

IZAZOVI STANOVANJA U PASIVNOJ KUĆI

PRIPREMILE:
Martina Zbašnik-Senegačnik,
Tanja Vrančić

Investicija koja osigurava veću mirovinu

Većina onih koji sumnjaju u ulaganja u pasivnu kuću ne razmišljaju kada će vratiti investiciju u skup automobil, ali raste i broj onih koji misle da je pasivna kuća stvar prestiža poput nezaboravnog putovanja

Pasivna kuća za grijanje troši najviše 15 kWh/(m²a) [1]. Ima iznimno kvalitetnu toplinsku ovojnicu odnosno koeficijent prolaska topline zidova i krova koji iznosi $U \leq 0,1-0,15$ W/(m²K) i koeficijent prolaska topline prozora i vrata koji iznosi $U \leq 0,85$ W/(m²K), ako je izvedena bez toplinskih mostova ($\psi \leq 0,01$ W/(mK) i zrakonepropusno ($n_{50} \leq 0,6$ h⁻¹). U pasivnoj se kući obavezno primjenjuje sustav kontroliranog prozračivanja s vraćanjem topline otpadnoga zraka (tzv. rekuperacija). Zbog svih tih mjera u pasivnoj su kući specifični toplinski gu-

bici (transmisijski i oni od prozračivanja) manji od 10 W/m². Stoga građevina ima nisku potrebu za toplinom, pa klasični sustavi grijanja u njoj više nisu potrebni. U pasivnoj se kući primjenjuje tzv. toploračno grijanje. Zrak koji se uređajem za prozračivanje dovodi u stambene prostore, u hladnim se danima treba malo dogrijavati. Najčešće se kao generator topline upotrebljava toplinska crpka ili drvena biomasa. Kada to mogućnosti dopuštaju, kuća se spaja na daljinski sustav grijanja, ali se to u praksi događa vrlo rijetko.

Pasivne su se kuće počele graditi prije više od četvrt stoljeća u Njemačkoj, a ubrzo se gradnja proširila na Austriju, a potom postupno i drugdje. Danas iskustvo gradnje pasivnih kuća postoji na svim kontinentima – u umjerenim, toplim i hladnim podnebljima. Dosad je izgrađeno više od 50.000 građevina. Slovenija trenutno broji više od 400 pasivnih kuća i isto toliko niskoenergetskih kuća s potrošnjom energije za grijanje do 25 kWh/(m²a) na godinu, a one su znatno učinkovitije od onih koje se grade u skladu s važećim zakonskim ograničenjima. U Hrvatskoj je takvih kuća deseterostruko manje.

Standard pasivne kuće primjenjiv je na sve vrste građevina – obiteljske kuće, višestambene zgrade, škole, vrtiće, poslovne i proizvodne zgrade, muzeje, sportske dvorane, domove za starije,



Naselje pasivnih kuća Sonnenplatz u Großschönau u Austriji

bolnice, bazene, trgovine, zatvore... Isto tako nema ograničenja za različite tehnologije gradnje i za gradnju u svim klimatskim zonama [2]. Na tržištu se mogu pronaći brojne komponente (građevni elementi i sklopovi) koje omogućuju i olakšavaju izvedbu pasivnih kuća.

Zašto pasivna kuća?

Istraživanja [3] provedena na velikom broju uzoraka stanara u stanovima u višestambenim pasivnim zgradama, odmah nakon useljenja, šest mjeseci te dvije godine poslije, pokazuju da su stanari zadovoljni stanovanjem u pasivnoj kući. Zadovoljstvo je tim veće što ljudi dulje žive u pasivnoj kući. Naime, pasivna kuća ima brojne prednosti nad tradicionalno građenim kućama. Kriteriji pri donošenju odluke o gradnji pasivne kuće su raznoliki. Teško ih je razvrstati prema hijerarhijskome redoslijedu jer ovise o svakome pojedincu. Neki kriteriji pri odlučivanju ovisni su o individualnoj percepciji zadovoljstva povezanog s fizičkim uvjetima u građevini, a neki su ekonomske prirode. Nekima je blizak ekološki doprinos pasivne kuće, a drugima je ona jednostavno pitanje prestiža.

Istraživanja među stanarima u stanovima u višestambenim pasivnim zgradama pokazuju da su zadovoljni stanovanjem, a zadovoljstvo je veće što dulje žive u pasivnoj kući

Kriteriji za odluku o gradnji pasivne kuće mogu se istaknuti i opravdati.

Kvalitetna stambena ugodnost

Pasivne kuće nude posebnu stambenu ugodnost, i to zbog kvalitetne toplinske ovojnice i kontroliranog prozračivanja s vraćanjem topline otpadnog zraka. Stambena se ugodnost osjeća zbog primjerene temperature, svježeg i čistog zraka, primjerene relativne vlažnosti i najboljeg osvjetljenja.

a) Temperaturna ugodnost

U pasivnim je kućama strujanje zraka sporije od onoga u običnim kućama. Temperature su vanjskih zidova s unutrašnje strane relativno visoke te mogu iznositi i 20 °C. Stoga se zrak ne hladi tako brzo kao u klasičnim građevinama u kojima se

pri hladnoj stijenci zida spušta prema tlu, a zatim iznad tla putuje prema unutrašnjem zidu, gdje se ponovno zagrije te se ispod stropa vraća prema unutrašnjosti. Što je veća temperaturna razlika između površine vanjskog zida i zraka u prostoru, zrak brže struji, što se osjeća kao vlak odnosno propuh. Tome se pridružuje i učinak zračenja hladnog zida, zbog čega se za ostvarivanje temperaturne udobnosti mora dodatno povisivati temperatura zraka u prostoru. U pasivnim su kućama zidovi topli, zrak struji vrlo polako, stoga se i pri nižim temperaturama zraka osjeća veća stambena udobnost.

Zrak koji u prostor dovodi uređaj za prozračivanje struji tako polako da se uopće ne osjeća. Suvremeni sustavi za prozračivanje imaju mogućnost najmanje tri razine prozračivanja – najmanje prozračivanje noću ili kada je kuća prazna, normalan rad u vrijeme kada se u kući boravi i najviši stupanj prozračivanja kada u kuću dolaze posjetitelji ili se intenzivnije kuha. Sustav za prozračivanje ima ugrađene prigušivače zvuka i stoga radi bešumno.

b) Svježi zrak

Velik dio toplinskih gubitaka u zgradama otpada na prozračivanja, ali to ne znači da se zgrade ne bi smjele prozračivati radi osiguranja odgovarajuće kvalitete zraka. Kako bi se u zraku zadržala razina ugljikova dioksida i drugih štetnih tvari na prihvatljivoj razini, u prostoru je svaki sat potrebno osigurati od 25 do 35 m³ svježega zraka po osobi. To znači da bi svaka tri sata trebalo otvarati prozore na 15 minuta, što je teško izvedivo, ali i iznimno neracionalno [1]. Odvajanjem iskorištenog zraka iz prostora gubi se i toplina, a to smanjuje toplinsku ugodnost u prostoru i povećava potrebe za zagrijavanjem. Zrak je zbog nedostatnog prozračivanja lošije kvalitete, pa se na unutrašnjoj strani vanjskih zidova kondenzira vlaga, a nerijetko se pojavljuje i plijesan.

U pasivnoj je kući zrak uvijek svjež o čemu brine tzv. kontrolirano prozračivanje s vraćanjem topline otpadnog zraka. Zrak dolazi izvana i u prijenosniku se topline zagrije toplinom iskorištenog zraka koji napušta zgradu. Svježi vanjski zrak i



Dnevni boravak pasivne kuće

topli otpadni zrak pritom se ne miješaju. Ljeti je takvim sustavom moguće zgradu i hladiti. Svježi topli zrak što dolazi izvana hladi se iskorištenim hladnim zrakom iz unutrašnjosti građevine.

Velik dio toplinskih gubitaka u zgradama otpada na prozračivanja, ali to ne znači da se zgrade ne bi smjele provjetravati radi osiguravanja odgovarajuće kvalitete zraka

Potrebno je istaknuti da uređaj za prozračivanje nije isto što i klimatizacijski uređaj koji cijelo vrijeme uravnotežuje kvalitetu istog zraka. Zato su neosnovani i sasvim netočni komentari da je pasivna kuća zatvoreni sustav koji ne dopušta kontakt unutrašnjih prostora i okoline. Toliku količinu svježega zraka iz okoline koliko ima pasivna kuća nema ni jedna druga kuća. Čak ni ljeti kada se kuća obično zatvara i štiti od pregrijavanja, a zimi se prozori ionako premalo otvaraju jer se kuća počinje brzo hladiti. Otvarati prozore u pasivnoj kući nije potrebno, ali nije ni zabranjeno pa stanari mogu otvarati prozore kada god to požele. Često je to potrebno kada se pojave brojni posjetitelji ili u slučaju "male nesreće" u kuhinji. Postoje pasivne kuće u kojima stanari puše, pa se prozori povremeno moraju otvarati. Ili stanari jednostavno žele čuti pjev ptica u proljeće ili imati nadzor nad djecom koja se igraju u dvorištu. Otvaranjem prozora izgubi se nešto topline, no unatoč tome sustav pasivne kuće nije narušen.

c) Relativna vlažnost zraka

U posljednje se vrijeme najčešće mogu čuti kritike da je zrak u pasivnim kućama previše suh. Treba priznati da te kritike i nisu sasvim neutemeljene. U pasivnim kućama, osobito zimi, zrak zaista može biti previše suh. To je posljedica intenzivnog prozračivanja i temelji se na zakonima fizike. Vlažnost zraka, odnosno sadržaj vodene pare u zraku, ovisi o godišnjem dobu i zimi je znatno niža. Relativna vlažnost zraka definirana je kao stupanj zasićenja vodenom parom i



Tipičan interijer jedne pasivne kuće

ovisi o temperaturi. Kada se zrak zagrije, relativna je vlažnost niža, i to se događa u svim građevinama. U klasičnim građevinama ne dolazi često do pojave suhog zraka jer zimi nema dovoljno prozračivanja pa se u prostorijama udiše iskorišten, često ustajali i nešto vlažniji zrak. Pitanje je stoga što više utječe na ugodnost, pa čak i na zdravlje – suh ili onečišćen zrak?

Zrak zimi u pasivnim kućama može biti previše suh zbog intenzivnog prozračivanja, ali je pitanje što je bolje – suh ili onečišćen zrak?

Vrlo su zanimljive studije o subjektivnome osjećaju kvalitete zraka koje potvrđuju da je zamjećivanje vlage u zraku vrlo individualno, često i sugestibilno (primjerice, kada stanari znaju da je zrak suh, to ih počinje smetati puno prije nego kad to ne znaju [4]). No, danas na tržištu postoje prijenosnici topline koji dio vlage iz iskorištenoga zraka vraćaju u čisti, dovedeni

zrak i time do 10 % povisuju relativnu vlažnost zraka. Naravno da i u pasivnim građevinama vlaženje zraka nije isključeno ako se za time pojavi potreba. Na vlažnost zraka velik učinak može imati i bilje jer stalno ispušta vlagu.

d) Čistoća zraka

Sustav kontroliranog prozračivanja u pasivnoj kući većina trenutačno izbjegava. Skeptike osim brzine kretanja i relativne vlažnosti zraka zabrinjava i mogućnost nakupljanja nečistoća te za zdravlje štetnih organizama u sustavu. No, mjesta za zabrinutost nema jer uvjeti u cijevima ne omogućuju razvoj bakterija. Zrak je, naime, previše suh i ima relativno nisku temperaturu, a osim toga ne stoji već neprestano struji – izvana preko prijenosnika topline u unutrašnjost kuće i obratno. U Njemačkoj, gdje su pasivne kuće u uporabi dulje od dvadeset godina, nije zabilježen ni jedan slučaj pojave bakterija ili drugih organizama u cijevima sustava za prozračivanje. Uređaj za prozračivanje ima i filtre za prašinu i pelud. U pasivnim je kućama stoga mnogo manje prašine, a

što je osobito važno domaćicama, a posebno ugodno za alergičare.

Svjetlosna ugodnost

Za optimalnu je stambenu ugodnost ključno osvjetljenje prostora. U pasivnu su kuću zbog potrebne toplinske izolacije ovojnice ugrađeni prozori s koficijentom prolaska topline od $U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. To su prozori s trostrukim ostakljenjem, niskoemisijjskim nanosom i ispunjeni plemenitim plinovima. Uobičajeno staklo ima koeficijent prolaska topline od $U = 5,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ i propušta oko 80 % ukupne sunčeve energije, dakle faktor prolaza ukupnoga sunčevog zračenja iznosi $g = 80 \%$. Povećanjem slojeva stakla, niskoemisijjskim nanosom i dodatkom plemenitih plinova smanjuje se toplinska prolaznost stakla, a time i propusnost na sunčevo zračenje. Stakla ugrađena u pasivnu kuću imaju faktor prolaza ukupnog sunčeva zračenja između 50 i 60 posto. Pri najmanjim propisanim prozorskim površinama može doći do slabije osvijetljenosti prostora. No, u pasivnoj se kući potiče veće ostakljenje jer su za energijsku bilancu zgrade važni i dobici od sunčeva zračenja, a osiguravaju veće ostakljene površine. Proračun po PHPP-u (program *Passivhaus Projektierungs Paket*) pokazuje optimalne odnose za koje je površine prozora i pri kojoj orijentaciji energijska bilanca najpovoljnija. Na južnim površinama nema poteškoća, baš

kao ni na istočnim i zapadnim (svugdje je obvezna zaštita od pregrijavanja!). Na sjevernim su pročeljima zbog velikih toplinskih gubitaka i neznatnih dobitaka poželjni manji prozori, pa je stoga potrebno provjeriti je li prostor dovoljno osvijetljen.

Niski troškovi grijanja

Pasivna kuća za zagrijavanje treba najviše 15 kWh/(m²a). Proračunano u gorivo, to je oko 1,5 l loživa ulja ili 1,5 m³ zemnoga plina po četvornome metru grijane površine na godinu, odnosno od tri do četiri puta manje energije nego u zgradama koje su građene u skladu s postojećim zahtjevima i čak deset puta manje energije nego u zgradama izgrađenima u posljednjim desetljećima. Primjerice, prosječni račun za potrošnju električne energije u pasivnoj kući od 160 m² površine za grijanje u okolici Ljubljane iznosi oko 50 eura. Troškovi su nekoliko eura manji ljeti, a viši zimi. U spomenute su troškove ubrojani troškovi grijanja zimi, mogućega rashlađivanja ljeti i cjelokupnog prozračivanja te ukupna potrošnja kućanstva četveročlane obitelji što obuhvaća osvjetljenje, potrošnju kućanskih uređaja, računala i sl. Drugih energetskih troškova nema. Investicija u pasivnu kuću zapravo osigurava veću mirovinu u budućnosti. Niski troškovi grijanja ujedno znače više novca za druge namjene.

Pasivna kuća za zagrijavanje treba i do četiri puta manje energije od zgrada građenih prema zahtjevima te čak deset puta manje od onih izgrađenih u posljednjim desetljećima

Niski troškovi održavanja

Osim niskih troškova grijanja, u pasivnoj su kući vrlo mali i troškovi održavanja. U kućnoj tehnici gotovo i nema dijelova koji bi se mogli potrošiti. U pasivnoj kući nema uređaja za grijanje koje bi trebalo održavati i popravljati, pa u skladu s time ni takvih troškova. Dug vijek trajanja uređaja za prozračivanje i znatno veća trajnost u usporedbi s tradicionalnim uređajima za grijanje smanjuju troškove održavanja.

Manja ovisnost o (tuđim) rezervama fosilnih goriva

Odluka o gradnji pasivne kuće pridonosi i državnome gospodarstvu. Za državu je najjeftinija ona energija koja nije neopходna. Manja potrošnja fosilnih goriva osigurava manju ovisnost o tuđim rezervama. To nije važno samo zbog nepredvidivih kretanja cijena, već i zbog neredovite isporuke fosilnih goriva prilikom nepredvidiva porasta potrošnje u slučaju naglog pada temperature zraka, kada se na velikome prostoru javlja potreba za intenzivnijim zagrijavanjem kao što je to bio slučaj u veljači 2012. Također, fosilna su goriva sve više strateška sirovina te stoga podložna političkim i gospodarskim ucjenama. Velike zalihe zemnog plina leže ispod Rusije, Irana, Egipta, Libije, Alžira, Nigerije i Katara. To su politički izrazito nemirna područja koja pretjerano ne jamče sigurnost da se politički sporovi i ubuduće neće rješavati preko plinovoda koji vode prema Europi, bez obzira na to po kojoj će trasi plin stizati. To vrijedi i za njegovu isporuku i cijenu. Zabrinjava to što je Europa sve ovisnija o gorivima iz politički nestabilnih područja, jer već dugo ne pokriva svoje potrebe vlastitom proizvodnjom.



Pogled na radni prostor u jednoj pasivnoj kući

Cijena investicije

Već su prije nekoliko godina istraživanja u *Passivhaus institutu* u Darmstadtu pokazala da troškovi niskoenergetske kuće neznatno rastu dodatnim slojem toplinske izolacije i ugradnjom kvalitetnih izolacijskih prozora. Kada je toplinski omotač zgrade tako kvalitetan da ne postoji potreba za uobičajenim sustavom grijanja, tim se novcem može ugraditi uređaj za prozračivanje s vraćanjem topline otpadnog zraka, pa se ukupna investicija znatno smanjuje. Cijena pasivne kuće neznatno je viša od jednako dobre niskoenergetske kuće, čija je potrošnja energije za grijanje do 25 kWh/(m²a) na godinu. S obzirom na cijene energenata, ta će se investicija vratiti u vrlo kratkome roku. Iskustva iz Slovenije pokazuju da je cijena pasivne kuće između 5 % i 10 % viša od cijene građevine izgrađene u skladu sa zahtjevima postojećeg pravilnika [5]. Ali zato pasivna kuća ima brojne prednosti. Zanimljivo je da se većina investitora vrlo rijetko zapita kada će se vratiti investicija u garnituru za sjedenje ili tepih s potpisom razvikanog dizajnera, kupaonsku keramiku ili unikatnu svjetiljku. I to unatoč tome što se te cijene često približavaju razlici u cijeni koja nastaje prilikom gradnje pasivne kuće.

Manje emisije u okolini

Izgaranjem fosilnih goriva nastaje ugljikov dioksid koji je glavni krivac za globalno zatopljenje. Pritom nastaju i druge štetne emisije kao što su nedopuštene čestice, sumporov oksid, dušikov oksid, organski spojevi i dr. Čak i pri gorenju drva, koje se svrstava u ekološko gorivo, dolazi do emisija ugljikova dioksida. Zamjena uređaja za grijanje na fosilna goriva s onim na drva ili biomasu ne pridonosi smanjivanju emisije ugljikova dioksida te je u skladu s time pasivna kuća koja za zagrijavanje ne zahtijeva fosilna goriva bolja od klasične gradnje.

Toplinu potrebnu za grijanje u pasivnoj kući proizvodi toplinska crpka koja iskoristava toplinu okoline (zemlje, podzemne vode i zraka). To je obnovljiv izvor energije, zapravo uskladištena sunčeva energija. Posljedica uporabe toplinske crpke nešto je veća potrošnja električne energije. Činjenica je da toplinska crpka za rad

zahtijeva struju, a to neznatno povećava potrošnju električne energije u odnosu na uobičajene kuće, iako je pri sadašnjim cijenama energenata za kućanstva (električna energija i fosilna goriva) proizvodnja topline toplinskom crpkom prihvatljivija od proizvodnje topline energijom iz fosilnih izvora. Veća potrošnja električne energije mali je trošak u usporedbi s troškom tradicionalnog načina grijanja kojega u pasivnoj kući nema. Za proizvodnju električne energije u termoelektranama još dugo će biti potrebni fosilni energenti. Iako je njihova iskoristivost veća, štetne su emisije zbog kontroliranog postupka znatno niže od onih koje nastaju izgaranjem goriva u individualnim ložištima.

Prestíž

Zanimljivo je to da većina onih koji sumnjaju u razboritost ulaganja u pasivnu kuću ne razmišlja o tome kada će im se vratiti investicija u skup automobil ili egzotično putovanje. Istodobno raste broj onih koji misle da je pasivna kuća stvar prestiža poput skupocjenog automobila ili nezaboravnog putovanja. Sve je veći broj i onih kojima su na vrhu popisa prioriteta zdravlje i ugodnost stanovanja, pa su i za to su spremni izdvojiti nešto više vlastitih financijskih sredstava.

Zaključna razmatranja

Pasivna kuća ima brojne prednosti u odnosu na građevine u kojima se danas živi. Među najvažnijima su energetska učinkovitost koja drastično smanjuje troškove grijanja te neovisnost zgrade o fosilnim gorivima i smanjivanje emisije ugljikova dioksida. Slovenija je, srećom, prepoznala energijski potencijal pasivnih kuća, pa potiče njihovu gradnju nepovratnim financijskim poticajima. Za državu pasivna kuća dugoročno znači manju obvezu opskrbe fosilnim energentima i manju emisiju ugljikova dioksida, a time i manje kazne za njegovu prekomjernu emisiju. Najviše koristi ima stanar pasivne kuće koji za nešto veća ulaganja živi u kući kojom struji svjež, topao i čist zrak, a zbog jednostavnih i malobrojnih uređaja koji zahtijevaju neznatne troškove održavanja nema problema ni s nabavom goriva. Zbog težnji za sunčevim dobitcima,

staklene su površine razmjerno velike, što ujedno omogućuje svjetlosnu ugodnost.

Za sada pasivna kuća još nigdje nije zakonski propisana na državnoj razini. U nekim ekološki osviještenim dijelovima Austrije i Njemačke za javne se zgrade obvezno moraju poštivati standardi pasivne kuće jer država mora vrlo racionalno raspoređivati novcem poreznih obveznika! U skladu s Europskom direktivom 2010/31/EU [6], koju je Europski parlament prihvatio 19. svibnja 2010., grade se građevine gotovo nulte potrošnje energije. Od 31. prosinca 2020. sve će nove zgrade morati biti gotovo nulte potrošnje energije, a već 31. prosinca 2018. gotovo nulte potrošnje energije bit će sve nove zgrade čiji je vlasnik javna uprava i koje su namijenjene čestome okupljanju. Pred samom je objavom i točnija definicija zgrade gotovo nulte potrošnje energije. Potrošnja energije za grijanje vrlo je blizu zahtjevima pasivne kuće. S obzirom na to da postoje znanje i komponente za pasivnu kuću, ne postoji valjan razlog da se niska razina potrošnje energije za grijanje ne uvede u sve građevine.

IZVORI

- [1] Feist, W.: Das Passivhaus – Baustandard der Zukunft?, Protokollband Nr. 12, Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998.
- [2] Feist, W.: The Passive House – Growth in all dimensions. 14 th International Passive House Conference, 28th -29 th of May 2010, Dresden, Passive House Institut Darmstadt, pp. 49-54, 2010.
- [3] Keul, A.: Energy monitoring and analysis of user satisfaction in existing passive houses estates in Austria. 14 th International Passive House Conference, 28th -29 th of May 2010, Dresden, Passive House Institut Darmstadt, pp. 43-47, 2010.
- [4] Keul, A.: Subjective/objective temperature/humidity in the Passive House Kammelweg in Austria. 14 th International Passive House Conference, 28th -29 th of May 2010, Dresden, Passive House Institut Darmstadt, pp. 387-392, 2010.
- [5] Zbašnik-Senegačnik, M.: Construction cost comparison between low-energy houses and passive houses. 16. Mednarodno posvetovanje Komunalna energetika, 15. do 17. maj 2007, Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2007.
- [6] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta, <http://www.buildup.eu/publications/9662> <pristupljeno ožujak 2015>