

UDK: 691:11

# Členitev sistemov lesene montažne gradnje glede na postopek gradnje

*Dividing of wood prefabricated systems according to building procedure*

avtorji: **Jasna HROVATIN, Manja KITEK KUZMAN**, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, C. VIII/34, SI-1001 Ljubljana,  
**Jože KUŠAR**, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12, 1000 Ljubljana

## izvleček/Abstract

**Glavna** značilnost montažnih objektov je, da jih sestavljamo na gradbišču iz prej izdelanih elementov ali sklopov. Metode izvedbe lesene montažne gradnje se razlikujejo glede na stopnjo izdelave elementov v tovarni in glede na način sestavljanja teh elementov na terenu. Glede na to jih delimo na štiri večje skupine: (1) objekti, ki se sestavijo iz posameznih osnovnih elementov na gradbišču, (2) objekti, ki so sestavljeni iz predizdelanih etažnih ali večetažnih povezij, (3) objekti, ki so sestavljeni iz predizdelanih večjih ali manjših panelov in (4) prostorski ali celični način gradnje, kjer je stopnja prefabriciranosti (izdelave vnaprej) največja. V članku so predstavljene prednosti in slabosti različnih načinov gradnje glede na stopnjo prefabriciranosti. Skušali bomo nakazati, v kakšni smeri se bo razvijala lesena montažna gradnja glede na stopnjo predizdelanosti elementov.

**The** main characteristic of prefabricated buildings is that they are composed together out of prefabricated elements directly on a building ground. The variants of the wood prefabricated building realizations are distinguished according to the stage of element prefabrication and according to the type of element assembly on the building ground.

Therefore prefabricated buildings are grouped into 4 different groups: (1) building objects which are combined of single elements, (2) object which are combined of prefabricated skeleton, (3) object which are put together from bigger or smaller panels and (4) the most prefabricated group of space or cells type of building. In presented article preferences and weaknesses of different types of building are analysed causing the level of prefabrication. The future directions for development of wooden prefabrication buildings are indicated.

**Ključne besede:** montažna gradnja, lesena gradnja, konstrukcija, prefabricacija

**Key words:** wood prefabricated building, wood construction, prefabrication

## 1. UVOD

Tehnologije lesene gradnje so bile v zgodovini odvisne od naravnih danosti določene regije in stopnje razvitosti orodja. Velik del hiš je bil iz masivnega lesa. Leseno gradnjo pa so zaradi požarne varnosti pričeli opuščati in jo nadomeščati z zidano. Lesene hiše so pri nas v zadnjem stoletju dobile prizvok manjvredne barakarske gradnje. V zadnjih letih pa se zaradi naraščajočega ekološkega trenda in novih tehnologij gradnje, ki zagotavljajo visoko kakovost, lesena gradnja zopet uveljavlja. Kljub mnogim prednostim gradnje v lesu pa je v Sloveniji delež teh hiš še vedno pod povprečjem glede na države zahodne Evrope (kot so na primer Nemčija, Avstrija, švica), kjer se delež montažne gradnje giblje med 20 in 30 odstotki.

V Sloveniji so štiri večja podjetja (Marles, Jelovica, Lumar, Kager), ki proizvedejo 95 % vseh lesenih montažnih objektov. Večino izdelkov prodajo na tujih trgih. Velikostenski način gradnje je v Sloveniji in Evropi najbolj razširjen. Delež panelnega (velikostenskega) načina gradnje je v Sloveniji več kot 90 %.

Sestava in gradnja lesenih konstrukcij na terenu prevladuje v Severni Ameriki

in Skandinaviji. Za tovrsten način gradnje ne potrebujemo velikih proizvodnih objektov in drage montaže z dvigali.

## 2. DELITEV LESENE GRADNJE GLEDE NA STOPNJO IZVEDBE ELEMENTOV V TOVARNI

Les je poleg kamna in opeke najstarejši material, primeren za izdelovanje vnaprej pripravljenih – prefabriciranih elementov v obliki tramov, plohov, desk, letev, opaža ... (Kušar, 1983). Načini lesene montažne gradnje se razlikujejo po stopnji izdelave elementov v tovarni in načinu sestavljanja teh elementov na terenu. Glede na to jih delimo na štiri večje skupine:







- elementarni – iz posameznih elementov (način gradnje, pri katerem so objekti izdelani iz posameznih osnovnih elementov, ki se sestavijo na gradbišču);
- ploskovno povezje (način gradnje, kjer se objekt sestavi iz vnaprej sestavljenih etažnih ali večetažnih povezij);
- ploskovni panelni (način gradnje, pri katerem se objekt sestavi iz predizdelanih večjih ali manjših panelov);
- prostorski (način gradnje, pri katerem se objekt sestavi iz predizdelanih celic; možne so tudi finalno izdelane celice v obliki modularne hiše).

Največjo stopnjo prefabriciranosti najdemo pri prostorskem ali celičnem načinu gradnje (preglednica 1).

### 2.1. Elementarni način gradnje - iz posameznih elementov

Elementarni način gradnje lahko imenujemo tudi sestavljeni sistem, kjer se posamezni elementi oziroma sestavni deli konstrukcije izdelajo v delavnici

□ **Preglednica 1. Pregled načinov gradnje in konstrukcijskih sistemov glede na stopnjo prefabrikacije**

NAČINI GRADNJE	KONSTRUKCIJA	STOPNJA PREFABRIKACIJE	
Elementarni – iz posameznih elementov 	Skeletna	Izdelava elementov v delavnicah ali tovarnah, sestavljanje na gradbišču.	majhna 
	Okvira		
	Masivna (kladna, leseni zidaki...)		
Ploskovno etažno ali večetažno povezje 	Skeletna	Etažna ali večetažna povezja so sestavljena v tovarni.	
Ploskovni panelni (velikostenski, malostenski) 	Okvira	Stenski in stropni elementi so v celoti izdelani v tovarni.	
	Masivna		
Prostorski 	Okvira	Celice so v celoti izdelane v tovarni in se sestavijo na terenu.	velika
	Masivna		
Kombiniran 			

□ **Preglednica 2. Proizvajalci različnih načinov lesene gradnje**

PROIZVAJALCI	Elementarni sistem (iz posameznih elementov)	Ploskovni sistem	Prostorski sistem
	Steko Induo Bekolog Skelett 81 fünf TrusJoist- TJI®Träger, PARALLAM TimberStrand® <i>Smreka</i>	Lignatur MERK MERK- LenoTech®, LenoStrand® LIGNOTREND K Multibox K Multisteg <i>Riko</i> <i>Jelovica</i>	Freisinger Modular Office Holz-Box-Tirol Blue Box Modular Typ SU-SI <i>Rima</i>

ali tovarni, kasneje pa jih sestavijo v konstrukcijo na mestu gradnje. Klasičen primer tovrstne gradnje sta kladna gradnja in gradnja, pri kateri so stene iz vodoravno položenih plohov. Danes pa se na ta način izdelujejo tudi skeletne konstrukcije in konstrukcije iz lesenih zidakov. V tem primeru se v tovarni pripravijo elementi (nosilci, leseni zi-

daki, obložne plošče, izolacija ...), ki se sestavijo na gradbišču. Tak način gradnje je danes prevladujoč v Severni Ameriki in v skandinavskih deželah, predvsem na Finskem in Norveškem (slika 1). Sistem omogoča visoko stopnjo fleksibilnosti, slabost pa je velika količina dodelavnih del na gradbišču, stopnja prefabriciranosti je majhna.

## 2.2. Gradnja s ploskovnim povezjem

Pri tem načinu gradnje je montaža posameznih etažnih ali večetažnih povezij izvedena v tovarni (slika 2). Prednost tovrstnega načina gradnje je časovni prihranek zaradi predmontaže, slabost pa je velik transportni volumen, večja potreba prostora na gradbišču in potreba po posebnih dviznih sredstvih zaradi večje mase elementov. (Boršič, Bezenšek, 2004)

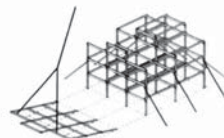
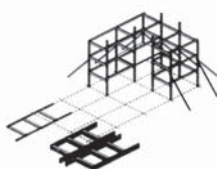
## 2.3. Ploskovni panelni način gradnje

Pri ploskovnih panelnih sistemih so stenski in stropni elementi v celoti izdelani v tovarni. Ploskovni elementi so navadno sestavljeni iz nosilne konstrukcije in različnih zapiralnih plasti. Na zunanjih stenah je že izdelana fasada (brez zaključnih slojev), vgrajena so že tudi okna in balkonska vrata. Prednost ploskovnih panelnih sistemov je večja neodvisnost gradnje od vremenskih razmer, saj se večina del opravi v tovarni. Problematičen je lahko transport velikih panelov in dostopnost velikih kamionov do gradbišča (slika 3).

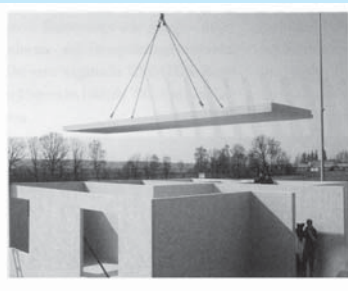
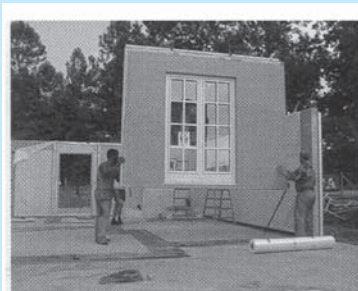
Nosilna konstrukcija je lahko okvirna ali masivna. Danes se večinoma izdelujejo velikostenski sistemi, ki se razlikujejo od malostenskih po tem, da pri slednjih celotna stena ni v enem kosu, ampak iz več panelov, ki se na objektu sestavijo v kompozitno celoto. Prednost malostenskega sistema je, da se osnovni gradniki – paneli lahko izdelujejo tudi na zalogo. Slabost pa je manjša stopnja prefabriciranosti (več montažnih ur) in večje število spojev ter fug (slika 4). »Panelni sistemi so najštevnejši na področju prefabricacije stanovanjskih zgradb«. (Kušar, 1983)



□ Slika 1. Vnaprej izdelani elementi se sestavijo v konstrukcijo na mestu gradnje, A- tradicionalna gradnja iz brun (lastni arhiv), B- konstrukcija iz lesenih zidakov (www.steko.de), C- skeletna konstrukcija, linijski elementi (Grütmacher, 1998)



□ Slika 2. Montaža etažnega povezja (Dietrich Fink, 1997).  
Montaža večetažnih skeletnih povezij: A- montaža delnih večetažnih povezij, B – montaža celotnih povezij (Boršič, Bezenšek, 2004)



□ Slika 3. Pri velikostenskih sistemih so stenski in stropni elementi v celoti izdelani v tovarni (prospektno gradivo podjetij Jelovica in Riko)

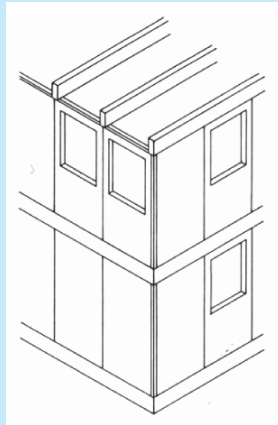
## 2.4. Prostorski način gradnje (celični)

Pri prostorskih sistemih se v tovarni izdelajo celice s stenami, stropom in tlakom, nato pa se na mestu gradnje sestavijo v objekt. »Elementi so veliki in težki. Mere in teža takih elementov je omejena s transportnimi možnostmi.« (Kušar, J. 1983). Nosilna konstrukcija je lahko okvirna ali masivna, stranice celice imajo hkrati nosilno, delilno in izolacijsko funkcijo. Stopnja prefabriciranosti je tu še večja (80 - 90 %), s tem pa tudi neodvisnost od vremenskih vplivov. Hitrost gradnje je večja v primerjavi z elementarnim sistemom (slika 5). »Sistem je zasnovan modularno in predstavlja največ omejitev pri spremembah zasnove. Načrtovanje in izvedba sistema je najbolj komplicirana med vsemi sistemi. Celice so po statični zasnovi lahko samonosne ali pa jim nosilnost omogoča dodatna skeletna konstrukcija.« (Zalokar Miklič, 2002)

Posebna oblika prostorskega sistema so modularne hiše. Modularne hiše so finalno izdelane celice s kritino in fasado, v nekaterih primerih pa tudi z notranjo opremo. Stopnja prefabriciranosti je tu največja. Gre za objekte z minimalno stanovanjsko površino, ki še dopušča transport po cestah. Uporabljajo se kot: stanovanja, predvsem pa kot počitniške hišice, kot domače pisarne ali ateljeje, ki ga lahko postavimo na vrtu. Pri nekaterih sistemih je možna kasnejša modularna nadgradnja osnovne enote z dodatnimi enotami (slika 6).

Posebna oblika modularnih hiš so rastoče hiše, pri katerih se da povečati in ponovno zmanjšati volumen glede na trenutne potrebe (slika 7).

Zanimiv je tudi projekt avstrijskega podjetja za proizvodnjo oken. Podjetje Fresinger je razvilo lesen kontejner. Na



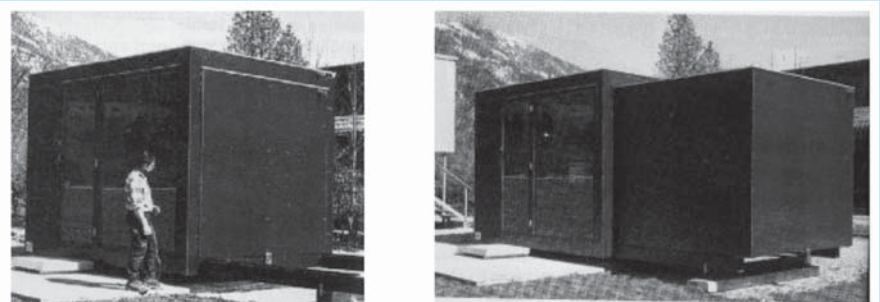
□ Slika 4. Malostenski ploskovni sistem (Kolb, 1995)



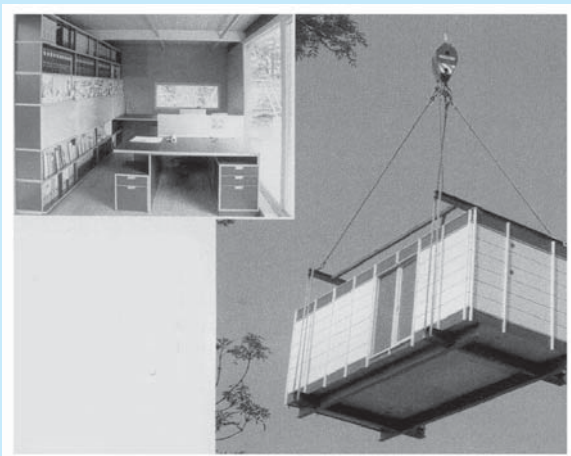
□ Slika 5. Pri celičnem sistemu gre za sklop prostorskih celic. (Schafer, Klenske, 2000)



□ Slika 6. Modularna hiša z možnostjo naknadnega povečanja osnovne enote (prospektno gradivo podjetja WeberHaus GmbH & Co)



□ Slika 7. Modularna hiša z možnostjo povečave volumna (Kaufman, 2004)



□ Slika 8. Lesen kontejner v obliki pasivne hiše izdeluje proizvajalec oken. (Passivehauser - Holzbox, 2004)



□ Slika 9. Eksperimentalni objekt - pritlična hiša arhitekta Shigeru Bana (Shigeru, 1999)

ta način si kupec lahko postavi na vrt majhno pisarno, zimski vrt ali pa si poveča prostornino hiše. Celica je zasnovana po načelih pasivne gradnje, tako da ni treba skrbeti za ogrevanje prostora (slika 8).

## 2.5. Kombinacije različnih metod gradnje

Vsak način gradnje ima svoje prednosti in slabosti. Zaradi tehtanja, kako doseči optimalno metodo s finančnega vidika in vidika kakovosti, se proizvajalci odločajo tudi za kombinacijo različnih metod gradnje. Tako je lahko na primer nosilni skeletni sistem (elementarni način gradnje) zaprt s paneli (ploskovni način gradnje), sanitarne enote pa so izvedene v celičnem načinu gradnje.

## 2.6. Eksperimentalne zasnove

Shigeru Ban je zasnoval eksperimentalni objekt, zgrajen blizu Tokia. Postavil je pritlično hišo, katere »stenski elementi« so sestavljeni iz predizdelanih modularnih garderobnih knjižnih in kuhinjskih omar. Eksperimentalni objekt je nastal kot premišljen sistem varčne gradnje tako v materialu, času kot tudi z vidika stroškov (slika 9).

## 3. ANALIZA STOPNJE PREFABRIKACIJE

Večina velikih svetovnih proizvajalcev izdeluje velikostenske in celične sisteme, ki pomenijo najvišjo možno stopnjo prefabrikacije oziroma prenos gradnje z gradbišča v proizvodno halo. To pa vpliva na manjše stroške dela na

gradbišču. Gre torej za racionalno industrijsko proizvodnjo, pri kateri so elementi lahko izdelani bolj natančno in hitreje. Poleg tega lahko elemente v tovarni pripravljamo vse leto, kar pomeni, da nismo odvisni od vremena, kot pri klasični gradnji. Slabost pa so višji stroški transporta in pogoj dostopnosti na gradbišče s kamioni (preglednica 3).

## 4. SKLEP

Industrija je s svojimi principi in tehnologijami pomemben dejavnik oblikovanja sodobnega grajenega prostora. Bistvo visoke stopnje prefabrikacije pri montažni gradnji je prenos gradnje z gradbišča v proizvodno halo. Cilj vsake industrijske proizvodnje, kamor lahko

□ Preglednica 3. Slabosti in prednosti stopnje prefabrikacije

STOPNJA PREFABRIKACIJE	SLABOSTI	PREDNOSTI
majhna stopnja predizdelanost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- daljši čas izdelave</li> <li>- izpostavljenost vremenskim vplivom</li> <li>- nižja kvaliteta izvedbe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- večja geometrijska fleksibilnost</li> <li>- lažja montaža in transport</li> <li>- manjša investicijska vlaganja za proizvajalca</li> <li>- majhna potreba po skladiščnem prostoru</li> </ul>
↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- večji proizvodni prostori (višji stroški)</li> <li>- dražja montaža in oprema za montažo (avtodvigalo)</li> <li>- transport in dostopnost na gradbišče s kamioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hitrost gradnje (krajši čas gradnje na terenu in krajši čas gradnje v celoti)</li> <li>- večja natančnost</li> <li>- manjša izpostavljenost vremenskim vplivom</li> <li>- standardizacija elementov</li> <li>- visoka stopnja mehanizacije</li> </ul>
velika stopnja predizdelanosti		

uvrščamo tudi proizvodnjo lesene montažne gradnje, pa je znižanje cene končnemu produktu ob enaki ali boljši kvaliteti objekta. Razvoj industrijske lesene montažne gradnje gre torej v smeri večanja kvalitete ob hkratnem zmanjševanju stroškov in časa izvedbe. Zanimivo je, da je cena današnje industrijske montažne gradnje zaradi velike mere unikatnosti posameznega izdelka še vedno dokaj visoka. Z večanjem stopnje prefabrikacije in z večanjem deleža tovrstne gradnje pa bi se cena končnega izdelka lahko bistveno znižala. Seveda bi morali sistemi omogočati tudi fleksibilnost oziroma prilagajanje individualnim zahtevam potrošnika. Na žalost pa se z večanjem stopnje prefabrikacije do gotovih prostorskih enot oziroma modularnih hiš, ki imajo pogosto tudi notranjo opremo, fleksibilnost in identiteta doma izgubljata. Rešitev je morda v manjših modularnih enotah, ki se lahko poljubno nizajo v zeleno kompozicijo, hkrati pa projektantu omogočajo prilagajanje arhitekturne lupine značilnostim posameznih kulturnih krajin, ob upoštevanju več-

plastnih vrednot estetike in specifičnih potreb bodočega uporabnika.

Pričakovati je, da bo šla organiziranost lesnopredelovalne industrije v prihodnosti v dve smeri: v združevanje podjetij - globalizacijo in v manjša podjetja, ki bodo s proizvodnim programom zadovoljevala tržne niše.

Kot povsod se tudi na področju lesene montažne gradnje srečujemo s številnimi eksperimenti, kot je na primer hiša, ki ima namesto sten omare. Aktualni so objekti z velikimi zastekljenimi površinami, pri katerih je količina zastekljenih površin večja od polnih. Pri tem se postavlja vprašanje, v kolikšni meri bo industrija stavbnega pohištva ali celo pohištvena industrija v prihodnje posegla tudi na področje montažne gradnje? □

## literatura

1. Boršič, B.; Bezenšek, Z. 2004. Leseni večetažni sistemi – skeletni sistem. Gradbenik, 1: 56 str.
2. Dietrich, F. 1997. Preiswert bauen – Fachwerk von heute, SW, Hamburg, 6: 158
3. Bund deutscher Zimmermeister im Zentralverband des deutschen Baugewerbes 1996. Holzrahmenbau mehrgeschossig, Karlsruhe, vbz
4. Grützmacher, B. 1998. Niedrigenergie – Häuser aus Holz. München, Callwey: 6 str.
5. Kaufman, J.O. 2004. Minimale Fertig – und modulhäuser. Bauen mit Holz, 3: 6-21 str.
6. Kolb, J. 1995. Systembau mit Holz. Zürich, Bauverlag Dietikon, Lignum, Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für das Holz
7. Kušar, J. 1983. Prefabrikacija zgradb ali prefabrikacija elementov? Njun vpliv na urbanizem. Ljubljana, doktorska disertacija: 129,130 str.
8. Passivehouse - Holzbox 2004. BM Bau- und Möbelschreiner, Innenausbau Möbel Bauelemente, 12 str.
9. Schafer, J.; Klenske, V. 2000. Holzbausysteme. Informationsdienst Holz Bonn, Holzbauhandbuch, 12: Reihe 1, Teil 1, Folge 4, 36 str.
10. Shigeru, B. 1999. Furniture house, prčs du lac de Yamanaka, Japon. L'architecture d'aujourd'hui, 320, 1:64,65 str.
11. Zalokar Miklič, R. 2002. Montažna enodružinska hiša. Magistrsko delo, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo:82,104 str.