

PASIVNA ARHITEKTURA I PRIMJENA DRVETA U KONSTRUKCIJI PASIVNIH KUĆA

Edina Duranović, Almin Prošić, Damir Hodžić
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet, I.Ljubijankića bb, tfb@bih.net.ba

Ključne riječi: pasivna kuća, orijentacija, akumulacija, izolacija, drvo, konstrukcija

SAŽETAK:

Ovaj rad se bavi tematikom gradnje pasivnih kuća. Teoretski je opisan pojam pasivne arhitekture kao i osnovne osobine i prednosti pasivne kuće te primjena drveta i drvenih materijala u konstrukciji pasivnih kuća. Također su dati statistički pokazatelji primjene i gradnje pasivnih kuća u Bosni i Hercegovini i okruženju. Predstavljeni su i neki praktični primjeri pasivnih kuća te elementa od drveta koji se primjenjuju u samoj gradnji pasivne kuće te su date neke prednosti drveta kao materijala u pasivnoj arhitekturi.

1. UVOD

Pasivna arhitektura je pojam koji se u zadnje vrijeme često koristi u arhitekturi i građevini a odnosi se na građevine koje su građene tako da same djeluju ujedno kao sunčev kolektor i spremnik topline. Ovakav način korištenja Sunčeve energije je vrlo učinkovit i jeftin, iz razloga što nije potrebna nikakva dodatna oprema za sakupljanje i korištenje energije. Pasivnu arhitekturu karakteriše funkcionalan dizajn a ne upotreba neke posebne savremene tehnologije te iz tog razloga u principu ovakva kuća ne mora biti skuplja od klasične kuće. Pasivnim načinom građenja kuće moguće je za skoro 90 % umanjiti potrebe drugih energenata za potrebe grijanja.

Prva pasivna kuća sagrađena je u Darmstadt-u, Njemačka 1990 godine. Procjenjuje se da se broj pasivnih kuća u Evropi do danas kreće od 25.000 – 30.000 od čega je najveći procent u Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj i Skandinaviji. U Bosni i Hercegovini pasivne kuće još uvijek nemaju gotovo nikakvu primjenu. Razlozi tome mogu ležati u konzervativnom pristupu lokalnog stanovništva te ubjedenju da je klasična gradnja najbolja i najefikasnija. U Bosni i Hercegovini postoji veći broj firmi koje se bave gradnjom drvenih te niskoenergetskih kuća koje vrše i promociju pasivne gradnje što je donekle i urodilo plodom jer se ove godine u Sarajevu planira izgraditi prvi kompleks pasivnih kuća u Bosni i Hercegovini.

2. KARAKTERISTIKE PASIVNE KUĆE

Osnovna karakteristika kuće koja ima karakteristike pasivne kuće je da se po metru kvadratnom stambene površine ne utroši više od 1,5 litra loživog ulja ili 1,5 m³ plina.

U pasivnoj kući se bez aktivnog sistema grijanja ili klimatizacije postiže ugodna temperatura prostora i u zimskom i u ljetnom razdoblju. Pasivna gradnja pruža povišeni stambeni komfor pri čemu potrebe za toplinskom energijom ne prelaze 15 kWh/m². Realizacija pasivne kuće postavlja visoke zahtjeve na kvalitetu primijenjenih komponenata građevine. Svi vanjski elementi kuće ili zgrade, izuzev

ostakljenih površina, trebaju biti tako dobro toplinski izolirani da koeficijent prolaza topline U nije veći od $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Cijena pasivne kuće zavisi od izvedbe može biti neznatno veća od klasične gradnje, može eventualno biti i niža ali prema svim dosadašnjim pokazateljima obično je cijena jedne pasivne kuće 20-25 % veća od cijene kuće klasične gradnje. Uzmemo li, međutim, u obzir uštedu u energiji prema svim pokazateljima ovakav način gradnje se isplati kroz 10 godina.

Kada karakteristikama ugodnog života (ugodne konstantne temperature, minimalnog utroška energenata, ekološki prihvatljive statistike, visokih standarda izgradnje itd.) pasivne kuće na bazi uobičajenih materijala dodamo i još drvo kao osnovu za gradnju ovakve kuće dobijemo gotovo savršen sklad i ambijent veoma povoljan za življenje.

3. ORJENTACIJA I AKUMULACIJA TOPLINE

Osnovni princip pasivne arhitekture je ispravna orijentacija u odnosu na strane svijeta te otvaranje objekta prema Suncu i korištenje njegove energije. Velike prozorske površine na južnoj strani ne smiju biti zasjenjene kako bi pasivni solarni dobici bili optimalni i prozori tako doprinosili toplinskoj stabilnosti kuće. Najmanji otklon u odnosu prema jugu omogućuje najveće iskorištavanje zimskoga Sunčeva zračenja prozorima, a ljeti sprječava pregrijavanje prostorija uzrokovano osunčavanjem sa zapadne strane u poslijepodnevni satima. Visokoefektivno vraćanje topline u sistemu provjetravanja s iskorištavanjem većim od 75 % postiže se pri niskoj potrošnji energije.

Ako želimo maksimalno iskoristiti potencijal Sunca moramo mu omogućiti da u maksimalnoj količini prođe u unutrašnjost građevine. To se postiže na taj način da se većina prozora i staklenih površina postavi na južnoj strani. No staklene površine ne smiju biti niti prevelike, jer se tijekom noći i oblačnih dana toplina akumulirana unutar kuće gubi upravo kroz prozore. Da bi se smanjio gubitak topline kroz staklene površine koriste se izostakla ili termostakla. U nekim slučajevima čak se koriste pomični zatvarači kojima se noću prekrivaju stakla da bi se smanjio gubitak topline. Sa istočne, zapadne i sjeverne strane mogu se postaviti manji prozori koji služe isključivo da osiguraju dnevnu svjetlost. Velike staklene površine mogu u toplijem dijelu godine prouzrokovati pregrijavanje prostora. Da bi to spriječili iskoristit ćemo činjenicu da je putanja zimskog Sunca vrlo niska, a putanja ljetnog Sunca visoka. Dužina strehe mora biti tačno proračunata tako da u periodu kada korisnicima više nije potrebno zagrijavanje streha blokira prodiranje Sunca kroz prozore.

Optimalna orijentacija objekta i nepostojanje bilo kakvih zapreka koje bi na objekt bacale sjenu predstavljaju daljnje pretpostavke kako bi pasivna sunčeva energija – svjetlost i toplina - nesmetano prodirala u unutrašnjost. Ako je pasivna kuća građena u izvedbi na sprat odnosno na dva i više spratova standard pasivne kuće može funkcionirati i bez da je objekt orijentiran prema južnoj strani.

Pasivne solarne građevine najčešće imaju tlocrt (pogled odozgo) u obliku pravougaonika (slika 1), tako da je jedna stranica pravougaonika duža od druge.



Slika 1. Tlocrtni raspored prostorija u odnosu na sjever



Slika 2. Zimski vrt

Da bi se maksimalno iskoristio uticaj Sunca, duža stranica mora biti okrenuta uzduž osi istok-zapad, tako da je cijela duža stranica građevine izložena Suncu koje dolazi s juga (ili sjevera ako se nalazimo u južnoj Zemljinoj polulopti).

Pasivnu kuću kao poseban i kvalitetan vid izgradnje najviše čini takav sistem funkcionisanja koji se temelji na dobroj izolaciji i iskorištenosti svih resursa koji su pogodni za zdrav i lagodan način življenja. Osnovne komponente pasivne kuće su: direktan zahvat sunčevog zračenja, Trombov zid i staklenik. Direktan zahvat sunčevog zračenja obuhvata princip izvođenja staklenih površina na južnoj strani kuće, kako bi propustile što veću količinu Sunčevog zračenja.

Trombov zid je okrenut prema Suncu i zamišljen kao pasivni solarni kolektor. Obično se izrađuje od opeke ili betona tamnijih boja koje više privlače svjetlost. Na udaljenosti od 2-10 cm ispred zida nalazi se staklo. U praksi se koriste dvije vrste Trombovog zida: bez otvora i s otvorima pri osnovi i vrhu zida. Nakon prolaska kroz staklo, Sunčevo zračenje pada na Trombov zid i zagrijava ga. Brzina prenošenja topline s vanjske na unutrašnju stranu zavisi od materijala od kojeg je napravljen i njegove debljine. Za vrijeme ventilacijskog ciklusa Sunčeva energija se sprema u spremnik dok u ciklusu grijanja Trombov zid otpušta akumuliranu toplinsku energiju.

Staklenik se nalazi na južnoj strani kuće. Iza njega se nalazi masivan, tamno obojen zid koji apsorbira Sunčevo zračenje. Staklo je uglavnom nepropusno za dugotrajno Sunčevo zračenje, a toplina ostaje u prostoriji. Staklenik smješten na sjevernoj strani koja nije osunčana mora obavezno biti termički izoliran.



Slika 3. Akumulacija topline

Akumulacija topline je svojstvo građevinskih materijala da mogu prihvatiti dovedenu toplinu, u sebi je akumulirati i kod hlađenja okoline ponovo je predavati okolini. Ova karakteristika pasivnih kuća veoma je bitna tokom zimskog perioda kada grijanje ne radi kontinuirano cijeli dan, već se u pravilu prekida preko noći. Da bi se ostvarili što bolji uvjeti za akumulaciju topline u građevinskim elementima, potrebno je materijale sa većom specifičnom težinom u višeslojnim pregradama postaviti s unutrašnje, tople strane. To znači da toplinsku izolaciju obodnih konstrukcija uvijek treba postavljati s vanjske strane. Koncept kuće, položaj, izolacije i proračuni moraju zadovoljavati visokim standardima i potrebno je dobiti gotovo hermetički zatvoren prostor unutar kuće jer bi u protivnom dragocjena toplina izašla kroz fuge, spojeve i razne otvore.

4. KARAKTERISTIKE DRVETA ZNAČAJNE ZA PASIVNU ARHITEKTURU

U izvedbama pasivnih kuća čest je slučaj da se koristi drvo kao konstrukcioni materijal. Masivni drveni trupci imaju svojstvo da tokom cijele godine zadržavaju stalnu temperaturu u središtu presjeka. To ih čini izuzetnim toplinskim izolatorom kako zimi tako i ljeti. Koeficijent prolaznosti topline zida ovisi o debljini oblica odnosno trupaca, a kreće se između 0.09 – 0.03 W/m²K. Zanimljiv je i podatak da drvo debljine samo 3cm ima toplinsku izolaciju kao 45cm betona ili 18cm opeke.

Osim toplinske izolacije važna je i vlažnost zraka. Naime, kod drvenih konstrukcija zadržavat će vlažnost zraka u prostoriji u zadovoljavajućim granicama po principu samoregulacije pa nisu potrebni nikakvi dodatni klimatizacijski uređaji i ovlaživači zraka. Drveni materijali upijat će vlagu kada je

ima previše u zraku, a otpuštati ju kada je zrak suh. Zato zrak u pasivnoj kući u kojoj se primjenjuje drvo kao konstrukcioni materijal neće biti ni presuh niti prevlažan.

Drvo je u svojoj mikrostrukturi građeno tako da propušta zrak u oba smjera. Na taj način osigurava se neprekidna izmjena unutrašnjeg i vanjskog zraka bez hlađenja ili grijanja unutrašnjosti jer je drvo uz to i izvrstan termoregulator.

Kako drvo nema elektrostatička svojstva ono se neće naelektrizirati te privlačiti i zadržavati mikročestice prašine i peludi, zato je nakupljanje prašine i alergena svedeno na minimum. Osim toga kuće kod kojih koristimo drvo zaštićene su od gljivica i plijesni tako da se unutar kuće stvara antialergijska sredina što je posebno važno kod osoba sa različitim oblicima alergija.

Jedna od najvećih predrasuda vezanih za pasivne kuće kod koji koristimo i drvene materijale je da su one podložnije požaru. Ta je predrasuda potpuno neistinita jer moderne pasivne kuće imaju garantiranu vatrootpornost jednaku onoj kod klasične gradnje, ponekad i više. Drvo se zapaljuje teže od većine drugih materijala koje možemo naći u kućama. Drvo naravno gori, ali vrlo polako i predvidljivo. Kako drvo u sebi sadrži vodu kada požar počne ta se voda oslobađa. Na površini drveta stvara se sloj ugljena koji slabo provodi toplinu te djeluje kao izolator. Tako kad se drvo na vanjskoj strani karbonizira sprječava se dovod kisika u unutrašnjost drveta te ukoliko se ne dovodi nova energija, vatra se gasi. Na taj način drvo zapravo štiti samo sebe, a konstrukcija kuće i pri visokim temperaturama zadržava svoju stabilnost.

Što se tiče otpornosti na potrese za drvo možemo reći da, nasuprot betonu, može podnijeti i tlačne i vlačne sile, tako da je konstrukcija elastičnija od klasične gradnje. To bitno svojstvo čini ju otpornijom u slučaju potresa. Testovi i iskustva iz Japana i SAD-a, zemalja koje su poznate po velikom broju potresa, pokazali su da drvene konstrukcije mogu podnijeti katastrofalne potrese uz minimalna oštećenja.

Drvo kao građevinski materijal zahtjeva jako malo energije prilikom izrade elemenata. Također, drvo je jedini obnovljivi građevinski materijal. Ako se napravi usporedba drveta i nekih drugih materijala koji se češće primjenjuju u građevinarstvu kao što su beton ili cigla, onda možemo sa pravom kazati da je drvo kao prirodan materijal ekonomski, ekološki i zdravstveno najprihvatljiviji prilikom izgradnje pasivnih kuća.

5. PRIMJENA DRVETA U KONSTRUKCIJI PASIVNE KUĆE

Kod konstrukcije pasivnih kuća mogu se primjenjivati različite vrste konstrukcija. Mi ćemo se u radu fokusirati na tzv. laganu konstrukciju koja podrazumjeva upotrebu drveta u vanjskim zidovima kao i odgovarajuću izolaciju. Osnovna prednost lagane konstrukcije je u tome što toplinska izolacija nije postavljena na zid već između drvene konstrukcije (slika 4) čime se smanjuje debljina zida uz isti učinak toplinske izolacije.



Slika 4. Drvena konstrukcija vanjskih zidova pasivne kuće

Osnovna konstrukcija ovog tipa pasivne kuće je sistem stubova i greda koji čine drveni okvir. Debljina stubova i greda ne treba prelaziti 16 [cm] što ne može omogućiti dovoljnu toplinsku izolaciju pa se zidna konstrukcija sastavlja iz više slojeva. Sa vanjske strane dobiva se dodatni sloj toplinske izolacije a sa unutrašnje strane izvodi se instalacijski sloj koji također predstavlja jedan vid toplinske izolacije (slika 5) .



Slika 5. Model drvene zidne konstrukcije



Slika 6. Drveni I nosači

Udio drveta u zidu proporcionalno je visok. Pošto drvo ima veću toplinsku provodljivost od izolacije dolazi do stvaranja toplinskih mostova u zidu koji slabe izolaciju zida, odnosno kuće. Da bi se ta činjenica smanjila koriste se drveni I nosači (slika 6) sastavljeni od gornje i donje letve od masivnog drveta dok se između nalazi ispuna od drvenog materijala (vezana ploča, OSB ploča).

Manji poprečni presjek I nosača manje utiče na toplinsku provodljivost zida. Između I nosača obično se nalazi utisnuta toplinska izolacija. Zid od I nosača ima 20 % bolju toplinsku izolaciju od pravouglanih masivnih stubova te visoku statičku nosivost. Izrađuju se u visini 20 do 50 [cm].

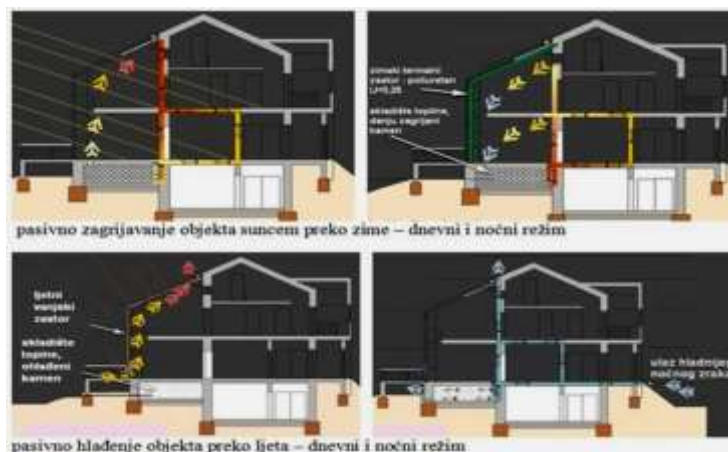
Debljina toplinske izolacije zavisi od materijala i kreće se od 25 do 40 [cm], mada može biti i veća. Izbor materijala toplinske izolacije zavisi od nosive konstrukcije pasivne kuće. Kod lagane konstrukcije najčešće se primjenjuju celulozna i drvena vlakna, ovčja vuna ili konoplja. Toplinska izolacija postavlja se upuhivanjem između drvene konstrukcije (slika 7).



Slika 7. Upuhivanje toplinske izolacije između drvene konstrukcije pasivne kuće

Upuhivanjem toplinska izolacija dobro popuni prostor te nema pukotina kroz koje bi izlazila toplina. Toplinske izolacije se razlikuju po cijeni i ekološkoj komponenti. Pošto su pasivne kuće po svom konceptu ekološke onda pri izboru materijal izolacije treba voditi računa da li su prirodni, da li su proizvedeni sa minimalnim utroškom energije i da li su zdravi za čovjeka i čovjekovu okolinu.

Za osiguranje standarda pasivne kuće izbor tehnologije građenja nije od ključnog značaja. Pri projektovanju i izvedbi pasivne kuće potrebno je osigurati neprekinuti toplinski plašt po cijelom presjeku kuće (slika 8).



Slika 8: Kružni tok topline u zimskom (gore) i ljetnom (dolje) periodu

Toplinski plašt pasivne kuće mora u potpunosti biti izveden bez toplinskih mostova i zrakonepropusan, bez obzira koji materijal upotrebljavali.

6. ZAKLJUČAK

Pasivna arhitektura predstavlja način građenja u kojem je iskorištena energija Sunca radi dobijanja i očuvanja topline, te svi prirodni materijali pogodni za ugodan život u takvim građevinama. Ono što pasivnu kuću i čini "pametnom" i što predstavlja osnovu jeste akumulacija topline i izolacija, odnosno sistem grijanja. Kuću je potrebno dobro izolirati tako da bi gubici energije bili što manji. Uz dobru akumulaciju topline koju kuća prima preko pravilno postavljenih cijevi za provod toplote, te pravilnu izolaciju oko svih otvora gdje neće nastati termički most, ova kuća iskorištava sve prirodne materijale a posebno drvo koje se pokazalo kao najpovoljniji materijal i tako postaje trend zbog svoje efikasnosti i ekonomičnosti. Drvo se primjenjuje kod konstrukcije pasivne kuće i predstavlja tzv. laganu konstrukciju jer su takvi zidovi tanji uz istu toplinsku učinkovitost. Cijena gradnje pasivne kuće je nešto veća od klasične gradnje ali se u kratkom vremenskom roku isplati s obzirom na uštedu energije. Pasivna kuća je i sa ekološkog aspekta na veoma visokom nivou tako da će se u budućnosti sigurno još više primjenjivati a za nadati se da će kao energetske i ekološki prihvatljivo rješenje naći svoju širu primjenu i u Bosni i Hercegovini.

7. LITERATURA

- [1] Zbašnik-Senegačnik M.: *Konstrukcija zidova pasivne kuća*, Građevinar 62 (2010),5
- [2] Zbašnik-Senegačnik M.: *Pasivna kuća*, SUN ARH d.o.o. Zagreb, 2009
- [3] Koški Z., Zorić G.: *Akumulacija sunčeve energije u obiteljskim pasivnim kućama*, Građevinski fakultet Osijek, 2011
- [4] Milovanović B., Štirmer N., Mišević LJ.: *Pasivna kuća, poboljšanje kvalitete stanovanja*, 12. hrvatska konferencija o kvaliteti, Brijuni, 2012.
- [5] Siegele D.: *Das Passivhaus*, Books on Demand GmBH, Norderstedt, 2011
- [6] http://hr.wikipedia.org/wiki/Pasivna_sun%C4%8DDeva_arhitektura