

## **Utjecaj geometrijskoga oblika zgrade na transmisijske gubitke i ukupnu energetska bilancu zgrade**

### ***Influence of the building's geometric shape on transmission losses and the overall energy balance of the building***

<sup>1</sup>Jasmina Ovčar, <sup>2</sup>Valentina Novak  
<sup>1</sup>Međimursko veleučilište u Čakovcu  
Bana J. Jelačića 22a, 40000 Čakovec, Hrvatska  
<sup>2</sup>studentica Međimorskog veleučilišta u Čakovcu  
e-mail: <sup>1</sup>jovcar@mev.hr, <sup>2</sup>valentina.novak@student.mev.hr

**Sažetak:** *Osnovni cilj ovoga rada je prikazati kolika je važnost arhitektonskog oblikovanja kod projektiranja pasivne kuće te na koji način geometrijski oblik zgrade utječe na transmisijske gubitke i ukupnu energetska bilancu zgrade. Arhitektonskim oblikovanjem koje poštuje načelo povoljnog faktora oblika zgrade kao početnog načela u projektiranju kuće postiže se kvalitetna osnova za ostvarenje pasivne kuće. Osim kvalitetnog funkcionalnog i konstrukcijskog rješenja, element estetike zgrade te dizajna ne mora i ne smije ostati zapostavljen.*

*Upravo jednostavnim i kompaktnim ali istovremeno i atraktivnim modernim arhitektonskim oblikovanjem pasivne kuće mogu se postići vrlo dobri početni parametri za ostvarenje kategorije pasivne kuće.*

*U prošlosti je oblik građevine proizlazio iz funkcionalnih potreba i često bio prilagođen željama investitora, što je rezultiralo razvedenim tlocrtnim rješenjima, a time i nepovoljnim faktorom oblika zgrade što je za sobom povlačilo nepovoljnu energetska učinkovitost. Više se razmišljalo o estetskom izgledu i funkcionalnosti građevine bez obzira na gubitke koje nam donosi takvo arhitektonsko rješenje. Zbog novih potreba društva, koje je počelo razmišljati "održivo", sve se više razmišlja o prihvatljivom arhitektonskom oblikovanju kojim se vodi briga o energetska gubicima i dobicima, ali i o ugodnosti boravka u pasivnoj kući, o ekonomičnosti te smanjenju zagađenja okoliša. Već u fazi idejnog projekta stvaraju se osnovne pretpostavke kvalitetnog arhitektonskog rješenja kojima će se stvoriti mogućnost da*

*se u daljnjim fazama arhitektonskog projektiranja, kao i u kvalitetnom i suvremenom pristupu projektiranju elektroinstalacija i strojarskih instalacija otvori mogućnost kategorizacije projektirane kuće kao pasivne.*

**Ključne riječi:** *arhitektonsko oblikovanje, energeska bilanca zgrade, faktor oblika zgrade, geometrijski oblik zgrade, pasivna kuća*

**Abstract:** *The main objective of this paper is to show the importance of architectural design in the design of passive houses and how the geometrical shape of the building affects the transmission losses and the overall energy balance of the building. By architectural design that respects the principle of the favourable shape factor of the building as the initial principle in the design of the house, a good basis for creation of a passive house is achieved. In addition to the high-quality functional and structural solution, the aesthetic element of the building and design need not and must not remain neglected.*

*Simple and compact but attractive and modern architectural design of a passive house, very good initial parameters for the passive house category can be achieved.*

*In the past, the form of the structure was derived from functional needs and was often adjusted to the wishes of investors, which resulted in rambling layout solutions and thus unfavourable shape factor of the building, which meant unfavourable energy efficiency. It was the aesthetic appearance and functionality of the building that was considered more, regardless of the losses that such architectural solution brings. Due to the new needs of society, which began to think "sustainably", more and more is being thought about acceptable architectural design that takes care of energy losses and gains, but also of the benefits of staying in a passive house, the economy and reduction of environmental pollution. Already at the stage of preliminary design, the basic assumptions of quality architectural solutions are created. They will further on create an opportunity to, in further stages of architectural design and using the quality and contemporary approach to the design of electrical and mechanical installations, open up the possibility of categorizing a house as passive.*

**Key words:** *architectural design, energy balance of the building, shape factor of the building, geometric shape of the building, passive house*

## 1. Uvod

Za postizanje energetskega standarda pasivne kuće<sup>1</sup> važan je cijeli plašt zgrade<sup>2</sup> i ustroj njegova djelovanja. Veliko značenje ima toplinski plašt zgrade, njegov oblik, sastav i kvaliteta izvedbe. Upravo o tim parametrima ovise transmisijski toplinski gubitci zgrade (prolazak topline plaštem zgrade) te energetska bilanca zgrade (razlika između toplinskih dobitaka i toplinskih gubitaka zgrade). Smanjenje potrošnje energije za grijanje ostvaruje se upravo smanjenjem transmisijskih gubitaka zgrade i poboljšanjem energetske bilance na temelju kvalitete plašta zgrada. Osnovni projektantski zadatak je pronalaženje optimalnog tlocrtnog oblika zgrade koji osigurava što manji faktor oblika zgrade (Zbašnik Senegačnik, 2009.).

Rast potrošnje energije, visoke cijene energije, povećanja efekta staklenika te globalnih klimatskih promjena koje predstavljaju velike probleme današnjice, prisiljavaju ljude da promijene svoje dosadašnje energetske potrošačke navike, te da se prilagode novim izvorima energije i načinima štednje energije. Činjenica je da zgrade troše oko 40% od ukupne potrošnje energije u SAD-u i Europskoj uniji, pa zbog toga energetske učinkovite zgrade<sup>3</sup> postaju sve zanimljivije (<http://www.proentaris.hr/niskoenergetska-i-pasivna-gradnja/>). Da bi se promijenile dosadašnje energetske potrošačke navike u građevinskoj industriji započelo se s izgradnjom kuća koje imaju znatno manju godišnju potrošnju energije loživog ulja na kvadratni metar grijane površine što predstavlja veliki potencijal rasterećenju okoliša u budućnosti (Zbašnik Senegačnik, 2009.). Sve više se počelo ulagati u energetske učinkovite zgrade kako bi se smanjili troškovi grijanja, odnosno hlađenja tijekom godine, te se smanjio utjecaj na okoliš. U tablici 1. prikazano je šest kategorija energetske učinkovitih kuća.

---

<sup>1</sup> Pasivna kuća - energetske štedljiva zgrada kod koje je stambena ugodnost osigurana bez uobičajenih sustava grijanja ili uređaja za klimu. Godišnja potrebna toplina za grijanje zgrade može biti najviše 15 kWh/(m<sup>2</sup>a).

<sup>2</sup> Plašt zgrade - ili toplinski omotač je toplinska izolacija zgrade. Njegov glavni zadatak je da građevinu štiti od utjecaja hladnoće, vrućine, kiše, vlage, da omogućava čuvanje unutarnje mikroklimine građevine, da spriječi gubitke topline kroz nosivu konstrukciju i spojeve, te na taj način građevinu učini kvalitetnom i štedljivom.

<sup>3</sup> Energetske učinkovite zgrade/kuća - ona zgrada, odnosno objekt koji, u odnosu na prosječan objekt, troši manje energije za grijanje i pripremu tople vode. Energetske učinkovitim zgradama nazivaju se nisko-energetske kuća, trolitarske kuća, pasivna kuća, nulta-energetske kuća, energetske samodostatne kuća i plus-energetske kuća.

**Tablica 1.** Kategorije energetski učinkovitih kuća

KATEGORIJA ENERGETSKI UČINKOVITIH KUĆA	KARAKTERISTIKE
1. Nisko-energetska kuća	Zgrada s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje između 40-60 kWh/(m <sup>2</sup> a), a najmanje 15 kWh/(m <sup>2</sup> a). U nisko-energetskoj zgradi potreban je tradicionalni sustav grijanja i grijaća tijela. Zrakonepropusnost je $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$ .
2. Trolitarska kuća	Trolitarska kuća je nisko-energetska kuća s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje otprilike 30 kWh/(m <sup>2</sup> a). Propisana zrakonepropusnost je $n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$ . Konstrukcija mora biti bez toplinskih mostova. Potreban je tradicionalni sustav grijanja. U trolitarsku je kuću ugrađena bar jedna od sljedećih komponenti: sunčani uređaj za grijanje sanitarne vode i/ili uređaj za prozračivanje s vraćanjem topline iskorištenoga zraka.
3. Pasivna kuća	Pasivna kuća je energetski štedljiva zgrada kod koje je stambena ugodnost osigurana bez uobičajenih sustava grijanja ili uređaja za klimu. Godišnja potrebna toplina za grijanje zgrade može biti najviše 15 kWh/(m <sup>2</sup> a) i to vrijedi u svim državama.
4. Nulta-energetska kuća	Zgrada koja u godišnjem prosjeku ukupnu upotrebljenu energiju dobiva sama iz sunčeve energije, iako nije neovisna o javnoj energetskoj mreži. Zgrada nema tradicionalni sustav grijanja. Ljeti višak električne energije daje u javnu mrežu, a zimi rabi električnu energiju iz javne mreže.
5. Energetski samodostatna kuća	Zgrada koja svu potrebnu energiju dobiva iz sunčeve energije. Ona nije priključena na javnu energetsku mrežu. Ljeti višak električne energije sprema za zimsko razdoblje.
6. Plus-energetska kuća	Zgrada koja odgovara energetski samodostatnoj kući. Dobivanje električne energije u sunčanim pretvornicima je veliko te postiže višak koji se daje u javnu električnu mrežu.

*Izvor: Senegačnik Zbašnik, 2009.*

Kako bi pasivna kuća bila zaista pasivna, kod projektiranja i građenja treba se pridržavati određenih kriterija i parametra. Za pasivne kuće vrijede sljedeći parametri: godišnja potrebna toplina za grijanje<sup>4</sup> < 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), zajednička godišnja potrošnja primarne energije<sup>5</sup> < 120 kWh/(m<sup>2</sup>a), zajednička potrošnja električne energije < 18 kWh/(m<sup>2</sup>a), toplinski gubici<sup>6</sup> < 10 W/m<sup>2</sup>, zrakonepropusnost<sup>7</sup> n<sub>50</sub> < 0,6 h<sup>-1</sup> (Zbašnik Senegačnik, 2009.). Kod projektiranja i građenja pasivne kuće treba se pridržavati sljedećih kriterija: zgrada treba biti kompaktna u svome obliku (tlocrtnom, ali i svojim volumenom), potrebno je izbjegavati složene i razvedene oblike zgrade, poželjna je južna orijentacija te projektirati odgovarajuću toplinsku zaštitu plašta zgrade. Koeficijent prolaska topline (oznaka: U)<sup>8</sup> svih građevnih elemenata mora biti ispod 0,15 W/(m<sup>2</sup>K); kod samostojećih obiteljskih kuća preporuča se ispod 0,10 W/(m<sup>2</sup>K), zgrada mora biti izvedena bez toplinskih mostova<sup>9</sup> ( $\Psi < 0,01$  W/(m<sup>2</sup>K)); predlaže se ugradnja zemaljskog izmjenjivača - dizalice topline<sup>10</sup>; izvanredna zrakonepropusnost; ostakljenje s U<sub>w</sub> ispod 0,8 W/(m<sup>2</sup>K); prozorski okviri s U<sub>f</sub> ispod 0,8 W/(m<sup>2</sup>K); rekuperacija topline zraka > 75%; zabrtvljenost građevine; najniži toplinski gubici pri pripremi i distribuciji sanitarne vode; korištenje strojeva i uređaja energetskog razreda A i A+ (Zbašnik Senegačnik, 2009.). Sve navedeno ukazuje na znatno povišene standarde u izgradnji, ali i ugradnji instalacija u pasivne kuće.

Za postizanje navedenih visokih kriterija i parametra te svrstavanja kuće u skupinu pasivnih zgrada nije dovoljno samo sastavljanje pojedinih komponenta. Potreban je cjelokupni projekt gdje su pojedine komponente smisleno povezane.

Osim poštivanja navedenih kriterija i parametra, navedena su i osnovna načela koja treba poštivati pri projektiranju pasivne kuće: orijentacija, toplinska hijerarhija prostora, tehnologija gradnje, ugradnja kvalitetnih prozora i vrata, zaštita od ljetnog pregrijavanja, ventilacija i

---

<sup>4</sup> Godišnja potrebna toplina za grijanje - računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade.

<sup>5</sup> Primarna energija - energija nositelja energije. To su obnovljivi izvori energije (sunčeva energija, potencijalna energija vode i vjetra, geotermalna energija itd.) i neobnovljivih izvora energije (ugljen, nafta, zemni plin, prirodni uran). Zajednička potrošnja primarne energije navodi zajedničku potrošnju energije: za grijanje i pripremu tople vode u zgradama i za proizvodnju električne energije u termoelektrom.

<sup>6</sup> Toplinski gubici - zgrada gubi toplinu na dva načina- transmisijom (prolazak topline plaštem zgrade) i prozračivanjem (ventilacijski gubici).

<sup>7</sup> Zrakonepropusnost n<sub>50</sub> - označava dio ukupnog volumena zraka koji prođe kroz plašt zgrade u jednom satu pri tlačnoj razlici 50 Pa s obzirom na okolinu.

<sup>8</sup> Koeficijent prolaska topline (oznaka: U) - količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m<sup>2</sup> površine, kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m<sup>2</sup>K. Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m<sup>2</sup>), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

<sup>9</sup> Toplinski most - mjesto u plaštu zgrade gdje je prolaz topline povećan zbog promjene materijala, debljine ili geometrije konstrukcije.

<sup>10</sup> Dizalica topline je uređaj koji uzima toplinu iz okoline te ju podiže na višu temperaturnu razinu.

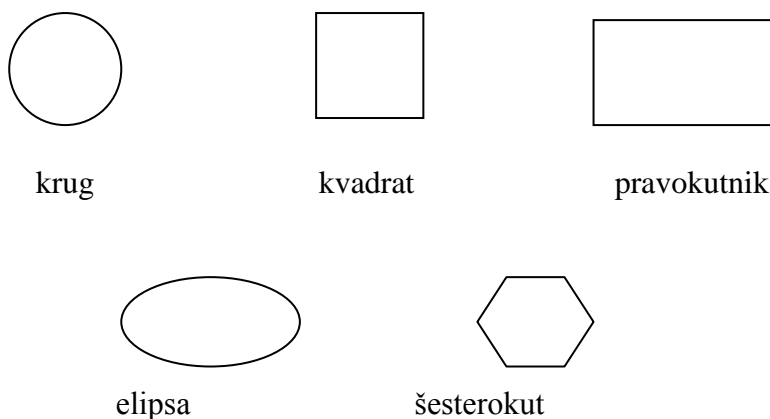
grijanje te oblik zgrade - faktor oblika, kao prioritarno i ključno načelo projektiranja pasivnih i nisko-energetskih kuća.

## 2. Faktor oblika zgrade – osnovni čimbenik projektiranja niskoenergetskih kuća

Faktorom oblika zgrade ( $f_o$ ) izražava se odnos između površine vanjskog oplošja grijanog dijela zgrade i volumena grijanog dijela zgrade. Površina vanjskog oplošja zgrade predstavlja omotač ili ovojnicu zgrade - zidove, podove, krov, prozore i ostale dijelove koji od vanjskog prostora ili negrijanog dijela razdvajaju grijani dio zgrade (<http://www.zelenazona.hr/>). Kod pasivne gradnje ili energetske učinkovite gradnje, važno je projektom zadovoljiti faktor oblika zgrade ( $f_o$ ). Faktor oblika je najpovoljniji kada je građevina svojim geometrijskim oblikom kompaktna i jednostavna (Zbašnik Senegačnik, 2009.). Upravo taj faktor ukazuje koliko je povoljno projektirana zgrada te koliko se odabirom geometrijskog oblika zgrade može utjecati na što manju površinu oploša grijanog dijela zgrade, čime se u budućnosti, prilikom korištenja zgrade, pridonosi znatnom smanjenju transmisivskih gubitaka, a time i povoljnjoj energetskej bilanci zgrade, ukupnoj štednji energije te ugodnosti boravka u unutarnjem prostoru.

Kod projektiranja pasivne kuće preferira se oblikovanje sa što manje konzolnih istaka, balkona ili razvedenih pročelja, što pridonosi boljim toplinskim svojstvima zgrade. Vrlo je važno da se uvaži pravilo da vanjskih površina plašta zgrade u odnosu na volumen bude što manje. Pod pojmom kompaktan oblik zgrade podrazumijevaju se zgrade koje su prikazane na slici 1. To su zgrade tlocrtnog oblika kvadrata, pravokutnika, kruga, šesterokuta, elipse i ostalih jednostavnih oblika.

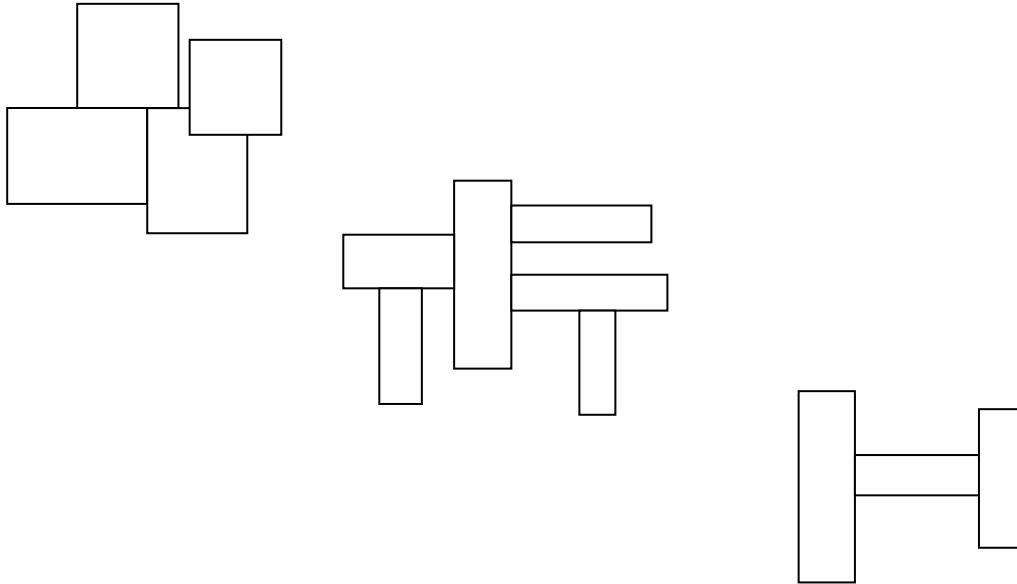
**Slika 1.** Kompaktani tlocrtni oblici zgrada



Izvor: autor

Na slici 2. prikazani su razvedeni i nepovoljni oblici zgrada.

**Slika 2.** Razvedeni tlocrtni oblici zgrada



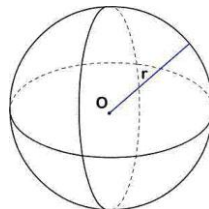
Izvor: autor

### 3. Izračun faktora oblika zgrade obzirom na odabrani geometrijski oblik

Teoretski, od svih navedenih oblika, idealna kompaktna zgrada bi bila u obliku kugle jer ima veliki volumen, a malu površinu. Izračunom faktora oblika zgrade koji sljedi nastoji se pokazati na koji način se izračunava faktor oblika zgrade obzirom na vrstu geometrijskog tijela, te koliko taj faktor iznosi za pojedina uobičajena geometrijska tijela na temelju pretpostavljenih početnih parametara osnovnih dimenzija geometrijskog tijela.

#### **KUGLA:**

Zadano:  $R = 5,0 \text{ m}$



Oplošje:

$$O = 4R^2 \pi$$

$$O = 4 \cdot 5^2 \cdot \pi = 314,16 \text{ m}^2$$

Volumen:

$$V = \frac{4}{3} R^3 \pi$$

$$V = \frac{4}{3} \cdot 5^3 \cdot \pi = 523,60 \text{ m}^3$$

Faktor oblika:

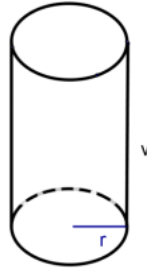
$$fo = O / V$$

$$fo = 314,16 \text{ m}^2 / 523,60 \text{ m}^3$$

$$fo = 0,60 \text{ m}^{-1}$$

### VALJAK:

Zadano:  $r = 5 \text{ m}$ ;  $v = 7 \text{ m}$



Oplošje:

$$O = 2B + P$$

$$\rightarrow B = r^2 \pi$$

$$\rightarrow P = 2r \pi v$$

$$O = 2 r^2 \pi + 2r \pi v$$

$$O = 2r \pi (r + v)$$

$$O = 2 \cdot 5 \cdot \pi \cdot (5 + 7)$$

$$O = 376,80 \text{ m}^2$$

Volumen:

$$V = B \cdot v$$

$$B = r^2 \pi$$

$$V = r^2 \pi \cdot v$$

$$V = 5^2 \cdot \pi \cdot 7$$

$$V = 549,77 \text{ m}^3$$

Faktor oblika:

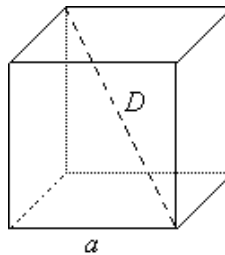
$$fo = O / V$$

$$fo = 376,80 \text{ m}^2 / 549,77 \text{ m}^3$$

$$fo = 0,69 \text{ m}^{-1}$$

### KOCKA:

Zadano:  $a = 8,0 \text{ m}$



Oplošje:

$$O = 6 \cdot a^2$$

$$O = 6 \cdot 8^2 = 384,00 \text{ m}^2$$

Volumen:

$$V = a^3$$

$$V = 8^3 = 512,00 \text{ m}^3$$

Faktor oblika:

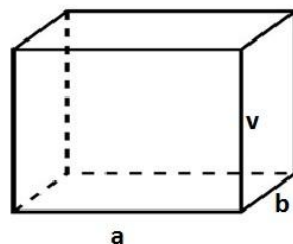
$$fo = O / V$$

$$fo = 384,00 \text{ m}^2 / 512,00 \text{ m}^3$$

$$fo = 0,75 \text{ m}^{-1}$$

### KVADAR:

Zadano:  $a = 7,0 \text{ m}$ ;  $b = 5,0 \text{ m}$ ;  $v = 9,0 \text{ m}$





Oplošje:

$$O = 2 \cdot (ab + av + bv)$$

$$O = 2 \cdot (7 \cdot 5 + 7 \cdot 9 + 5 \cdot 9)$$

$$O = 2 \cdot 143$$

$$O = 286,00 \text{ m}^2$$

Volumen:

$$V = a \cdot b \cdot c$$

$$V = 7 \cdot 5 \cdot 9$$

$$V = 315,00 \text{ m}^3$$

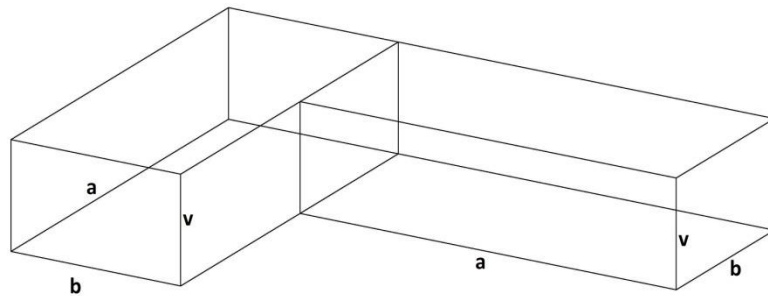
Faktor oblika:

$$fo = O / V$$

$$fo = 286,00 \text{ m}^2 / 315,00 \text{ m}^3$$

$$fo = \mathbf{0,91 \text{ m}^{-1}}$$

### L -OBLIK:



Zadano: 2 jedanka kvadra:  $a = 7,0 \text{ m}$ ;  $b = 5,0 \text{ m}$ ;  $v = 4,0 \text{ m}$

Oplošje:

$$O = 2 \cdot (ab + av + bv)$$

$$O = 2 \cdot (7 \cdot 5 + 7 \cdot 4 + 5 \cdot 4)$$

$$O = 2 \cdot 83$$

$$O = 166,00 \cdot 2 \text{ kvadra}$$

$$O = 332,00 \text{ m}^2 - (b \cdot v) \cdot 2$$

$$O = 332,00 - (5 \cdot 4) \cdot 2$$

$$O = 292,00 \text{ m}^2$$

Volumen:

$$V = a \cdot b \cdot v \cdot 2$$

$$V = 7 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 2$$

$$V = 140,00 \cdot 2$$

$$V = 280,00 \text{ m}^3$$

Faktor oblika:

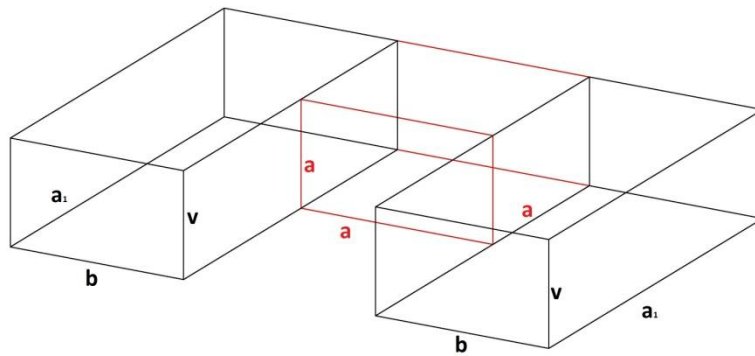
$$fo = O / V$$

$$fo = 292,00 \text{ m}^2 / 280,00 \text{ m}^3$$

$$fo = \mathbf{1,04 \text{ m}^{-1}}$$

Kako bi se dobio faktor oblika za "L" i "U" oblik zgrade, od oplošja kvadra, a i kocke, treba oduzeti unutarnje plohe na kojima se geometrijska tijela sastaju, budući da u zgradi te plohe predstavljaju unutarnje zidove a ne vanjske, pa se stoga i ne obračunavaju kao zidovi koji pridonose transmisivskim gubicima.

## U -OBLIK:



Zadano: 2 jednaka kvadra i 1 kocka:  $a = 3,0$  m (za kocku);  $a_1 = 6,00$  m (za kvadar);

$b = 5,0$  m;  $v = 3,0$  m

Oplošje kvadra:

$$O = 2 \cdot (a_1 b + a_1 v + bv)$$

$$O = 2 \cdot (6 \cdot 5 + 6 \cdot 3 + 5 \cdot 3)$$

$$O = 2 \cdot 63,00$$

$$O = 126,00 \cdot 2 \text{ kvadra}$$

$$O = 252,00 \text{ m}^2$$

$$O = 252,00 \text{ m}^2 - 2 \cdot (a \cdot v)$$

$$O = 252,00 - 2 \cdot (3 \cdot 3)$$

$$O = 252,00 - 18$$

$$O = 234,00 \text{ m}^2$$

Volumen kvadra:

$$V = a_1 \cdot b \cdot c$$

$$V = 6 \cdot 5 \cdot 3$$

$$V = 90,00 \cdot 2 \text{ kvadra}$$

$$V = 180,00 \text{ m}^3$$

Faktor oblika za kvadre:

$$fo = O / V$$

$$fo = 234,00 \text{ m}^2 / 180,00 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{fo = 1,30 \text{ m}^{-1}}$$

Oplošje kocke:

$$O = 6 \cdot a^2$$

$$O = 6 \cdot 3^2 = 54,00 \text{ m}^2$$

$$O = 54,00 \text{ m}^2 - 2 \cdot (a \cdot v)$$

$$O = 54,00 - 2 \cdot (3 \cdot 3)$$

$$O = 54,00 - 18$$

$$O = 36,00 \text{ m}^2$$

Volumen kocke:

$$V = a^3$$

$$V = 3^3 = 27,00 \text{ m}^3$$

Faktor oblika za kocku:

$$fo = O / V$$

$$fo = 36,00 \text{ m}^2 / 27,00 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{fo = 2,00 \text{ m}^{-1}}$$

## **UKUPNO:**

OPLOŠJE: oplošje dva kvadra + oplošje kocke =  $234,00 + 36,00 = 270,00 \text{ m}^2$



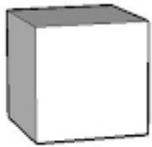

VOLUMEN: volumen kvadrova + volumen kocke =  $180,00 + 27,00 = 207,00 \text{ m}^3$



FAKTOR OBLIKA:  $270,00 \text{ m}^2 / 207,00 \text{ m}^3 = \mathbf{1,30 \text{ m}^{-1}}$

Iz gore navedenog proračuna vidljivo je da se faktor oblika povećava s razvedenošću tlocrtnog gabarita i kompleksnošću odabranog geometrijskog oblika.

Naravno, iako najpovoljniji faktor oblika zgrade ima oblik kugle, takvo što nije najbolje niti najpraktičnije projektantsko rješenje, prvenstveno u pogledu neiskoristivosti unutrašnjih podnih površina te poteškoća u opremanju unutrašnjeg prostora zgrade. U tablici 2. prikazano je kako oblik zgrade utječe na faktor oblika, uspoređujući geometrijska tijela jednakih volumena. Volumen svih geometrijskih tijela obrađenih u sljedećoj tablici iznosi  $400 \text{ m}^3$ . Stvarni prikaz povoljnosti ili nepovoljnosti faktora oblika zgrade vidljiv je upravo na način da se ga prikaže u različitim geometrijskim tijelima jednakog iznosa volumena.

**Tablica 2.** Utjecaj oblika zgrade na faktor oblika geometrijskih tijela volumena  $400 \text{ m}^3$

OBLIK	POVRŠINA	FAKTOR OBLIKA	KOMENTAR
Kugla 	$263,00 \text{ m}^2$	$0,66 \text{ m}^{-1}$	Kugla ima idealan faktor oblika ali nije praktična za stanovanje.
Valjak 	$301,00 \text{ m}^2$	$0,75 \text{ m}^{-1}$	Valjak je još uvijek prilično nepraktičan oblik za zgradu, međutim postoje zgrade koje su slične obliku valjka a to je oblik oktagona. Veliki izazov predstavlja opremanje ovakve zgrade.
Kocka 	$326,00 \text{ m}^2$	$0,81 \text{ m}^{-1}$	Nakon kugle i valjka koji imaju idealan faktor oblika, ali nisu praktični ni izvedivi, javlja se kocka. Oblik kocke ima praktičan oblik i povoljan faktor oblika.
Kvadar 	$339,00 \text{ m}^2$	$0,85 \text{ m}^{-1}$	Pravokutnik koji nije previše ravan i uski ima povoljan faktor oblika te je pogodan za stanovanje. Zgrada ravnog, uskog i niskog pravokutnog oblika nije povoljna te ih treba izbjegavati kod pasivne gradnje.

<p>L -oblik kuće</p> 	<p>435,00 m<sup>2</sup></p>	<p>1,09 m<sup>-1</sup></p>	<p>L-oblik kuće nije nikako povoljan, te je još lošiji od zgrade ravnog, uskog i niskog pravokutnog oblika. Ovaj oblik zgrade je za 109 m<sup>2</sup> površine oplošja veći od kocke. Tu se javljaju i dodatni problemi kao što je bacanje sjenke jednog dijela zgrade na drugi.</p>
<p>U -oblik kuće</p> 	<p>456,00 m<sup>2</sup></p>	<p>1,14 m<sup>-1</sup></p>	<p>Primjer razvedenog oblika zgrade. Ovaj objekat je potpuno neprikladan za pasivne kuće. Ima jako veliku površinu oplošja što nije dobro i baca sjenku na ostale dijelove zgrade.</p>

Izvor: [www.sites.google.com/site/lowenergyhome/architectur](http://www.sites.google.com/site/lowenergyhome/architectur)

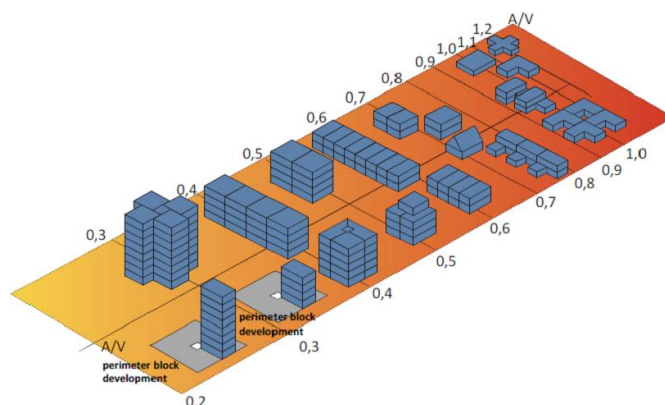
Budući da pasivna kuća ima zahtjev kompaktnoga i jednostavnoga oblika zgrade moguće je da taj parametar pomalo ograničava projektante u kreiranju oblikovnoga aspekta zgrade. Međutim, istovremeno to se može promatrati i kao izazov. Umjesto „dosadnih“, jednoličnih „kockastih“ kuća, projektant može pronaći i ponuditi vrlo atraktivno, moderno i kvalitetno arhitektonsko oblikovanje.

#### 4. Utjecaj tipa izgradnje na faktor oblika zgrade

U usporedbi s obiteljskom samostojećom kućom, u pogledu smanjenja transmisijskih gubitaka i povoljnije energetske bilance, mnogo je bolja povezana gradnja u obliku kuća u nizu ili višektana izgradnja što je vidljivo na slici 3. Kod njih je površina toplih vanjskih zidova, s obzirom na volumen, puno manja. Kod takvog načina gradnje moguće je postići faktor oblika 0,3-0,7 m<sup>-1</sup> (Zbašnik Senegačnik, 2009.).

Rezultat povoljnog faktora oblika zgrade povezanih stambenih jedinica leži u činjenici da većina stambenih jedinica nema donju i gornju površinu kao vanjsku plohu, već ih dijeli sa susjednim stambenim jedinicama, koje su također grijani prostori. Na taj način znatno je smanjena veličina oplošja u odnosu na relevantni volumen čime su smanjeni i toplinski gubitci kroz vanjski plašt zgrade.

**Slika 3.** Utjecaj faktora oblika na tip izgradnje



Izvor: [www.localimpactdesign.ca/home/passive-house/](http://www.localimpactdesign.ca/home/passive-house/)

## 5. Zaključak

Sve više se počelo ulagati u energetske učinkovite zgrade, te su one postale vrlo važne, a u budućnosti će biti još važnije. Da bi postigli energetske učinkovite zgrade ljudi se moraju prilagoditi novim izvorima energije i novim načinima štednje energije te "održivom" načinu života.

Osim zadovoljenja energetske i funkcionalne karakteristike pasivne kuće (kao jedne od kategorija niskoenergetskih kuća navedenih u tablici 1., koja trenutno nudi najpovoljniji odnos uloženih financijskih sredstava u odnosu na dobivene uštede pri korištenju kuće) važno je i njeno arhitektonsko oblikovanje. Kvalitetno arhitektonsko oblikovanje vrlo je važno ne samo zbog estetskog dojma, već prvenstveno zbog zadovoljenja faktora oblika zgrade što je kod pasivnih kuća jedan od važnijih principa projektiranja i pokazatelj je efikasnosti postizanja energetske kategorije i standarda kuće. Geometrijskim oblikom kuće određuje se faktor oblika- pasivna kuća ima zahtjev kompaktnog i jedostavnog oblika zgrade. Obrazloženje je vidljivo u izrađenim proračunima u poglavlju 3. te iz tablice 2. istog poglavlja. Moguće je da taj parametar pomalo ograničava projektante u kreiranju oblikovnog aspekta zgrade. Međutim, istovremeno to se može promatrati i kao dodatni izazov.

Faktor oblika zgrade, koji proizlazi iz geometrijskog oblikovanja zgrade, ni na koji način ne smije utjecati na funkcionalnost kuće. Arhitektonsko projektiranje je zahtjevan, kreativan i odgovoran posao, a konačni rezultati moraju odgovoriti na sve postavljene zahtjeve u pogledu funkcije, konstrukcije i estetike. Novoporojektirane zgrade imaju i dodatni parametar o kojem je potrebno voditi računa već od izrade idejnih skica pa nadalje – to je zahtjev za energetske učinkovitošću zgrade, a koja proizlazi iz pozitivne energetske bilance zgrade.

## Literatura

1. Architecture of an energy efficient building.

<http://www.sites.google.com/site/lowenergyhome/architectur> (1.4.2016.)

2. Niskoenergetska i pasivna gradnja.

<http://www.proentaris.hr/niskoenergetska-i-pasivna-gradnja/> (1.4.216.)

3. Obiteljske kuće u Hrvatskoj – pregled i tipologija.

[http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelena/zona/zivim\\_zeleno/energetski\\_u\\_cinkovit\\_dom/obiteljske\\_kuce\\_u\\_hrvatskoj\\_pregled\\_tipologija](http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelena/zona/zivim_zeleno/energetski_u_cinkovit_dom/obiteljske_kuce_u_hrvatskoj_pregled_tipologija) (1.4.2016.)

4. Zbašnik Senegačnik, M. (2009.) Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.