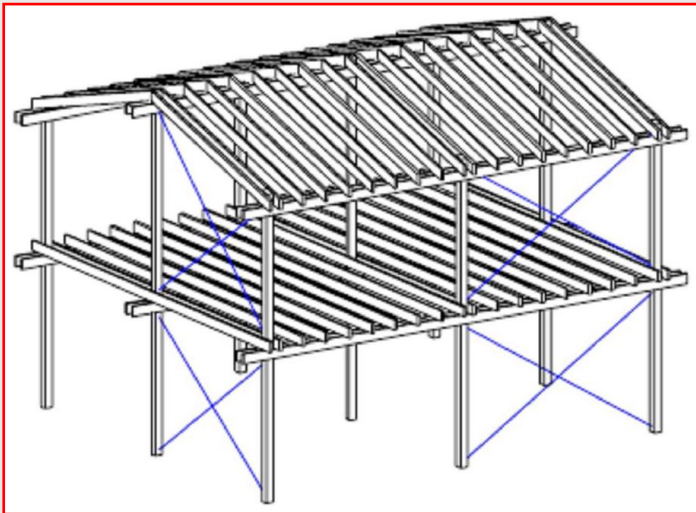
■ Sekundarna nosiva konstrukcija

- iznad glavne konstrukcije / poravnata s njom,
- dužni elementi – grede,
- pločasti elementi – ploče od križno uslojenih dasaka, paralelno slagane daske uslojene po debljini, odnosno ploče na osnovi drva, za manje raspone.



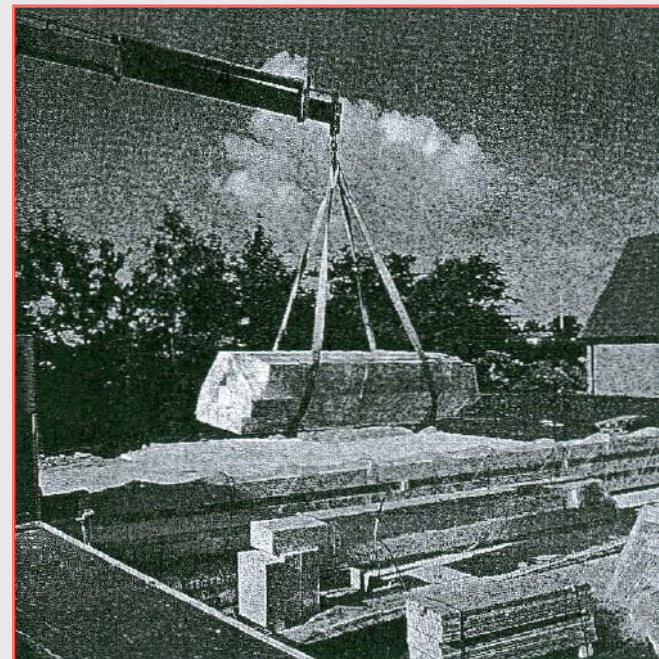
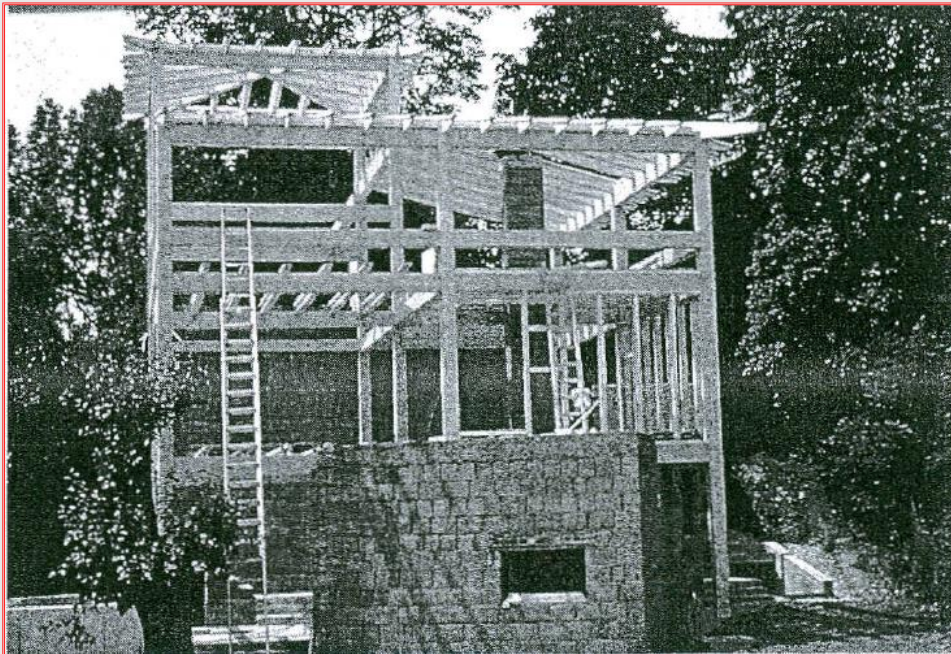


- **SKELETNI KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI**
- Stambena gradnja



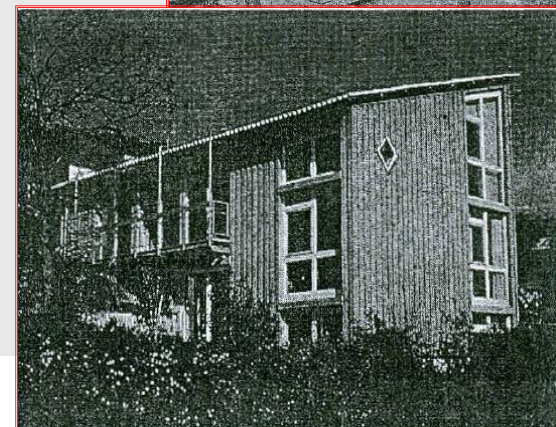
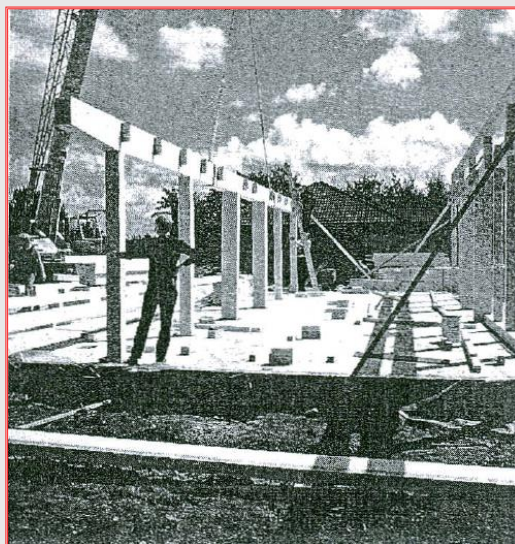
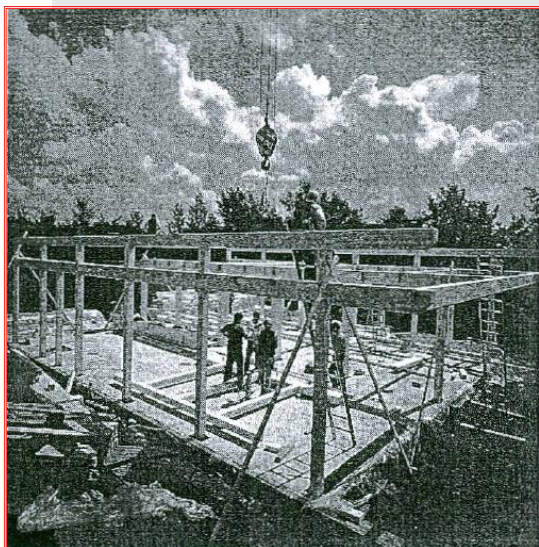
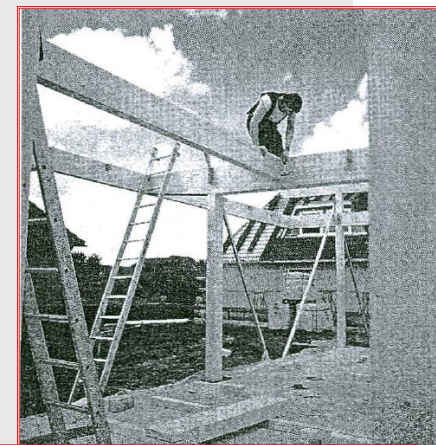
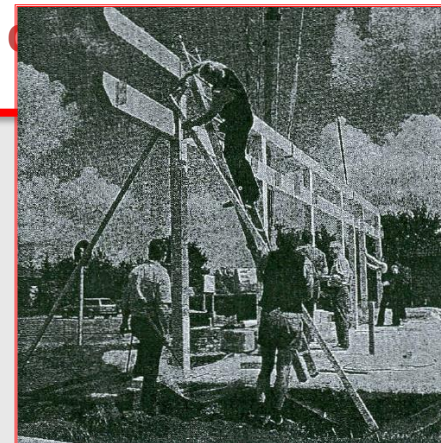
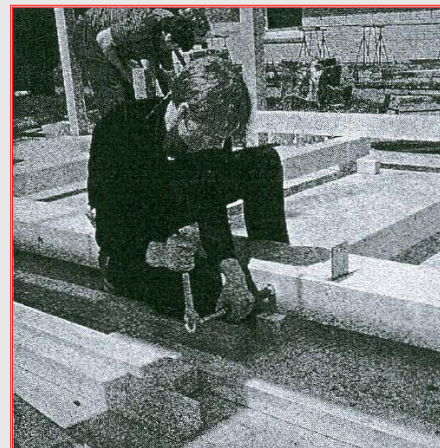


- SKELETNI KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI
- Osnovna svojstva





- SKELETNI KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI
- Osnovna svojstva



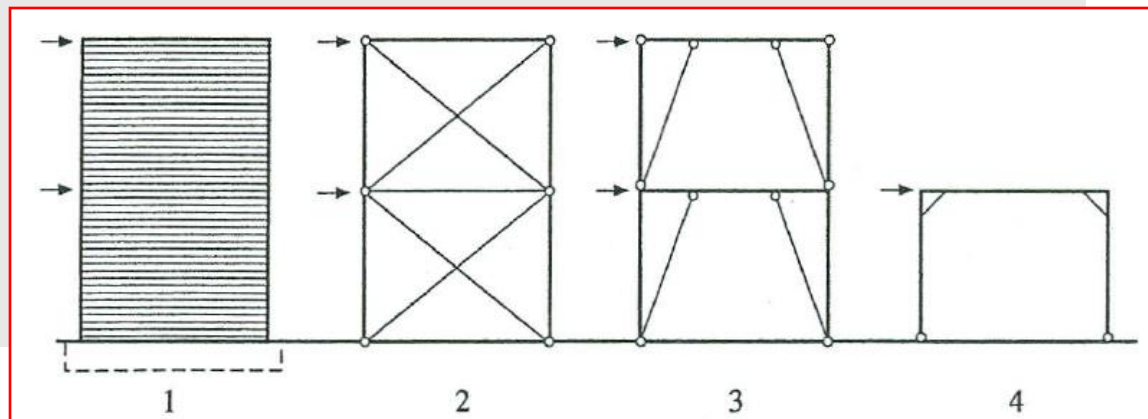


■ Prostorna stabilnost

- Stabilizacija nosive konstrukcije i u horizontalnom i u vertikalnom smjeru.
- Nosiva konstrukcija je odijeljena od vanjskih zidnih elemenata i fasade (zasebni sustav).
- Samo linearni/dužni elementi osiguravaju prijenos vertikalnog i horizontalnog opterećenja u temelje.
- Grede i stupove treba dimenzionirati na horizontalna djelovanja koja zajedno s početnim neravnostima i neravnostima zbog montaže, pridonose izvijanju osi.

■ Stabilnost u vertikalnom smjeru

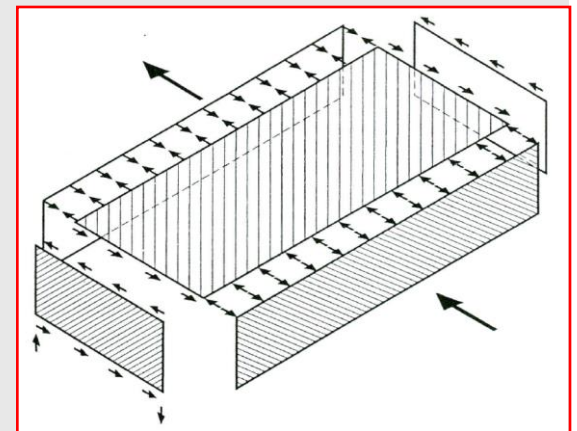
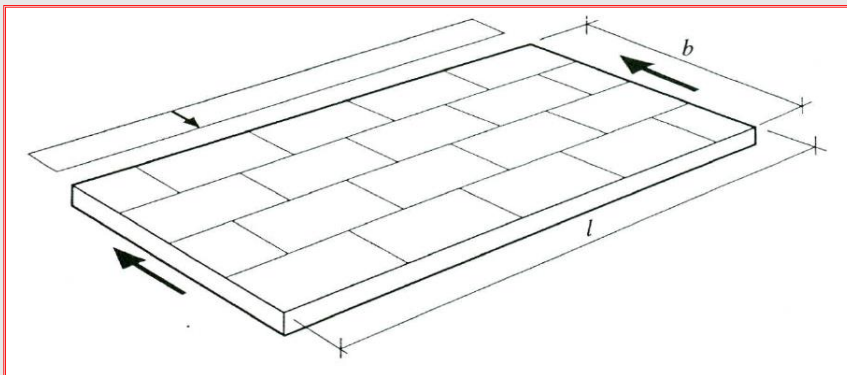
- Posmični zidovi
- Rešetkasti spregovi ili portalni okviri
- Krute jezgre ili okviri





■ Stabilnost u horizontalnom smjeru

- Stropne i krovne dijafragme
 - Načelo prijenosa sila od vjetra – ravni krov / strop djeluje kao horizontalna dijafragma, a zabatni zidovi su posmični / nosivi zidovi.
 - Panelni elementi od ploča na osnovi drva ili daščanim pločama
 - Kombinirani s dijagonalnim čavlanim čeličnim trakama
- Suvremeni stropne sustave (predgotovljeni) – paneli od LLD i/ili LVL-a, sastavljenih greda, spregnuti drvo-beton sustavi

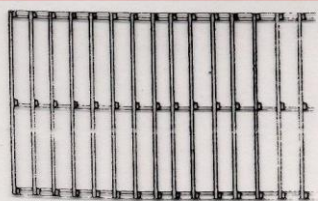
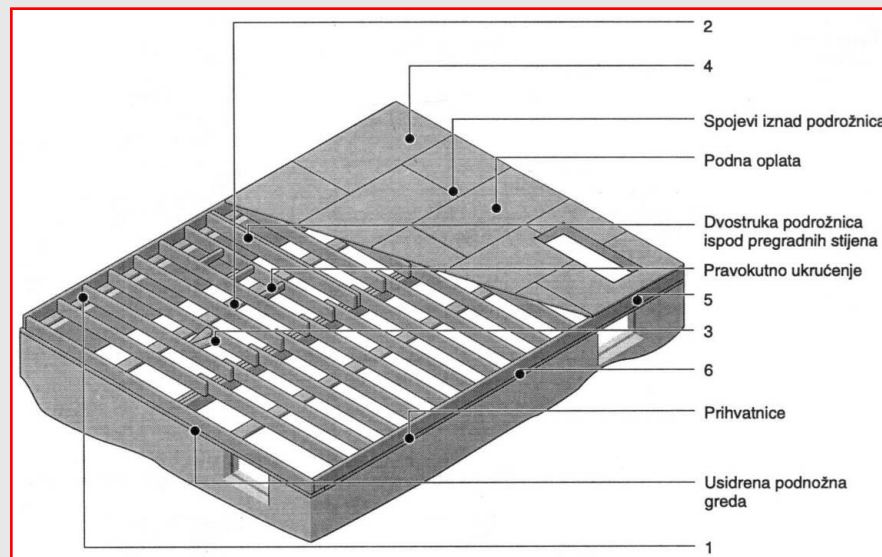




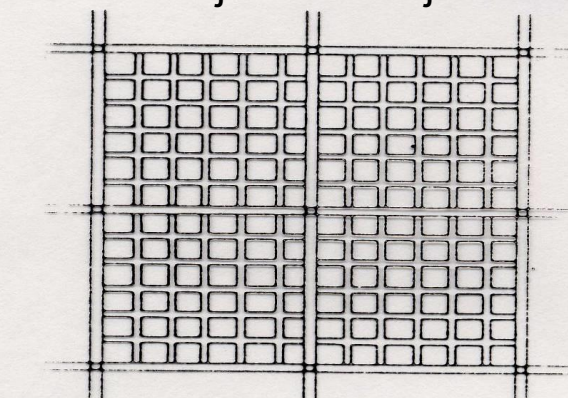
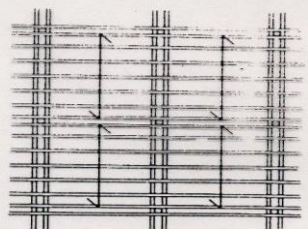
- Primjeri stropnih konstrukcija za osiguranje stabilnosti u horizontalnom smjeru



Predgotovljena stropna konstrukcija

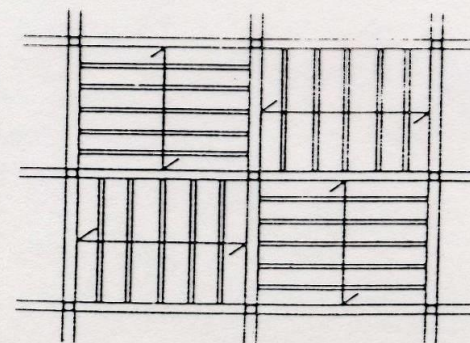


Grede u jednom smjeru



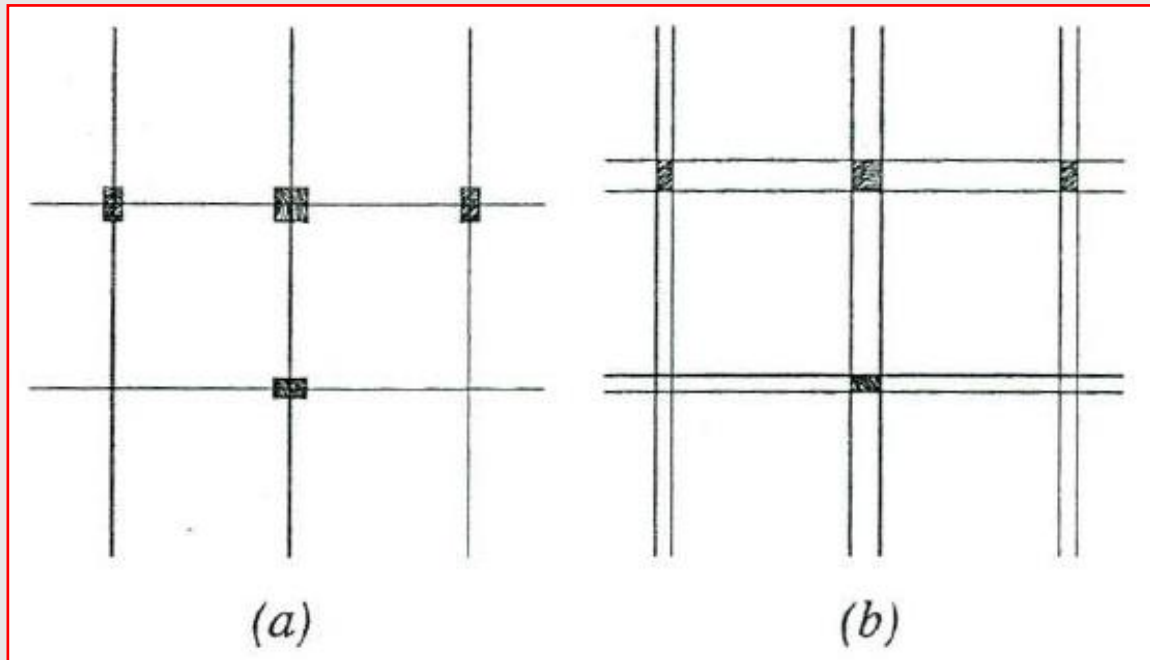
Predgotovljeni sačasti sustavi

Naizmjenice usmjerena polja





- **Rasteri i moduli u skeletnim konstrukcijskim sustavima**
- **Raster**
 - Pomoćno sredstvo tijekom projektiranja i gradnje / horizontalni i vertikalni raster elemenata definira se unaprijed

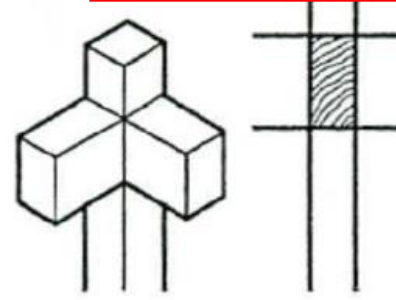
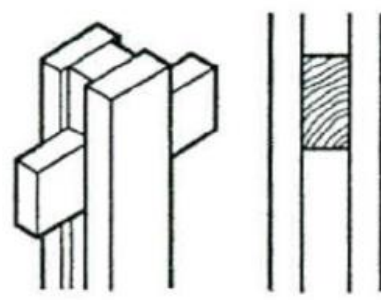
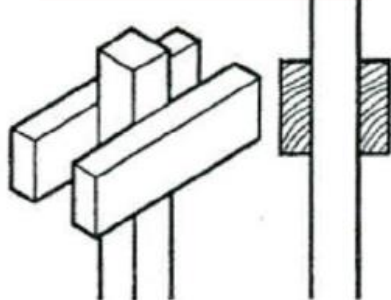
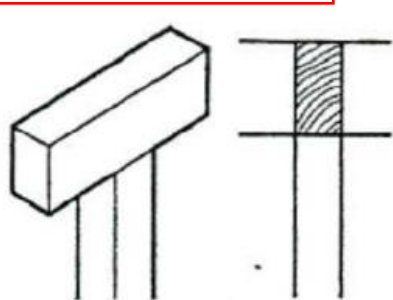
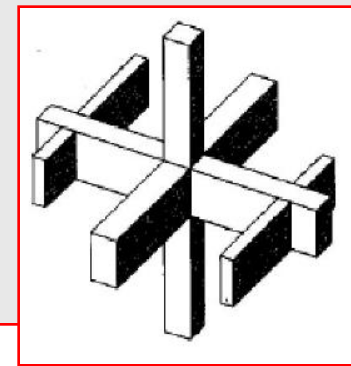
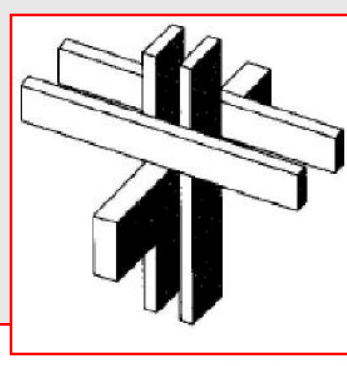
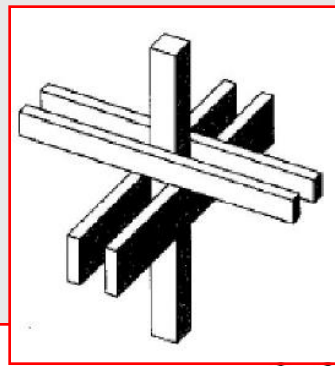
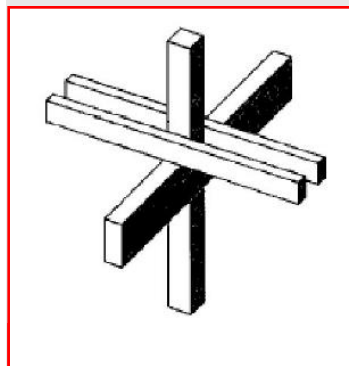




- **Raster**
- Ključni učinak na izbor i ekonomičnost konstruktivnog sustava – materijal, presjeci, broj i vrsta spojeva, itd.
- Odabir i definiranje rastera
 - Dio procesa oblikovanja prostora (arhitektura) i projektiranja konstrukcije
 - Utječe i na sve ostale dijelove zgrade – veličinu otvora, dispoziciju nosive konstrukcije, unutrašnje i vanjsko oblaganje, itd.
- Mali raster 120/120 cm
 - konstruktivni sustav identičan završnom / nema sekundarne konstrukcije, svaki stup je i nosivi stup
 - spojevi su jednostavni (čavlati, npr.),
- Raster 360/360 cm
 - podjela na primarni i sekundarni sustav,
 - veće dimenzije presjeka / izbor materijala boljih svojstava (LLD, LVL, npr), više otvorenog prostora, manje spojeva i sl.



- **Podjela skeletnih sustava**
- Četiri podsustava skeletnih sustava
 - Konstrukcija – raspored nosivih i sekundarnih elemenata
 - Kombinacija presjeka / priključci – vrsta spoja i elementi u priključku



1)

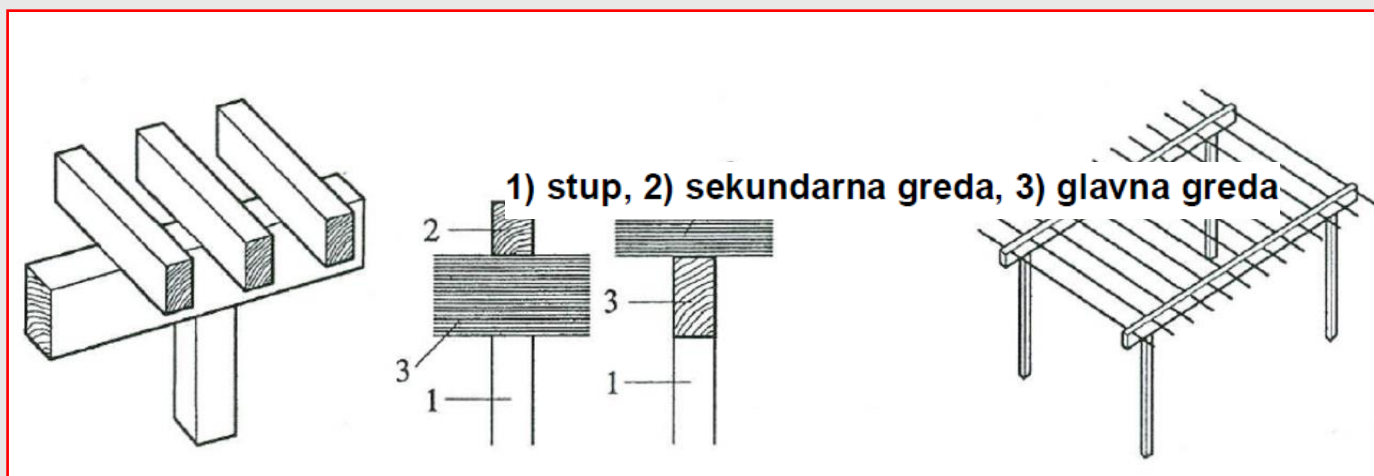
2)

3)

4)



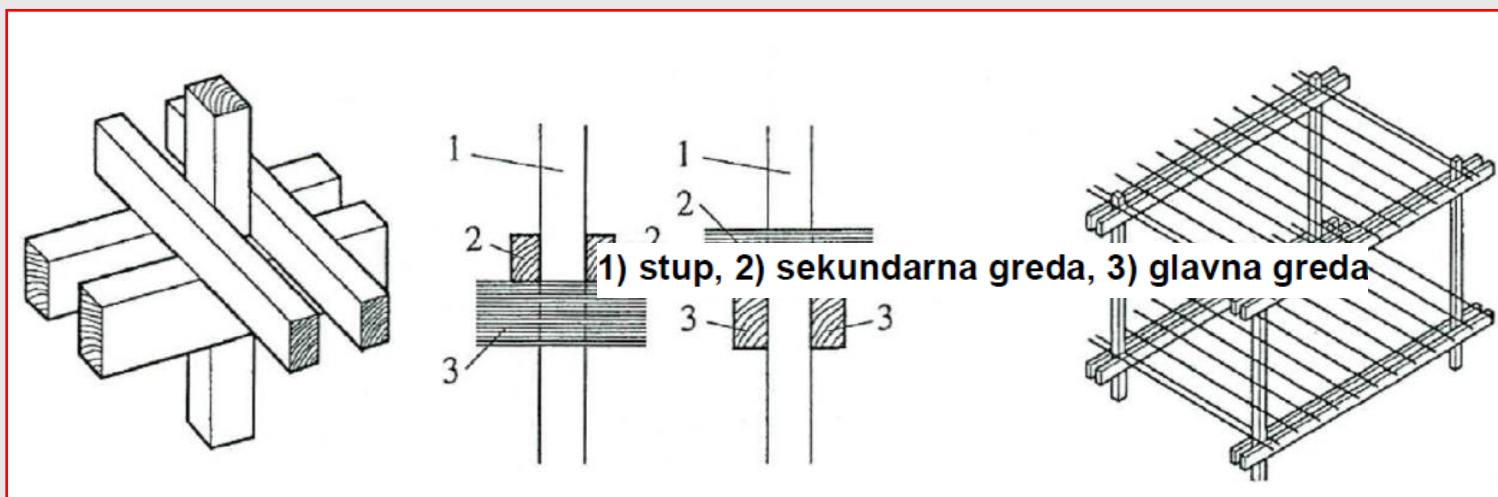
- **Podjela skeletnih sustava – SUSTAV 1)**
- Izravan prijenos sila – odgovarajuća završna obrada presjeka i izravni priključci greda na stupove.
- Sekundarne grede naliježu ili se upuštaju na glavne grede.
- Za male rastere, nosive ploče ili paneli na osnovi drva mogu biti položene izravno na grede (oba smjera).
- Priključci grede na stup:



Jednodijelne grede i stupovi (jednoetažni)



- **Podjela skeletnih sustava – SUSTAV 2)**
- Sekundarne stropne grede oslonjene su na dvodijelne glavne grede nalijezanjem (ili upuštanjem, sa svake strane stupa).
- Sustav se primjenjuje za višetažne zgrade (odijeljene razine stropova), a grede se priključuju na stupove na razini stropa svake etaže (mogući su prepusti).

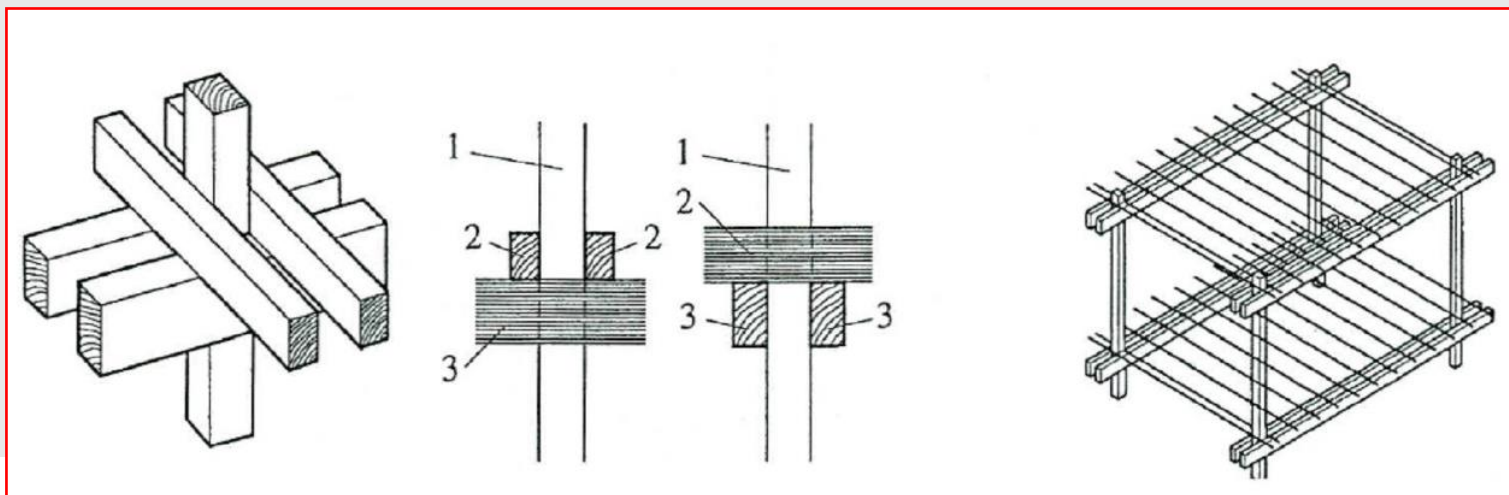




■ Podjela skeletnih sustava – SUSTAV 2)

■ Nedostaci:

- Sekundarne stropne grede naliježu na glavne – relativno visoka stropna konstrukcija.
- Relativno složeni priključci unutrašnjih zidova na vanjske zidove fasada zbog dvodijelnih presjeka greda (šupljine – bočni priključci dijelova grede na stup).
- Istaknuti presjeci greda na fasadi trebaju dodatnu zaštitu – izloženost atmosferilijama (nepovoljno sa stajališta trajnosti i zaštite).



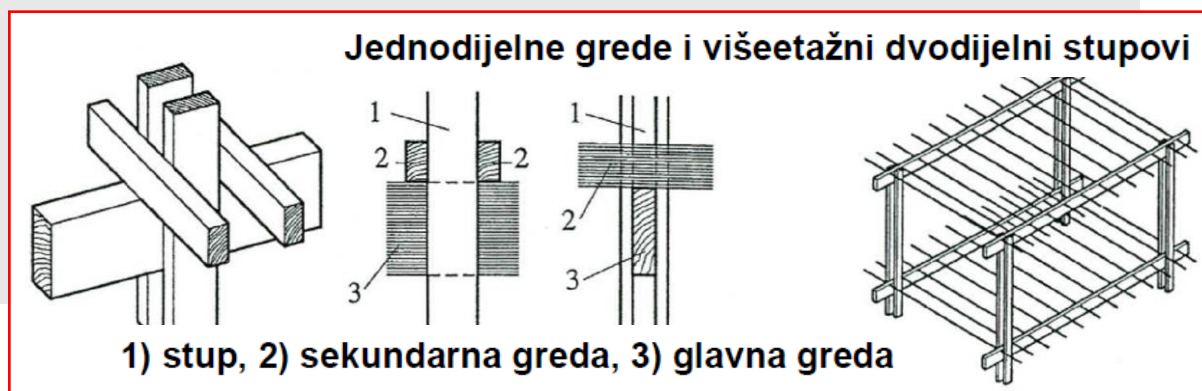


■ Podjela skeletnih sustava – SUSTAV 3)

- Priključci – primjena mehaničkih spajala
- Grede oba smjera mogu imati prepuste.
- Dijelove razmaknuto sastavljenog stupa treba lokano bočno ukrutiti.
- Sa stajališta arhitekture, sustav 3) povoljniji je od sustava 2) zbog manje visine stropne konstrukcije.

■ NEDOSTACI SUSTAVA 3)

- Male dimenzije stupova – problem u analizi požarne otpornosti koja je često mjerodavna za dimenzioniranje stupova.
- Problemi povezivanja unutarnjih nosivih elemenata i vanjskih fasadnih stijena – slično kao i sustav 2).

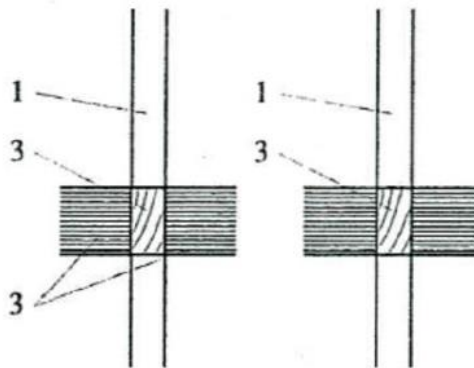
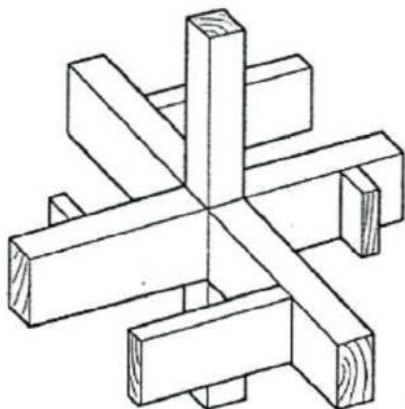




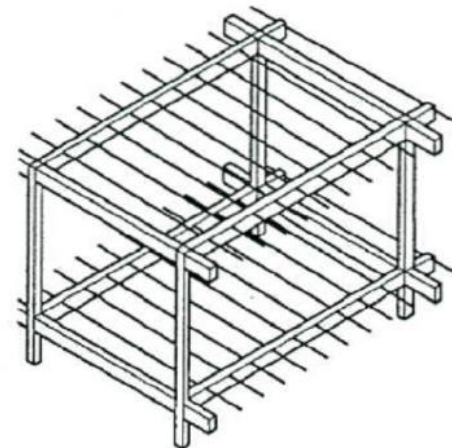
■ Podjela skeletnih sustava – SUSTAV 4)

- Čeoni priključci greda – stup
 - Mehanička spajala i posebni spojni pribor – prevladavaju posebno patentirani sustavi.
- Grede glavnog nosivog sustava slobodno su oslonjene između stupova.
- Grede sekundarnog nosivog sustava upuštene su na glavne grede (rjeđe na njih naliježu).
- Sustav je vrlo povoljan sa stajališta povezivanja unutrašnjih elemenata s vanjskim fasadnim sustavom.

Jednodijelne grede i višetažni jednodijelni stupovi



1) stup, 3) glavna greda

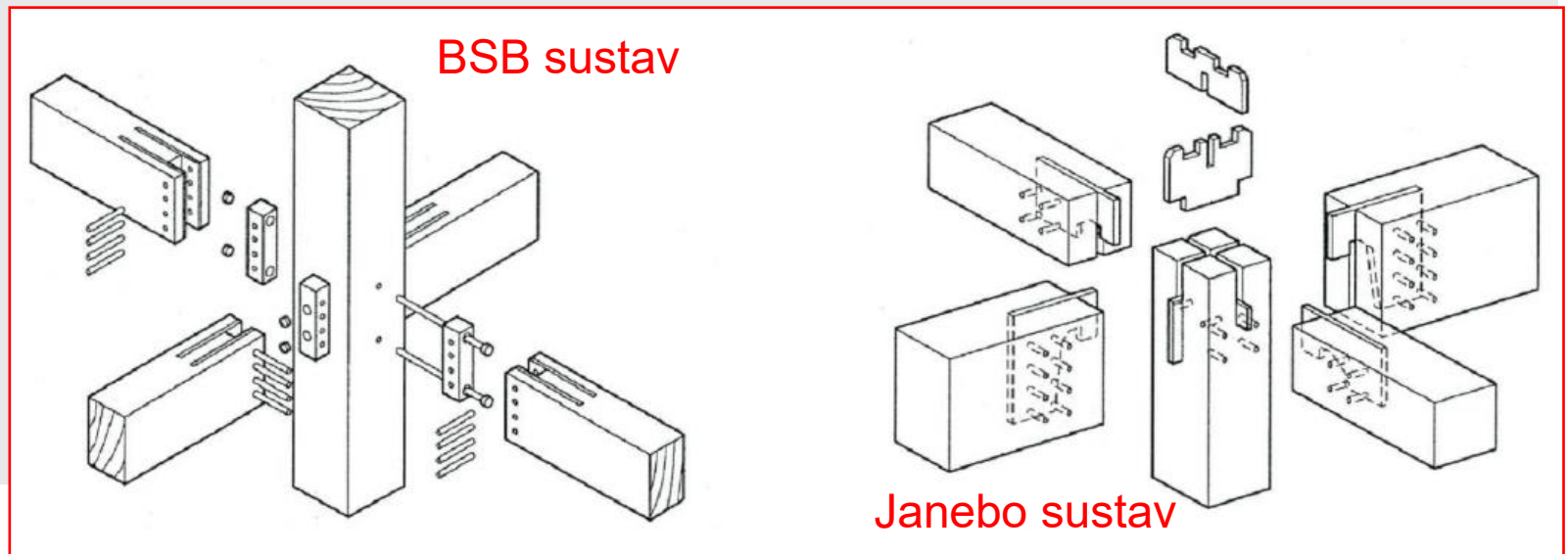




■ PRIKLJUČCI U SUSTAVU 4)

■ Priključak greda – stup

- spojevi trnovima i utisnutim limovima,
- T-oblici integralnih spojeva,
- štapasta spajala, čelične papuče i kutnici,
- drvene kladice / kontaktne naprežanja na posebno oblikovanim poprečnim presjecima stupova,
- patentirani spojevi (In-duo sustav, Janebo, BSB sustav i sl.).





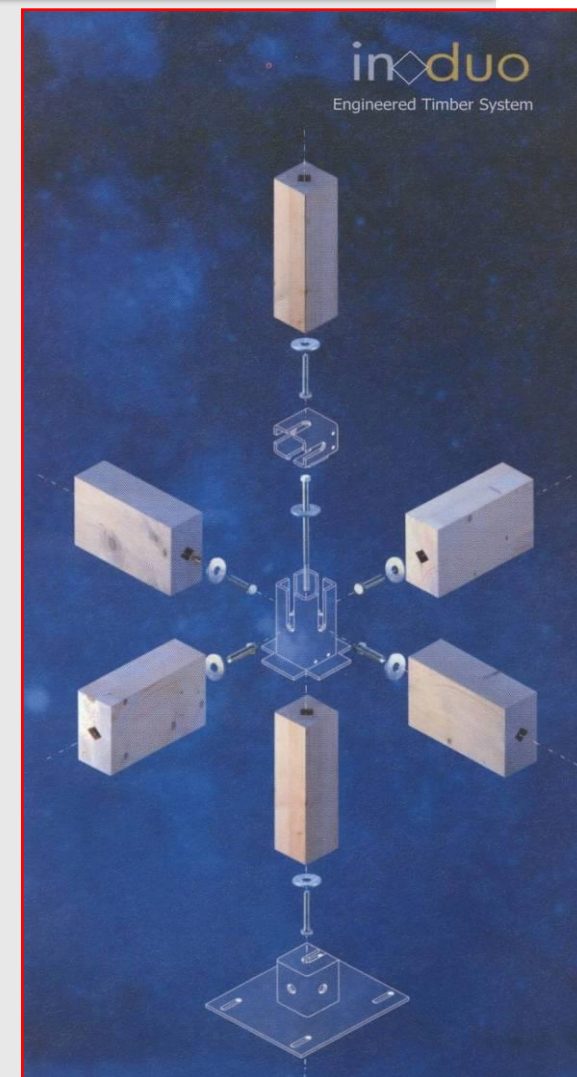
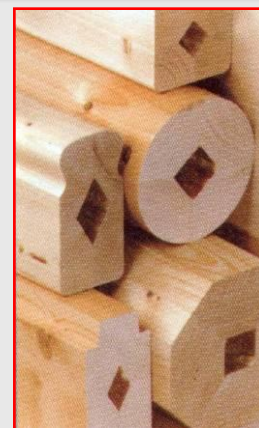
■ PRIKLJUČCI U SUSTAVU 4)

■ Priključak greda – stup

- In-duo sustav

■ Priključak sekundarnih greda na glavne grede

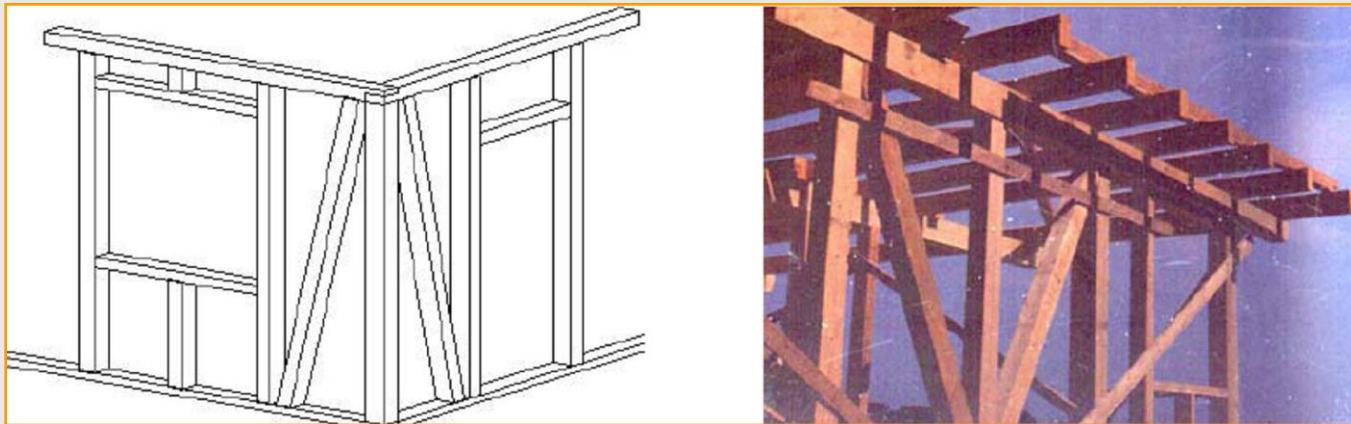
- Z-profil, i
- čelične papuče i kutnici (tipski spojni pribor),
- čeoni spojevi prstenastim i pločastim moždanicima.





■ SUVREMENI KANATNI SUSTAVI

- **Tradicionalni kanatni sustavi** razvili su se u regijama bez dovoljnih količina drva za izvedbu masivnih konstrukcija.
- Sačuvane tradicionalne kanatne konstrukcije s tesarskim vezama i kosnicima za vezu greda i stupovi (dojam rešetkaste konstrukcije).
- istočna i srednja Europa, Velikoj Britaniji, sjeverna Njemačka, Danska i Nizozemska.





■ Posebnosti suvremenih kanatnih sustava

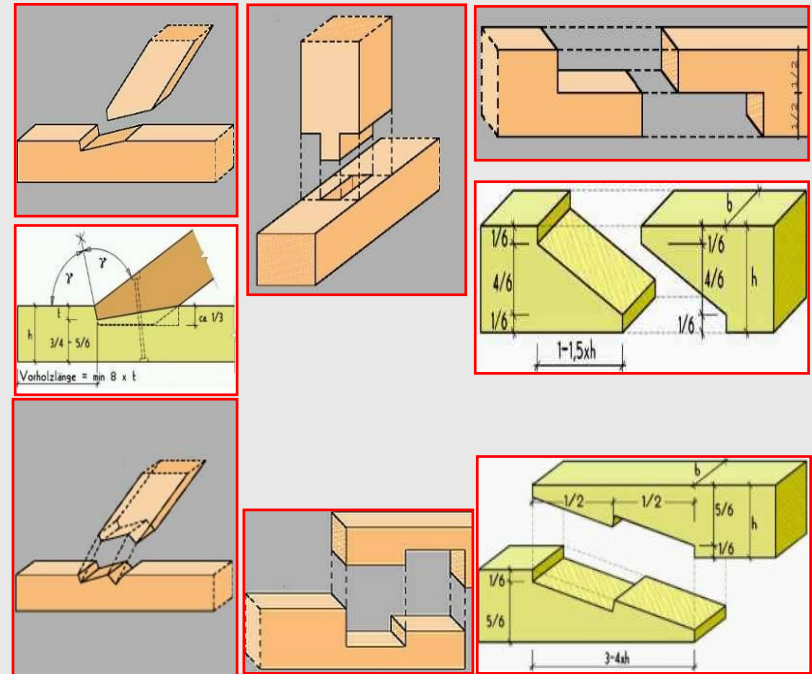
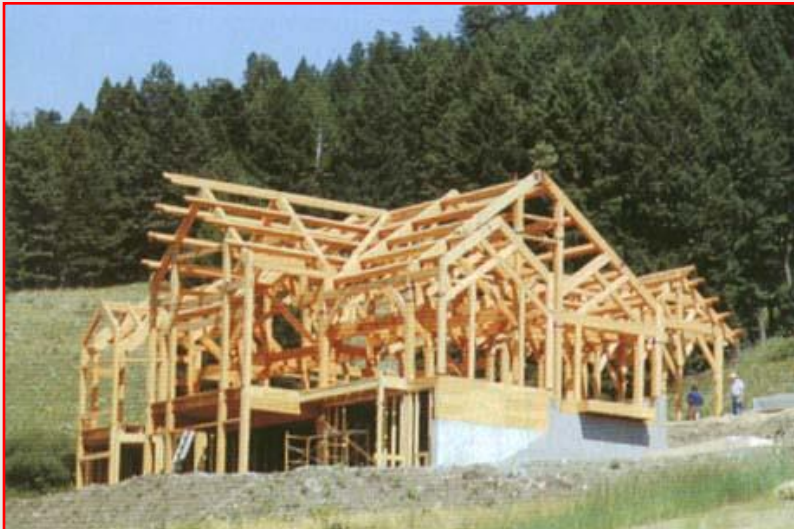
- slobodna organizacija prostora
- nosivi kostur oblaže se s obje strane ili ostaje vidljiv samo s jedne strane,
- izvedive su jednokatne i višekkatne zgrade (fiksni raspored elemenata za sve katove),
- izgradnja konstrukcije kat po kat,
- nemehanički spojevi (uglavnom tesarski spojevi):
 - spojevi s čepovima, s zasijecanjem i preklapanjem
 - CAD/CAM izvedba (CNC strojevi preuzimaju CAD podatke),





■ Posebnosti suvremenih kanatnih sustava

- nosivi elementi velikih kvadratnih presjeka,
- kratko vrijeme izvedbe,
- jednostavno podizanje (sastavljanje na gradilištu).

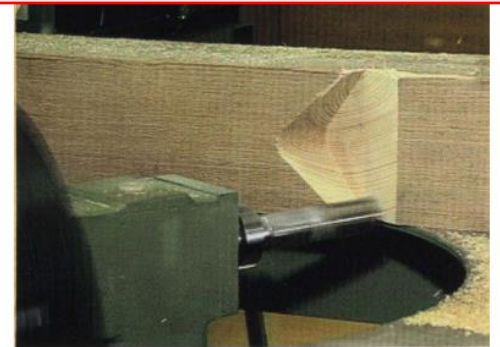
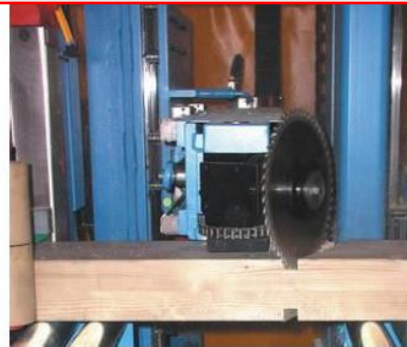




- **Posebnosti suvremenih kanatnih sustava**
- Ekonomski su konkurentni
 - moderni i precizni CNS strojevi s numeričkom kontrolom i u kombinaciji s novim saznanjima i metodama sušenja drva
 - čepovi i zasjeci – za ovaj tip konstrukcija ekonomski su isplativiji od metalnih ploča ili posebno oblikovanih čeličnih elemenata jer su zbog malog rastera elementa i spojevi relativno malo opterećeni.
 - prijenos vertikalnih opterećenja je izravan, preko kontaktnih površina tesarskim vezama spojenih elemenata.



- Posebnosti suvremenih kanatnih sustava
- CAD/CAM izvedeni tesarski priključci





- **Razlike između skeletnih sustava i laganih okvirnih sustava**
- **Način prijenosa sila:**
 - Skeletne konstrukcije
 - opterećenje preuzimaju glavni nosivi štapni elementi (i mogu ostati vidljivi, neovisno o vrsti obloge)
 - Konstrukcije laganih okvira
 - grede i stupovi okvira su manjeg presjeka (masivno drvo)
 - raster stupova često uvjetuje vrsta obloge (ploče na osnovi drva), nedjeljiva od nosive konstrukcije okvira.
- **Vidljivost nosivog sustava.**



- **Razlike između skeletnih sustava i laganih okvirnih sustava**
 - Skeletna konstrukcija s masivnim elementima i lagana okvirna konstrukcija





■ KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA

- Nosivi kostur oblaže se pločama – efekt dijafragme.
- Povezanost nosivih elemenata s pločastim elementima koji su u funkciji i ukrute i obloge.
 - Dužni elementi okvira
 - masivno, umjetno osušeno drvo
 - pločasti elementi
 - ploče na osnovi drva
 - sitna spajala za vezu okvira i ploče
 - čavli, skobice i vijci za drvo.





- KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA
- Posebnosti drvenih okvirnih konstrukcijskih sustava:
 - na gradilištu se postavljaju svi zidni elementi (prethodno sastavljeni u tvornici),



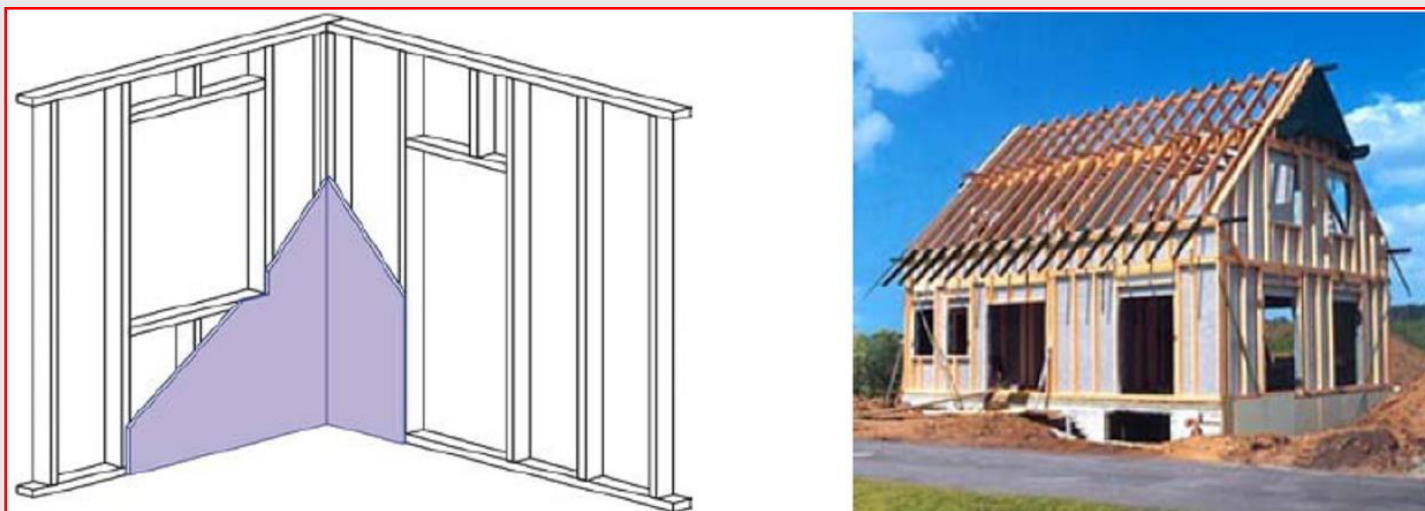


- **KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA**
- Posebnosti drvenih okvirnih konstrukcijskih sustava:
 - ukrutni elementi građevine jesu sami zidovi (tri osi zida u tlocrtu koje se ne sijeku u jednoj točki tvore stabilni sustav).





- **KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA**
- Primjeri stambene gradnje s laganim drvenim okvirnim sustavima



- Faze izvedbe “in situ” – formiranje panela iznutra i izvana
 - izvedba okvira u modulu prilagođenom veličini obložnih ploča
 - postavljanje vanjskih obloga
 - postavljanje toplinske izolacije, instalacija, prozora i vrata
 - postavljanje unutrašnje obloge



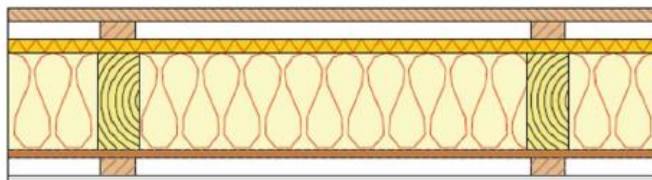
- KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA
- Primjeri stambene gradnje s laganim drvenim okvirnim sustavima





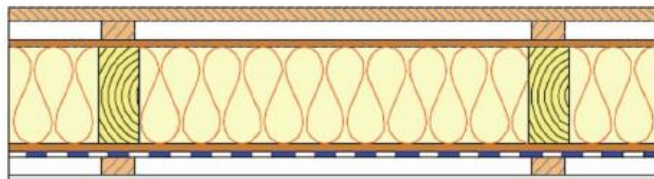
- KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA
- **Zidne konstrukcije u laganim okvirnim sustavima**

Zid tipa 1 (paropropustan)



Element pročelja	20 mm
Letva	30 mm
(razmak za strujanje zraka)	
Okvirna konstrukcija	140 mm
Bitumenizirana ploča od drvnih vlakana	25 mm
Toplinska izolacija	
OSB	15 mm
Letve (instalacije)	30 mm
Gips kartonska ploča	15 mm
	<u>275 mm</u>

Zid tipa 2 (paronepropustan)

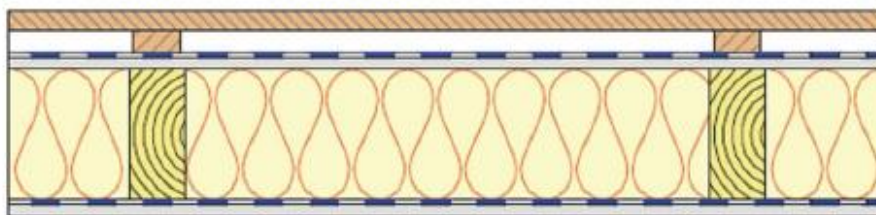


Element pročelja	20 mm
Letva	30 mm
(razmak za strujanje zraka)	
OSB	15 mm
Toplinska izolacija od mineralnih vlakana	
OSB, parna brana	15 mm
Letve (instalacije)	30 mm
Gips kartonska ploča	15 mm
	<u>265 mm</u>



- KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA
- Zidne konstrukcije u laganim okvirnim sustavima

Zid tipa 3 (paronepropustan)

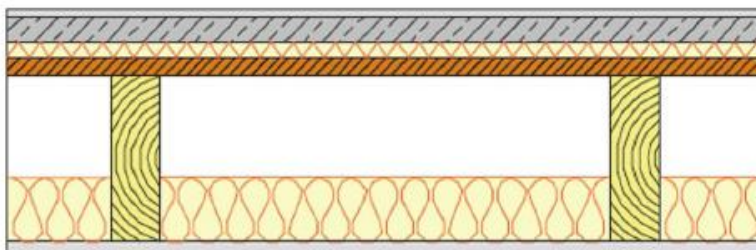


Element pročelja	20 mm
Letva (razmak za strujanje zraka)	30 mm
Vjetrovna brana	
Gips kartonska ploča	15 mm
Okvirna konstrukcija	140 mm
Toplinska izolacija od mineralnih vlakana	
Parna brana	
Gips kartonska ploča	<u>15 mm</u>
	220 mm



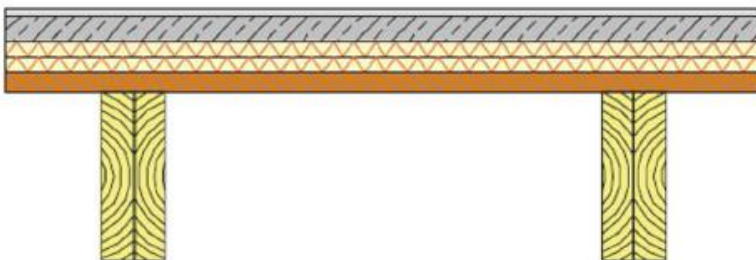
- KONSTRUKCIJE LAGANIH DRVENIH OKVIRA
- **Stropne konstrukcije u laganim okvirnim sustavima**
 - Tipovi 1 i 2 – karakteristični primjeri stropova obiteljskih zgrada

Strop tipa 1



Podna obloga	10 mm
Suhi estrih (podloga)	30 mm
Izolacija protiv udarnog zvuka	25 mm
OSB	18 mm
Stropni nosači	200 mm
Toplinska izolacija	80 mm
Gips-kartonska ploča	<u>15 mm</u>
	298 mm

Strop tipa 2

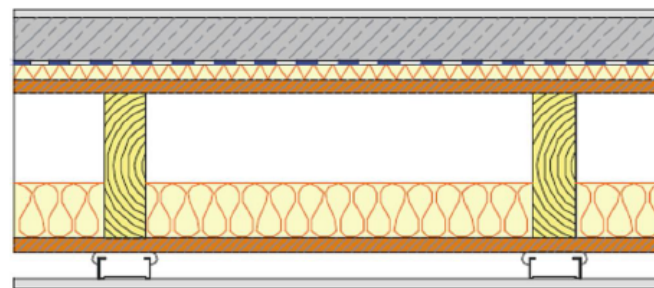


Podna obloga	10 mm
Suhi estrih (podloga)	30 mm
Izolacija protiv udarnog zvuka	25 mm
Toplinska izolacija	25 mm
Troslojna ploča (vidljiva)	28 mm
Stropni nosači	<u>200 mm</u>
	318 mm



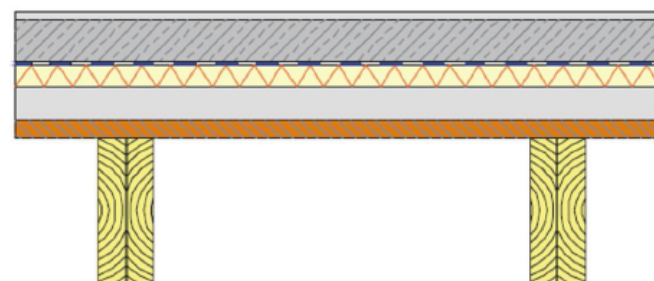
- Stropne konstrukcije u laganim okvirnim sustavima
- Tipovi 3 i 4 – karakteristični primjeri stropova višeetažnih zgrada

Strop tipa 3



Podna obloga	10 mm
Cementni estrih (podloga)	60 mm
Građevinski papir	
Izolacija protiv udarnog zvuka	25 mm
OSB	18 mm
Stropni nosači	200 mm
Toplinska izolacija	80 mm
Letve (položene na kladice/opruge)	60 mm
Gips-kartonska ploča	<u>15 mm</u>
	406 mm

Strop tipa 4



Podna obloga	10 mm
Cementni estrih (podloga)	60 mm
Građevinski papir	
Izolacija protiv udarnog zvuka	25 mm
Nasip (tucanik)	50 mm
Troslojna ploča (vidljiva)	28 mm
Stropni nosači (vidljivi)	<u>200 mm</u>
	373 mm

- stroži zahtjevi na zvučnu izolaciju



- **MJEŠOVITI KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI**
- Kombinacija ranije opisanih konstrukcijskih sustava za drvene zgrade.
- U gradnji višekatnica:
 - kombinacije izvedbe zidova kao laganih drvenih okvira i izvedbe stropova od masivnih građevnih elemenata,
 - bolje udovoljavanje strožim zahtjevima na kvalitetu i ekonomičnost zvučne izolacije.

Istovar elemenata kuće na gradilištu



Postavljanje poda prizemlja



Postavljanje vanjskih zidova (panela) kuće na temeljnu ploču



Postavljanje vanjskih zidova (panela) kuće na temeljnu ploču



Izgled panela sa unutarnje strane



Postavljanje zabata ulaznog dijela



Postavljanje slojeva izolacije u krovnoj konstrukciji



Novi
materijali

Kompozit
i s drvom







Novi
materijali

Kompozit
i s drvom

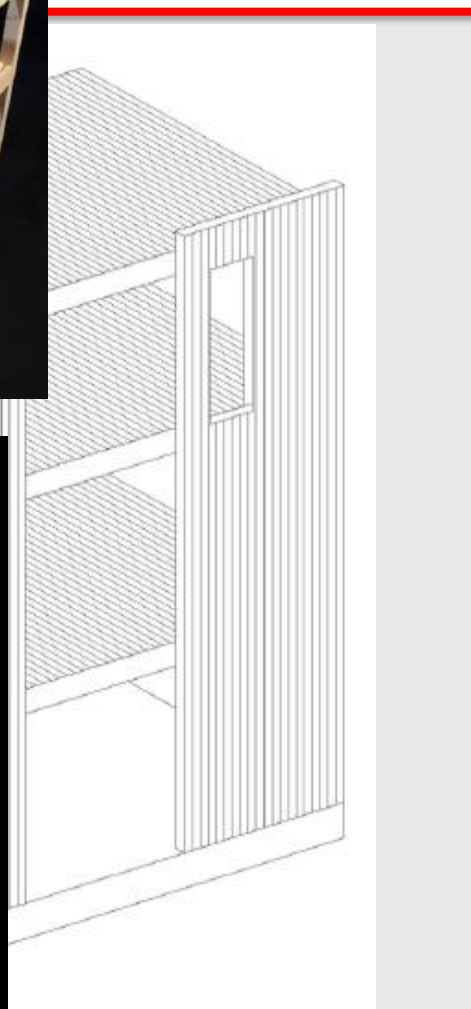
Visoke
zgrade

Potres



Visoke zgrade – drveni neboderi





Renesansa gradnje drvom – zgrade i neboderi



© Quay2c

5 STOREY



© Waught Thistleton

9 STOREY



© Ioana Marinescu

8 STOREY



© Waught Thistleton

7 STOREY



© Dietrich Untertrifaller

5 STOREY
Austria



© Nordic EWP

4 STOREY
Canada



© Lend Lease

10 STOREY
Australia



© Tekne

9 STOREY
Italia

Tall Timber: A Global Audit

This map highlights several examples of tall timber buildings currently built, under construction, or proposed around the world (see page 47 for table).



18
FLOORS

TallWood House at Brock Commons

Status: **Architecturally Topped Out**
Location: Vancouver

Due to be the largest mass-timber building in the world at opening.



13
FLOORS

Origine

Status: **Under Construction**
Location: Quebec

Set to become the new tallest all-timber building in North America in Fall 2017.



19
FLOORS

Terrace House

Status: **Proposed**
Location: Vancouver

This residential tower will be a hybrid timber-concrete-steel structure, using locally-sourced wood.



12
FLOORS

Framework

Status: **Proposed**
Location: Portland
Framework uses an unusual "Low Damage" post-tensioning system in its cross-laminated timber (CLT) shear walls, to counter seismic activity.

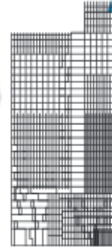


8
FLOORS

Stadthaus

Status: **Completed, 2009**
Location: London

The first high-density housing building to be built from pre-fabricated cross-laminated timber panels.



35
FLOORS

Baobab

Status: **Proposed**
Location: Paris

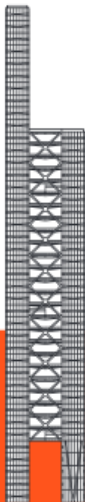
The wood used in this building sequesters 3,700 metric tons of CO₂, equal to operating 2,207 cars for a year.

Key

Completed

Under Construction

Proposed



River Beech Tower, Chicago

This concept tower uses an innovative system of diagrids and prefabricated modules to gain height (see page 40 for more details).



Oakwood Tower, London

At 80 stories and 300 meters, this building would be London's second-tallest building if it were actually built today.

VISIONS

14
FLOORS

The Treet
Status: **Completed**, 2015
Location: Bergen
The current tallest timber building in the world, Treet stacks CLT modules on every 4th floor, which is a concrete slab.

16
FLOORS

Kulturhus Skellefteå
Status: **Proposed**
Location: Skellefteå
The first floor of the museum portion of the complex will express its timber structure dramatically with wooden steps and wide-spanning, column-free spaces.

18
FLOORS

Mjöståmet
Status: **Proposed**
Location: Brumunddal
The top seven floorplates will be cast concrete, to give extra stability to an almost 100% wood structure.

22
FLOORS

HAUT
Status: **Proposed**
Location: Amsterdam
The project will store 3 million kg of carbon in its cross-laminated pieces and is planned to achieve BREEAM Outstanding rating.

24
FLOORS

HoHo
Status: **Under Construction**
Location: Vienna
Currently under construction, this mixed-use tower is set to become the world's next tallest timber building.

8
FLOORS

Life Cycle Tower (LCT) One
Status: **Completed**, 2012
Location: Dornbirn
This experimental building had a fire-safety strategy so robust, sprinklers were deemed unnecessary.

26
FLOORS

Abebe Court Tower
Status: **Proposed**
Location: Lagos
The first major tall timber building proposed for Africa, this project would support live plants on several open-air skygarden levels.

10
FLOORS

5 King
Status: **Proposed**
Location: Brisbane
The designers of this building chose engineered timber to deliver a contemporary, healthful office interior.

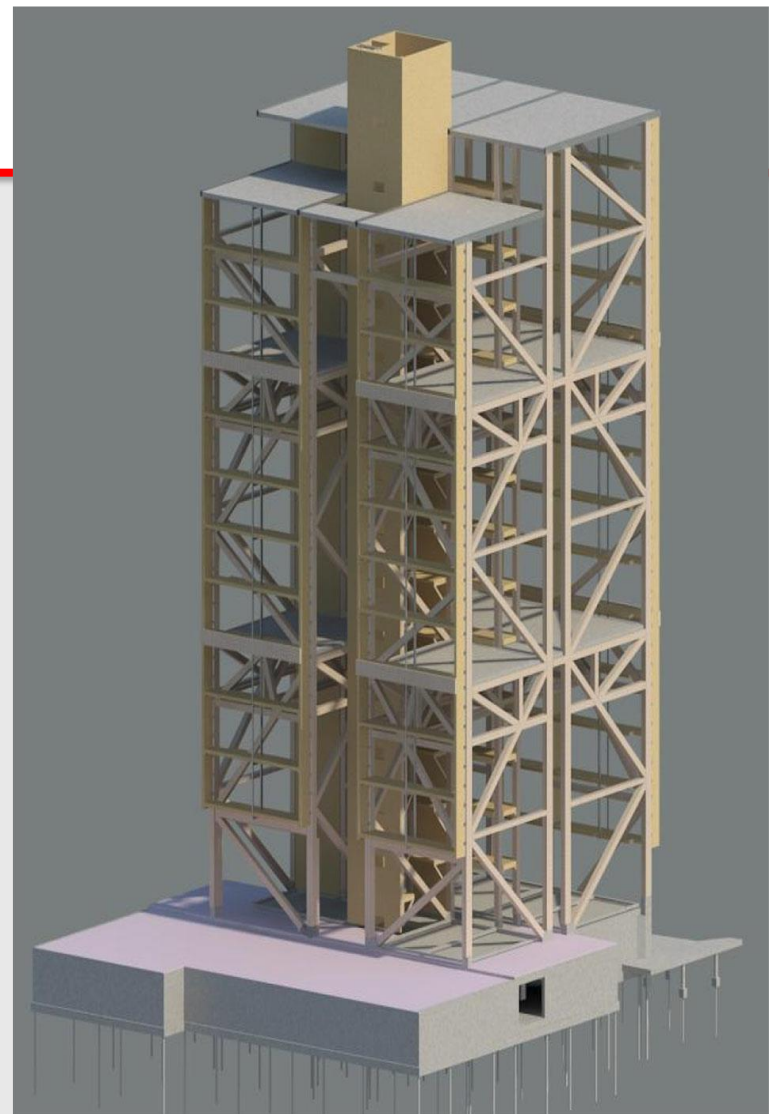
10
FLOORS

Fortè Tower
Status: **Completed**, 2013
Location: Melbourne
Australia's first mass-timber high-rise was the world's tallest when completed in 2013.

Tratoppen, Stockholm
The wood panels cladding this envisioned building would be shaped as the number of each floor.

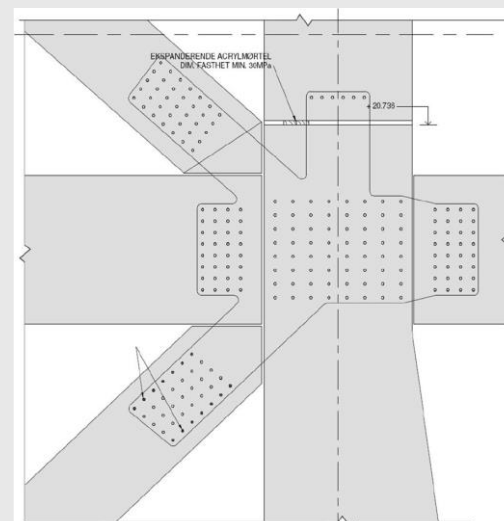
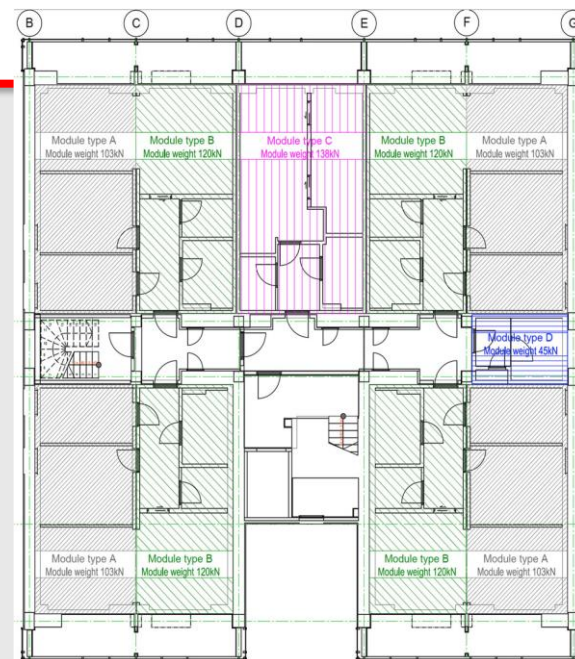
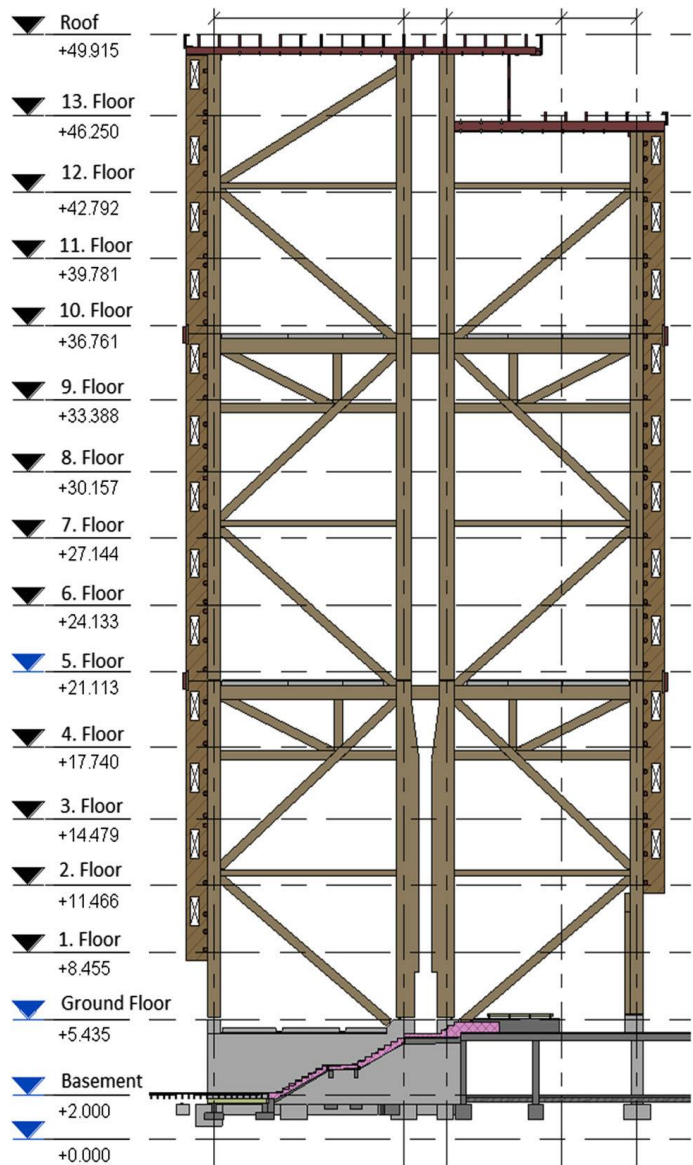
HSB 2023 - Vasterbroplan, Stockholm
This 34-floor project would use pillars and beams constructed of solid and cross-laminated timber.

SOM Timber Tower, Chicago
This building reimagines the 40-story concrete Plaza on Dewitt in wood.

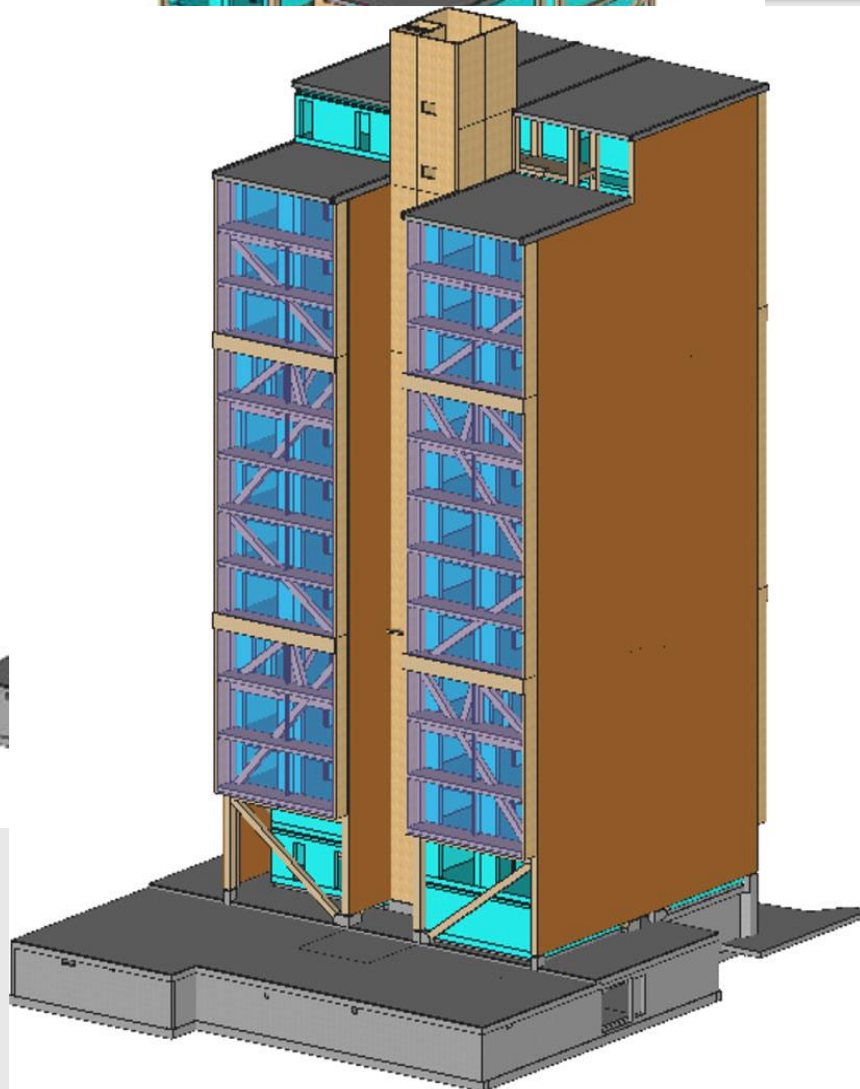
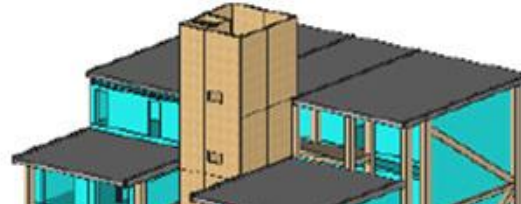
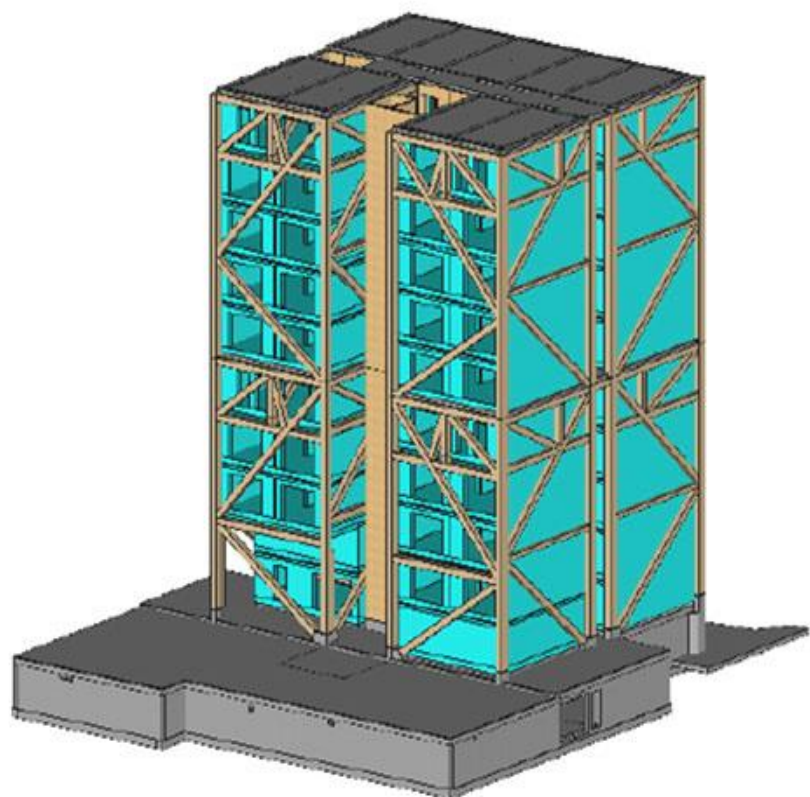


Treet, Bergen, Norveška





Treet, Bergen, Norveška



Treet, Bergen, Norveška

