

ENERGIJSKA UČINKOVITOST

Zašto valja sanirati u standardu pasivne kuće?

PRIPREMIILA:
Tanja Vrančić

Za uspješnu je energetska obnovu potrebno poboljšati toplinsku izolaciju i ugraditi visokoizolacijsku stolariju te uređaj za prozračivanje s vraćanjem topline zraka

Veliki su potencijal države u ispunjavanju zahtjeva za 20 posto većoj energetske učinkovitosti zgrada, 20 posto smanjivanju emisija ugljikova dioksida i 20 posto udjelu obnovljivih izvora energije (20-20-20) sanacije postojećih energijski neučinkovitih zgrada, u što se, više ili manje, ubraja cijeli stambeni fond u Hrvatskoj. Veliki su dio tog fonda stambene građevine, ali ni udio javnih zgrada nije beznačajan. Toga su svjesni i u Ministarstvu graditeljstva i prostornoga uređenja koje je 14. svibnja 2012. predstavilo *Program energetske obnove zgrada javnog sektora 2012.-2013.* Energetska obnova zgrada javnog sektora na neki je način značajan projekt oživljavanja građevinskog sektora, a istodobno ima znatne povoljne učinke na zaštitu

okoliša. Povećavanjem energetske učinkovitosti smanjuje se potrošnja energije, a to ujedno znači smanjivanje emisija štetnih plinova u atmosferu i velike uštede u državnom i u proračunima jedinica lokalne i regionalne samouprave. Bit je predloženog projekta da se investicija u poboljšanje energetske učinkovitosti otplaćuje uštedom odnosno smanjivanjem potrošnje energije.

[Povećavanjem energetske učinkovitosti smanjuje se potrošnja energije i emisija štetnih plinova u atmosferu, ali ostvaruju i velike uštede u proračunima](#)

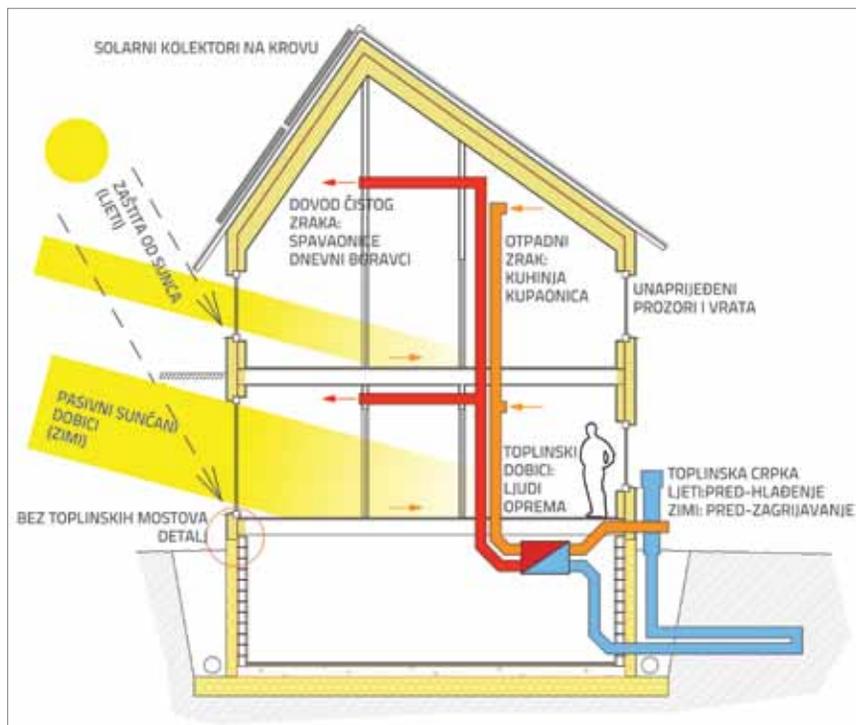
Niskoenergijske i pasivne kuće

Pasivna kuća i u Hrvatskoj postaje daleko prepoznatljiva graditeljska praksa baš kao i vrlo povoljna niskoenergijska kuća jer obje troše vrlo malo energije za grijanje. Posebno ako ih usporedimo s kućama u kojima danas živimo. Čak i sadašnje nove kuće koje su građene po propisima koji su na snazi, bit će 2020. energijski manje učinkovite od gotovo nulte energetske kuće koju do tada očekujemo.

Iako se u *Građevinaru* dosta pisalo o niskoenergijskim i pasivnim kućama (osnovna je razlika u potrošnji energije – niskoenergijska 30 kWh/m², a pasivna kuća 15 kWh/m²), nije naodmet ponešto i ponoviti. Ne postoji globalno prihvaćena definicija niskoenergijske kuće. Zbog velikih razlika u nacionalnim standardima, niskoenergijska kuća izgrađena prema standardima jedne države ne mora biti niskoenergijska prema standardima druge države. U Njemačkoj niskoenergijska kuća (*Niedrigenergiehaus*) ima ograničenje u potrošnji energije za grijanje prostorija od 50 kWh/m² na godinu. U Švicarskoj je termin niskoenergijska kuća određen Minergie standardom i za grijanje prostorija ne smije se upotrijebiti više od 42 kWh/m² na godinu. Trenutačno se kod prosječne niskoenergijske kuće u tim državama dostiže otprilike polovica tih iznosa, odnosno između 30 kWh/m² na godinu i 20 kWh/m² na godinu za grijanje prostorija. U Hrvatskoj se prilikom određivanja niskoenergijske kuće za grijanje prostorija uzima vrijednost od 40 kWh/m² na godinu (u nas je klima mnogo povoljnija od one u Njemačkoj i Švicarskoj). Ta bi vrijednost u praksi zbog povoljnije klime morala na jugu biti i znatno niža.



Pasivna kuća u Darmstadtu pokraj Frankfurta



Shema pasivne kuće

Pasivna kuća je zgrada kod koje toplanska udobnost može biti ostvarena samo naknadnim grijanjem ili hlađenjem svježije mase zraka, a da kvaliteta zraka u kući bude visoka i da nije potrebna recirkulacija zraka. Neke države u svojim standardima znatno strože definiraju pasivne kuće. U Njemačkoj se izraz "pasivna kuća" odnosi na strogi i dobrovoljni "Passivhaus" standard kojim se propisuje energetska učinkovitost. U Švicarskoj je u uporabi sličan standard - Minergie-P, a procjenjuje se da je dosad u svijetu izgrađeno između 15.000 i 20.000 pasivnih kuća, uglavnom u zemljama njemačkoga govornog područja i u Skandinaviji. Standard "Passivhaus" za središnju Europu zahtijeva ispunjavanje sljedećih zahtjeva:

- Kuća ne smije upotrijebiti više od 15 kWh/m² za grijanje i hlađenje prostorija.
- Ukupna potrošnja energije (grijanje i hlađenje prostorija te topla voda i struja) ne smije biti veća od 42 kWh/m² na godinu.
- Ukupna potrošnja primarne energije (izvorna energija za električnu

energiju i sl.) ne smije biti veća od 120 kWh/m² na godinu.

Kuće s nultom potrošnjom trebale bi biti neovisne o energetskim mrežama, ali najčešće u nekim razdobljima uzimaju energiju, a u drugim je vraćaju u mrežu

Kuća s nultom energijskom potrošnjom i nultom emisijom ugljičnog dioksida godišnje naziva se kuća nulte energije (eng. *zero-energy house*). Nulta energetska potrošnja značila bi da je takva kuća potpuno neovisna od energetske mreže, ali u praksi to najčešće znači da se u nekim razdobljima energija dobiva iz energetske mreže, a u ostalim vraća u energetska mrežu jer su obnovljivi izvori energije uglavnom sezonski. Da bi se to postiglo, energija se mora stvarati u stambenom kompleksu uz iskorištavanje obnovljivih izvora energije koji ne zagađuju okoliš. Kuće su nulte energije zanimljive i zbog zaštite okoliša jer zbog obnovljivih izvora energije ispuštaju vrlo malo stakleničkih plinova.

Posljednjih se godina načelno i općenito znatno mijenjaju stajališta o pasivnim kućama. Tome posebno pridonose i novoizgrađene građevine i zadovoljni stanari odnosno korisnici koji dokazuju da je kvaliteta stanovanja u pasivnim kućama njihova najveća dodatna vrijednost. To vrijedi za novogradnje i za trenutne malobrojne sanacije. Pri sanacijama se pokazalo da je najbolje slijediti postavljeni cilj – smanjivati potrošnju energije za grijanje i do 10 puta, što je u stručnim krugovima nazvano "faktor 10". Ponekad je naime gotovo nemoguće izbjeći toplinske mostove koji se, primjerice, nalaze na spojevima građevina s terenom, najčešće ispod temeljne ploče ispod koje ili u koju je teško postaviti toplinsku izolaciju.

Sanacija građevine započinje određivanjem činjeničnoga stanja, ponajprije troškova grijanja i kvalitete cjelokupnog omotača (plašta) građevine. Za uspješnu je energetsku obnovu potrebno izvesti više zahvata: poboljšati toplinsku izolaciju vanjskog omotača zgrade ugradnjom toplinske izolacije i visokoizolacijske stolarije (omotač mora biti zrakonepropusan i bez toplinskih mostova) i uređaja za prozračivanje s vraćanjem topline otpadnog zraka. Potrošnja će se energije za grijanje toliko smanjiti da svu potrebnu toplinu može osigurati i toplinska pumpa. Smisleno je i najpravičnije sanaciju početi zahvatima na pročelnom plaštu, nastaviti ugradnjom uređaja za prozračivanje i zamjenom uređaja za grijanje. Sadašnja je praksa pokazala da se investitori najčešće odlučuju za promjenu načina grijanja, što dugoročno i nije sasvim ispravno rješenje. Nakon svih potrebnih zahvata sanacije, uređaj za grijanje bit će predimenzioniran jer će građevina trebati manje količine topline od dosadašnje. Stoga će u budućnosti više pozornosti trebati posvetiti otrežnjivanju i poučavanju investitora i projektanata.

Odluka o uvođenju standarda pasivne kuće, neovisno o tome radi li se o novogradnji ili sanaciji, zasnovana je na brojnim prednostima i pogodnostima koje treba razvrstati po važnosti jer najčešće ovise o pojedincima. Stoga ih valja sve nabrojiti i temeljito obrazložiti.

Povećana stambena ugodnost

Pasivne kuće nude posebnu stambenu ugodnost zbog kvalitetnoga toplinskog omotača i kontroliranog prozračivanja s vraćanjem topline otpadnoga zraka (rekuperacijom). Stambena se ugodnost osjeća zbog primjerene temperature, svježeg i čistog zraka, najpogodnije relativne vlažnosti i najboljeg osvjetljenja.

Pasivne kuće nude posebnu stambenu ugodnost zbog primjerene temperature, svježeg i čistog zraka, najpogodnije relativne vlažnosti i najboljeg osvjetljenja

Temperaturna ugodnost

U pasivnoj je kući strujanje zraka sporije od onoga u drugim zgradama. Temperature su vanjskih zidova s unutrašnje strane razmjerno visoke, i do 20 °C, a uz te se površine zrak ne hladi tako brzo kao u klasičnim građevinama. Tamo se pri hladnim stijenama spušta prema tlu, a zatim iznad tla struji prema unutrašnjim zidovima gdje se opet zagrije pa se ispod stropa vraća prema hladnome vanjskom zidu. Što je veća temperaturna razlika između površine vanjske stijene i zraka u prostoru, brže zrak struji i to se osjeća kao propuh. Tome se još pridružuje učinak zračenja hladnoga zida, zbog čega se mora za ostvarivanje temperaturne ugodnosti dodatno povišati temperatura u prostoru. U pasivnim

su kućama zidovi topli, zrak struji vrlo polako, stoga se i pri nižim temperaturama osjeća veća stambena ugodnost.

Zrak koji u prostor dovodi uređaj za prozračivanje struji vrlo polagano tako da se uopće ne osjeća. Suvremeni uređaji za prozračivanje imaju mogućnost od bar tri stupnja prozračivanja – najmanje prozračivanje noću ili kada je kuća prazna, normalan rad u vrijeme kada se u zgradi boravi i najjače prozračivanje kad u kuću dolaze posjetitelji ili se kuha nešto s jakim mirisima i okusima. Sustav prozračivanja ima ugrađene prigušivače zvuka stoga mu je rad nečujan.

Svježi zrak

Veliki dio toplinskih gubitaka u građevinama otpada na prozračivanja, ali to nipošto ne znači da se zgrade ne bi trebale prozračivati radi osiguranja potrebne kvalitete zraka. Kako bi se održala dopuštena razina ugljikova dioksida i drugih štetnih tvari, treba u zatvorenom prostoru svakog sata osigurati 25 do 35 m³ svježeg zraka po jednoj osobi. To ujedno znači da bi svaka tri



Dobra toplinska izolacija vrlo je važna za standard pasivne kuće

sata trebalo otvoriti prozore na 15 minuta, a to je i praktički teško izvedivo i iznimno neracionalno. Odvajanjem iskorištenog zraka iz prostora gubi se toplina i smanjuje toplinska ugodnost u prostoru te povećava potreba za zagrijavanjem. Zrak je zbog nedovoljnog prozračivanja lošije kvalitete, pa na unutrašnjoj strani vanjskih zidova dolazi do kondenzacije vlage, a nerijetko i do pojave plijesni.

U pasivnoj je kući, međutim, zrak uvijek svjež o čemu brine tzv. kontrolirano prozračivanje s vraćanjem topline otpadnog zraka. Zrak dolazi izvana i u prijenosniku se topline grije toplinom iskorištenog zraka koji napušta kuću. Svježi se vanjski zrak i topli otpadni zrak pritom miješaju. Ljeti postoji mogućnost da se takvim sustavom zgrada i hladi. Svježi se topli zrak što dolazi izvana hladi iskorištenim zrakom iz unutrašnjosti građevine. Potrebno je svakako istaknuti da uređaj za prozračivanje nije isto što i klima-uređaj koji cijelo vrijeme ujednačava kvalitetu istog zraka. Stoga su neosnovane i zapravo sasvim neumjesne primjedbe da je pasivna kuća zatvoren sustav koji ne omogućuje doticaj unutarnjih prostora i okoline. Toliku količinu svježega zraka koliko ima pasivna kuća nema ni jedna



Pasivna kuća u Švicarskoj, takve su kuće ekološki prihvatljive i održive



Prva višestambena "plus energetska" zgrada u Darmstadtu

druga obična kuća. Čak ni ljeti kad uobičajenu kuću zatvaranjem osiguravamo od pregrijavanja, a zimi se prozori ionako nedovoljno otvaraju jer se kuća može brzo ohladiti. Otvarati prozore u pasivnoj kući nije potrebno, ali nije ni zabranjeno pa ih stanari mogu otvarati kada god to požele. Često je to potrebno kada se pojave brojni posjetitelji ili kad dođe do "manje nesreće" na štednjaku. Postoje pasivne kuće u kojima se puši, pa stoga valja više puta otvarati prozore. Time se zacijelo izgubi nešto topline, ali se unatoč tome sustav pasivne kuće ne narušava.

Relativna vlažnost zraka

U posljednje se vrijeme najčešće čuju kritike da je u pasivnim kućama zrak previše suh, a valja ipak priznati da ti prigovori nisu neutemeljeni. U pasivnoj je kući, posebno zimi, zrak možda

nešto manje vlažan nego drugdje. To je posljedica pojačanog prozračivanja i temelji se na fizičkim zakonima. Vlažnost zraka zapravo ovisi o prisutnosti vodene pare, a to se mijenja prema godišnjim dobima i zimi je znatno niža. Relativna je vlažnost zraka određena stupnjem zasićenja vodenom parom i ovisi o temperaturi. Jednostavno kada se zrak zagrije, relativna je vlažnost niža i to se događa u svim zgradama. 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 je bolje za osjećaj ugodnosti odnosno zdravlje – suh ili "zagađen" zrak. Vrlo su zanimljive studije o subjektivnom osjećaju kvalitete zraka koje potvrđuju da je zamjećivanje vlažnosti zraka

individualno, a često i vrlo sugestivno (primjerice, kad stanari znaju da je zrak suh, to ih počne smetati mnogo prije nego kad to ne znaju). No u pasivnoj kući, ako je potrebno, nije isključeno ni vlaženje zraka. Velik učinak na vlažnost zraka u kući može imati i sobno bilje odnosno raslinje jer stalno ispušta vlagu.

Čistoća zraka

Sustav kontroliranog prozračivanja u pasivnoj kući mnoge trenutačno najviše zabrinjava. Skeptike osim brzine strujanja zraka i relativne zračne vlažnosti brine i mogućnost taloženja nečistoće i za zdravlje štetnih organizama u sustavu. Ipak te su brige pretjerane 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 – iz unutrašnjosti preko prijenosnika topline izvan

Tablica 1. Potrošnja energije za grijanje u zgradama

Zakonska osnova za gradnju	Dopuštena potrošnja energije za grijanje [kWh/m ² a]	Potrošnja energije za grijanje u kući (200 m ²) na godinu [kWh]	Potrošnja loživoga ulja na godinu [litre]	Trošak na godinu [€]	Trošak na mjesec [€]
JUS U.J5.600	120	24.000	2.400	2.426	202
Pravilnik o toplinskoj zaštiti	70	14.000	1.400	1.415	118
Standard pasivne kuće	15	3.000	300	303	25

kuće. U Njemačkoj, gdje su pasivne kuće u upotrebi više od 20 godina, nema informacija ni o jednoj pojavi bakterija ili drugih organizama u cijevima sustava za prozračivanje. Uređaj za prozračivanje ima i filtre za prašinu i pelud. U pasivnim je kućama stoga manje prašine, a to je osobito važno za kućanice i posebno ugodno za alergičare.

Svjetlosna ugodnost

Za optimalnu je stambenu ugodnost od ključne važnosti i osvijetljenje. U pasivnu su kuću zbog potrebne toplinske izolacije omotača ugrađeni prozori s koeficijentom prolaska topline od $U=0,8$ W/m²K. To su prozori s trostrukim ostakljenjem, niskoemisijским nanosom i ispunjeni plemenitim plinom. Uobičajeno staklo ima prolaz topline $U=5,7$ W/m²K i propušta oko 80 posto ukupne sunčeve energije, dakle faktor je prolaza cjelokupnoga sunčevog zračenja $g=80$ posto. Povećavanjem slojeva stakla, niskoemisijским nanosom i dodatkom plemenitog plina smanjuje se toplinska prolaznost stakla, a time i propusnost na sunčevo zračenje. Stakla ugrađena u pasivnu kuću imaju faktor prolaza cjelokupnog sunčeva zračenja između 50 i 60 posto. Pri najmanjim propisanim prozorskim površinama može čak doći do slabije osvijetljenosti prostora. Iako se u pasivnoj kući potiče veće ostakljenje jer su za energijsku bilancu zgrade važni i dobitci od sunčeva zračenja, a to osiguravaju veće staklene površine. Proračun po PHPP-u (program *Passive House Planning Package*) pokazuje optimal-

ne odnose za koje je površine prozora i pri kojoj orijentaciji energijska bilanca najugodnija. Na južnim površinama nema problema, baš kao ni na istočnim i zapadnim (tu je obvezna zaštita protiv pregrijavanja!). Na sjevernim su pročeljima zbog velikih toplinskih gubitaka i neznatnih dobitaka poželjni mali prozori pa je stoga potrebno provjeriti dostatnu osvijetljenost prostora.

Ostale prednosti pasivne kuće

Troškovi za zagrijavanje

Potrebe za toplinom od zagrijavanja u pasivnoj su kući za više od 90 posto manje nego u običnim kućama, pa su toliko niži i troškovi grijanja. A to pri stalno rastućim cijenama fosilnih goriva nika-ko nije zanemariva ušteda. Od početka 2006. do svibnja 2012. cijena se loživoga ulja povećala 62 posto, a povećanje se cijena energenata i dalje očekuje. Energijska je učinkovitost zgrada nužna i moguća. U tablici 1. prikazana je potrošnja energije za grijanje u zgradama izgrađenim u prošlosti, kada su vrijedili drukčiji zahtjevi o najvećoj dopuštenoj potrošnji energije za grijanje. Iz tablice je uočljivo da su troškovi grijanja u kući građenoj prema standardu pasivne kuće znatno niži od onih u zgradama koje su građene prije i prema drugim pravilnicima. Investicija u pasivnu kuću zapravo osigurava veću mirovinu u budućnosti. Niski troškovi grijanja ujedno znače više novca za druge namjene. Pitanje je može li bilo koji mirovinski fond biti tako pouzdan pa ponuditi isto ili više.

Investicija u pasivnu kuću osigurava veću mirovinu jer niski troškovi grijanja znače i više novca za druge namjene, a ni jedan mirovinski fond ne može ponuditi više

Smanjeni troškovi održavanja

Osim iznimno niskih troškova grijanja, u pasivnoj su kući vrlo mali i troškovi održavanja. U kućnoj tehnici gotovo i nema dijelova koji bi se mogli istrošili. Elementi grijanja koje bi trebalo održavati i popravljati u pasivnoj kući uglavnom ne postoje (radijatori, bojleri i sl.). Dug vijek trajanja uređaja za prozračivanje i znatno veća otpornost u usporedbi s tradicionalnim uređajima za grijanje smanjuje troškove održavanja.

Neovisnost o fosilnim gorivima

Pri izgaranju fosilnih goriva nastaje ugljikov dioksid, glavni krivac globalnog zagrijavanja. Pritom nastaju i druge štetne emisije, poput sumporova dioksida, dušičnih oksida, organskih spojeva i sl. Čak i drvo koje je sada najviše cijenjeno ekološko gorivo potiče emisije ugljikova dioksida i zamjenom fosilnih uređaja za grijanje s drvom ili biomasom ne smanjuje se emisija CO₂. I pritom je u prednosti pasivna kuća koja ne rabi fosilna goriva. Potrebnu toplinu za grijanje u pasivnoj kući proizvodi toplinska crpka koja iskorištava toplinu okoline (zemlje, podzemnih voda, zraka...). A iskorištava i obnovljiv izvor topline od



Zero energy house - prototip Velika Britanija

uskладиštene sunčeve energije. Očito je da uporaba toplinske crpke troši nešto više električne energije koja joj je potrebna za rad, stoga se u pasivnoj kući troši nešto više struje nego drugdje. No pri sadašnjim cijenama energenata za kućanstvo (električna energija i fosilna goriva) proizvodnja topline toplinskom pumpom ugodnija je od proizvodnje topline iz fosilnih izvora. Veća potrošnja električne energije manji je trošak u usporedbi s troškom za tradicionalno grijanje. Za proizvodnju električne energije u termoelektranama još će dugo biti potrebni fosilni energenti, ali iako je njihova iskoristivost viša, štetne su emisije zbog kontroliranog postupka mnogo manje nego kad ta goriva izgaraju u individualnim ložištima.

Odluka o pasivnoj kući doprinos je i na državnoj razini jer je najjeftinija energija koju ne trebamo - manja potrošnja smanjuje ovisnost o tuđim rezervama

Odluka je o pasivnoj kući i doprinos na državnoj razini. Najjeftinija je za državu ona energija koju ne trebamo. Manja potrošnja fosilnih goriva osigurava manju ovisnost o tuđim rezervama. I u Hrvatskoj smo se 2009. suočili s krizom dobave zemnog plina, a bila je u zimi 2012. nova kriza u Ukrajini. Zbog niskih je temperatura potrošnja plina bila veća od planirane i opet se razmišljalo kako nabaviti potrebnu razliku. Fosilna su goriva sve više strateška

i politička sirovina te vrlo podložna gospodarskim ucjenama. Velike zalihe zemnoga plina osim u Rusiji postoje u Iranu, Libiji, Egiptu, Alžiru, Nigeriji i Kataru. Nemirna su to područja koja ne ulijevaju posebno povjerenje. Zabrinjava što Europa i dalje ovisi o gorivima iz nestabilnih područja. Slično je i s Hrvatskom koja uvozi više od 50 posto potrebnih energenata.

Cijena investicije

Davna su istraživanja u *Passivhaus Institutu* u Darmstadtu pokazala da za niskoenergijske kuće troškovi neznatno rastu dodatnim slojem toplinske izolacije i ugradnjom kvalitetnih izolacijskih prozora. Kada je toplinski omotač građevine tako kvalitetan da nema potrebe za tradicionalnim sustavom grijanja, s tim se novcem može ugraditi uređaj za prozračivanje s vraćanjem topline otpadnoga zraka pa se ukupna investicija znatno smanjuje. Cijena je pasivne kuće neznatno veća ili jednaka kao i kvalitetne niskoenergijske kuće. I ta se investicija, s obzirom na troškove energenata, može vratiti u vrlo kratko vrijeme. Ispitivanja su pokazala da je gradnja pasivne kuće samo pet posto skuplja od one koja se gradi prema postojećim pravilnicima. Ali zato ima brojne prednosti. Zanimljivo je da malo investitora razmišlja o vraćanju uloženog u kožnu garnituru ili tepih s dizajnerskim potpisom., I to unatoč tome što se te cijene često približavaju različiti cijene za gradnju pasivne kuće.

Izvor: Materijali *Passivehouse Instituta* u Darmstadtu

PASSIVE HOUSE AND ITS ADVANTAGES

Recently announced revitalization of public works infrastructure, in order to enhance current levels of energy efficiency, is likely to bring new life to Croatia's slackening construction industry, but is also expected to greatly contribute to the overall environmental protection improvements, and to lower greenhouse gas emissions. Significant features of low-energy and passive houses are considered, and their differences and advantages are described. The construction of passive houses has been highly recommended in recent times, mostly because of high level of

comfort such houses provide to their users. This comfort mostly results from pleasant temperature, fresh and clean air, adequate relative humidity, and suitable levels of lighting. Notable advantages of such houses are reduced heating costs, lower maintenance costs, independence from fossil fuel, and decreased investment costs. Only objection that has so far been formulated is a slightly lower humidity of air, although this hindrance can be avoided by separate humidification, or by making greater use of indoor plants and vegetation.