

# Drvene montažne kuće

---

**Lazar, Ivona**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:804884>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-25**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivona Lazar

# **DRVENE MONTAŽNE KUĆE**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Ivona Lazar

# **DRVENE MONTAŽNE KUĆE**

ZAVRŠNI ISPIT

izv.prof.dr.sc. Nikolina Vezilić Strmo

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Ivona Lazar

# **WOODEN PREFABRICATED HOUSES**

FINAL EXAM

associate professor Nikolina Vezilić Strmo

Zagreb, 2024



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

(Ime i prezime)

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

Mentor:

Potpis mentora:

*Mezarić Stano*

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:



## OBRAZAC 6

### IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

## ZAHVALE

Zahvaljujem se svojoj mentorici, izv.prof.dr.sc. Nikolini Vezilić Strmo, koja me usmjeravala i vodila tokom pisanja završnog rada. Uvijek se trudila odgovoriti u najkraćem mogućem roku, bila je ljubazna, predana i uvijek spremna pomoći.

Zahvaljujem se arhitektici Martini Miličević Pojatina i svima onima koji su mi omogućili pristup pojedinim tehničkim crtežima i projektima dostupnim u ovom radu, a čija imena bih ostavila anonimnima.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, svojem dečku i prijateljima koji su uvijek bili uz mene. Pružali su mi podršku kad god mi je bila potrebna, vjerovali u mene i time mi pomogli da ostvarim svoj cilj.



## SAŽETAK

Rad se bavi drvenim montažnim kućama za koje je u prvom dijelu navedena teorijska podloga, a na kraju je potkrijepljena primjerima stvarno izvedenih montažnih kuća. Montažne kuće nalaze široku primjenu u građevinarstvu, a osim drvenih moguća je i izvedba od betona, čelika i opeke koja je u radu opisana u kratkim crtama. Proizvodnja elemenata odvija se u tvornici u čemu leži velika prednost naspram klasičnoj izgradnji. Transport elemenata do gradilišta neizbježan je korak prije samog povezivanja elemenata na mjestu ugradnje. Spajanju elemenata potrebno je posvetiti veliku pozornost i preciznost jer ono direktno utječe na stabilnost i trajnost objekta. Kao najčešće primijenjen materijal drvenih montažnih kuća, odlikovan svojim izuzetnim svojstvima, je križno lamelirano drvo (CLT) čije su karakteristike navedene u nastavku. U Hrvatskoj ono još ne nalazi veliku primjenu, već se većina montažnih kuća izvodi od drvenih okvira s panelima i ispunom od mineralne vune. Primjeri navedenih kuća te kuća od strukturno izoliranih ploča (SIP) dostupni su na kraju ovog rada.

**Ključne riječi:** CLT, drvene montažne kuće, drvo, izolacija, SIP, spojevi, transport.

## SUMMARY

The paper deals with wooden prefabricated houses, for which the theoretical basis is stated in the first part, and at the end it is supported by examples of actually constructed prefabricated houses. Prefab houses are widely used in construction, and in addition to wooden houses, they can also be made of concrete, steel and brick, which is briefly described in the paper. The production of elements takes place in the factory, which is a big advantage compared to classic construction. Transporting the elements to the construction site is an inevitable step before connecting the elements at the installation site. It is necessary to pay great attention and precision to the joining of elements because it directly affects the stability and durability of the object. Cross-laminated timber (CLT) is the most commonly used material for wooden prefabricated houses, distinguished by its exceptional properties, whose characteristics are listed below. In Croatia, it is not yet widely used, but most prefabricated houses are made of wooden frames with mineral wool filling and panels. Examples of the mentioned houses and houses made of structural insulated panels (SIP) are available at the end of this paper.

**Key words:** CLT, wooden prefabricated houses, wood, isolation, SIP, joints, transport.

## SADRŽAJ

ZAHVALE .....	i
SAŽETAK .....	ii
SUMMARY .....	iii
SADRŽAJ .....	iv
<b>1. UVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Općenito o montažnim kućama .....</b>	<b>7</b>
2.1. Povijesni pregled i razvoj .....	7
2.2. Betonske montažne kuće.....	9
2.3. Čelične montažne kuće .....	11
2.4. Zidane montažne kuće.....	12
2.5. Mjere i dokumentacija potrebne za izgradnju .....	13
<b>3. DRVO .....</b>	<b>14</b>
3.1. Upotreba kroz povijest .....	14
3.2. Svojstva drva .....	15
3.2.1. Vlažnost drva .....	16
3.2.2. Skupljanje i bubrenje .....	16
3.2.3. Utjecaj temperature na mehanička svojstva .....	16
3.2.4. Utjecaj grešaka pri rastu, napadi gljivica i insekata .....	16
3.2.5. Kemijski štetni utjecaji .....	17
3.2.6. Otpornost na požar .....	17
3.3. Drvo kao građevinski materijal .....	18
<b>4. DRVENE MONTAŽNE KUĆE .....</b>	<b>20</b>
4.1. Povijesni pregled.....	20
4.2. Najviše korišteni proizvodi na bazi drva .....	20
4.2.1. Križno lamelirano drvo (CLT).....	21
4.2.2. Ploče s usmjerenim iverjem (OSB).....	23
4.3. Drvena konstrukcija s panelima i ispunom od mineralne vune .....	24
4.4. Temelji .....	27
4.4.1. Betonska ploča.....	27
4.4.2. Trakasti temelji .....	28
4.4.3. Podrumski temelji.....	28
4.5. Izolacija .....	28
4.6. Spajanje elemenata .....	30
4.7. Transport i sredstva potrebna za ugradnju .....	34
4.8. Budući razvoj i potencijal za rast .....	37
<b>5. PRIMJERI IZVEDENIH DRVENIH MONTAŽNIH KUĆA .....</b>	<b>39</b>

5.1.	<i>Shotgun house, Čile</i> .....	39
5.2.	<i>Kibi Kogen N Square, Japan</i> .....	44
5.3.	Obiteljska kuća, Republika Slovenija .....	48
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČAK</b> .....	<b>52</b>
	<b>POPIS LITERATURE</b> .....	<b>54</b>
	<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>57</b>
	<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>59</b>

## 1. UVOD

Montažne kuće predstavljaju značajan iskorak u građevinarstvu kojim se znatno ubrzava vrijeme izgradnje objekta. Korištenje montažnih objekata ima dugu povijest iza sebe, a njihova je primjena u današnje vrijeme sve češća i popularnija. Kako ljudska populacija sve više raste, tako se povećava potražnja za stambenim i poslovnim prostorima. Montažne kuće su najpogodnije rješenje za navedenu potrebu kojima se u samo par mjeseci može sagraditi čitav stambeni objekt. U dalekoj prošlosti, sve do početka kolonizacije, kuće su se gradile od materijala dostupnih u okolini. Kolonizacijom i industrijskom revolucijom dolazi do značajnog porasta i razvitka montažnih elemenata koji su sastavni dio montažnih kuća.

Transport je jedna od najvažnijih faza u njihovoj izradi. Svi elementi izrađuju se u tvornici nakon čega se moraju dopremiti do gradilišta. Pri tome su potrebna transportna sredstva, mehanizacija i mjere opreza kako bi se elementi mogli pravilno ugraditi i međusobno povezati. Spajanje elemenata odvija se na gradilištu, a najčešće se primjenjuju vijci za drvo u kombinaciji s metalnim pločama. Metalne ploče podložne su koroziji pa ih je potrebno zaštititi antikorozivnim sredstvima. Temelji montažnih kuća najčešće su armiranobetonski (AB) te njihova izvedba može biti identična onoj kod klasične izgradnje objekta. Montažne elemente potrebno je povezati i s temeljima pri čemu se koriste posebna spojna sredstva kao što su anker tiple za beton.

Drvo je jedan od najstarijih građevinskih materijala koji veliku i široku primjenu ima i danas. Njegova pogodna građevinska i ekološka svojstva, estetska i energetska vrijednost čine ga najčešće korištenim materijalom za izgradnju montažnih kuća. Drvo kao građevinski materijal ima svoje mane, ali razvojem tehnologije dolazi i do razvoja u području primjene prirodnih materijala. Tako se križno lamelirano drvo (eng. Cross - laminated timber - CLT) odlikuje svojim izvanrednim svojstvima i vrlo često se koristi kao osnovni materijal drvenih montažnih kuća. Često se naziva betonom budućnosti. Na području Hrvatske, montažne kuće s drvenim okvirima i ispunom od mineralne vune s panelima nalaze veću primjenu od CLT-a. Više tvrtki se bavi ovim načinom proizvodnje, ali dolazak i primjena CLT-a na ovo područje s vremenom sve više raste. Drvo je samo po sebi dobar izolator, ali uvijek je poželjno koristiti dodatnu izolaciju. Pri tome se najčešće koristi spomenuta mineralna vuna u koju se ubrajaju kamena i staklena vuna te ekspanzirani (EPS) i ekstrudirani (XPS) polistiren. Sve veću primjenu pronalaze strukturno izolirane ploče (SIP) sa OSB panelima koje se samo montiraju na gradilištu

## 2. OPĆENITO O MONTAŽNIM KUĆAMA

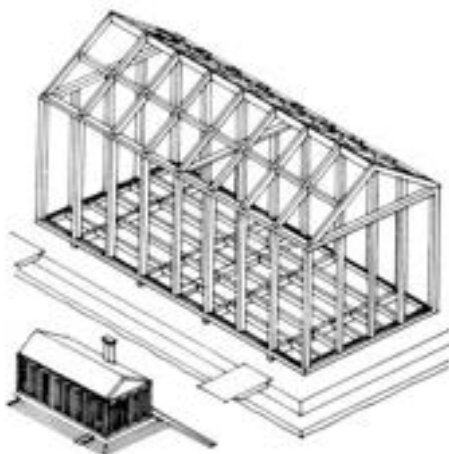
Montažne kuće su objekti izvedeni od prethodno proizvedenih elemenata koji se montiraju na gradilištu. Proizvodnja se odvija u tvornicama ili radionicama u kontroliranim uvjetima. Gotovi elementi se zatim transportnim sredstvima i mehanizacijom transportiraju do mjesta ugradnje. Montažne kuće zahtijevaju znatno kraće vrijeme izvedbe te je to jedan od razloga zašto se u današnje vrijeme sve češće koriste i zamjenjuju klasične monolitne objekte. Prema materijalu od kojeg se najčešće izvode, mogu se podijeliti na betonske, čelične, zidane i drvene. Drvene montažne kuće će biti opisane u zasebnoj cjelini budući da su one glavna tematika ovog rada. [1]

### 2.1. Povijesni pregled i razvoj

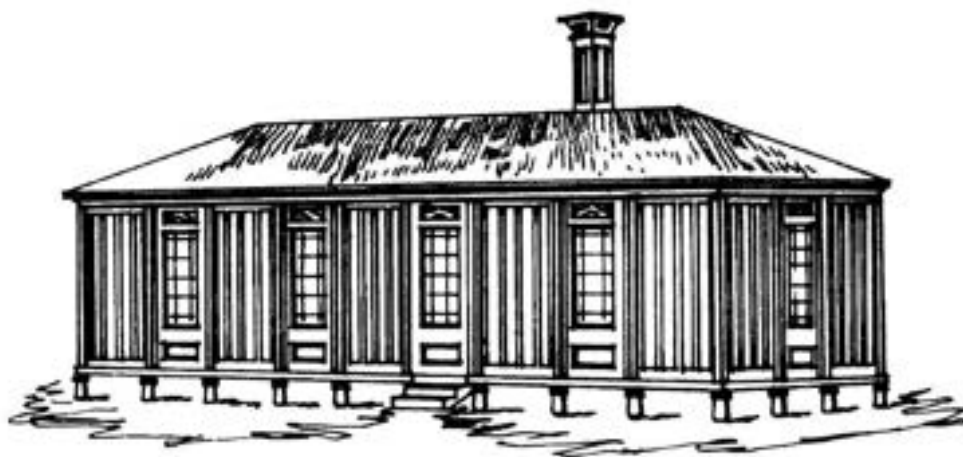
Montažne kuće imaju bogatu povijest svojeg razvoja koji traje još i danas. Rimljani se smatraju prvima u korištenju betonskih montažnih dijelova koje su izrađivali u drvenim kalupima i koristili ih za svoje objekte. [2]

Kolonizacija Velike Britanije pridonijela je razvoju montažne izgradnje na Zapadu u 16. i 17. stoljeću. Prije dolaska na novi teritorij nije se moglo znati koje su sirovine dostupne na tom području, a isto tako je doseljenicima nedostajalo vještina za izgradnju pa su se iz tog razloga građevinski dijelovi proizvodili u Engleskoj i brodovima transportirali do kolonija. Drvo je bio osnovni materijal koji se pri tome koristio. Prva takva montažna kuća je 1624. godine poslana brodom u ribarsko selo na stjenovitom poluotoku Cape Ann smještenom u Atlantskom oceanu. Najveći razvoj potječe iz razdoblja industrijske revolucije u 19. stoljeću kojom je došlo do napretka u tehnologiji i transportu kao jednim od ključnih elemenata montažne gradnje. Kolonizacija u Južnoj Africi započela je 1820. godine, gdje su brodovima poslana drvene montažne kuće kao pomoć doseljenicima. Izvodile su se od prethodno izvedenih drvenih okvira, a oblagale su se na mjestu ugradnje obrubljenim daskama (slika 1). [3]

*Manning Portable Colonial Cottage* je evoluirana montažna kuća koju je razvio londonski stolar H. John Manning za svog sina koji je emigrirao u Australiju 1830. godine. Smatra se prvom potpunom montažnom kućom na bazi drva kao osnovnog materijala. Sastojala se od stupova između kojih su se nalazili drveni paneli, podnih ploča i trokutastih nosača u ulozi krova. Stupovi su vijcima bili pričvršćeni na kontinuiranu podnu ploču (slika 2). Manning je kuću opisao riječima: „*Budući da niti jedan komad nije teži od onoga što bi čovjek mogao lako nositi nekoliko milja, mogao bi se odnijeti čak i na veliku udaljenost bez pomoći bilo koje tovarne životinje.*“ [3]



Slika 1.: Drvena montažna kuća za doseljenike u kolonijama (Izvor: [3])



Slika 2.: *Manning Portable Colonial Cottage* (Izvor: [3])

Najveći porast u potražnji montažnih objekata javlja se u 20. stoljeću. Koristili su se u Prvom svjetskom ratu zbog jednostavnog transporta do prve linije bojišnice. [2] Nakon Drugog svjetskog rata dolazi do velike potražnje za stambenim prostorima. Upravo je izgradnja montažnih kuća omogućila brzo rješavanje navedene potrebe. Najčešće su se izvodile od laganih materijala poput čelika i aluminija i služile kao privremeni stambeni prostori. [4]

U Sjedinjenim Američkim Državama je početkom 20. stoljeća postojala mogućnost naručivanja montažnih kuća poštom. Za to je zaslužna robna kuća *Sears, Roebuck and Company* koja je izdavala kataloge kao reklamu za svoje proizvode (slika 3). Kuće su se dostavljale u dijelovima sa svim nužnim materijalima, uputama pa čak i alatom za njeno sastavljanje. Njihova prednost bila su jednostavnost i cijena. Sa radom su prestali sredinom 20. stoljeća, ali su značajno pridonijeli razvoju i popularizaciji montažnih kuća. [2]

U ranim počecima, montažne su kuće bile na glasu kao objekti nedovoljne čvrstoće i trajnosti. No, napredovanjem tehnologije, u drugoj polovici 20. stoljeća dolazi do promjena u navedenoj

činjenici. Poboljšana je kontrola kvalitete, fleksibilnost dizajna i energetska učinkovitost, a sve to uz korištenje računalnih programa. Na prijelazu u 21. stoljeće njihova potražnja je ponovno oživjela te se posljednjih godina sve više gleda na korištenje ekološki prihvatljivijih materijala i primjenu inovativne tehnike građenja. [2]



Slika 3.: Katalog rubne kuće *Sears, Roebuck and Company* (Izvor: [5])

## 2.2. Betonske montažne kuće

Beton je u današnje vrijeme najrašireniji i najčešće korišteni građevinski materijal. Dobiva se miješanjem cementa, agregata i vode uz kemijske i mineralne dodatke. Njegova vlačna čvrstoća je znatno manje od tlačne, otprilike deset puta, pa se često koristi u kombinaciji sa čelikom. Čelik pokazuje dobro ponašanje u vlaklu, a zajedno s betonom čini armirani beton. Beton ima veliku vlastitu težinu, osjetljiv je na agresivne tvari iz okoliša i na udarce. S druge strane, nije osjetljiv na koroziju i insekte, otporan je na vatru i trajan je građevinski materijal koji ima malu električnu provodljivost. Zbog široke dostupnosti osnovnih sastojaka relativno je jeftin, zahtjeva niske troškove održavanja te ima dugi vijek trajanja. Čitav niz godina izvode se objekti ulijevanjem betona u oplatu na mjestu ugradnje. Njegova velika prednost je upravo mogućnost postizanja različitih oblika pogodnih za raznolika arhitektonska rješenja. Drugi i sve češći način u današnje vrijeme je izvedba betonskih montažnih elemenata u tvornicama.

Betonski montažni elementi armiraju se u tvornicama. Nosivu konstrukciju najčešće čine grede i vertikalni elementi, odnosno stupovi. Između njih može se ugraditi ne nosiva ispuna ili se ugrađuju armirani zidovi. Armirani zidovi bolje su rješenje u pogledu seizmičke sigurnosti jer je armatura ugrađena u čitavu površinu zida, a ne samo u stupove. Pri takvome rješenju se već u tvornici oblikuju i ostavljaju otvori predviđeni za vrata ili prozore (slika 4). [6]



Prednost betonske montažne gradnje može se očitovati i u uštedi na oplati. Postavljanje i skidanje oplata na mjestu ugradnju iziskuje dosta vremena i radne snage. U tvornicama se koristi mehanizacija kojom je taj postupak znatno ubrzan. Pri samoj izradi projekata treba obratiti pažnju na oblikovanje elemenata. Izgradnja će biti ekonomski isplativija ako se koriste elementi što sličnijih oblika. Isto tako, u tvornicama je kontrola kvalitete betona znatno bolja i kvalitetnija te je omogućeno preciznije oblikovanje elemenata. Betoniranje se može izvoditi neovisno o vremenskim uvjetima i napredovanju na gradilištu.



**Slika 4.:** Skelet betonske montažne kuće (Izvor: [6])

Ugradnja izolacije moguća je već u tvornici gdje se nosivi zid izvodi kao troslojni sendvič panel. On se sastoji od armiranog betonskog zida, izolacije i fasadnog sloja po izboru (slika 5). [7]



**Slika 5.:** Troslojni sendvič panel (Izvor: [7])

### 2.3. Čelične montažne kuće

Čelik, slitina željeza s udjelom ugljika do 2%, je uz beton jedan je on najčešće korištenih građevinskih materijala. Mogućnost recikliranja čini ga ekološki prihvatljivim materijalom što je u današnje vrijeme vrlo aktualno i važno svojstvo. Otporan je na udarce i izdržljiv je materijal koji se može oduprijeti teškim vremenskim uvjetima, ali mana mu je podložnost koroziji. Ona se može ublažiti korištenjem antikorozivnih premaza ili korištenjem čelika otpornih na koroziju. Takvi čelici na površini stvaraju kompaktni sloj hrđe koji štiti čelik od daljnjeg širenja korozije. Korozija se ne može u potpunosti zaustaviti, ali se može ublažiti. Pokazano je da korozija za 50 godina uništi osnovni materijal u debljini od 1,5 mm. [8]

Čelične montažne kuće pružaju suvremene dizajne s minimalističkim elementima i naglaskom na jednostavnosti. Čeličnim okvirom velike nosivosti mogu se postići otvoreni i prostrani prostori. Mana čeličnih montažnih kuća je buka koja se javlja za vrijeme jačih padalina, poput grada. Za razliku od betonskih montažnih elemenata, čelik ima malu vlastitu težinu koja je pogodna u pogledu transporta kao jedne od važnijih značajki u procesu izgradnje montažnih kuća. [9]

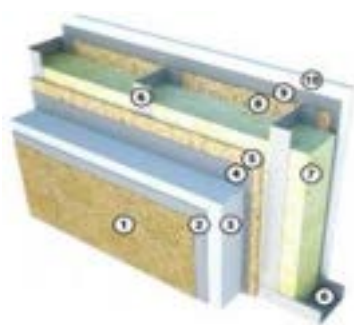
U današnje vrijeme često se primjenjuje skeletna gradnja objekata pocinčanim tankostijenim profilima (slika 6), odnosno LGS (eng. *Light Gauge Steel*). Profili se prema projektu precizno izrezuju u tvornici, ostavljaju se otvori za montažu i instalacije te na gradilištu preostaje samo montiranje. Takav postupak znatno ubrzava proces čitave izgradnje, a budući da se koristi reciklirajući čelik, građevinski otpad se smanjuje. [10]

Čelik ima visok omjer čvrstoće i vlastite težine pa su čelične montažne kuće prikladno rješenje u seizmički aktivnim područjima. Tako su čelični okviri otporniji na potres od drvenih okvira ili montažnih kuća izrađenih od betona i opeke. [10]

Montirana čelična konstrukcija može se obložiti OSB vlaknastim pločama, mineralnom vunom, gips kartonskim pločama i slično (slika 7). Izbor vanjske fasade nije ograničen pa se tako mogu koristiti opeka, ventilirajuće ili kontaktne fasade. [10]



**Slika 6.:** Skelet čelične montažne kuće (Izvor: [9])



1. Silikatna žbuka	2mm
2. Građevinsko ljepilo s mrežicom	4mm
3. Fasadni stiropor	100mm
4. Građ. ljepilo (pur pjena)	3mm
5. OSB drvena vlaknasta ploča	10mm
6. Metalna nosiva konstrukcija	140mm
7. Mineralna / kamena vuna	140mm
8. OSB drvena vlaknasta ploča	10mm
9. Parna brana	0,2mm
10. Gips ploča (Knauf)	12,5mm

Slika 7.: Obloga čeličnog skeleta (Izvor: [10])

## 2.4. Zidane montažne kuće

Opeka je uz kamen i drvo jedan od najstarijih, a ujedno i prvi umjetno proizveden građevinski materijal na bazi gline. Od davnina se koristi kao materijal za zidanje uz primjenu morta kao veziva. Pokazuje dobra izolacijska svojstva, otpornost na požar i kemijske utjecaje što ju čini prihvatljivim građevinskim elementom u različitom okolišnom okruženju. Dolazi u raznim oblicima i bojama, najčešće u crvenoj, kojima može udovoljiti brojnim estetskim zahtjevima. [11]

Zidane montažne kuće se izvode od opeke, odnosno ciglenih blokova širine najčešće 30 cm. Za razliku od klasičnih zidanih kuća, zidovi se izvode u tvornicama automatiziranom i preciznom mehanizacijom te se naposljetku dopremaju na gradilište i ugrađuju. Opeka se međusobno povezuje tankim slojem dvokomponentnog ljepila koje se sastoji od smole i učvršćivača te pokazuje vrlo dobra adhezivna svojstva (slika 8). Njegovo korištenje povoljnije je u estetskom smislu zbog urednijih i čistijih spojeva bez ostatka morta koji se najčešće koristi pri klasičnom zidanju opekom. [12] Zidani zidovi se na gradilištu povezuju horizontalnim i vertikalnim serklažima (slika 9). Serklaži su izvedeni od armiranog betona, a njihova osnovna uloga je ukrućivanje zidanih zidova i mogućnost ravnomjerne raspodjele opterećenje s međukatne konstrukcije na zidove. Međukatna ploča može se izvesti od armiranobetonskih gredica ili kao polumontažna od armiranog betona koja služi kao oplata za punu armiranobetonsku ploču. Krovnu konstrukciju najčešće čini klasično drveno krovište, ali moguća je izvedba od rešetkastih nosača ili krovnih panela. [13]

Izolacija se može ugraditi u tvornici čime se povećava preciznost, a smanjuje vrijeme izvođenja na gradilištu. Pri tome se najčešće koristi ispuna mineralnom vunom kojoj nije potrebna dodatna izolacija. U slučaju da je potrebno, dodatna izolacija može se postaviti na gradilištu kako bi se postigla prihvatljivija energetska učinkovitost.



Slika 8.: Strojno nanošenje dvokomponentnog ljepila (Izvor: [12])



Slika 9.: Povezivanje zidanih zidova serklažima (Izvor: [13])

## 2.5. Mjere i dokumentacija potrebne za izgradnju

Montažna kuća je građevina povezana s tlom kao što je i klasično izgrađena kuća te je s toga za njeno izvođenje prema *Pravilniku o jednostavnim i drugim građevinama i radovima* potrebna građevinska dozvola. [14] Mora se nalaziti na građevinskom zemljištu, a navedeno se može utvrditi važećim urbanističkim planom. U današnje vrijeme dostupni su katalozi u kojima se mogu pronaći gotove, tipske montažne kuće. Tipskim projektima se određeni objekt može izvesti na više različitih lokacija. Katalozi u većini slučajeva nude 3D vizualizaciju kojom se može pobliže dočarati izgled objekta. Takva rješenja su jeftinija, ali postoji i mogućnost novog, jedinstvenog projekta koji se izvodi prema željama naručitelja. Nakon što je izgradnja objekta završena, potrebno je ishoditi uporabnu dozvolu kojom se objekt može početi koristiti. [15] Uz navedeno, u pojedinim su slučajevima potrebne dozvole za transport što će biti opisano u cjelini 4.6.

### 3. DRVO

Drvo je jedan od najstarijih građevinskih materijala korišten diljem svijeta. Prirodan je i ekološki prihvatljiv materijal čija primjena je u današnje vrijeme sve češća. Njegova estetska prednost je pružanje osjeta topline. Razvojem tehnologije poboljšana su mu svojstva te je to jedan od mnogih razloga zašto je najpopularniji materijal za izradu montažnih kuća. Posljednjih godina drvo se sve više počelo upotrebljavati u građevinarstvu. Na to je utjecala svijest o okolišu i održivosti koja je danas vrlo aktualna tema, a upravo je drvo prihvatljiv materijal s malim ekološkim otiskom. Može se smatrati spojem tradicije i inovativne budućnosti u građevinarstvu i drugim područjima.

#### 3.1. Upotreba kroz povijest

Kao prirodan materijal, drvo je bilo jednostavno pronaći u okolini. Sve civilizacije su ga koristile kao materijal kojim su gradile skloništa od vremenskih nepogoda i divljih životinja. Pri tome su se najviše koristile grane i koru drveta. S vremenom su stekli vještine koje su im omogućile oblikovanje drveta, a isto tako njegovo korištenje kao izvor vatre. Osim skloništa i nastambi, njime su gradili mostove, brodove pa čak i oružja poput koplja te lukova i strijela. Navedeno im je omogućilo preživljavanje i razvoj.

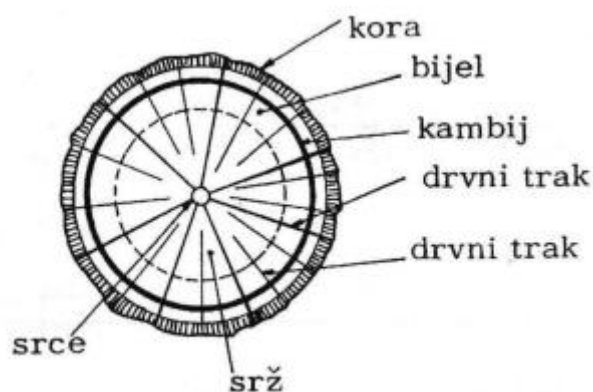
Drevne civilizacije kao što su Kina i Egipat, uvelike su koristile drvo kojim su oblikovale spomenike i tako ostavile nasljeđe u povijesti. Tokom srednjeg vijeka, drvo je postalo temeljni element u brodogradnji i izgradnji katedrala, crkva i hramova. Rimljani, Feničani i Grci gradili su drvene brodove koji su im omogućili istraživanje novih, tada još nepoznatih teritorija i njihovo koloniziranje. Isto tako, Vikinzi su u to vrijeme bili prepoznatljivi po svojim tipičnim drvenim brodovima. Rimljani su drvo koristili i za skele, ali i za izgradnju privatnih domova i vila. U vrijeme renesanse i baroka, počeli su se javljati drveni podovi i stropovi s drvenim gredama.

Industrijskom revolucijom došlo je do razvoja željeza i čelika koji su u građevinarstvu pronašli širu primjenu od drva. Međutim, drvo je i dalje ostalo vodeći materijal za izradu namještaja, papira i sličnih predmeta. [16]

Drvo je našlo primjenu i u kulturnom svijetu. Od njega su se izrađivali glazbeni instrumenti, tradicionalne drvene igračke i skulpture.

### 3.2. Svojstva drva

Drvo je prirodni materijal vlaknaste strukture čiju osnovnu strukturu čine stanice. Stanice su međusobno povezane jažicama. Jažice su mali otvori s propusnim membranama različitih oblika koje omogućuju okomito i vodoravno kretanje vode u drvetu. Većina jažica se zatvara nakon sušenja. Izloženost kemijskim i fizikalnim promjenama smanjuje njegovu trajnost i estetsku vrijednost. Osnovna funkcija drva je provođenje vode kroz deblo pa sve do krošnje. Kora mu omogućuje zaštitu od štetnog djelovanja gljivica i insekata te vremenskih uvjeta poput isušivanja. Nehomogenog je poprečnog presjeka, a dijelovi presjeka mogu se vidjeti na slici 10.



Slika 10.: Dijelovi poprečnog presjeka drva (Izvor: [17])

Drvo se općenito može podijeliti na bjelogorično i crnogorično. Bjelogorično drvo je evolucijski mlađe od crnogoričnog i veće je gustoće. U bjelogoricu se mogu svrstati hrast i bukva, a primjer crnogorice su smreka, jela, bor i ariš.

Drvo je anizotropan i nehomogen materijal. Anizotropija se očituje u nejednakim svojstvima u različitim smjerovima. Javlja se zbog izloženosti drva vjetru čije je opterećenje veće od opterećenja vlastitom težinom. Na taj način dolazi do savijanja stabla koje izaziva pojavu vlačnih naprezanja na strani puhanja vjetra. Iz tog je razloga vlačna čvrstoća znatno veća od tlačne. Nehomogenost se javlja kao posljedica različitih funkciju u životnom vijeku drva.

Razlikuju se čvrstoća u smjeru i okomito na smjer vlaknaca. U uzdužnom smjeru središnja lamela, bogata ligninom, lijepi stanice jednu uz drugu. Kohezijska čvrstoća lignina je dosta slaba iz čega slijedi da je vlačna čvrstoća drva okomito na vlakanca nekoliko puta manja od vlačne čvrstoće u smjeru vlaknaca. Prema tome, drvo ima najveću čvrstoću u uzdužnom, a najmanju u tangentskom smjeru, odnosno u smjeru tangente na godove.

### 3.2.1. Vlažnost drva

Vlažnost je jedno od osnovnih fizičkih svojstava drva. Može se odrediti na dva načina. Jedan od njih je razorni postupak namijenjen provođenju u laboratoriju kojim se određuju masa vlažnog te masa suhog drva sušenog pri temperaturi od 100 °C.

Vlažnost se može izračunati formulom danom u nastavku:

$$V(\%) = \frac{G - G_s}{G_s} * 100$$

G – masa drva prije sušenja

G<sub>s</sub> – masa apsolutno suhog drva

Drugi način je nerazorna metoda korištenjem vlagomjera. Bazira se na mjerenju specifičnog električnog otpora pri razini vlage od 6% do 32%. Otpor raste obrnuto proporcionalno vlažnosti, a ovisi o botaničkoj vrsti i temperaturi drva. Vlagomjer može biti digitalni i analogni. Mjerenje vlage moguće je na površini, ali je pomoću šiljka moguće i dubinsko mjerenje.

Vlaga znatno utječe na trajnost drva. Velike količine vlage nisu poželjne jer se time smanjuje njegova trajnost.

### 3.2.2. Skupljanje i bubrenje

Drvo ima mogućnost bubrenja i skupljanje. Ova pojava je povezana s promjenom volumena ovisno o udjelu vlage. Može se definirati kao sposobnost drva da pri promjeni vlage mijenja svoj volumen u određenim granicama. U slučaju bubrenja dolazi do povećanja, a u slučaju skupljanja do smanjenja volumena.

### 3.2.3. Utjecaj temperature na mehanička svojstva

Povišenjem temperature dolazi do smanjenja čvrstoće drva. Temperatura može imati negativan utjecaj i u pogledu povećanja kvrgavosti te otklona vlaknaca. Velika pozornost treba se obraditi na sušenje drva koje mora biti postepeno i kontrolirano. U slučaju naglog sušenja dolazi do raspucalosti koja loše utječe na mehanička svojstva.

S druge strane, pri niskim temperaturama dolazi do smrzavanja drva. To je s jedne strane povoljno jer rastu mehaničke osobine, ali se krtoš povećava.

### 3.2.4. Utjecaj grešaka pri rastu, napadi gljivica i insekata

Drvo je materijal izložen čestom i štetnom napadu gljivica i insekata. Za rast gljivica potrebna je minimalna vlažnost od 30%. Izuzetak je kućna gljiva koja može preživjeti u uvjetima vlažnosti

od 25% do 55%. Kao posljedica napada gljivica, drvo poprima tipičnu smeđu boju, propada i pokazuje mrlje truleži. Modrenje uglavnom uzrokuje promjene estetske i površinske prirode.

Insekti se mogu podijeliti na kukce i termite koji jedu i razaraju drvo. Jedan od primjera je kućna strizibuba koja stvara rupe ovalnog oblika. Insekti neznatno smanjuju mehanička svojstva, ali važnu ulogu igra vrijeme izloženosti drva navedenim nametnicima.

Kvrgavost se javlja na mjestima otklona vlakana. To su mjesta oslabljenih presjeka koja imaju nepovoljan utjecaj na vlačnu čvrstoću paralelno s vlakancima jednako kao i usukanost.

### **3.2.5. Kemijski štetni utjecaji**

Drvo nije jako osjetljivo na djelovanje kiselina i lužina. Kad se pH vrijednost za kiseline kreće ispod 3, a za lužine ispod 10, ne postoji opasnost od štetnih posljedica na drvo.

Solne otopine također ne izazivaju velike posljedice. Izuzetno se kod hrasta može javiti promjena boje ako postoji doticaj s metalom i istovremena prisutnost elektrolita solne otopine.

### **3.2.6. Otpornost na požar**

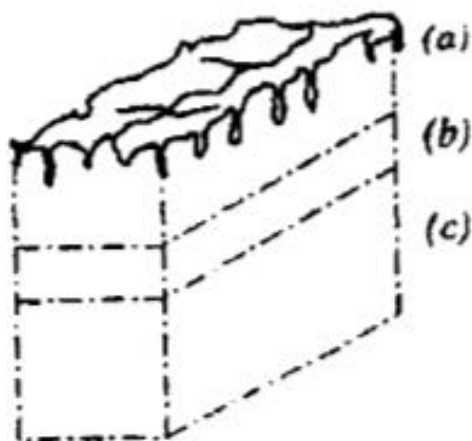
Razlikuju se dvije faze požare, a to su požar u nastanku i puni požar. Požar u nastanku se odnosi na način izgaranja materijala, brzinu širenja vatre, intenzitet provođenja topline i stupanj zapaljivosti. Punim požarom se smatra faza u kojoj požar zahvaća sve zapaljive materijale. U ovoj fazi se naglasak stavlja na sprečavanje daljnjeg širenja požara i sposobnost zadržavanja nosivosti elementa.

Općenito, drvo se smatra zapaljivim materijalom, ali potrebno je uložiti veliku količinu energije kako bi došlo do zapaljenja. U slučaju da postoji izvor topline, do zapaljenja će doći kada temperatura premaši 300 °C, a zapaljenje će se samo od sebe dogoditi pri brzom rastu temperature na oko 400 °C.

Zapaljivost ovisi o gustoći drva, udjelu vlažnosti i odnosu površine i volumena elementa. Što su gustoća i vlažnost veći, to je potrebno uložiti veću količinu energije. Veći odnos površine i volumena presjeka uzrokuje brže i agresivnije širenje požara. Jednako tako, oštri rubovi i hrapava površina povećavaju naveden odnos pa djeluju povoljno na njegovo širenje.

Gorenjem se na površini drva stvara ugljeni sloj koji sprječava brzo širenje topline prema unutrašnjosti elementa. Sloj pirolize nalazi se ispod ugljenog sloja, ali se u njemu ne javljaju oštećenja upravo zbog sporog širenja topline (slika 11). Daljnjim povećanjem temperature doći će do sagorijevanja čitavog elementa zbog stvaranja zapaljivog ugljičnog monoksida. Drvo tokom gorenja stvara zatvorenu površinu sve dok se njegov presjek ne stanji i u potpunosti izgori. Kako bi se ublažila zapaljivost, postoji mogućnost nanošenja zaštitnih premaza. [17]





**Slika 11.:** Promjena drva izloženog požaru (a) ugljeni sloj, (b) sloj pirolize, (c) nepromijenjeno drvo (Izvor: [17])

### 3.3. Drvo kao građevinski materijal

Posljednjih godina primjena drva kao građevinskog materijala sve više raste. Kao građevinski materijal počeo se koristiti još u davnoj prošlosti kao što je opisano u poglavlju 3.1. Primjena drva ima prednosti u odnosu na ostale građevinske materijale, ali isto tako ima i svoje nedostatke. Ekološki je prihvatljiv materijal koji se može ponovno iskoristiti, odnosno obnovljiv je i biološki razgradiv resurs.

Neke od prednosti koje se mogu istaknuti su mala zapreminska masa, različite mogućnosti oblikovanja, velika čvrstoća u smjeru vlakana, laka obrada i vrlo ugodan estetski dojam koji pridonosi toplini i vizualnoj privlačnosti.

S druge strane, drvo je materijal osjetljiv na uvjete skladištenja i sušenja, osjetljiv je na atmosferilije zbog čega je potrebna primjena zaštitnih sredstava, zapaljiv je i s ekonomske strane gledano dosta skup materijal. [18]

Pri ugradnji drva treba obratiti pozornost na konstrukcijske i građevinske mjere kojima se može ublažiti negativan utjecaj na njegova mehanička svojstva. Tako bi se trebala osigurati cirkulacija potkrovnih i vlažnih prostora, trebala bi se koristiti izolacija za sprečavanje kondenzacijske vode te izbjegavati površine sa udubinama za skupljanje vode i slično.

Osim korištenja punog drva koje se može podijeliti na meko drvo oznake C i tvrdo D, sve češće se koristi lijepljeno lamelirano drvo LLD (slika 12). Lamelle se međusobno lijepe, a razvojem tehnologije ljepila dimenzije konstrukcijskih elemenata mogu biti veće. Ovisno o potrebama, LLD može biti konstantnog ili promjenjivog poprečnog presjeka. Ima bolja fizička i mehanička svojstva od punog drva pa se prednost daje upravo lijepljenom lameliranom drvu. Preporuča se da širina poprečnog presjeka bude manja ili jednaka 220 mm kako bi se lamelle mogle izvesti od jednog dijela. U suprotnom je potrebno dvodijelno izvođenje i bočno lijepljenje. Iako ljepila pokazuju vrlo dobra svojstva, mjesta spojeva se uvijek smatraju kritičnim dijelovima na kojima može doći do otkazivanja te je stoga uvijek bolje imati manji broj spojeva. [17]



**Slika 12.:** Lijepljeno lamelirano drvo LLD (Izvor: [19])

Daljnjim razvojem dolazi do proizvodnje križno lameliranog drva (CLT) koje se odlikuje većim napretkom u mehaničkim svojstvima. Široku primjenu ima kod mostova, zgrada i drvenih montažnih kuća.

## 4. DRVENE MONTAŽNE KUĆE

Drvene montažne kuće u današnje vrijeme predstavljaju tip najtraženijeg, modernog i ekološki prihvatljivog stanovanja. Temeljni materijal od kojeg se proizvode je drvo čija su svojstva, mane i prednosti opisane u prethodnom poglavlju. Kad se govori o montažnim kućama, drvene montažne kuće su se počele upotrebljavati prije betonskih, čeličnih i zidanih. Razvojem tehnologije javljaju se novi materijali na bazi drva čija su svojstva znatno poboljšana. To omogućuje veću otpornost i trajnost drva te mogućnost njegove veće potražnje, šire i sve češće upotrebe.

### 4.1. Povijesni pregled

Korijeni drvenih montažnih kuća mogu se pronaći u Skandinaviji, području s obiljem drva. Njihove tipične brvnare gradile su se od trupaca koji su se na licu mjesta sastavljali, ali su prethodno bili obrađeni.

Kao što je već spomenuto, industrijskom revolucijom dolazi do velikog razvoja u tehnologiji. Napredak u piljenju i transportu omogućio je drvo pristupačnijim materijalom. Izvode se drveni okviri kao jedan od načina brže i jeftinije izgradnje, a otprilike u isto vrijeme dolazi i do razvoja montažnih kuća. Na tržištu se javljaju tvrtke koje nude narudžbu montažnih kuća poštom, a jedna od najpoznatijih je *Sears, Roebuck and Company* o kojoj se više može saznati u poglavlju 2.1. [20]

Na prijelazu iz 20. u 21. stoljeće drvene montažne kuće postaju sve popularnije. Drvene montažne kuće pružaju sve veću prilagodljivost dizajna, veću trajnost i preciznost u izgradnji.

### 4.2. Najviše korišteni proizvodi na bazi drva

Kad je riječ o drvenim montažnim kućama, prema načinu gradnje se mogu podijeliti na panelne i montažne kuće nastale skeletnom gradnjom, popularno zvanom eng. *Timber framing*. Kako im samo ime govori, osnovni elementi panelnih montažnih kuća su upravo paneli. Riječ je o tvornički oblikovanim elementima dopremljenim na gradilište. Tu se najčešće koriste OSB ploče (eng. *Oriented Strand Board*), a CLT tehnologija se također može svrstati u ovu podjelu. Kod skeletne gradnje je najvažniji korak izvedba skeleta sastavljenog od drvenih greda. Pri tome se grede već tvornički oblikuju te montiraju na samome gradilištu. OSB pločama se omogućuje povećanje stabilnosti skeleta. CLT tehnologija počela se sve više primjenjivati i u Hrvatskoj, no drvene montažne kuće s drvenom konstrukcijom i panelima s ispunom od mineralne vune su i dalje najčešće primijenjen način građenja.

#### 4.2.1. Križno lamelirano drvo (CLT)

Počeci ovog inovativnog načina gradnje mogu se smjestiti u rane 90-e godine. Sve potječe od njemačkih i austrijskih stručnjaka koji su uvidjeli njegov velik potencijal u građevinarstvu i drvenoj industriji. U Europi je 2000. godine CLT gradnja pronašla široku primjenu. Prvo se počela primjenjivati u izgradnji obiteljskih kuća, višestambenih i poslovnih objekata. Na gradilištima se naveden materijal koristio kao podloga za teške strojeve na nestabilnom terenu za izgradnju brana ili betoniranje mostova. Danas postoje i neboderi izgrađeni od CLT-a, a takav primjer je neboder u Norveškoj, visok 85 m (slika 13). Kako u posljednje vrijeme montažne kuće sve više dobivaju na važnosti, tako se CLT tehnologija počela primjenjivati i u ovome području proizvodnjom montažnih CLT panela.



Slika 13.: Neboder Mjostarnet, Norveška (Izvor: [21])

CLT se sastoji od više međusobno povezanih drvenih blokova orijentiranih okomito jedan na drugi (slika 14 i 15). Slojevi se lijepo ekološki prihvatljivim ljepilom pod velikim pritiskom. Najčešće je riječ o neparnom broju slojeva, obično 3, 5 ili 7. Moguće je i rješenje sa parnim brojem slojeva koji se slažu i lijepu na način da se dobije simetrična konfiguracija. Budući da čvrstoća drva ovisi o smjeru vlakana, ovakvim se načinom lijepljenja postiže bolja čvrstoća u dva međusobno okomita smjera. [22]

Sirovina u izradi CLT greda ili ploča je crnogorično drvo. Ono se tehnički suši kako udio vlage ne bi bio veći od 12% te se time postiže prirodna zaštita drva od štetnih nametnika, odnosno gljivica i insekata. Ovaj način tehnologije može u potpunosti zamijeniti betonsku konstrukciju, a istovremeno je ekološki prihvatljiv. To govori podatak da se ovim načinom gradnje može smanjiti do 75% ukupne emisije štetnih tvari nastalih tradicionalnim načinom građenja. Isto

tako, crnogorično drvo pruža približno 10 puta veću izolaciju od betona, a čak 400 puta veću od čelika. Samim time se smanjuje potrošnja energije potrebna za grijanje i hlađenje. [21]



**Slika 14.:** Križno lamelirano drvo (Izvor: [22])



**Slika 15.:** Slojevi križno lameliranog drva (Izvor: [22])

Postupak proizvodnje CLT ploča može se podijeliti u dvije faze. Prva faza obuhvaća pripremu i obradu osnovnog materijala. Materijal se suši, klasificira, reže i uzdužno nastavlja zupčastim spojevima. Uobičajeno se koristi meko drvo klase C24 pri čemu se broj odnosi na karakterističnu čvrstoću na savijanje u megapaskalima (MPa). Pri izvedbi zupčastih spojeva, potrebno je koristiti prikladno adhezivno sredstvo čije su mehaničke karakteristike što sličnije osnovnom materijalu. Pri tome se mora obratiti pozornost na dobro pripremljenu površinu. Ljepilo koje se pri navedenom postupku najčešće upotrebljava je melanim – urea – formaldehid (MUF). Uz njega se koriste jednokomponentno poliuretansko ljepilo (1K-PUR) te emulzijsko polimerno izocijanitno ljepilo (EPI). Nakon izvedbe spojeva slijedi rezanje lamela na potrebne dimenzije za izradu CLT elementa. Druga faza obuhvaća slaganje i lijepljenje osnovnog materijala. Poželjno je da su razmaci lamela minimalni, a maksimalna dozvoljena vrijednost je do 6 mm. Manji razmaci pogodniji su zbog bolje zvučne izolacije i otpornosti na požar. Pri lijepljenju dasaka koristi se isto ljepilo kao za zupčaste spojeve. Ovo lijepljenje se vrši

pod tlakom pri čemu se prešama doseže vrijednost od 0,10 do 1,00 N/mm<sup>2</sup>. Nakon lijepljenja slijedi rezanje u konačne dimenzije i provođenje korekcija ako je potrebno.

Korištena ljepila su bez formaldehida, kancerogenog bezbojnog plina oštra mirisa, pa su uz samo drvo i ljepila ekološki prihvatljiva. Ljepila imaju izuzetnu sposobnost vezivanja pa je iz tog razloga njihova potrošnja dosta mala. [23]

CLT tehnologija pruža sigurnost od pojave toplinskih mostova koji su česta pojava kod čeličnih montažnih kuća. Njihovo pojavljivanje može biti uvjetovano kontaktom materijala različitih toplinskih provodljivosti ili geometrijom u slučaju kada je površina koja daje toplinu mnogo veća od one koja ju prima. [24]

Prednost navedene tehnologije očituje se i u manjoj debljini konstrukcijskih elemenata, ali općenito ona varira ovisno o projektu. Zidovi mogu biti debljine samo 10 cm pa se time može bolje iskoristiti unutarnji prostor za boravak. Ima veliku krutost i nosivost u ravnini i izvan ravnine elementa pa se najčešće koristi kao zidni ili stropni panel. Osim navedenog, primjenjuje se za podove, krovove i namještaj. Pokazuje vrlo visoku otpornost na požar. Zbog male vlastite težine i velike krutosti u ravnini elementa, njegova primjena moguća je u seizmički aktivnim područjima.

#### 4.2.2. Ploče s usmjerenim iverjem (OSB)

OSB ploče se prvi puta javljaju 1965. godine u Kaliforniji, a proizvodnja se nastavila u Njemačkoj. Karakterizira ih prepoznatljiv izgled koji je rezultat tangencijalnog rezanja drva. Sastoje se od traka iverice, duljine približno 75 mm – 80 mm, a debljine 0,4 – 0,6 mm. Trake se ciljano raspoređuju mijenjajući smjer u susjednim slojevima ploča. Najčešće se lijepe ljepljivom na bazi smole kao što je fenolformaldehidno ljepilo (PF). Debljina ploče varira između 5 i 25 mm. [17]

Trake iverja režu se strojem koje nakon toga idu u sušilicu na sušenje. Temperatura na ulazu iznosi oko 800 °C, a na izlazu 90 °C. Tako posušene trake se miješaju sa smolom, slažu se u slojeve debljine 7 – 25 cm te nakon toga idu na prešanje i pečenje. Nakon što se ohlade, režu se na potrebne dimenzije (slika 16). [25]

Kao što je ranije spomenuto, OSB ploče se često koriste u kombinaciji s drvenim okvirima, odnosno gredama. Skeletna konstrukcija se njima dodatno očvršćuje i omogućuje zatvaranje objekta (slika 17). Raspored traka iverja i slojevitost omogućuje dostatnu čvrstoću OSB ploča. Imaju široku primjenu, poput podloga za podove, zidove i stropove te izradu namještaja. Kao podna podloga najčešće služe za oblaganje parketom ili laminatom. Mogu se koristiti za oblaganje unutarnjih, ali i vanjskih zidova. Unutarnji zidovi izvedeni od OSB ploča mogu pridonijeti estetici, a kod vanjskih zidova najčešće služe kao privremena obloga prije nego što se postavi finalna vanjska. Pri njihovoj izradi se ne koristi kora drveta, ali se ona kasnije može iskoristiti kao loživo pa se tako sprječava stvaranje otpada.



Slika 16.: OSB ploča (Izvor: [17])



Slika 17.: Skeletna montažna gradnja s OSB pločama (Izvor: [26])

#### 4.3. Drvena konstrukcija s panelima i ispunom od mineralne vune

Drvene konstrukcije s panelima i ispunom od mineralne vune poznate su po pružanju odlične toplinske izolacije. Sve veći fokus na energetske učinkovitost u građenju potaknuo je veću primjenu izolacijskih materijala, kao što je mineralna vuna, u gradnji objekata pa tako i u gradnji montažnih kuća. Navedeno predstavlja suvremen i ekološki prihvatljiv način građenja u kojemu se kombiniraju najbolje karakteristike i svojstva drva i mineralne vune.

Mineralna vuna odlikuje se svojim izuzetnim toplinskim i zvučnim, ali i vatrootpornim svojstvima (slika 18). Kad je riječ o otpornosti na vlagu, ne može se reći da je u potpunosti vodootporna. Ima mogućnost apsorpcije vode, ali se isto tako brzo suši bez gubitaka izolacijskih svojstava. Kao izolacijski materijal počela se koristiti sredinom 20. stoljeća, a razvoj tehnologije omogućio je njenu široku primjenu u području građevinarstva. Vlaknaste je strukture, a može se podijeliti na staklenu i kamenu vunu čije su karakteristike dane u poglavlju 4.5. u tablici 1.



Općenito, staklena vuna se proizvodi od kvarcnog pijeska uz dodatak recikliranog stakla. S druge strane, kamena vuna je sastavljena od kamenih minerala kao što su dolomit i bazalt uz dodatak koksa. Uz navedeno, njena široka primjena u izvedbi montažnih kuća jest zbog paropropusnosti. Time se onemogućuje pojava neželjenih plijesni, insekata i mikroorganizama. [27]



**Slika 18.:** Mineralna vuna (Izvor: [28])

Nosiva drvena konstrukcija izvodi se od drva KVH (slika 19). KVH je proizvod od punog, mekanog drva. Pri tome se najčešće koristi smreka, ali moguća je i uporaba bora i jele. Konstruktivni elementi se precizno izvode u tvornici, tehnički suše, a njihova vlažnost ne smije biti veća od 18 %. Podliježu brojnim kontrolama kako bi se zadovoljili svi traženi zahtjevi. Njima se izvodi glavni okvir koji uključuje grede, stupove i nosive zidove.



**Slika 19.:** KVH greda (Izvor: [29])

Izvedba zidnih elemenata započinje izradom navedene drvene okvirne konstrukcije prema danome projektu i radioničkim nacrtima. Između nosivih vertikalnih elemenata stavlja se izolacija od mineralne vune. Njena debljina ovisi o odabranom načinu građenja i varira do

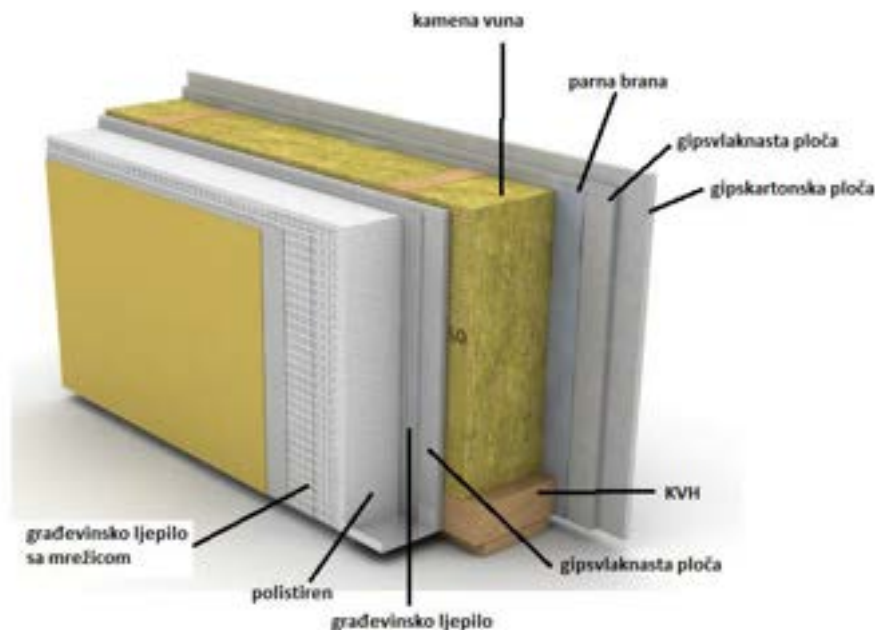


svakog pojedinog projekta. Nakon izvedbe drvene okvirne konstrukcije slijedi njeno obostrano oblaganje gipsvlaknastim pločama koje se pričvršćuju skobama. Ploče se sastoje od gipsa kao veziva, vlakana, celuloze i dodataka. One pružaju glatku i čvrstu površinu koja je spremna za daljnju, završnu obradu, a isto tako doprinose boljoj zvučnoj i vatrootpornoj izolaciji. Opisani zidni element čini osnovni nosivi sustav drvene montažne kuće. S unutarnje strane zida se postavlja završna gipskartonska ploča ili drugi slojevi ovisno o odabranom načinu izvođenja. Gipskartonske ploče slične su gipsvlaknastim, ali u svojem sastavu nemaju vlakana, nego karton i manje su otporne na udarce. Moguća je i upotreba OSB ploča. S vanjske strane zidovi se oblažu toplinskom izolacijom, najčešće polistirenom, te se nakon toga kreće na izvođenje dekorativne vanjske fasade prema želji investitora. Opisani slojevi mogu se vidjeti na slici 20, a detaljniji prikaz je na slici 21.

Navedena konstrukcija otporna je na potres zbog velike elastičnosti, duktilnosti spojeva i male težine pri čemu se smatra četiri puta lakšom od klasične zidane konstrukcije. Trajnost samog objekta prvenstveno ovisi o utjecaju okoliša i održavanju, ali predviđena je na 150 godina. [30]



**Slika 20.:** Slojevi zida s KVH konstruktivnim elementom (Izvor: [31])



Slika 21.: Detaljan prikaz slojeva zida s KVH konstruktivnim elementom (Izvor: [30])

#### 4.4. Temelji

Temelj je osnovni i najniži konstruktivni dio koji sveukupno opterećenje konstrukcije prenosi na temeljno nosivo tlo. [32] Njegova izvedba je prvi korak kod izvedbe montažnih kuća. Ako temelj nije pravilno izveden, stabilnost i trajnost čitavog objekta su narušene. Najčešći materijal za izradu temelja je beton. Neovisno o tipu montažne kuće, u većini slučajeva izvode se upravo betonski temelji. Pri odabiru tipa temelja potrebno je poznavati svojstva tla i topografiju. Temeljenje se uvijek mora izvoditi u nosivom tlu. U slučaju da je tlo slabe nosivosti, odabire se rješenje s dubokim temeljenjem, ali kod montažnih kuća je to rijedak slučaj. Temelji se mogu izvoditi na samom gradilištu, ali postoji i opcija montažnih temelja gdje se oni dopremaju na gradilištu na jednak način kao i montažni elementi objekta. Naravno, prije ugradnje mora se pripremiti prostor za njihovu ugradnju, odnosno potrebno je napraviti iskop tla. [33]

Najčešći tipovi temelja koji se izvode kod montažne gradnje su betonska ploča i trakasti temelji, a u posebnim slučajevima moguća je izrada podrumskih temelja.

##### 4.4.1. Betonska ploča

Betonska ploča je najčešće primijenjeni temelj montažnih kuća. Beton se lijeva na dobro zbijenu podlogu izrađenu od kamenog agregata, odnosno šljunka ili drobljenog kamena. Ploča se armira armaturnim šipkama ili češće armaturnim mrežama. Ovaj tip temelja je dobar u

pogledu štíćenja objekta od vlage i insekata, ali u slučaju nepravilne izvedbe i slijeganja tla može doći do njegova pucanja. [34]

#### 4.4.2. Trakasti temelji

Trakasti temelji se izvode na način da se na mjestu nosivih zidova napravi iskop dubine oko 1 m i širine 0,5 m. U iskop se postavi armatura i ispuni se betonom. Skuplji su u odnosu na betonsku ploču jer je za njihov rad potrebno više materijala i više vremena. Kao izolacija, može se postaviti membrana za zaštitu od vlage. [33]

#### 4.4.3. Podrumski temelji

Podrumski temelji su vrlo rijetko rješenje kod izvedbe montažnih kuća (slika 22). Izvode se samo prema posebnim zahtjevima kako bi se dobio dodatan prostor ispod kuće. Ovaj tip temelja je najskuplji od svih navedenih jer zahtjeva veći i dublji iskop, a samim time veću količinu betona i armature. Na razini poda postavlja se betonska ploča kao i kod trakastih temelja te betonski zidovi na koje se toranjskom dizalicom montiraju elementi objekta. [33]



Slika 22.: Podrumski temelji (Izvor: [33])

#### 4.5. Izolacija

Izolacija je ključan element u svim objektima pa tako i kod drvenih montažnih kuća. Drvene montažne kuće su same po sebi dobar izolator zbog drva kao osnovnog materijala. Unatoč tome, kako bi se energetska učinkovitost dodatno povećala potrebno je korištenje izolacije. U mnogim slučajevima se izolacija ugrađuje u tvornici, pogotovo kada je riječ o korištenju panela. Kontrola kvalitete omogućuje visokokvalitetnu ugradnju izolacije. Naravno, izolacija se dodatno može ugraditi na gradilištu, ali taj način zahtjeva dodatno i dulje trajanje radova i

manju preciznost. Pri korištenju CLT-a, za unutarnje elemente nije potrebno oblaganje. Dovoljno je na površinu nanijeti proziran sloj hidroizolacije kojim ostaje prirodan izgled drveta. Kad je riječ o vanjskim elementima, izolacija se obično stavlja s vanjske strane kako bi s unutarnje strane ostalo što više prostora. Pri tome se najčešće koristi kamena vuna koja je otporna na požar i pruža dobru zvučnu i toplinsku izolaciju.

Svaka izgradnja objekta kreće od temelja. Temelji su u direktnom dodiru s tlom koje u sebi sadrži vodu te je vrlo bitno njihovo pravilno izoliranje. Izolacija je direktno povezana s gubicima topline i energije te udobnosti boravka u objektu. Drvene montažne kuće se odlikuju dobrim izolacijskim svojstvima, ali važno je spriječiti i dodatno osigurati gubitke energije prema tlu. Izolacijski materijali koji se koriste su staklena i mineralna vuna, ekspanzirani (EPS) ili ekstrudirani (XPS) polistiren. Svaki od njih ima svoje prednosti i mane koje se mogu vidjeti u tablici 1.

**Tablica 1.: Svojstva izolacijskih materijala za temelje (Izvor: [34])**

<u>VRSTA IZOLACIJE</u>	<u>KARAKTERISTIKE</u>	<u>PREDNOSTI</u>	<u>NEDOSTACI</u>
STAKLENA VUNA	dobar toplinski izolator	dobar toplinski izolator	upijanje vlage
EKSPANDIRANI POLISTIREN (EPS)	lagan materijal	visoka otpornost na vlagu	mala toplinska otpornost
EKSTRUDIRANI POLISTIREN (XPS)	Izuzetno visoka toplinska otpornost	otpornost na vlagu	skuplji od EPS-a
KAMENA VUNA	otpornost na vatru	dobar toplinski izolator	teži materijal

OSB ploče mogu se koristiti kao dio izolacije. Služe kao podloga za postavljanje izolacijskih materijala poput stiropora, kamene ili staklene vune. Iako se OSB ploče dijelom smatraju vodootpornima, tokom njihova rezanja nastaju mjesta koja mogu apsorbirati vodu. Iz tog razloga je bolje primijeniti dodatne mjere zaštite. [25]

Sve češća je primjena strukturno izoliranih ploča SIP (slika 23). Izolacijski materijal postavlja se između dva sloja OSB ploča čineći sendvič panel. OSB ploče imaju ulogu obloge. Navedeni izolacijski paneli mogu se koristiti za zidove, stropove i podove. Izolacijska jezgra može biti načinjena od poliuretanske pjene ili ekspaniranog polistirena poznatog kao EPS. Međutim, paneli izolirani poliuretanom pružaju veću otpornost na vatru i vodu. Jezgra može biti načinjena i od slame, ali njena primjena nije toliko često zbog manjih izolacijskih sposobnosti. Maksimalna dužina SIP-a za zidove iznosi 7,5 m, a za podove 4 m. Danas se obično proizvode u dimenzijama 122 x 488 cm.[35]



Slika 23.: Strukturno izolirana ploča SIP (Izvor: [35])

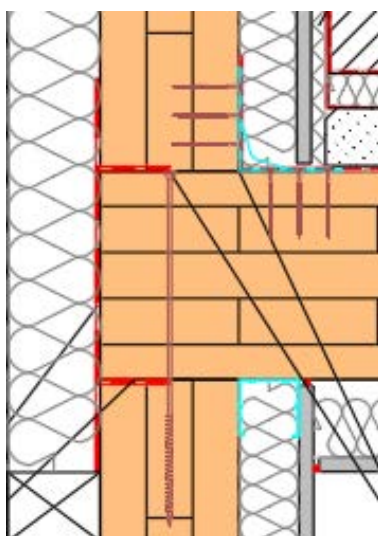
Kao što su temelji direktno povezani s tlom, tako je krov direktno izložen djelovanju padalina i sunca. Neispravno izvedena izolacija krova može prouzročiti prokišnjavanje i gubitke energije koji nikako nisu poželjni. Korišteni materijali mogu biti jednaki kao oni navedeni kod temelja. Drvena konstrukcija krova je najčešća kod drvenih montažnih kuća, a kao pokrov se često koriste lim ili crijep. Konstrukciju čine drvene grede ili CLT ploče koje se mogu prilagoditi različitim oblicima krovova. U slučaju drvenih greda, kao obloga se najčešće primjenjuju prethodno opisane OSB ploče. Na OSB ploču se postavljaju izolacijski materijali i paropropusna folija iznad koje dolazi pokrov kao dodatna zaštita od vremenskih uvjeta. Ona se sastoji od tri sloja od kojih srednji sloj čini membrana. Paropropusna folija onemogućava prodor oborina s jedne strane, a s druge strane propušta paru koja se stvara u samome objektu uslijed njegova korištenja i promjena temperature. Između izolacije i završnog pokrova potrebno je osigurati prostor za cirkulaciju zraka koji je važan za trajnost konstrukcije. [36]

#### 4.6. Spajanje elemenata

Spajanje montažnih elemenata odvija se na gradilištu. Pravilno spajanje vrlo je važno u pogledu sigurnosti, trajnosti, stabilnosti, ali i estetike. Spojna mjesta omogućuju prijenos opterećenja s jednog elementa na drugi. Pri njihovom izvođenju može se koristiti klasičan ili suvremen način. Klasičan način uključuje vezu na zasjek, čep, pero i zub. Kod suvremenog načina se elementi spajaju spojnim sredstvima poput čavla, trnova, vijaka i korištenjem limova. U montažnoj gradnji primjenjuje se i spajanje ljepilima kojima se spoj dodatno učvršćuje. Pri spajanju drvenih elemenata bitno je obratiti pozornost na brtvljenje kako bi se spriječio prodor vode i vlage koja nikako nije poželjna jer utječu na smanjenje mehaničkih svojstava drva pa time može doći do njegova propadanja. [17]

Povezivanje panela kao što su OSB ploče i CLT najčešće se omogućuje primjenom vijaka za drvo i samoreznih vijaka. Samorezni vijci ne zahtijevaju prethodno bušenje kao što je slučaj kod

vijaka za drvo. Pri tome je važno ispuniti sve zahtjeve o razmacima i broju spajala kako bi spoj bio izveden što kvalitetnije i samim time osiguravao stabilnost konstrukcije. Pri povezivanju međusobno okomitih zidova, neki od korištenih načina su spajanje samoreznim vijcima, metalnim nosačima ili korištenje utisnutog lima. Spajanje samoreznim vijcima nije najbolji izbor jer se oni ugrađuju u dosta uske panele pa taj način nije prikladan za objekte izložene jačem djelovanju vjetra i potresa. Korištenje metalnih nosača predstavlja jedan od najučinkovitijih načina spajanja jer se pričvršćenje postiže okomito na ravninu elemenata vijcima ili rjeđe čavlima (slika 24). Sličan način je spajanje limom koji se utiskuje između elemenata (slika 25). Bolji je u pogledu otpornosti na požar budući da se nalazi unutar elemenata.



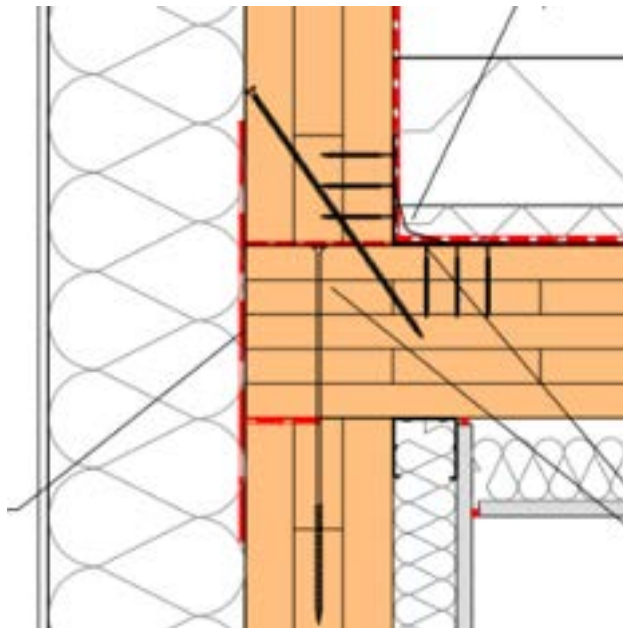
**Slika 24.:** Povezivanje CLT elemenata metalnim nosačem i vijcima za drvo (Izvor: [37])



**Slika 25.:** Povezivanje CLT zidova utisnutim limom (Izvor: [38])

Pri povezivanju zidova s podom ili krovom, najjednostavnije je koristiti dugačke samorezne vijke i zabijati ih pod kutom (slika 26). Na taj način se povećava kontaktna površina elemenata što ujedno povećava nosivost spoja.





**Slika 26.:** Povezivanje elemenata vijkom pod kutom (Izvor: [37])

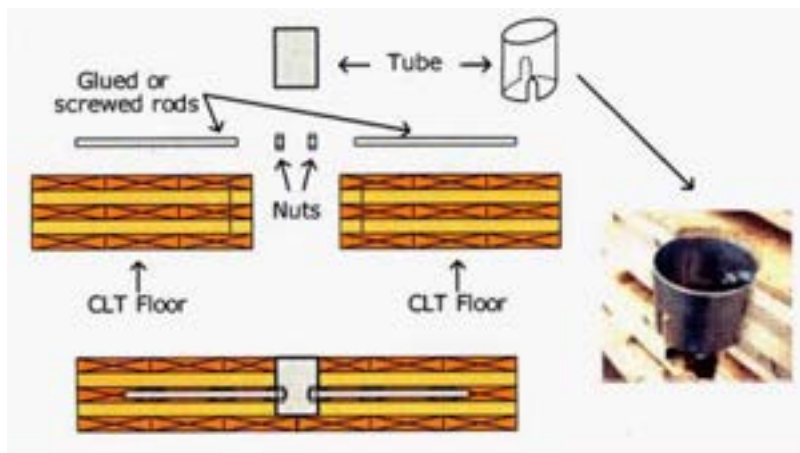
Uzdužno spajanje elemenata moguće je primjenom utora koji se moraju precizno izvesti u tvornici (slika 27). Veza između utora i rubova ploče postiže se upotrebom već spomenutih samoreznih vijaka, vijaka za drvo ili čavla. Veća krutost veze može se postići korištenjem posebnih ljepila. Veza na list je jedan od najjednostavnijih načina spajanja, ali kod neravnomjernog prijenosa opterećenja postoji opasnost od prevelikog naprezanja koje može dovesti do popuštanja poprečnog presjeka.



**Slika 27.:** Uzdužno povezivanje CLT elemenata (Izvor: [38])

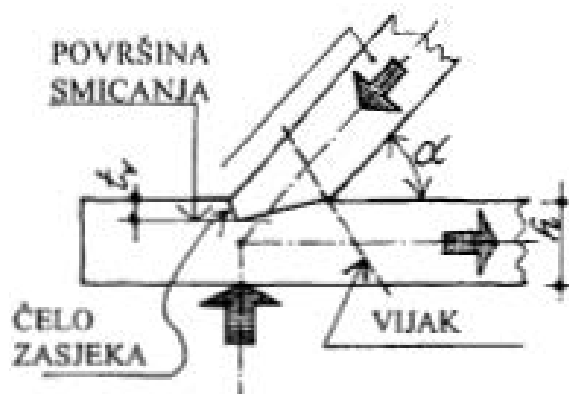
Novi i inovativan način spajanja elemenata koji uključuje korištenje metalnih cijevi provodi se tvorničkim izrezivanjem rupa na panelima i umetanjem čeličnih šipki (slika 28). U izrezane rupe se na gradilištu umeće metalna cijev s rupama kroz koje se čelične šipke mogu provući. Metalna

cijev se na licu mjesta pritegne metalnim maticama. Ovaj način spajanja elemenata nije često korišten jer se još moraju detaljnije istražiti njegove karakteristike.



Slika 28.: Spajanje korištenjem metalne cijevi (Izvor: [38])

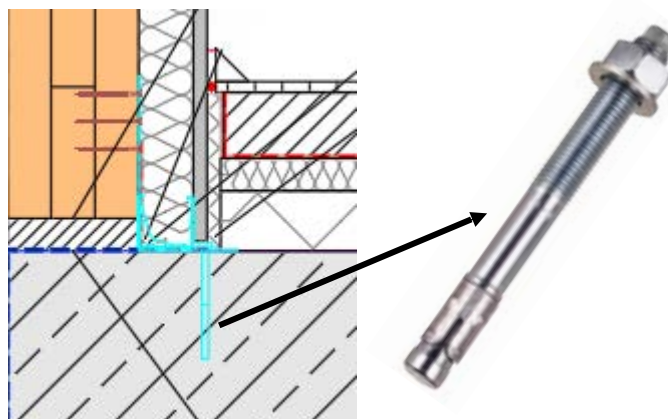
Kod drvenih skeletnih montažnih kuća, krov je u većini slučajeva nakošen. Pri spajanju nosive konstrukcije krova i greda, primjenjuje se veza na zasjek (slika 29). Zasjek može biti izveden modernim načinom korištenjem spojnih sredstava ili klasičnim načinom gdje se spojna sredstva ne koriste. Pri tome treba voditi računa o dubini zasijecanja, posmičnoj duljini i kutu nagiba kosnika iz kojeg se sila direktno prenosi. Važno je provesti provjere kao što su tlak pod kutem i posmik. [17]



Slika 29.: Spajanje elemenata zasjekom (Izvor: [17])

Kod povezivanja zidova sa temeljima koji su najčešće betonski, metalne ploče ponovno pronalaze svoju primjenu (slika 30 i 31). Budući da je metal podložan koroziji, neophodna je zaštita antikorozivnim sredstvima. S estetske strane se preferira rješenje sa skrivenim metalnim nosačima. Budući da se spoj mora postići između betona i drva, potrebno je koristiti inovativna spojna sredstva koja omogućuju takvu upotrebu kao što su anker tiple za beton (slika 29).





**Slika 30.:** Spajanje montažnog zida s betonskim temeljem (Izvor: [37])



**Slika 31.:** Spajanje montažnog zida s betonskim temeljem (Izvor: [38])

#### 4.7. Transport i sredstva potrebna za ugradnju

Transport je jedna od najvažnijih faza u izradi montažnih kuća. Montažne kuće izvode se znatno brže od klasičnih kuća, ali ono što se može smatrati njihovom manom su transport i njegovi troškovi. Već pri samom planiranju i projektiranju, projektant mora veliku pozornost obratiti na dimenzije i oblikovanje elemenata. Sve je to povezano s veličinom i nosivošću vozila i druge mehanizacije koja će se koristiti pri prijevozu i ugrađivanju već izvedenih elemenata. Ovisno o dimenzijama elemenata, u pojedinim slučajevima potrebno je tražiti posebne dozvole kao i pratnju za prijevoz po određenim prometnim površinama. Unaprijed se treba isplanirati trasa kojom će se doći od tvornice do gradilište kako ne bi došlo do komplikacija vezanih uz prelazak ispod nadvožnjaka ili slično. Iz tog razloga je vrlo važna organizacija na početku izrade samog projekta i osviještenost o ograničenim dimenzijama elemenata. Pri svemu tome trebaju se poduzeti određene mjere kako ne bi došlo do oštećivanja proizvedenih dijelova. Njima se treba pažljivo rukovati tokom cijelog postupka, od početka proizvodnje do ugradnje.

Izgradnja montažnih kuća je od samog početka izrade mehanizirana. U tvornicama se koristi napredna tehnologija i automatizirana proizvodnja upravljana računalima. Korištenje laserskih rezača, senzora, strojeva za nanošenje boje ili izolacije te 3D skenera omogućuje veliku preciznost, veću brzinu i bolju kvalitetu. Isto tako, automatske trake omogućuju neprekinutu proizvodnju čime se smanjuje ljudski rad. Osim spomenute mehanizacije, postoje i mnoge druge među kojima su vrlo važne dizalice i kranovi koji se koriste i na samom gradilištu za istovar i ugradnju. Njima se svi proizvedeni montažni elementi utovaruju u vozila kojima se dalje prevoze do gradilišta.

Prije nego što se montažni elementi otpreme na gradilište, potrebno je osigurati pristupne puteve na gradilištu i opskrbiti se svom potrebnom mehanizacijom za ugradnju elemenata. Naravno, potrebno je poštivati sve mjere zaštite na radu kao i kod klasične izgradnje.

Najčešće korišteno prijevozno sredstvo su kamioni (slika 32). Budući da je često riječ o velikom broju elemenata, gotovo nikada nije dovoljan samo jedan kamion, osim ako se radi o manjem montažnom objektu. Naravno, poželjno je koristiti minimalan broj kamiona kako bi se smanjili troškovi prijevoza. Broj kamiona se u današnje vrijeme može odrediti pomoću različitih softvera, ali naravno uvijek postoji mogućnost ručnog određivanja koje se danas još uvijek često koristi.

Najčešće dimenzije kamiona korištenih u navedenu svrhu su:

- duljina 13,0 m,
- širina 2,5 m,
- visina 3,0 m.



**Slika 32.:** Kamion s ravnom platformom (Izvor: [39])

Navedene dimenzije vezane su uz vanjske gabarite pa dimenzije elemenata moraju biti nešto manje. Tako je preporučena visina elemenata 2,8 m. [40] Svi elementi tokom transporta moraju biti adekvatno pričvršćeni i zaštićeni kako ne bi došlo do oštećenja ili pada na prometnu površinu te na taj način izazivanja prometne nezgode.

Osim standardnih kamiona, vrlo je česta primjena kamiona s prikolicom niskog profila (slika 33). Njihovo korištenje omogućuje prijevoz viših elemenata što je pogodno ako se na putu do gradilišta mora proći ispod nadvožnjaka ili mosta nižeg slobodnog profila.



**Slika 33.:** Kamion s prikolicom niskog profila (Izvor: [39])

Osim kopnenog, u pojedinim slučajevima potrebno je koristiti pomorski ili zračni prijevoz. Zračni prijevoz koristi se vrlo rijetko i samo u iznimnim slučajevima zbog visoke cijene i vrlo ograničenih dimenzija elemenata, ali je najbrži od svih navedenih. Prijevoz teretnim brodovima koristi se najčešće za međunarodni transport. Njegova prednost je mogućnost izvođenja većih dimenzija elemenata. [41]

Dolaskom na gradilište, elementi se istovaruju i transportiraju do mjesta ugradnje dizalicama od kojih se najčešće koriste toranjske dizalice, odnosno kranovi (slika 34). Osim dizalica, koriste se i viljuškari kojima se mogu istovariti i dopremiti manji i lakši elementi. Pri rukovanju elementima treba biti oprezan da ne dođe do njihova oštećenja. Posebna pozornost treba se obratiti kod ugradnje kranom. Radnici prihvaćaju element i pozicioniraju ga na točno određeno mjesto (slika 35). Taj postupak mora biti precizan kako bi se omogućilo nesmetano spajanje svih idućih elemenata.



**Slika 34.:** Gradilišni transport elementa toranjskom dzalicom (Izvor: [42])



**Slika 35.:** Pozicioniranje montažnog elementa (Izvor: [42])

#### **4.8. Budući razvoj i potencijal za rast**

Drvene montažne kuće, kao i ostali tipovi montažnih kuća imaju svjetlu budućnost gledano iz današnje perspektive. Drvo, kao osnovni materijal, je obnovljiv resurs bez negativnog utjecaja na okoliš koji pronalazi sve veću primjenu. Stalni napredak i rast u tehnologiji, robotici i 3D modeliranju povećavaju preciznost i kvalitetu proizvodnje. Mogućnosti dizajniranja se također svakodnevno proširuju. Razvoj u tehnologiji značajno može utjecati na pojavu novih ideja koje će uvelike omogućiti još jednostavniju montažu elemenata. Naglasak na ekološkoj održivosti i energetske učinkovitosti već je danas u punom jeku, a drvene montažne kuće su upravo način gradnje na koji se smanjuje ekološki utisak. S ekonomske strane gledano, gradnja montažnih kuća predstavlja jeftinije rješenje od klasičnog građenja. To je povezano s masovnom proizvodnjom u kontroliranim tvorničkim uvjetima. Popularna CLT gradnja se istraživanjima može dodatno unaprijediti i time omogućiti bolja svojstva i veću trajnost drvenih montažnih

kuća koja je već danas zadovoljavajuća. Dodatna istraživanja u ponašanju CLT konstrukcije u slučaju požara i potresa su svakako potrebna jer su dosadašnja istraživanja većinom provedena na pojedinačnim elementima pa je upitno kako se tako dobiveni rezultati mogu smatrati reprezentativnima za čitavu konstrukciju. Jednako tako, spajanje montažnih elemenata se izvodi dobro poznatim postupcima zbog korištenja istoga na okvirnim drvenim sustavima, ali može se poraditi na istraživanjima novih načina prilagođenijih montažnoj gradnji. Jedan takav spomenut i inovativan način koji je poznat, ali nedovoljno istražen je korištenje metalnih cijevi. Nažalost, u današnje vrijeme se događa sve više prirodnih katastrofa kojima se razaraju stambeni prostori. Montažnim kućama se omogućava mnogo brža izgradnja, nego klasičnom gradnjom pa se u tome može očitovati potencijal rasta i njihova razvoja.

## 5. PRIMJERI IZVEDENIH DRVENIH MONTAŽNIH KUĆA

### 5.1. *Shotgun house*, Čile

Arhitekt: Alejandro Soffia

Površina: 427 m<sup>2</sup>

Godina: 2017.

Lokacija: Cachagua, Čile

*Shotgun kuća* smještena je u blizini grada Cachagua koji leži na obali Pacifika, u Čileu. Dizajnirana je za dvojicu braće i njihove obitelji s četvero djece kao kuća za odmor, a prepoznatljiva je po svojoj crnoj boji (slika 36). Crna boja drva postignuta je njegovim bojanjem crnim vlaknastim cementom. Izgradnja je trajala otprilike četiri mjeseca. Arhitekt Alejandro Soffia je istaknuo kako razmišlja o mogućnosti masovne proizvodnje navedene montažne kuće čiji uzor je pronašao u američkim dugačkim i uskim *Shotgun* kućama. One su se izvodile na jugu Amerike, a poanta je bila da se stajanjem na ulazu i gledanjem unutra tokom ciljanja pištoljem, može pucati kroz kuću direktno u dvorište.



Slika 36.: *Shotgun kuća* izvana (Izvor: [43])

Kuća je dugačka 41 m, a široka samo 5 m. Iznutra je podijeljena u dva gotovo identična dijela koja su izvana povezana uskom terasom. Osim zajedničke vanjske terase, obje obitelji imaju svoju terasu na katu. Veliki prozori na dugačkim pročeljima koji su protežu od poda do stropa

omogućuju pogled na sušni planinski teren. Otvoren dnevni boravak i kuhinja nalaze se u prizemlju, a svijetla borovina koja čini stropove, podove i zidove im daje rustikalni dojam (slika 37). Točnije, sve drvene površine su izvedene od Monterey bora koji u Čileu raste u ogromnim monokulturama. Na kat vode stepenice izvedene u kombinaciji čelika i drva (slika 38).



**Slika 37.:** Shotgun kuća, interijer (Izvor: [43])



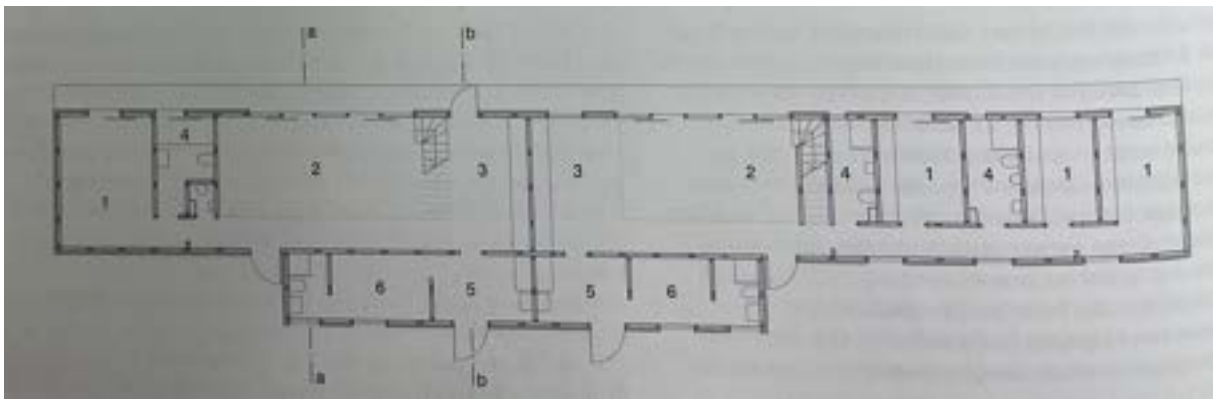
**Slika 38.:** Shotgun kuća, interijer i stepenice (Izvor: [43])

Razlika u tlocrtu očituje se u broju spavaćih soba u prizemlju, pri čemu se u jednom dijelu kuće nalaze tri, a u drugome jedna soba. Dnevna soba i blagovaonica čine jedan otvoren i zajednički prostor. Na katu su smještene spavaće sobe, kupaonica i galerija.

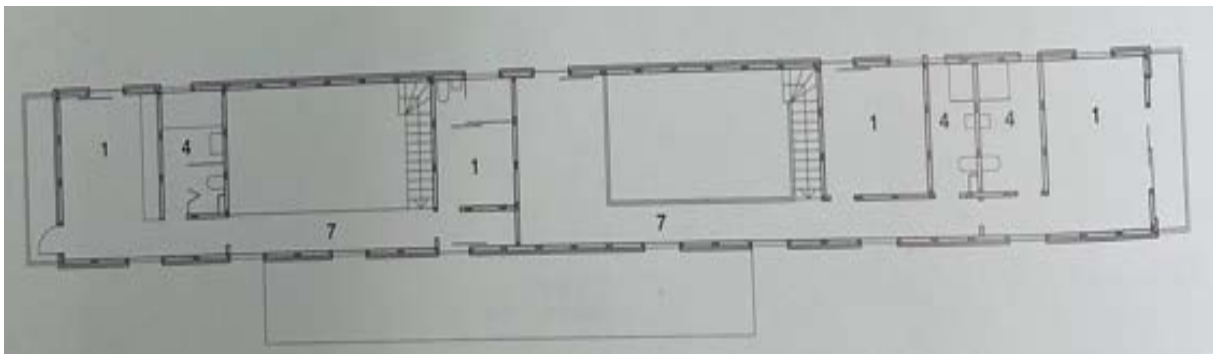


Tlocrti se mogu vidjeti na slikama 39 i 40 pri čemu označeni brojevi označavaju sljedeće:

- 1 - spavaća soba
- 2 - dnevna soba i blagovaonica
- 3 - kuhinja
- 4 - kupaonica
- 5 - prostor za tehničke aparate
- 6 - ostava
- 7 - galerija



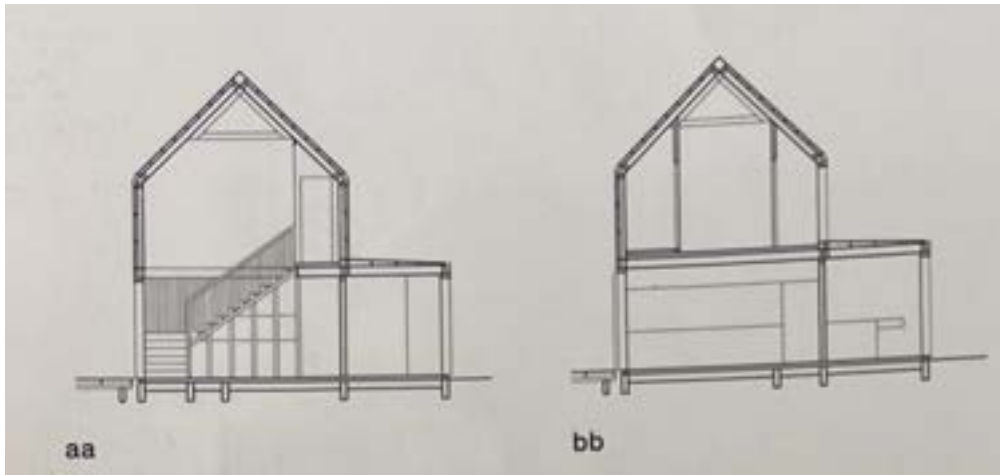
**Slika 39.:** Tlocrt prizemlja (Izvor: [44])



**Slika 40.:** Tlocrt prvog kata (Izvor: [44])

Označeni presjeci na slici 39 mogu se detaljnije vidjeti na slici 41. Presjek a-a prolazi kroz dnevnu sobu gdje se može vidjeti položaj stubišta, dok presjek b-b prolazi kroz kuhinju.

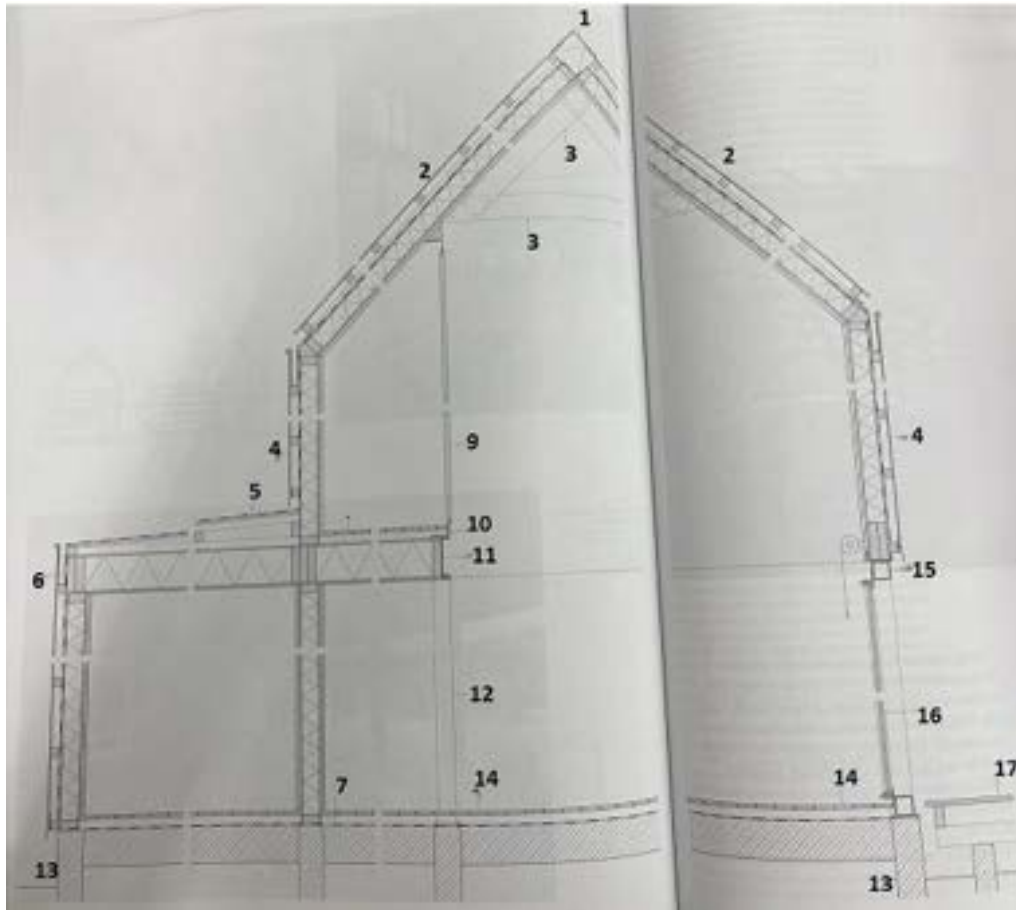




Slika 41.: Presjek a-a i b-b (Izvor: [44])

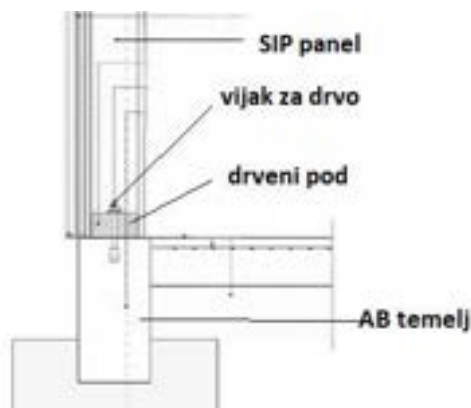
Osnovni konstruktivni elementi su SIP paneli koji su na prostoru Čilea dostupni od 1945. godine. O njima se više može saznati u poglavlju 4.5. Duljom stranom panela se diktirala dubina kuće, a kraća strana čini osnovni modul korišten za fasade. SIP paneli su po rubovima dodatno ojačani drvetom te u nekim slučajevima i čeličnim profilima, a to sve zbog dodatne krutosti. Debljina panela u ovojnici zgrade iznosi 11,4 cm, a debljina onih korištenih u podovima 21 cm.

Na slici 42 mogu se vidjeti presjeci elemenata koji su opisani u nastavku. Na vrhu kosog krova nalazi se pocinčani čelični lim. Konstrukciju krova označenu brojem 2 gledano izvana prema unutra, čini crni vlaknasti cement, drvene letvice i kontra letve ispod kojih se nalazi brtvena plastična folija te sendvič panel, odnosno SIP. Načinjen je od 11,1 mm debelih OSB ploča između kojih se nalazi EPS debljine 101,6 mm. Ispod njega se nalazi bijela borovina koja daje rustikalni dojam. Brojem 3 označene su borove grede koje se mogu jasno vidjeti i na slici 37. Konstrukcija vanjskih zidova vrlo je slična konstrukciji krova. Razlika je u tome što nema kontra letvica, a umjesto brtvene plastične folije se koristi paropropusna folija. Brtvena plastična folija je potpuno nepropusna za paru i vodu, a paropropusna je vodootporna i kako joj sam naziv govori, propusna za paru. Krovnu konstrukciju označenu brojem 5 čine bitumenski brtveni sloj, OSB panel debljine 18 mm, drvene letve i kontra letve, SIP panel s ESP debljine 203,2 mm te gipskartonska ploča debljine 10 mm. Brojem 6 označena je rubna borova greda, a 7 predstavlja drveni prag. Konstrukcija poda galerije načinjena je od borove podnice, laganog betona s EPS dodatkom, SIP panelom, borove daskom 102/20 mm te gips kartonske ploče debljine 10 mm. Pod prizemlja čine borova podnica, drvene letve, polietilenska folija koja sprječava prodor vlage te armiranobetonska ploča. Broj 9 predstavlja čelične kable kojima se sprječava pad s galerije. Čelični ugao i kanal te stup prikazani su brojevima 10, 11 i 12. Trakasti temelji izvedeni su od betona. Brojem 16 prikazan je prozor koji se proteže od poda pa sve do stropa prizemlja. Vanjska terasa koja povezuje dijelove kuće označena je brojem 17. [44]



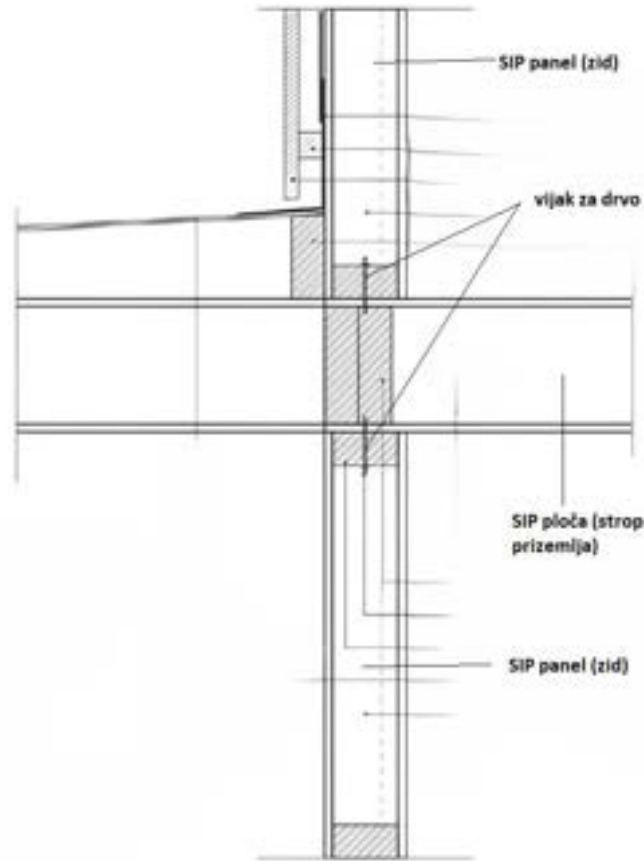
Slika 42.: Presjeci elemenata (Izvor: [44])

Pri spajanju elemenata najčešće se koriste duguljasti vijci za drvo koji imaju završnu obradu otpornu na koroziju te mogu biti sa ili bez tipla. Navedeni vijci sa tiplama su korišteni i pri spajanju SIP panela s armiranobetonskom pločom pri čemu su se prethodno bušile rupe. Spoj ploče i zidnog SIP panela može se vidjeti na slici 43.



Slika 43.: Spoj AB temelja i zidnog SIP panela (Izvor: [43])

Slika 44 prikazuje međusobno spajanje SIP panela. Pri tome se kao spojno sredstvo koriste vijci za drvo, a na pojedinim mjestima moguća je i primjena dodatnih zatezača kojima se osigurava dodatna čvrstoća samog spoja.



Slika 44.: Spoj SIP panela (Izvor: [43])

## 5.2. *Kibi Kogen N Square, Japan*

Arhitekt: Kengo Kuma

Površina: 585 m<sup>2</sup>

Godina: 2024.

Lokacija: Kibichuo, prefektura Okayama, Japan

Za realizaciju objekta *Kibi Kogen N Square* zaslužna je arhitektonska grupa *Kengo Kuma and Associates* (KKA). Pri tome im je pomogla lokalna tvrtka *Systems Nakashima*. Montažna kuća nalazi se u planinskom gradu Kibichuo u središnjoj prefekturi Okayama u Japanu, a završena je u ožujku, 2024. godine. Namijenja je revitalizaciji i razmjeni zajednice te kao *coworking*

prostor. On predstavlja zajednički radni prostor u kojem pojedinci različitih profesija rade zajedno u istom prostoru. U samom objektu nalazi se i kafić. [46]

Površina objekta iznosi 585 m<sup>2</sup>, a sastoji se od prizemlja i kata koji zajedno s velikim prozorima čine vrlo otvoren prostor. Prozori se nalaze na pročelju okrenutom prema ulici koji omogućuju pogled na prirodu i okolinu (slika 45). Otvoren prostor predstavlja duh teme objekta otvorenosti i suradnje, a u suradnju je uključeno i lokalno sveučilište Okayama. Čitava struktura i interijer objekta su izvedeni od CLT panela, čiji je Okayama najveći proizvođač u Japanu. CLT paneli široki su 2,2 m, dugi 35 m i debljine 21 cm. Složeni su na način da vire pod različitim kutovima čime se ostvaruje dinamika prostora i atraktivnost objekta (slika 46). Takvi kutni neusklađeni paneli stvaraju dodatne prostore i otvore. [45]



**Slika 45.:** *Kibi Kogen N Square*, pogled na prirodu (Izvor: [45])



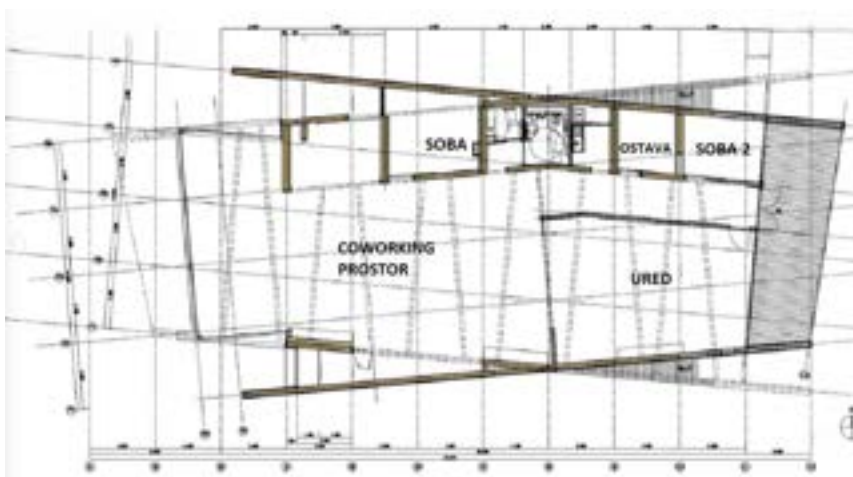
**Slika 46.:** *Kibi Kogen N Square* (Izvor: [45])

Tlocrt prizemlja može se vidjeti na slici 47, a prvog kata na slici 48. Upravo zbog panela koji vire pod različitim kutovima, tlocrti su pomalo složeniji. U prizemlju se nalaze kafić i blagovaonica te prostor za ostavljanje osobnih stvari. Čitavo prizemlje je dostupno besplatno.

Može se koristiti za rad na daljinu ili opuštanje što omogućuju uređene klupe i dugački prostori. Za razliku od prizemlja, prvi kat se naplaćuje. Tamo se nalazi *coworking* prostor s 25 sjedećih mjesta. Moguće je korištenje višenamjenskih pisača, interneta, pomičnih stolova i sofa, a isto tako najam uredskih soba. Korištenje navedenog prostora jedan dan, odnosno od 10 do 18 h, naplaćuje se 6 €, a pola dana 3 €. [47]



Slika 47.: Tlocrt prizemlja (Izvor: [45])



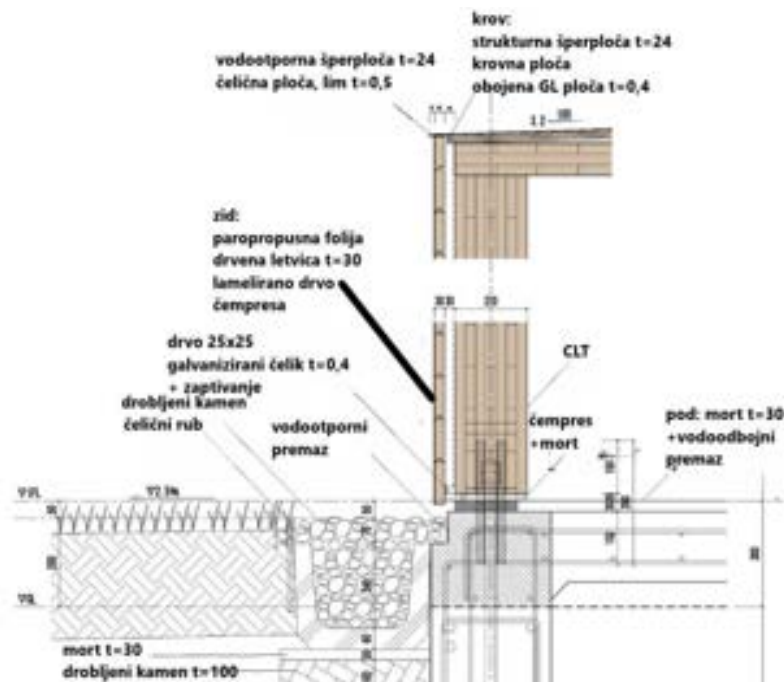
Slika 48.: Tlocrt prvog kata (Izvor: [45])

Glavnu nosivu strukturu objekta čine CLT paneli. CLT vanjski zidovi obloženi su paropropusnom folijom na koju su postavljene letvice te lamelirano drvo od čempresa. Čempres u Japanu nalazi široku primjenu u području građevinarstva zbog fine teksture s prirodnim uzorcima i otpornosti na vlagu i insekte. U konstrukciji krova je CLT također glavni konstruktivni element, a na njemu se nalazi i šperploča kao podloga za krovni pokrivač. Za krovni pokrivač koriste se obojene GL ploče, odnosno lim koji se sastoji od legure aluminija i cinka (slika 49). Lim je premazan zaštitnim premazima i crnom bojom zbog boljeg estetskog dojma. Navedeni slojevi elemenata

moгу se vidjeti na slici 50 kao i trakasti temelji izvedeni od armiranog betona. Temelji su armirani čeličnim šipkama. Premazani su voodopornim premazom kako bi se spriječilo upijanje vlage. Ispred temelja nalazi se kamen drobljenac na podlozi od morta i navedenog kamena drobljenca. Njegova važnost očituje se u povećanju stabilnosti, ali i dugovječnosti temelja. Isto tako, njegova primjena pomaže pri odvodnji oborinske vode. Spoj CLT-a i AB temelja postignut je galvaniziranim čelikom umetnutim između njih. Svi elementi su zatim pričvršćeni vijkom. Pri tome se koristi i drveni umetak kojim se spoj dodatno ojačava. Čempresom i mortom omogućuje se povećanje otpornosti na vlagu kao i čvrstoće i stabilnosti. [45]



Slika 49.: Obojene GL ploče (Izvor: [45])



Slika 50.: Presjeci nosivih elemenata (Izvor: [45])



### 5.3. Obiteljska kuća, Republika Slovenija

Površina: 220 m<sup>2</sup>

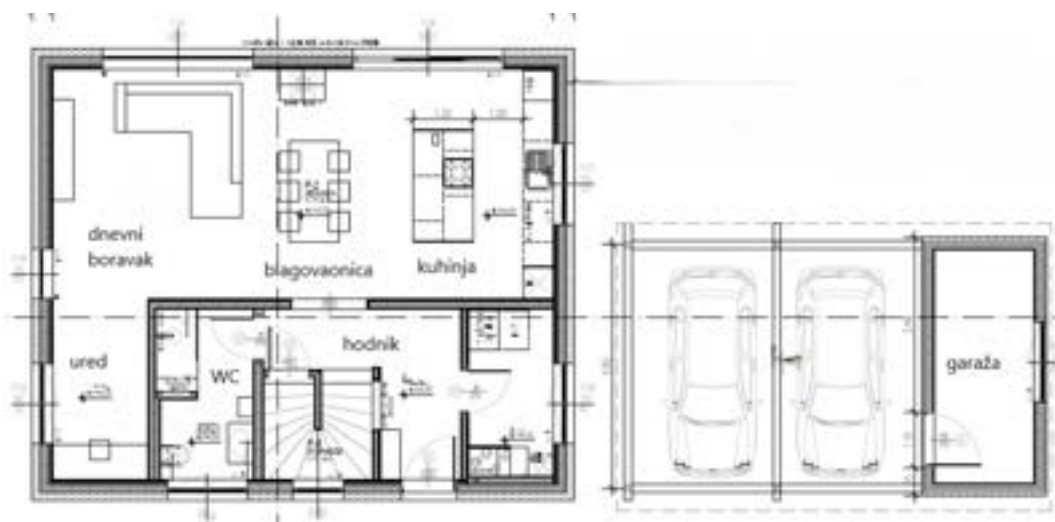
Godina: 2021.

Lokacija: Republika Slovenija

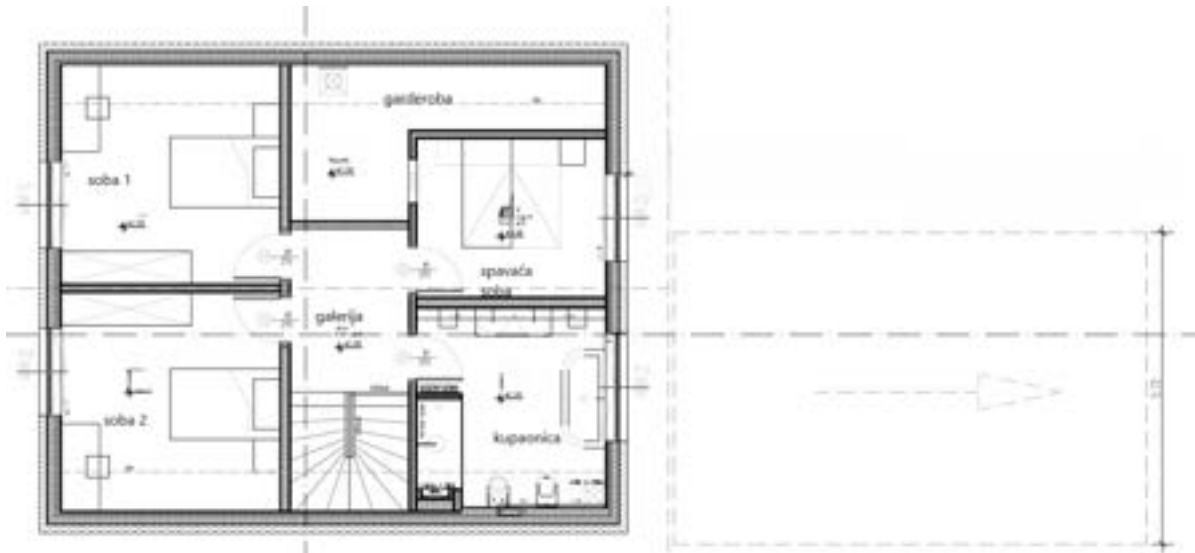
Privatna montažna kuća smještena je u susjednoj Sloveniji, a namijenjena je obitelji s dvoje djece (slika 51). Izgradnja objekta trajala je približno pet mjeseci. Uz sam objekt nalazi se nadstrešnica ispod koje se mogu parkirati dva automobila, a odmah pored nadstrešnice se nalazi garaža. Objekt se sastoji od prizemlja i kata čiji se tlocrti mogu vidjeti na slikama 52 i 53. U prizemlju se nalaze kuhinja, spremište, blagovaonica s dnevnim boravkom i ured, a na kat vodi drveno stepenište (slika 54). Tamo su smještene spavaća soba s garderobom, dvije dječje sobe, kupaonica i galerija kojom se postiže otvoren prostor.



Slika 51.: Obiteljska kuća izvana (Izvor: [48])



Slika 52.: Tlocrt prizemlja (Izvor: [48])



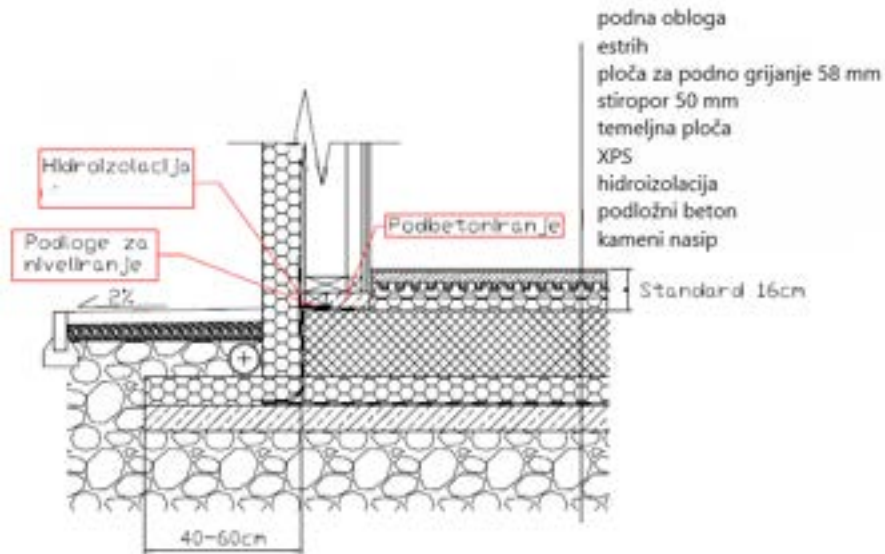
Slika 53.: Tlocrt kata (Izvor: [48])



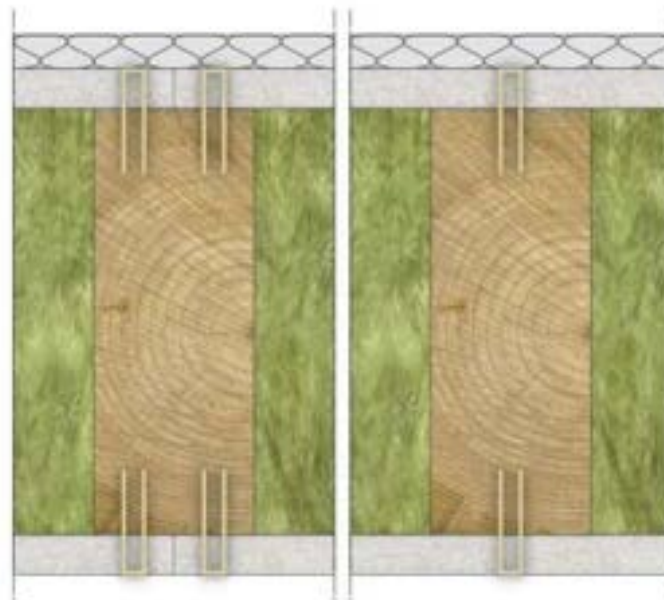
Slika 54.: Presjek kroz središte kuće (Izvor: [48])

AB temeljna ploča debljine je 25 cm. Ispod nje se nalazi kameni nasip na kojem je betonska podloga za izravnjivanje terena, a detaljniji slojevi se mogu vidjeti na slici 55. Nosiva konstrukcija, izvedena od drvenog okvira između kojeg dolazi mineralna vuna, je na temelje spojena vijcima s tiplama. Korišteno drvo je klase C24. Drveni elementi koji čine vanjske zidove su dimenzija 6,0/15,0 cm na razmaku od 0,625 m. Zatvoreni su Farmacell gipsvlaknastim pločama debljine 15 mm. Unutarnji zidovi imaju vrlo sličnu konstrukciju, ali je drvo dimenzija 6,0/10,0 cm. Ploče su za nosivi drveni element pričvršćene skobama (slika 56).



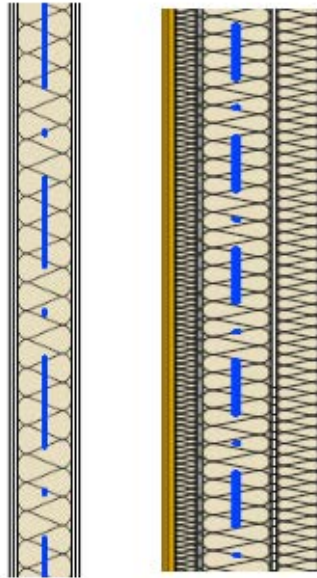


**Slika 55.:** Temelji i slojevi podne ploče (Izvor: [48])



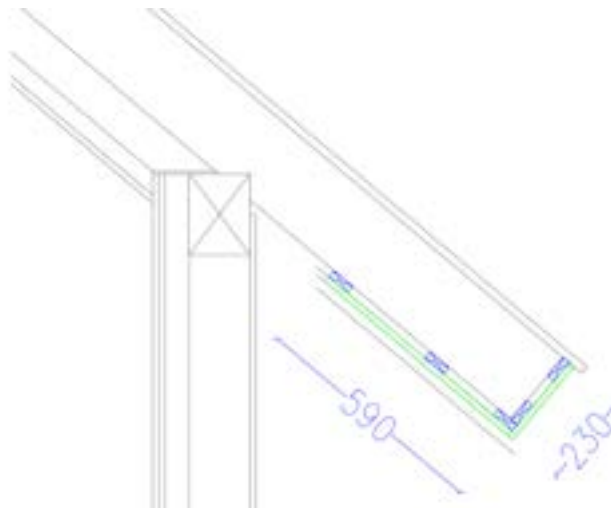
**Slika 56.:** Spajanje gipsvlaknaste ploče na drvene nosive elemente skobama (Izvor: [48])

Detaljniji slojevi zidova mogu se vidjeti na slici 57, pri čemu je lijevo prikazan unutarnji, a desno vanjski zid. Unutarnji zid sastoji se od drvene nosive konstrukcije i kamene vune debljine 80 mm, a s obje strane nalazi se OSB ploča 15 mm i gipsvlaknasta ploča 12,5 mm. Vanjski zid čine dekorativna fasadna žbuka 2 mm, fasadna mrežica 3 mm, stiropor 150 mm, ljepilo 2 mm, gipsvlaknasta ploča 12,5 mm, drvena nosiva konstrukcija, kamena vuna debljine 150 mm, parna brana 0,2 mm, ravnina s instalacijama 60x60 mm, kamena vuna 50 mm te ponovno OSB i gipsvlaknasta ploča. Vanjska fasada je debljine 15 cm i bijele je boje. [48]



**Slika 57.:** Slojevi unutarnjeg i vanjskog zida (Izvor: [48])

Drveno krovšte je simetrično dvostrešno pod nagibom od  $40^\circ$  gdje se visina sljemena nalazi na koti od 8,48 m. Pri spajanju kosnika s horizontalnom veznom gredom primijenjena je klasična veza na zasjek (slika 58). [48]



**Slika 58.:** Veza na zasjek (Izvor: [48])

## 6. ZAKLJUČAK

Drvene montažne kuće pronalaze sve veću primjenu u gotovo svim zemljama, a razvojem u industriji i tehnologiji dolazi do značajnih poboljšanja njihovih svojstava i karakteristika. Ljudska populacija teži što bržoj izgradnji svojih domova i poslovnih objekata koji im pružaju udobnost i estetsku vrijednost. Upotreba drva može ispuniti sve navedeno. Njegova svojstva daleko su naprednija i poboljšana od onih gledano u prošlosti. Utjecaj vlage, insekata i gljivica značajno se smanjio korištenjem posebnih sredstava i premaza. Time su se povećale mehaničke karakteristike i trajnost drva.

Inovativni materijali na bazi drva, kao što je CLT, pokazuju izuzetne karakteristike drva kao nosivog elementa. Već danas CLT prednjači u izvedbi drvenih montažnih kuća, ali njegova uporaba u Hrvatskoj je tek na početku svog rasta. Drveni okviri s ispunom od mineralne vune i panela još uvijek drže prvo mjesto i najčešće se izvode na ovome području, ali nije pogrešno pretpostaviti da će u skoroj budućnosti ovu metodu upravo CLT preći.

Spojevi elemenata izvode se na dobro poznate načine korištene dugi niz godina. Najčešća je upotreba vijaka za drvo ili njihova kombinacija s metalnim pločama. Upotreba metalnih ploča je najefikasniji način spajanja kojim se pričvršćenje postiže okomito na ravninu elementa. Time je smanjena mogućnost cijepanja materijala te postignuta bolja nosivost spoja. Jedan od inovativnih načina spajanja je korištenje metalnih cijevi. Naveden spoj nije u velikoj primjeni zbog nedovoljne istraženosti, ali posjeduje dobar potencijal.

Izolacija montažnih elemenata se u većini slučajeva ugrađuje u tvornici što značajno ubrzava čitav proces izgradnje. Drvo pokazuje dobra izolacijska svojstva, ali u svim obrađenim primjerima izvedenih drvenih montažnih kuća je vidljivo kako se koristi dodatna izolacija. Najveću primjenu pronalazi mineralna vuna kao dobar toplinski i zvučni izolator te izolator dobre požarne otpornosti. Ona često ima ulogu jezgre u SIP panelima obloženim OSB pločama. SIP paneli omogućuju vrlo brzu izvedbu, a to pokazuje objekt velike ukupne površine, *Shotgun house*, sagrađen u samo četiri mjeseca. Navedena kuća pokazuje spoj tradicije i suvremenosti postignut kombinacijom montažne gradnje i uzora u američkim uskim i dugačkim kućama izvedenih u prošlosti.

Izvedba ne bi bila moguća bez transportnih sredstava i mehanizacije. Kamioni s prikolicom nalaze najveću primjenu, a oni s niskim platformama omogućuju prijevoz elemenata većih dimenzija. Svi elementi moraju biti precizno izvedeni, pažljivo rukovani tokom transporta i ugrađivanja kako bi se mogli povezati bez ikakvih problema i neuklapanja. Toranjska dizalica je na većini gradilišta neizbježan građevinski stroj koji uvelike olakšava transport i ugradbu elemenata. Njome se ugrađuju i CLT paneli kojima bi radnici teško rukovali bez pomoći mehanizacije. Navedeni paneli popriličnih dimenzija korišteni su u izvedbi montažne kuće *Kibi Kogen N Square*. Njen primjer je pokazatelj suvremene izgradnje montažnim elementima na bazi drva, a ujedno je namijenjena povezivanju i napredovanju ljudske zajednice. Na primjeru

privatne obiteljske kuće smještena u susjednoj Sloveniji, može se vidjeti način montažne gradnje koji se uvelike koristi u Hrvatskoj. Izgradnja koja je trajala samo pet mjeseci je pokazatelj zašto sve više raste potencijal i potražnja za drvenim montažnim kućama.

---

## POPIS LITERATURE

- [1] Webgradnja.hr, *Što su to montažne kuće*, <https://webgradnja.hr/clanci/sto-su-to-montazne-kuce/179> [8.7.2024.]
- [2] Montažne kuće, *Povijest montažnih kuća*, <https://montazne-kuce.com.hr/povijest-montaznih-kuca/> [8.7.2024.]
- [3] The Manning Portable Colonial Cottage, <https://quonsethut.blogspot.com/2012/12/the-manning-portable-colonial-cottage.html> [8.7.2024.]
- [4] LAROS Structures, *The history of prefabricated houses*, <https://www.structures.laros.com.au/2023/07/13/the-history-of-prefabricated-homes/> [8.7.2024.]
- [5] Sears Archives, *Model No. 157*, <http://www.searsarchives.com/homes/1908-1914.htm> [8.7.2024.]
- [6] Magazin emajstor, *Montažna betonska gradnja*, [https://www.emajstor.hr/clanak/75/Montazna\\_betonska\\_gradnja](https://www.emajstor.hr/clanak/75/Montazna_betonska_gradnja) [8.7.2024.]
- [7] Beton Lučko, *Eco-sandwich*, <https://www.betonlucko.hr/eco-sandwich.html> [8.7.2024.]
- [8] Boris Androić, *Metalne konstrukcije 1*, <https://www.scribd.com/doc/199048346/Boris-Androić-Metalne-konstrukcije-1> [8.7.2024.]
- [9] Montažne kuće, *Čelične montažne kuće*, [https://montazne-kuce.com.hr/celicne-montazne-kuce/#Trajnost\\_celicnih\\_montaznih\\_kuca](https://montazne-kuce.com.hr/celicne-montazne-kuce/#Trajnost_celicnih_montaznih_kuca) [8.7.2024.]
- [10] Skeletna gradnja, <http://www.mojanekretnina.eu/Skeletna-gradnja-LGS-montazne-kuce.aspx> [8.7.2024.]
- [11] Lea Schiller, *Skripta za kolegij Gradiva*, GFZG 2020./2021. [8.7.2024.]
- [12] Redbloc, *Tijek proizvodnje*, <https://redbloc-see.com/tijek-proizvodnje/> [8.7.2024.]
- [13] Montažne kuće, *Sve o montažnim kućama*, <https://montaznekuce.eu/vrste-montaznih-kuca/> [8.7.2024.]
- [14] Narodne novine, *Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima*, [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017\\_11\\_112\\_2625.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_11_112_2625.html) [9.7.2024.]
- [15] Pametni gradovi, *Što je sve potrebno za izgradnju montažne kuće?*, <https://pametni-gradovi.eu/sastavnice-pametnog-grada/gradevinarstvo-urbanizam-i-energetika/sto-je-sve-potrebno-za-izgradnju-montazne-kuce/> [9.7.2024.]

- 
- [16] Pallars arquitectura con madera, *The history of wood*, <https://pallarsfustes.com/en/the-history-of-wood/> [9.7.2024.]
- [17] Adriana Bjelanović, Vlatka Rajčić, *Drvene konstrukcije prema Europskim normama*, Zagreb 2005. [9.7.2024.]
- [18] prof.dr.sc. Vlatka Rajčić, *Svojstva drva kao materijala*, [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Svojstva\\_drva\\_2019.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Svojstva_drva_2019.pdf) [9.7.2024.]
- [19] Drvene konstrukcije, *Karakteristike LLD*, <https://www.drvene-konstrukcije.hr/karakteristike-lll/> [10.7.2024.]
- [20] Wood Barn, *Wooden house*, <https://woodbarnindia.com/history-of-wooden-homes/> [10.7.2024.]
- [21] Dom i dizajn, *CLT*, <https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/ovo-je-trenutacno-najmoderniji-nacin-gradnje-drvom-privlaci-arhitekta-i-investitore-s-razlogom-15283756> [10.7.2024.]
- [22] Radman homes, *CLT gradnja – što je i koje su prednosti?*, <https://radman-homes.eu/clt-gradnja-sto-je-i-koje-su-prednosti/> [10.7.2024.]
- [23] Hrastović inženjering d.o.o., *Križno lamelirano drvo (CLT)*, <https://www.hrastovic-inzenjering.hr/primjena-energije/energetski-clanci/zelena-gradnja/item/1129-krizno-lamelirano-drvo-clt.html> [10.7.2024.]
- [24] Shöck Isokorb, *Izolacija i nosivost*, [https://www.schoeck.com/view/6328/Prospekt\\_Schoeck\\_Isokorb\\_Izolacija\\_i\\_nosivost\\_6328\\_.pdf](https://www.schoeck.com/view/6328/Prospekt_Schoeck_Isokorb_Izolacija_i_nosivost_6328_.pdf) [10.7.2024.]
- [25] Webgradnja, *OSB ploče*, <https://webgradnja.hr/clanci/osb-ploce-sve-sto-trebate-znati/4651> [11.7.2024.]
- [26] Ci produkt d.o.o., *Skeletne in montažne hiše*, <https://www.vsi.si/ci-produkt/skeletne-hise> [11.7.2024.]
- [27] ZGipsman, *Mineralna vuna-izolacija*, <https://zgipsman.hr/suha-gradnja-knauf/mineralna-vuna/> [16.7.2024.]
- [28] Arhiteko, *Mineralna vuna*, <https://www.arhiteko.hr/menu.html?https://www.arhiteko.hr/mineralnavuna.html> [16.7.2024.]
- [29] Drvona, *KVH grede*, <https://www.drvona.hr/grede/1325-kvh-grede-jelasmreka-ind-kvaliteta-c24> [16.7.2024.]
- [30] Dom projekt, <https://www.domprojekt.hr/> [16.7.2024.]

- 
- [31] Hausewerk, *Technology*, <https://hauswerk.pl/en/technology/> [16.7.2024.]
- [32] Enciklopedija, *Temelji*, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/temelji> [9.7.2024.]
- [33] Spassio, *Guide to foundation*,  
<https://spassio.com/guide-to-foundation-for-modular-home/> [9.7.2024.]
- [34] Montažne kuće, *Temelji za montažnu kuću*, <https://montazne-kuce.com.hr/temelji-za-montaznu-kucu/> [9.7.2024.]
- [35] m-Kvadrat, *SIP paneli*, <https://m-kvadrat.ba/sta-su-sip-paneli/> [11.7.2024.]
- [36] idealev, *Izolacija krova*, <https://prefabrikevim.com/hr/Kakva-bi-trebala-biti-izolacija-krova-monta%C5%BEna-ku%C4%87e%3F/> [11.7.2024.]
- [37] Literatura ustupljena od arhitektice Martine Miličević Pojatina [19.7.2024.]
- [38] Connections in cross-laminated timber buildings, *Chapter 5*,  
[https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2013/fpl\\_2013\\_mohammad001.pdf](https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2013/fpl_2013_mohammad001.pdf)  
[11.7.2024.]
- [39] Alamy, Construction materials truck, <https://www.alamy.com/stock-photo/construction-materials-truck.html?sortBy=relevant> [9.7.2024.]
- [40] Katus, *How do they ship a prefabricated house?*, <https://katus.eu/learn/courses/how-to-ship-a-prefab-house> [9.7.2024.]
- [41] Dfreight, *Preparing for shipping*, <https://dfreight.org/blog/shipping-prefabricated-buildings/> [9.7.2024.]
- [42] Kusić, *CLT – nova tehnologija gradnje*, <https://www.savokusic.com/bs/blog/zgrade-i-ku%C4%87e-od-vi%C5%A1eslojno-lijepljenih-drvenih-plo%C4%8Da-klt> [9.7.2024.]
- [43] Divisare, *Alejandro Soffia - Shotgun house*,  
<https://divisare.com/projects/383387-alejandro-soffia-shotgun-house> [23.7.2024.]
- [44] Detail, *Material Aesthetics*, 2019, [23.7.2024.]
- [45] ArchDaily, *Kibi Kogen N Square*, <https://www.archdaily.com/1018259/kibi-kogen-n-square-kengo-kuma-and-associates> [24.7.2024.]
- [46] Smartnet, *Coworking prostor*, <https://smartnet.hr/sto-je-coworking-prostor-sve-sto-trebate-znati-o-coworkingu/> [24.7.2024.]
- [47] The Japan news, *Okayama: Distinctive coworking space supervised by architect Kengo Kuma opens*, <https://japannews.yomiuri.co.jp/features/japan-focus/20240420-181328/>  
[24.7.2024.]
- [48] Literatura ustupljena od anonimnog izvora [21.8.2024.]

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.:</b> Drvena montažna kuća za doseljenike u kolonijama (Izvor: [3]).....	8
<b>Slika 2.:</b> <i>Manning Portable Colonial Cottage</i> (Izvor: [3]).....	8
<b>Slika 3.:</b> Katalog rubne kuće <i>Sears, Roebuck and Company</i> (Izvor: [5]) .....	9
<b>Slika 4.:</b> Skelet betonske montažne kuće (Izvor: [6]) .....	10
<b>Slika 5.:</b> Troslojni sendvič panel (Izvor: [7]).....	10
<b>Slika 6.:</b> Skelet čelične montažne kuće (Izvor: [9]).....	11
<b>Slika 7.:</b> Obloga čeličnog skeleta (Izvor: [10]) .....	12
<b>Slika 8.:</b> Strojno nanošenje dvokomponentnog ljepila (Izvor: [12]).....	13
<b>Slika 9.:</b> Povezivanje zidanih zidova serklažima (Izvor: [13]) .....	13
<b>Slika 10.:</b> Dijelovi poprečnog presjeka drva (Izvor: [17]) .....	15
<b>Slika 11.:</b> Promjena drva izloženog požaru (a) ugljeni sloj, (b) sloj pirolize, (c) nepromijenjeno drvo (Izvor: [17]).....	18
<b>Slika 12.:</b> Lijepljeno lamelirano drvo LLD (Izvor: [19]).....	19
<b>Slika 13.:</b> Neboder Mjostarnet, Norveška (Izvor: [21]) .....	21
<b>Slika 14.:</b> Križno lamelirano drvo (Izvor: [22]).....	22
<b>Slika 15.:</b> Slojevi križno lameliranog drva (Izvor: [22]).....	22
<b>Slika 16.:</b> OSB ploča (Izvor: [17]) .....	24
<b>Slika 17.:</b> Skeletna montažna gradnja s OSB pločama (Izvor: [26]).....	24
<b>Slika 18.:</b> Mineralna vuna (Izvor: [28]) .....	25
<b>Slika 19.:</b> KVH greda (Izvor: [29]).....	25
<b>Slika 20.:</b> Slojevi zida s KVH konstruktivnim elementom (Izvor: [31]) .....	26
<b>Slika 21.:</b> Detaljan prikaz slojeva zida s KVH konstruktivnim elementom (Izvor: [30]) .....	27
<b>Slika 22.:</b> Podrumski temelji (Izvor: [33]) .....	28
<b>Slika 23.:</b> Strukturno izolirana ploča SIP (Izvor: [35]) .....	30
<b>Slika 24.:</b> Povezivanje CLT elemenata metalnim nosačem i vijcima za drvo (Izvor: [37]).....	31
<b>Slika 25.:</b> Povezivanje CLT zidova utisnutim limom (Izvor: [38]).....	31
<b>Slika 26.:</b> Povezivanje elemenata vijkom pod kutom (Izvor: [37]).....	32
<b>Slika 27.:</b> Uzdužno povezivanje CLT elemenata (Izvor: [38]) .....	32
<b>Slika 28.:</b> Spajanje korištenjem metalne cijevi (Izvor: [38]).....	33
<b>Slika 29.:</b> Spajanje elemenata zasjekom (Izvor: [17]) .....	33
<b>Slika 30.:</b> Spajanje montažnog zida s betonskim temeljem (Izvor: [37]) .....	34
<b>Slika 31.:</b> Spajanje montažnog zida s betonskim temeljem (Izvor: [38]) .....	34
<b>Slika 32.:</b> Kamion s ravnom platformom (Izvor: [39]).....	35
<b>Slika 33.:</b> Kamion s prikolicom niskog profila (Izvor: [39]) .....	36
<b>Slika 34.:</b> Gradilišni transport elementa toranjskom dzalicom (Izvor: [42]).....	37
<b>Slika 35.:</b> Pozicioniranje montažnog elementa (Izvor: [42]) .....	37
<b>Slika 36.:</b> <i>Shotgun kuća</i> izvana (Izvor: [43]) .....	39



---

<b>Slika 37.:</b> <i>Shotgun kuća</i> , interijer (Izvor: [43]).....	40
<b>Slika 38.:</b> <i>Shotgun kuća</i> , interijer i stepenice (Izvor: [43]) .....	40
<b>Slika 39.:</b> Tlocrt prizemlja (Izvor: [44]) .....	41
<b>Slika 40.:</b> Tlocrt prvog kata (Izvor: [44]) .....	41
<b>Slika 41.:</b> Presjek a-a i b-b (Izvor: [44]).....	42
<b>Slika 42.:</b> Presjeci elemenata (Izvor: [44]).....	43
<b>Slika 43.:</b> Spoj AB temelja i zidnog SIP panela (Izvor: [43]).....	43
<b>Slika 44.:</b> Spoj SIP panela (Izvor: [43]) .....	44
<b>Slika 45.:</b> <i>Kibi Kogen N Square</i> , pogled na prirodu (Izvor: [45]).....	45
<b>Slika 46.:</b> <i>Kibi Kogen N Square</i> (Izvor: [45]).....	45
<b>Slika 47.:</b> Tlocrt prizemlja (Izvor: [45]) .....	46
<b>Slika 48.:</b> Tlocrt prvog kata (Izvor: [45]) .....	46
<b>Slika 49.:</b> Obojene GL ploče (Izvor: [45]).....	47
<b>Slika 50.:</b> Presjeci nosivih elemenata (Izvor: [45]) .....	47
<b>Slika 51.:</b> Obiteljska kuća izvana (Izvor: [48]).....	48
<b>Slika 52.:</b> Tlocrt prizemlja (Izvor: [48]) .....	48
<b>Slika 53.:</b> Tlocrt kata (Izvor: [48]) .....	49
<b>Slika 54.:</b> Presjek kroz središte kuće (Izvor: [48]).....	49
<b>Slika 55.:</b> Temelji i slojevi podne ploče (Izvor: [48]).....	50
<b>Slika 56.:</b> Spajanje gipsvlaknaste ploče na drvene nosive elemente skobama (Izvor: [48])....	50
<b>Slika 57.:</b> Slojevi unutarnjeg i vanjskog zida (Izvor: [48]).....	51
<b>Slika 58.:</b> Veza na zasjek (Izvor: [48]) .....	51

## POPIS TABLICA

Tablica 1.: Svojstva izolacijskih materijala za temelje (Izvor: [35]) ..... 29