

ENERGETSKI UČINKOVITE GRAĐEVINE

PREDAVANJA:

izv.prof.dr.sc. Željko Koški, dipl.ing.arh. izv.prof.dr.sc. Hrvoje Krstić, dipl.ing.građ.

VJEŽBE:

doc.dr.sc.Ivana Šandrk –Nukić, dipl.oec.

Mihaela Teni, mag.ing.aedif.

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

OPĆE KARAKTERISTIKE ZGRADA



SLOŽENI ENERGETSKI SUSTAVI

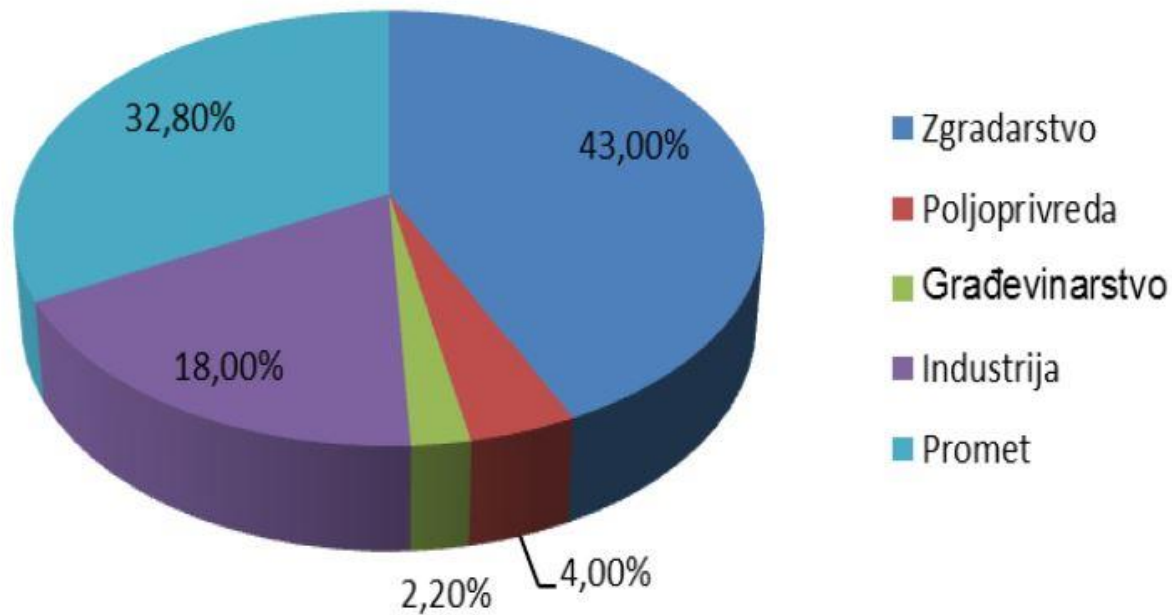
NAJVEĆI POJEDINAČNI POTROŠAČI ENERGIJE (cca 40 %)

IMAJU DUG PERIOD KORIŠTENJA

VELIK UTJECAJ NA OKOLIŠ I OPĆU POTROŠNJU ENERGIJE

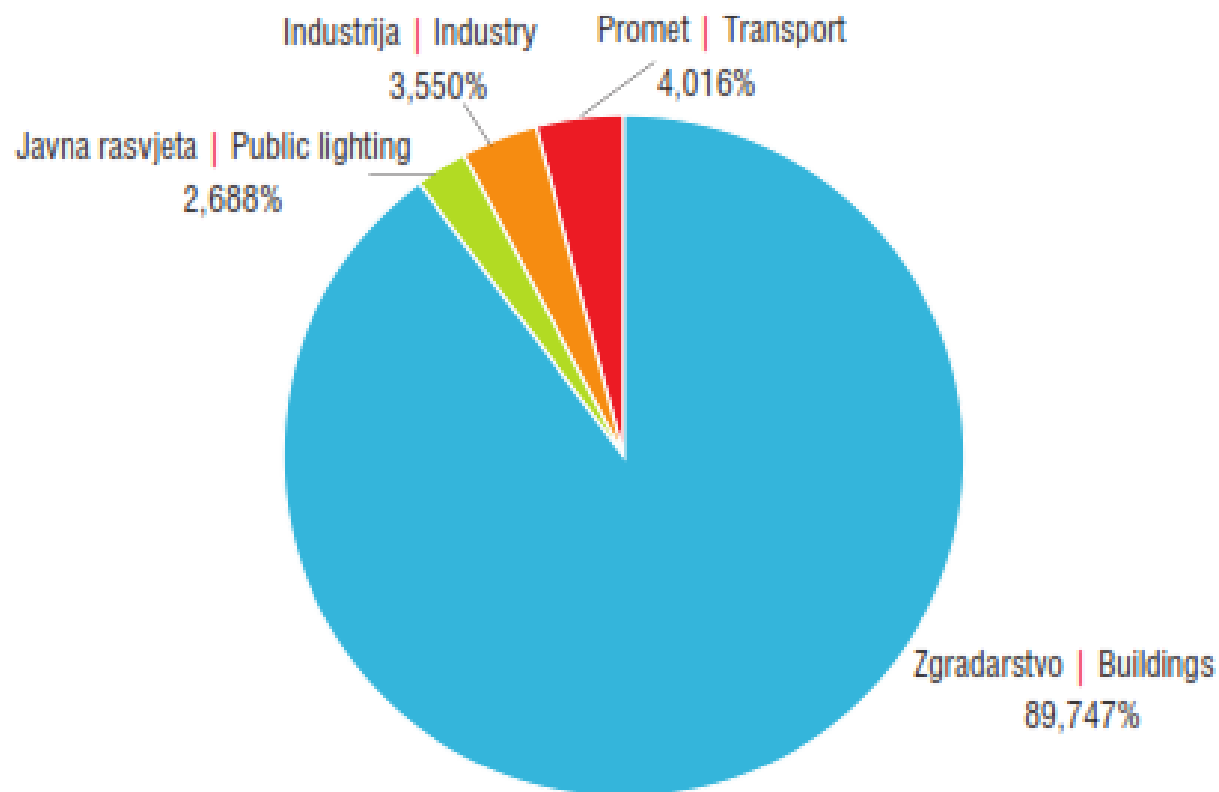
POVEĆANJEM ENERGETSKE UČINKOVITOSTI MOGUĆE SU VELIKE UŠTEDE ENERGIJE

STRUKTURA POTROŠNJA FINALNE ENERGIJE U HRVATSKOJ



- 2010. godine finalna potrošnja energije u zgradama iznosila je 42,3 % ukupne energetske potrošnje RH
- Energija se u zgradama koristi za :
 - Grijanje, hlađenje i pripremu tople vode – 80 - 90 % ukupnih energetskih potreba zgrade
 - Rasvjetu i druge potrebe (npr. računala) – 10 - 20 % ukupne potrošnje energije

Uštede energije ostvarene provedbom projekata za RH u 2015.g.



STRATEŠKI CILJEVI EUROPSKE UNIJE

EU 2020.: “3x20”

20 % less energy consumption

20 % less CO₂ emissions

20 % of renewable energy sources

20 % manje potrošnje energije

20 % manje emisije CO₂ u atmosferu

20 % uporabe iz obnovljivih izvora energije

ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE (EPBD)

(Direktiva o energetskeim svojstvima zgrada)

Article 9(1) of the EPBD requires Member States to *"ensure that:*

(a) by 31 December 2020, all new buildings are nearly zero-energy buildings; and

(b) after 31 December 2018, new buildings occupied and owned by public authorities are nearly zero-energy buildings."

EU planovi za smanjenje emisije stakleničkih plinova za 80% do 2050. godine u odnosu na 2010.

Uspostava primjerene energetske učinkovitosti i energetsko certificiranje zgrada dugoročno doprinose i stimuliraju :

- Podizanje kvalitete građenja zgrada
- Osmišljavanje kvalitetnog energetskeg koncepta
- Gradnja suvremenih energetski učinkovitih zgrada
- Poticanje energetske obnove i suvremene rekonstrukcije zgrada
- Povećanje standarda i toplinskog komfora u zgradama
- Smanjenje troškova održavanja zgrada
- Primjena inovativnih tehnologija i rješenja
- Razvoj integralnog pristupa projektiranju
- Dugoročne i cjelovite analize zgrade za cijeli eksploatacijski vijek

OSNOVE ENERGETIKE I FIZIKE ZGRADE

TOPLINA – nekog tijela jednaka je zbroju kinetičkih energija nesređenog gibanja svih molekula tog tijela.
– oblik energije

TEMPERATURA – fizikalno svojstvo svih tijela

Promjena fizikalnih svojstava nekog tijela uslijed promjene njegove temperature može se uzeti kao osnova za mjerenje temperature.

temperaturne ljestvice – fizikalna svojstva vode (**C**elzsius i **K**elvin)

$$1^{\circ} \text{ K} = 1^{\circ} \text{ C}$$

$$273^{\circ} \text{ K} = 0^{\circ} \text{ C}$$

Da bi povećali temperaturu nekog tijela potrebno je tom tijelu dovesti određenu

KOLIČINU TOPLINE (Q)

Q = toplinska energija koja prelazi s jednog tijela na drugo

Mjerna jedinica je **J = Joule**

1 J = 0,2388459 cal

SPECIFIČNI TOPLINSKI KAPACITET (c)

Pokusima je dokazano da između količine topline (Q) dovedene nekom tijelu, mase tijela (m) i porasta temperature (T) postoji linearna veza.

$$Q = c * m * \Delta T$$

$$c = Q / m * \Delta T \text{ [J/kg*K]}$$

Vrijednost veličine c ovisi o temperaturi pri kojoj je mjerena, a različita je od tvari do tvari.

U građevinskoj praksi koristi se srednja vrijednost za svaki materijal.

PRENOŠENJE TOPLINE

To je prirodni proces koji se događa uvijek kad postoji razlika temperatura.

Prenošenje topline može biti na 3 načina :

1. **vođenje ili kondukcija** (u čvrstim, tekućim i plinovitim sredstvima)
2. **prijelaz strujanjem ili konvekcija** (u tekućim i plinovitim sredstvima)
3. **prijelaz zračenjem ili radijacija** (u plinovitim sredstvima i vakumu)

RAZLOZI IZVEDBE TOPLINSKE ZAŠTITE ZGRADA:

- zaštita zdravlja korisnika zgrade, stvaranjem pretpostavki za ugodnu odnosno čovjeku promjerenu mikroklimu u prostoru zgrade,
- zaštita elemenata zgrade od građevinskih šteta uslijed djelovanja vlage i topline,
- smanjenje potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade (racionalna uporaba energije),
- doprinos smanjenju opterećenja okoliša stakleničkim i drugim štetnim plinovima.

TOPLINSKA PROVODLJIVOST GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

KOEFICIJENT TOPLINSKE PROVODLJIVOSTI λ [W/mK]

služi kao mjera toplinske vodljivosti

$$\lambda = q \cdot d / \Delta T \text{ [W/mK]}$$

q = gustoća toplinskog toka (W/m²)

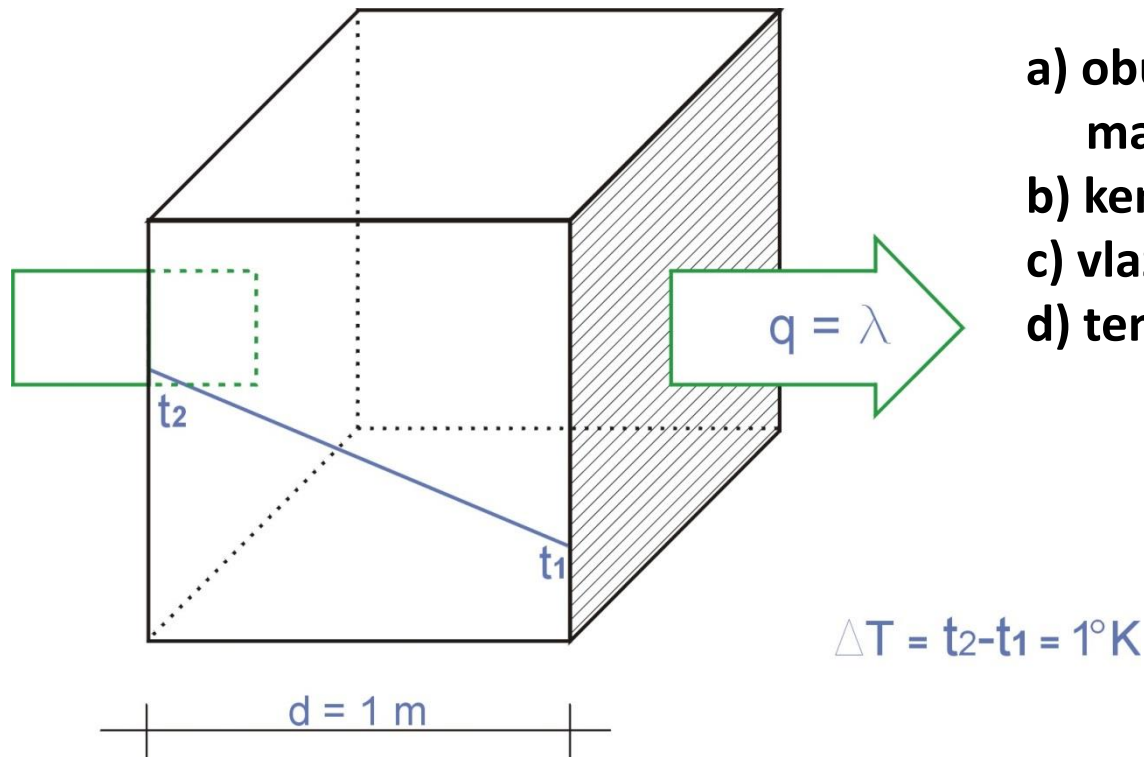
d = debljina materijala (m)

ΔT = razlika u temperaturi (°K)

ako je : $d=1$ i $t_2-t_1 = \Delta T = 1^\circ\text{K}$ tada je $\lambda = q$

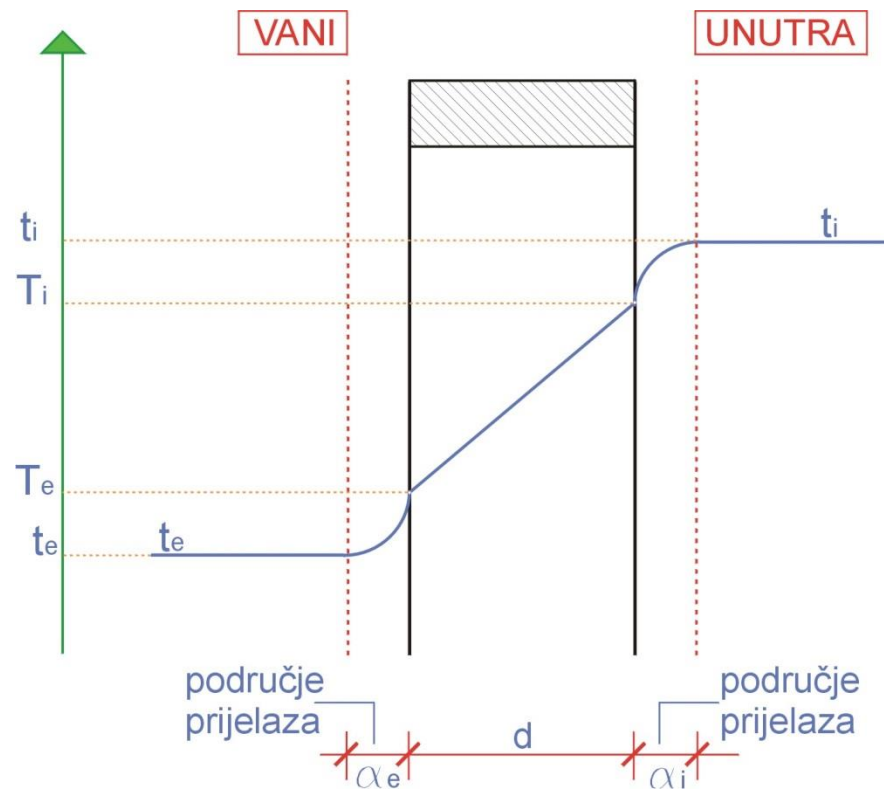
Vrijednost koeficijenta toplinske provodljivosti (λ) je vrlo promjenljiva čak i za isti materijal, a ovisi o :

- a) obujamskoj masi tj. poroznosti materijala**
- b) kemijskom sastavu materijala**
- c) vlažnosti materijala**
- d) temperaturi materijala**



TOPLINSKA IZOLACIJA GRAĐEVINSKIH ELEMENATA

PRENOŠENJE TOPLINE KROZ OBODNE GRAĐEVINSKE ELEMENTE



α_i = koeficijent unutarnjeg prijelaza topline = količina topline koja u jedinici vremena prijeđe sa zraka u prostoriji na jedinicu površine građevinskog elementa pri jediničnoj razlici temperature zraka i površine elementa kada je postignuto stacionarno stanje. $[W/m^2K]$

$$1/\alpha_i = R_i \quad R_i = \text{otpor unutarnjeg prijelaza topline}$$

$$\Lambda = \lambda/d = \text{koeficijent toplinske propustljivosti} \quad [W/m^2K]$$

$$1/\Lambda = d/\lambda = R \quad R = \text{otpor toplinskoj propustljivosti ili toplinski otpor} \quad [m^2K/W]$$

Λ = količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz jedinicu površine građevinskog elementa pri jediničnoj razlici temperatura graničnih površina elementa, kada je postignuto stacionarno stanje.

α_e = koeficijent vanjskog prijelaza topline = količina topline koja u jedinici vremena prijeđe s jedinice vanjske površine građevinskog elementa na vanjski zrak pri jediničnoj razlici temperatura, kada je postignuto stacionarno stanje.

$$1/\alpha_e = R_e$$

$$R_e = \text{otpor vanjskog prijelaza topline} \quad [m^2K/W]$$

KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE GRAĐEVINSKIH ELEMENATA “U”

(PO STARIM PROPISIMA : KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE “k”)

Toplinska zaštita elemenata zgrade (zid, strop, krov,...) karakterizira se koeficijentom prolaska topline U [W/(m²K)].

U = količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz jedinicu površine građevinskog elementa pri jediničnoj razlici temperatura zraka sa obje strane elementa, kada je postignuto stacionarno stanje.

Mjerna jedinica : [W/(m²K)]

Određivanje koeficijenata prolaska topline, U

TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA NN 128/15 (TPRUETZZ)

Koeficijenti prolaska topline, U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$], određuju se:

- za neprozirne građevne dijelove prema HRN EN ISO 6946:2008, s tim da se za građevne dijelove koji graniče s tlom uzima da je $R_e = 0$
- za prozore i balkonska vrata prema HRN EN ISO 10077-1:2002, ili prema tehničkim specifikacijama za proizvode, odnosno mjerenjem prema HRN EN ISO 12567-1:2002;
- za ostakljenje prema HRN EN 673:2003, ili prema tehničkim specifikacijama za proizvode.

NAČINI IZRAČUNA KOEFICIJENTA PROLASKA TOPLINE “U”

1. za homogene građevinske elemente

$$\frac{1}{1/\alpha_i + d/\lambda + 1/\alpha_e}$$

2. za višeslojne građevinske elemente

$$\frac{1}{1/\alpha_i + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/\lambda_n + 1/\alpha_e}$$

3. građevinski elementi sa zatvorenim slojem zraka

$$\frac{1}{1/\alpha_i + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + R_z + d_n/\lambda_n + 1/\alpha_e}$$

4. heterogeni građevinski elementi

d = debljina pojedinog sloja (u metrima)

α_i = koeficijent unutarnjeg prijelaza topline (W/m²K)

α_e = koeficijent vanjskog prijelaza topline (W/m²K)

λ = koeficijent toplinske provodljivosti (W/m K)

R_z = toplinski otpor zatvorenog zračnog sloja (m²K/W)

POLOŽAJ ZATVORENOG SLOJA ZRAKA I SMJER TOPLINSKOG TOKA	faktor e	RAČUNSKE VRIJEDNOSTI TOPLINSKOG OTPORA R_z ZATVORENOG SLOJA ZRAKA U m^2K/W ZA SLOJ ZRAKA DEBLJINE U cm									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HORIZONTALNI SLOJ ZRAKA – UZLAZNI TOPLINSKI TOK	0,05	0,29	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,37	0,39	0,40	0,40
	0,11	0,26	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35
	0,20	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29
	0,82	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
HORIZONTALNI SLOJ ZRAKA – SILAZNI TOPLINSKI TOK	0,05	0,36	0,65	0,86	1,03	1,15	1,25	1,27	1,40	1,48	1,50
	0,11	0,32	0,54	0,68	0,77	0,83	0,90	0,93	0,98	1,00	1,01
	0,20	0,28	0,42	0,50	0,56	0,60	0,61	0,62	0,62	0,62	0,62
	0,82	0,14	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20
VERTIKALNI SLOJ ZRAKA DULJINE DO 3 metra	0,05	0,36	0,55	0,53	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	0,11	0,32	0,46	0,45	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
	0,20	0,27	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	0,82	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$]

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/2015)

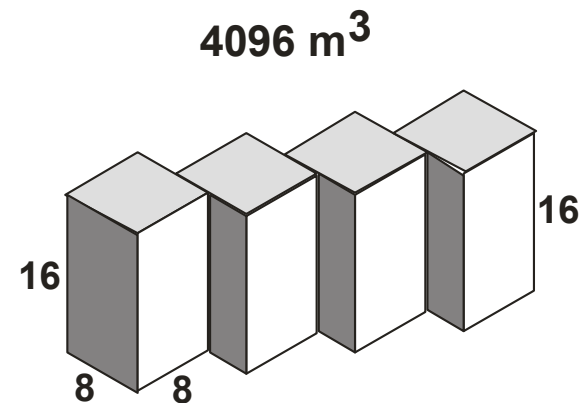
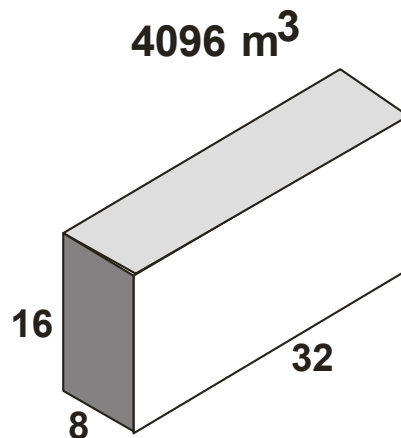
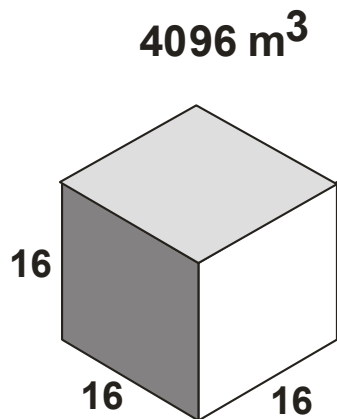
Tablica 1. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], građevnih dijelova novih zgrada, i nakon rekonstrukcije postojećih zgrada

Redni broj	Građevni dio	U [$W/(m^2 \cdot K)$]			
		$\theta_{int,ext,H} \geq 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$12^{\circ}\text{C} < \theta_{int,ext,H} < 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$	
		$\theta_{e,avg,ext} \leq 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{e,avg,ext} > 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{e,avg,ext} \leq 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\theta_{e,avg,ext} > 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
1.	Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, zidovi prema provjetravanom tavanu	0,30	0,45	0,50	0,60
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, ostali prozirni elementi ovojnice zgrade	1,60	1,80	2,50	2,80
3.	Ostakljeni dio prozora, balkonskih vrata, krovnih prozora, prozirnih elemenata ovojnice zgrade (U)	1,10	1,40	1,40	1,40
4.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0,25	0,30	0,40	0,50
5.	Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,25	0,30	0,40	0,50
6.	Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0,40	0,60	0,90	1,20
7.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	0,40 ¹⁾	0,50 ¹⁾	0,65 ¹⁾	0,80 ¹⁾
8.	Vanjska vrata, vrata prema negrijanom stubištu, s neprozirnim vratnim krilom i ostakljene pregrade prema negrijanom ili provjetravanom prostoru	2,00	2,40	2,90	2,90
9.	Stjenke kutija za rolete	0,60	0,80	0,80	0,80
10.	Stropovi i zidovi između stanova ili između različitih grijanih posebnih dijelova zgrade (poslovnih prostora i sl.)	0,60	0,80	1,20	1,20
11.	Kupole i svjetlosne trake	2,5	2,5	2,5	2,5
12.	Vjetrobrani, promatrano u smjeru otvaranja vrata	3,0	3,0	3,0	3,0

Odnos volumena neke zgrade i površine njenog omotača može imati bitnu ulogu u količini potrošene energije potrebne za zagrijavanje zgrade.

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama utvrđuje faktor oblika zgrade $f_o = A/V_e$ (m^{-1}). To je omjer oplošja A (m^2) i obujma V_e (m^3) grijanog dijela zgrade.

VOLUMEN ZGRADE



POVRŠINA OMOTAČA ZGRADE

1536 m²

$f_o = 0,375$

1792 m²

$f_o = 0,437$

2176 m²

$f_o = 0,531$

Zgrade razvedenih oblika mogu imati i do 35 % veću površinu omotača zgrade od zgrada pravilnih geometrijskih oblika. Razvedene zgrade troše više energije potrebne za zagrijavanje, pa moraju imati kvalitetniji omotač u toplinskom smislu.

Tehnički zahtjevi za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama utvrđuju se:

1. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, odnosno po jedinici obujma grijanog dijela zgrade,
2. najvećom dopuštenom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade,
3. najvećim dopuštenim koeficijentom transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici ploštine ovojnice grijanog dijela zgrade,
4. sprječavanjem pregrijavanja prostorija zgrade zbog djelovanja sunčeva zračenja tijekom ljeta,
5. dopuštenom zrakopropusnosti ovojnice zgrade,
6. najvećim dopuštenim koeficijentima prolaska topline pojedinih građevnih dijelova ovojnice grijanog dijela zgrade i pojedinih građevnih dijelova između grijanih dijelova zgrade različitih korisnika,
7. smanjenjem utjecaja toplinskih mostova,
8. najvećom dopuštenom kondenzacijom vodene pare unutar građevnog dijela zgrade,
9. sprječavanjem površinske kondenzacije vodene pare,
10. učinkovitošću tehničkog sustava grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode,
11. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom energijom za rasvjetu zgrade, osim obiteljskih stambenih zgrada s jednim stanom i višestambenih zgrada,
12. razredom učinkovitosti sustava automatizacije i upravljanja zgrade,
13. udjelom obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji primarne energije, ako ovim Propisom nije drukčije određeno.

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 97/2014)

Tehnički zahtjev za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade utvrđuje se najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q'_{H,nd}$ [$kWh/(m^2 \cdot a)$] odnosno

najvećom dopuštenom ,godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, $Q'_{H,nd}$ [$(kWh/(m^3 \cdot a))$] te

najvećom dopuštenom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade E_{prim} [$kWh/(m^2 \cdot a)$] na temelju troškovno optimalnih razina.

Zahtjevi za zgrade grijane i/ili hladjene na temperaturu 18 °C ili više

Tehnički zahtjev za racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu zgrade utvrđuje se:

najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela grade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²·a)]

i najvećom dopuštenom godišnjom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade E_{prim} [kWh/(m²·a)] na temelju troškovno optimalnih razina.

(1) Stambena zgrada (višestambena zgrada ili obiteljska kuća) i nestambena zgrada ovisno o vrsti, mora biti projektirana i izgrađena na način da:

- godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade, $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²·a)], nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tablici 8. iz Priloga B ovoga propisa;
- godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade E_{prim} [kWh/(m²·a)], koja uključuje energije navedene u Tablici 8.a te nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tablici 8. iz Priloga B ovoga propisa za nove zgrade.

(2) Stambena zgrada i nestambena zgrada gotovo nulte energije, jest zgrada kod koje:

- godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade, $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m²·a)], nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tablici 8. iz Priloga B ovoga propisa;
- godišnja primarna energija po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade E_{prim} [kWh/(m²·a)], koja uključuje energije navedene u Tablici 8.a te nije veća od dopuštenih vrijednosti utvrđenih u Tablici 8. iz Priloga B ovoga propisa za zgrade gotovo nulte energije.

Uvjeti koje treba zadovoljiti u projektiranju gotovo nula energetskih zgrada G0EZ (nZEB)

- potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd} / m^2$ i niska primarna energija E_{prim} / m^2
- niska zrakopropusnost
- udio OIE > 30%



TPRUETZZ NN 128/15, PRILOG B, tablica 8 – definira dopuštene vrijednosti $Q_{H,nd} / m^2$ i E_{prim} / m^2

Tablica 8. Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade grijane i/ili hlađene na temperaturu 18 °C ili više

ZAHTEJEVI ZA NOVE ZGRADE i G0EZ	$Q''_{H,nd} [kWh/(m^2 \cdot a)]$						$E_{prim} [kWh/(m^2 \cdot a)]$				$E_{del} [kWh/(m^2 \cdot a)]$	
	NOVA ZGRADA i G0EZ						NOVA		G0EZ		NOVA	
	kontinent, $\theta_{mm} \leq 3 \text{ °C}$			primorje, $\theta_{mm} > 3 \text{ °C}$			kont $\theta_{mm} \leq 3 \text{ °C}$	prim $\theta_{mm} > 3 \text{ °C}$	kont $\theta_{mm} \leq 3 \text{ °C}$	prim $\theta_{mm} > 3 \text{ °C}$	kont $\theta_{mm} \leq 3 \text{ °C}$	prim $\theta_{mm} > 3 \text{ °C}$
KATEGORIJA ZGRADE	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$						
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50	80	60
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35	80	50
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25	40	40
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55	60	60
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250	220	220
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70	90	50
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150	290	110
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150	290	170
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/	80	60

Tablica 8. – Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije zgrade grijane i/ili hladene na temperaturu 18 °C ili više

NN 70/2018

ZAHTEVI ZA NOVE ZGRADE i G0EZ	$Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² ·a)]						E_{prim} [kWh/(m ² ·a)]			
	NOVA ZGRADA i G0EZ						NOVA		G0EZ	
VRSTA ZGRADE	kontinent, $\theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\theta_{mm} > 3$ °C			kont $\theta_m \leq 3$ °C	prim $\theta_{mm} > 3$ °C	kont $\theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\theta_{mm} > 3$ °C
	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$	$f_0 \leq 0,20$	$0,20 < f_0 < 1,05$	$f_0 \geq 1,05$				
Višestambena	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	120	90	80	50
Obiteljska kuća	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$17,16 + 38,42 \cdot f_0$	57,50	115	70	45	35
Uredska	16,94	$8,82 + 40,58 \cdot f_0$	51,43	16,19	$11,21 + 24,89 \cdot f_0$	37,34	70	70	35	25
Obrazovna	11,98	$3,86 + 40,58 \cdot f_0$	46,48	9,95	$4,97 + 24,91 \cdot f_0$	31,13	65	60	55	55
Bolnica	18,72	$10,61 + 40,58 \cdot f_0$	53,21	46,44	$41,46 + 24,89 \cdot f_0$	67,60	300	300	250	250
Hotel i restoran	35,48	$27,37 + 40,58 \cdot f_0$	69,98	11,50	$6,52 + 24,89 \cdot f_0$	32,65	130	80	90	70
Sportska dvorana	96,39	$88,28 + 40,58 \cdot f_0$	130,89	37,64	$32,66 + 24,91 \cdot f_0$	58,82	400	170	210	150
Trgovina	48,91	$40,79 + 40,58 \cdot f_0$	83,40	13,90	$8,92 + 24,91 \cdot f_0$	35,08	450	280	170	150
Ostale nestambene	40,50	$32,39 + 40,58 \cdot f_0$	75,00	24,84	$19,86 + 24,89 \cdot f_0$	45,99	150	100	/	/



Značenje pojedinih pojmova u TPRUETZZ

Zgrada gotovo nulte energije jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva. Ta gotovo nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi na zgradi ili u njezinoj blizini, a za koju su zahtjevi utvrđeni ovim propisom.

Od 31. prosinca 2020. sve nove zgrade moraju biti »zgrade gotovo nulte energije«; a nakon 31. prosinca 2018. nove zgrade koje kao vlasnici koriste tijela javne vlasti moraju biti »zgrade gotovo nulte energije«.

Energija iz obnovljivih izvora jest energija iz obnovljivih nefosilnih izvora, tj. energija vjetra, sunčeva energija, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna energija i energija mora, hidroenergija, biomasa, deponijski plin, plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda i bioplinovi.

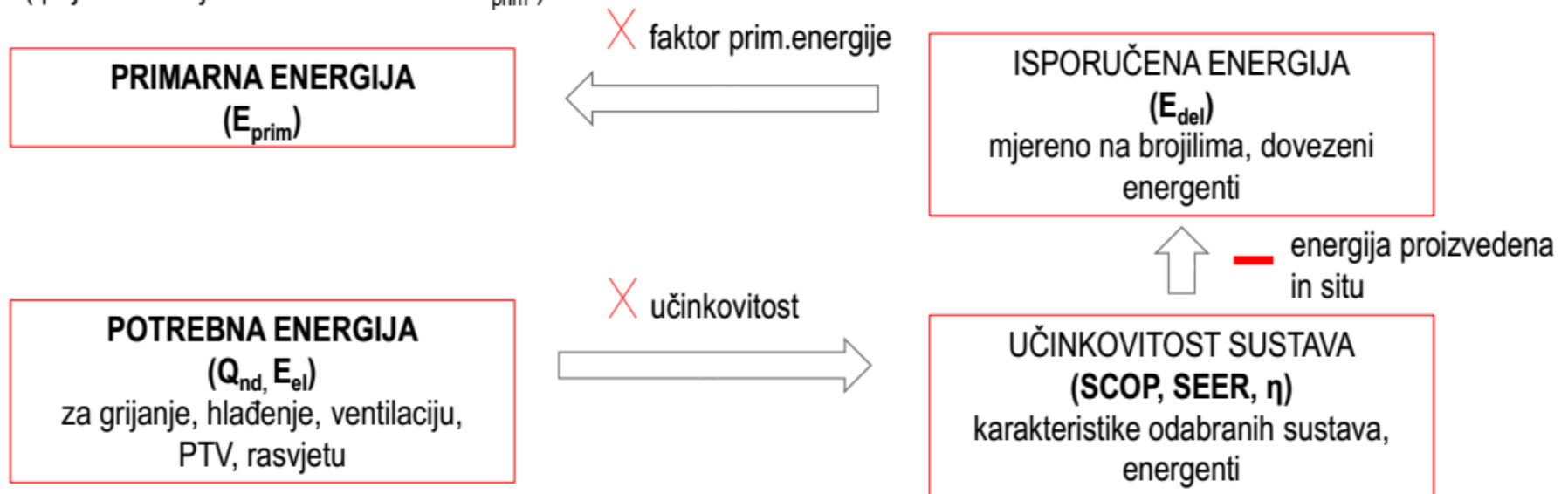
Oplošje grijanog dijela zgrade, A (m²), jest ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade.

Primarna energija jest energija iz obnovljivih i neobnovljivih izvora koja nije podvrgnuta niti jednom postupku pretvorbe;

U primarnu energiju za podmirenje energetske potrebe zgrade se uračunava sva energija potrebna za rad sustava zgrade - grijanje, hlađenje, ventilacija, PTV, rasvjeta

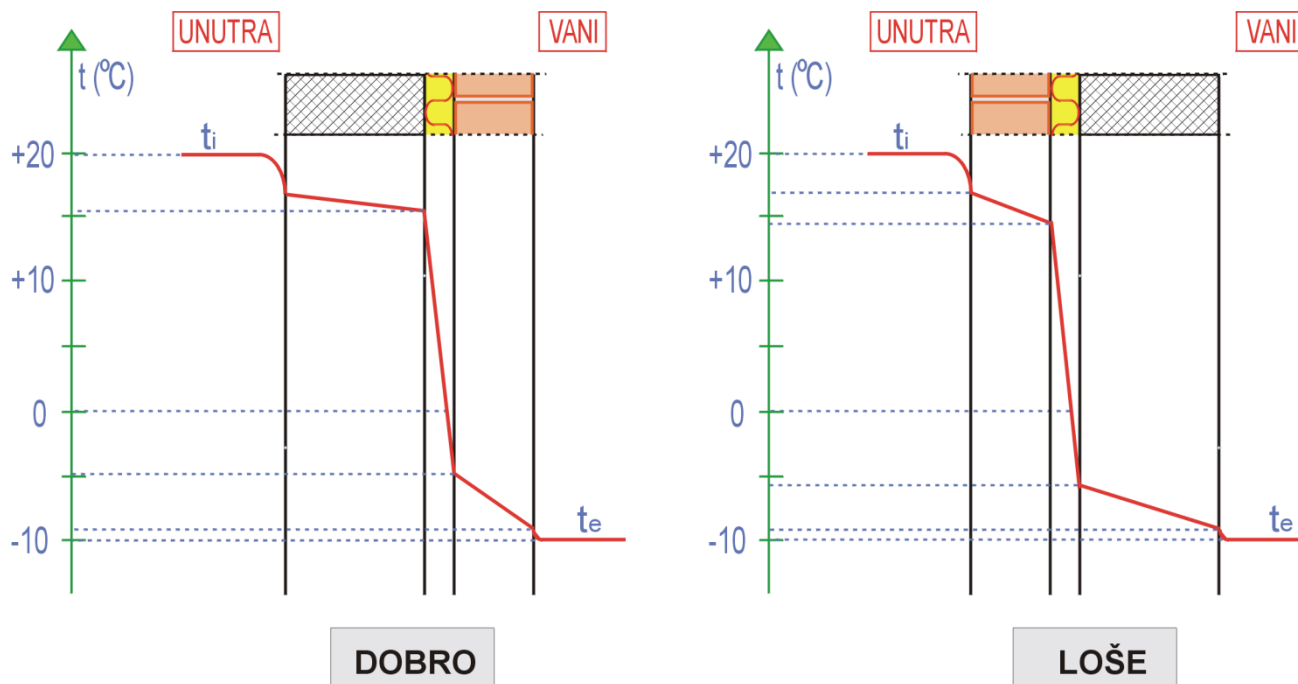
Prikaz pojednostavljenog načina izračuna primarne energije

(pojednostavljena shema izračuna E_{prim})



TEMPERATURNNA KRIVULJA

Ako u crtežu presjeka građevinskog elementa u nekom mjerilu nanesimo proračunate temperature na granicama pojedinih slojeva i spojimo ih pravcima dobit ćemo **temperaturnu krivulju**. Ta krivulja pokazuje temperaturu svake točke presjeka elementa za stacionarni toplinski tijek.

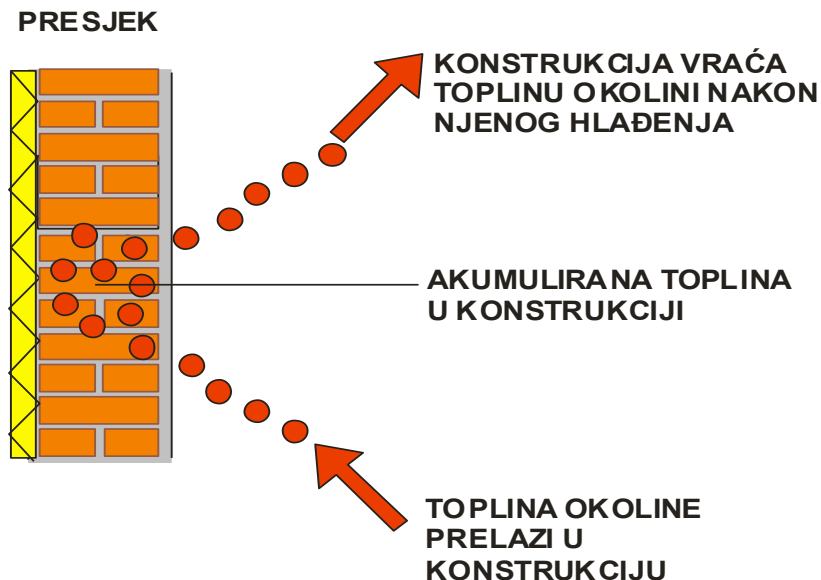


AKUMULACIJA TOPLINE ELEMENATA ZGRADE

Akumulacija topline je svojstvo građevinskih materijala da mogu prihvatiti dovedenu im toplotu, u sebi je akumulirati (sačuvati) i kod hlađenja okoline ponovo je predavati okolini.

Ova karakteristika vrlo je bitna u zgradama tijekom zimskog perioda kada grijanje ne radi kontinuirano cijeli dan, već se u pravilu prekida preko noći. Akumulirana toplotna energija omogućuje da se temperatura u prostorijama bitno ne smanji tijekom noći.

Količina toplotne energije koja se akumulira u građevinskom elementu ovisi najviše o razlici temperatura elementa i okolnog zraka, te o specifičnom toplinskom kapacitetu i masi elementa.



W = koeficijent akumulacije topline = količina topline koju građevinski element akumulira po jedinici površine, za jediničnu razliku temperatura unutarnjeg i vanjskog zraka, kada je postignuto stacionarno stanje.

$$W = U [d_1 \cdot G_1 \cdot c_1 (1/\alpha_e + d_1/2\lambda_1) + d_2 \cdot G_2 \cdot c_2 (1/\alpha_e + d_1/\lambda_1 + d_2/2\lambda_2) + \dots + d_n \cdot G_n \cdot c_n (1/\alpha_e + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \dots + d_n/2\lambda_n)] \text{ (kJ/m}^2\text{K)}$$

d = debljina pojedinog sloja (u metrima)

G = specifična težina (kg/m³)

c = specifični toplinski kapacitet (J/kg K)

λ = koeficijent toplinske provodljivosti (W/m K)

Da bi se ostvarili što bolji preduvjeti za akumulaciju topline potrebno je materijale sa većom specifičnom težinom u višeslojnim pregradama postaviti sa unutrašnje tople strane. To znači da se toplinsku izolaciju obodnih konstrukcija uvijek treba postavljati sa vanjske strane.

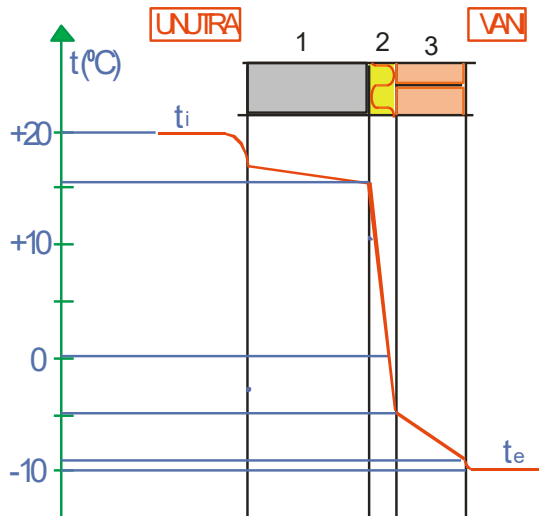
Ovaj način postave toplinske izolacije u zgradama nužno je ostvariti jer nepostojanje akumulirane topline u obodnim konstrukcijama loše se odražava na ostvarivanje toplinskog komfora i racionalnu potrošnju energije.

Primjeri zidova sa približno jednakim koeficijentima prolaska topline “U” , ali sa bitno različitim koeficijentima akumulacije topline W (kJ/m²K).

A

$$U=0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$W=425,4 \text{ kJ/m}^2\text{K}$$

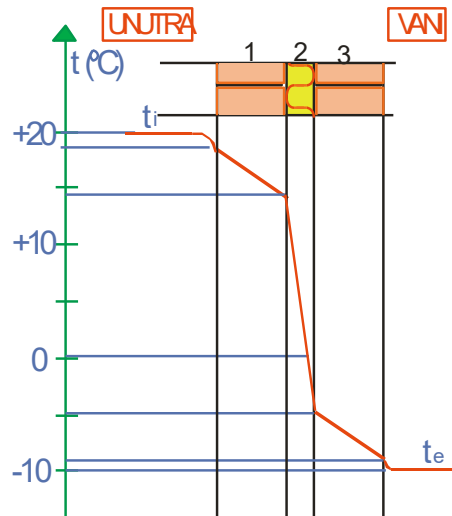


MASIVNA AB
KONSTRUKCIJA
DOPRINOSI DOBROJ
AKUMULACIJI
TOPLINE

B

$$U=0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$W=127,2 \text{ kJ/m}^2\text{K}$$

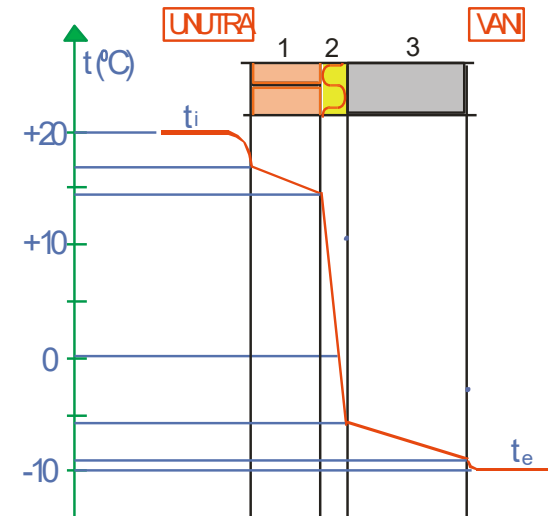


AKUMULACIJA TOPLINE
JE SMANJENA ZBOG MALE
MASE KONSTRUKCIJE SA
UNUTRAŠNJE STRANE
PREGRADE

C

$$U=0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$W=138,9 \text{ kJ/m}^2\text{K}$$



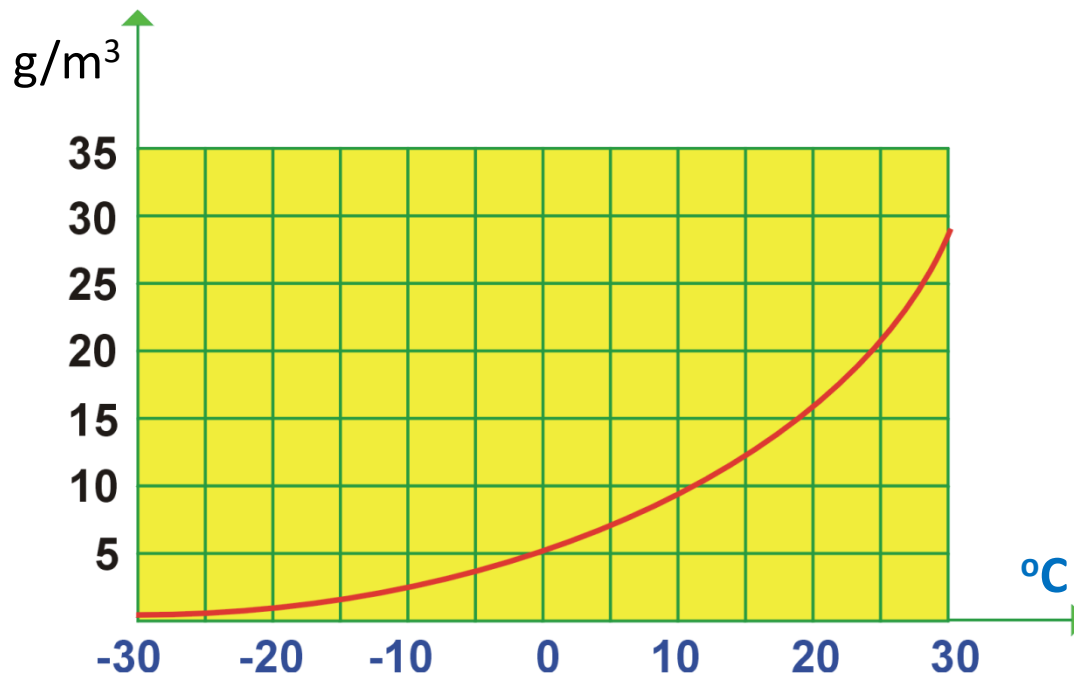
AKUMULACIJA TOPLINE
JE SMANJENA ZBOG MALE
MASE KONSTRUKCIJE SA
UNUTRAŠNJE STRANE
PREGRADE

SVOJSTVA VLAŽNOG ZRAKA

Zrak uvijek sadrži određenu količinu vodene pare.

Količina vodene pare u zraku ograničena je, a ovisi o njegovoj temperaturi.

Što je veća temperatura zraka to on može primiti veću količinu vlage.



**NAJVEĆI MOGUĆI
SADRŽAJ VODENE
PARE U ZRAKU U
OVISNOSTI O
TEMPERATURI ZRAKA**



**KONDENZACIJA
VODENE
PARE**



Zasićen zrak - ima najveću moguću količinu vlage.

Masa vodene pare u jedinici volumena zraka (m^3) zove se apsolutna vlaga

Omjer apsolutne vlage i najveće moguće količine vlage koju bi zrak, pri istoj temperaturi i tlaku, sadržavao, kada bi bio potpuno zasićen, zove se relativna vlaga zraka = v (%).

Spuštanjem temperature zraka dolazi do temperature pri kojoj vlažan zrak postaje zasićen $\Rightarrow$ hlađenje $\Rightarrow$ suvišak vlage se kondenzira.

t_s = temperatura rosišta

$v = 100 \%$

Prisustvo vodene pare u zraku može se odrediti i njenim tlakom. Tlak vodene pare u zraku zove se parcijalni tlak vodene pare (**p**).

Najveća moguća vrijednost parcijalnog tlaka vodene pare u zraku određene temperature zove se tlak zasićenja (**p'**).

Relativna vlaga zraka može se definirati i kao odnos parcijalnog tlaka vodene pare (**p**) promatranog vlažnog zraka prema tlaku zasićenja (**p'**) pri određenoj temperaturi zraka.

$$v = p/p' \text{ (\%)}$$

KONDENZACIJA VODENE PARE NA UNUTRAŠNJOJ STRANI GRAĐEVINSKOG ELEMENTA

Do kondenzacije dolazi uvijek kada je temperatura te površine manja od temperature rosišta zraka koji je dodiruje. Da bi se to spriječilo građevinski element mora imati dovoljno veliku vrijednost otpora prolazu topline R_o .

Za sprečavanje kondenzacije treba zadovoljiti :

$$t_s < t_i - [(t_i - t_e)/R_o] * R_i$$

odnosno :

$$R_o > [(t_i - t_e)/(t_i - t_s)] * R_i$$

t_s = temperatura rosišta

R_o = toplinski otpor građevinskog elementa

Ako nas zanima temperatura vanjskog zraka kod koje dolazi do kondenzacije vodene pare na unutrašnjoj strani građevinskog elementa poznatog otpora prolazu topline R_o može se izračunati :

$$t_e < t_i - [(t_i - t_s)/R_i] * R_o$$

KONDENZACIJA VODENE PARE NA UNUTRAŠNJOJ STRANI GRAĐEVINSKOG ELEMENTA



DIFUZIJA VODENE PARE KROZ GRAĐEVINSKE ELEMENTE

Ako je u mirnom zraku koncentracija vodene pare nejednolika, dolazi do kretanja molekula vodene pare s mjesta veće koncentracije ka mjestu manje koncentracije, s težnjom da koncentracija na svim mjestima bude jednaka.

Ta pojava zove se difuzija vodene pare.

Vodena para će prolaziti kroz svaki porozni građevinski element koji odjeljuje dva prostora s različitim parcijalnim tlakovima vodene pare.

Difuzija će se odvijati iz prostora s većim parcijalnim tlakom vodene pare prema prostoru s manjim tlakom.

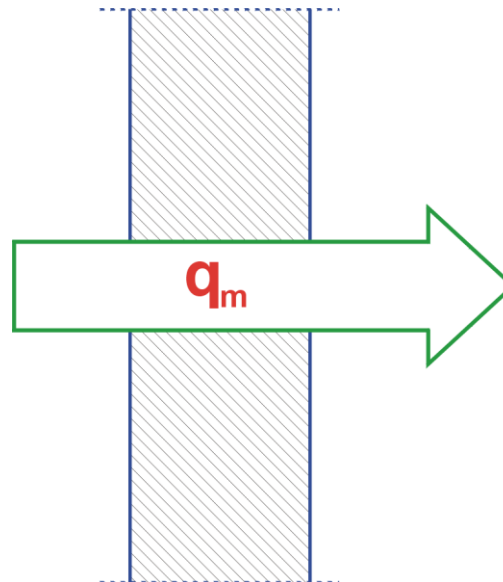
DIFUZIJA VODENE PARE KROZ GRAĐEVINSKI ELEMENT

$$t_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$v_i = 50 \%$$

$$p'_i = 2,337 \text{ kPa}$$

$$p_i = 0,5 * 2,337 = 1,169 \text{ kPa}$$



$$t_e = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$v_e = 90 \%$$

$$p'_e = 0,401 \text{ kPa}$$

$$p_e = 0,9 * 0,401 = 0,361 \text{ kPa}$$

Svaki građevinski element, u ovisnosti od strukture materijala, pruža određen i otpor difuziji vodene pare.

Vodena para vrlo se sporo kreće kroz građevinske elemente

q_m = gustoća difuznog toka vodene pare

$$q_m = 0,62 * \frac{p_i - p_e}{d_1\mu_1 + d_2\mu_2 + \dots} \quad [\text{g}/(\text{m}^2\text{h})] - \text{opći izraz}$$

μ = faktor otpora difuziji vodene pare kroz građevinski element

Faktor μ pokazuje koliko puta je veći otpor difuznom prolazu vodene pare, kroz promatrani građevinski element, nego kroz sloj mirnog zraka jednake debljine i jednake temperature.

μ = karakteristika materijala, a ovisi najviše o poroznosti

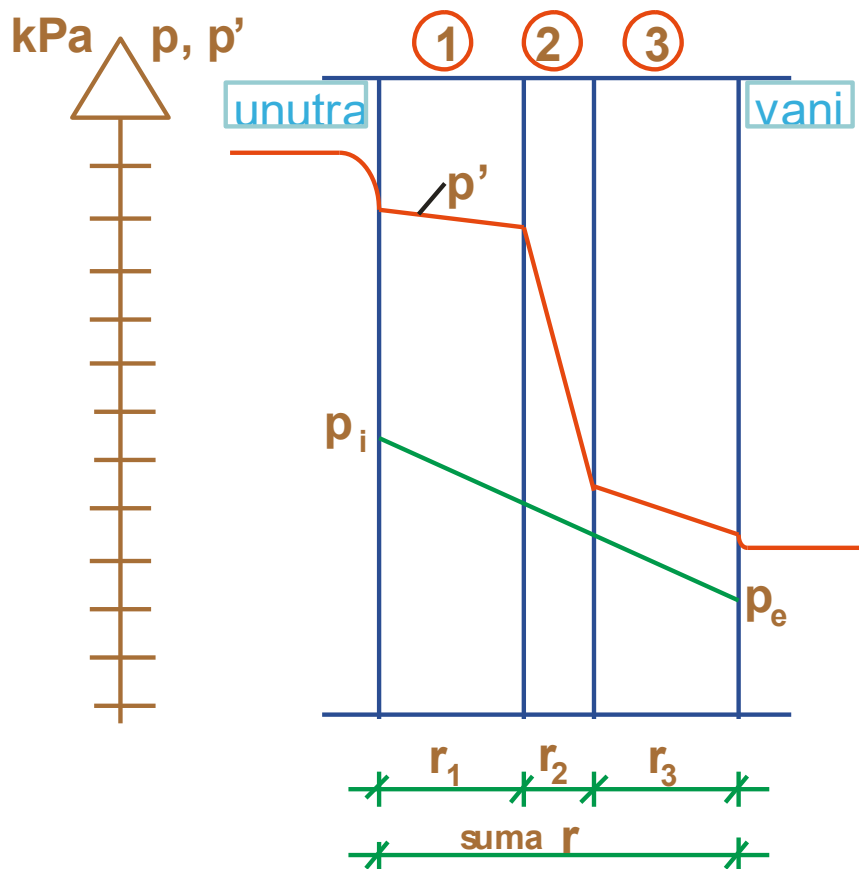
μ za zrak je jednako 1,0

$$d * \mu = r$$

r = relativni otpor difuziji vodene pare
pojedinog sloja građevinskog elementa (m)

d = debljina građevinskog materijala (m)

KARAKTERISTIČNE SCHEME DIFUZIJE VODENE PARE PO
PRIBLIŽNOJ GLASEROVOJ METODI

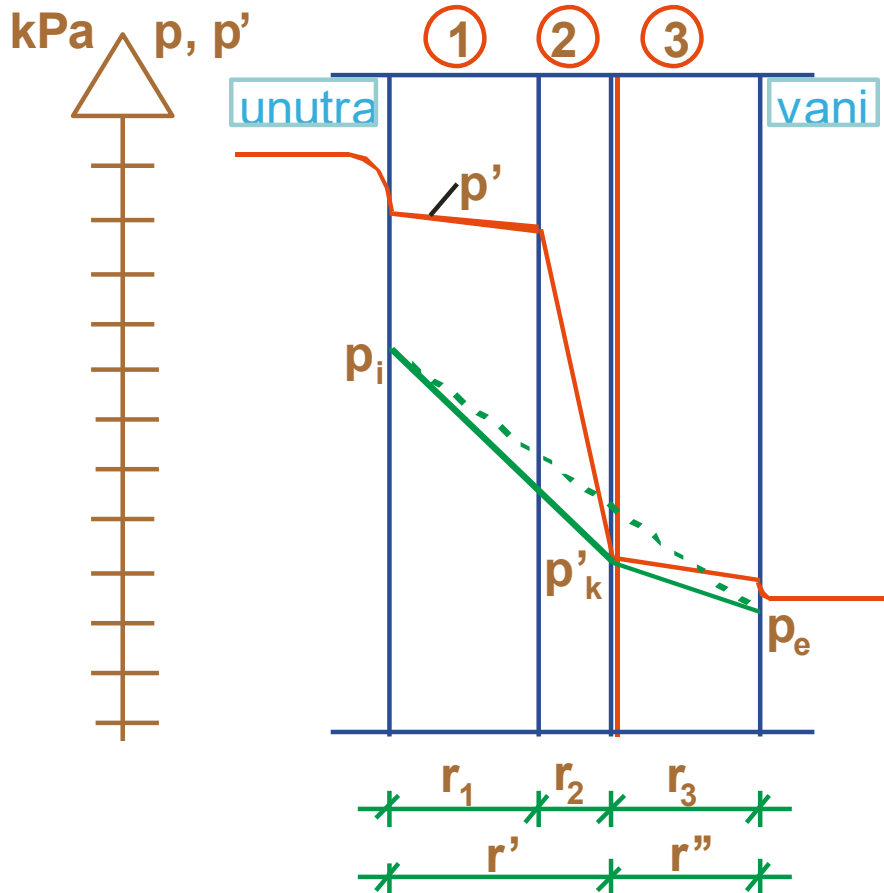


p = parcijalni tlak vodene pare

p' = tlak zasićenja vodene pare

**A - NE DOLAZI DO KONDENZACIJE
VODENE PARE**

KARAKTERISTIČNE SCHEME DIFUZIJE VODENE PARE PO
PRIBLIŽNOJ GLASEROVOJ METODI

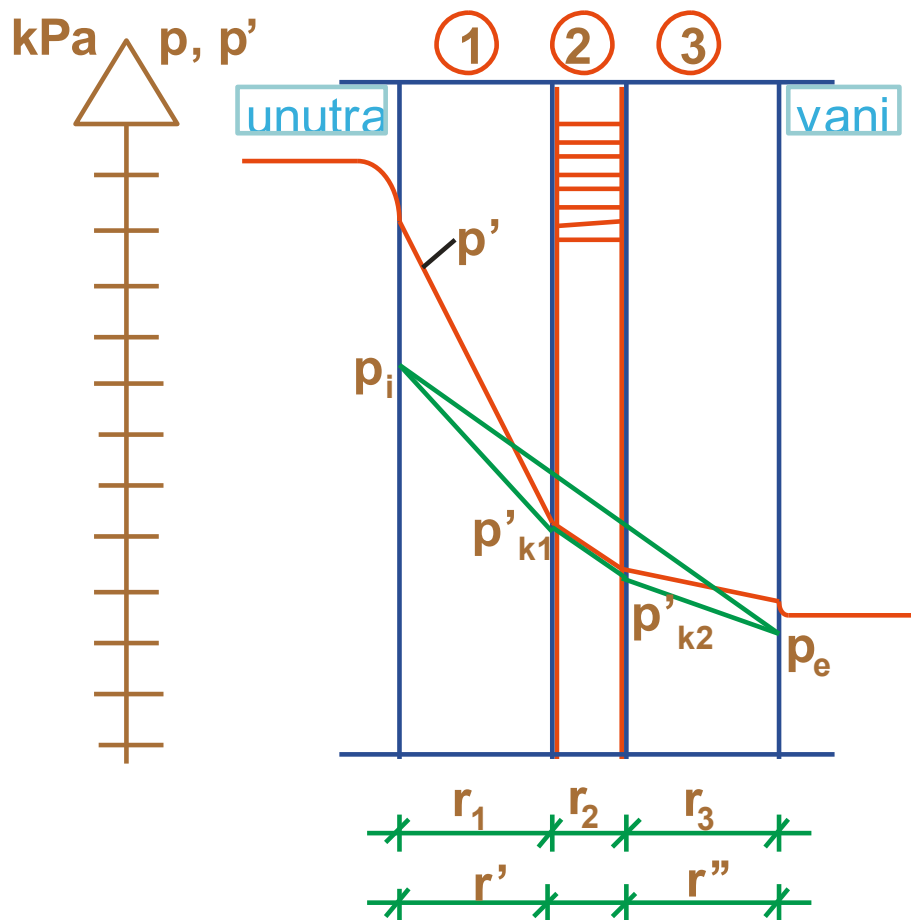


p = parcijalni tlak vodene pare

p' = tlak zasićenja vodene pare

**B - KONDENZACIJA VODENE PARE
U RAVNINI KONDENZACIJE**

KARAKTERISTIČNE SCHEME DIFUZIJE VODENE PARE PO
PRIBLIŽNOJ GLASEROVOJ METODI



p = parcijalni tlak vodene pare

p' = tlak zasićenja vodene pare

**C - KONDENZACIJA VODENE PARE
U ZONI KONDENZACIJE**

Za slučaj **B** (ravnina kondenzacije) vrijedi jednačba za gustoću difuzijskog toka koji ulazi u građevinski element :

$$q_{m1} = 0,62 \frac{p_i - p'_k}{r'}$$

a gustoća difuznog toka koji izlazi iz građevinskog elementa je :

$$q_{m2} = 0,62 \frac{p'_k - p_e}{r''}$$

Za slučaj **C** (zona kondenzacije) vrijedi :

$$q_{m1} = 0,62 \frac{p_i - p'_{k1}}{r'}$$

$$q_{m2} = 0,62 \frac{p'_{k2} - p_e}{r''}$$

Kondenzirana vodena para q'_m u ($\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) koja ostaje u građevinskom elementu računa se jednadžbom :

$$q'_m = q_{m1} - q_{m2} \quad (\text{g}/\text{m}^2\text{h})$$

Proračun ukupne količine kondenzata unutar građevinskog elementa na završetku perioda difuzije vodene pare :

$$q'_{mz} = q'_m * 24 * d \quad (\text{g}/\text{m}^2)$$

d = računski broj zimskih dana

MJERE ZA POVEĆANJE UČINKOVITOSTI TOPLINSKE ZAŠTITE ZGRADA

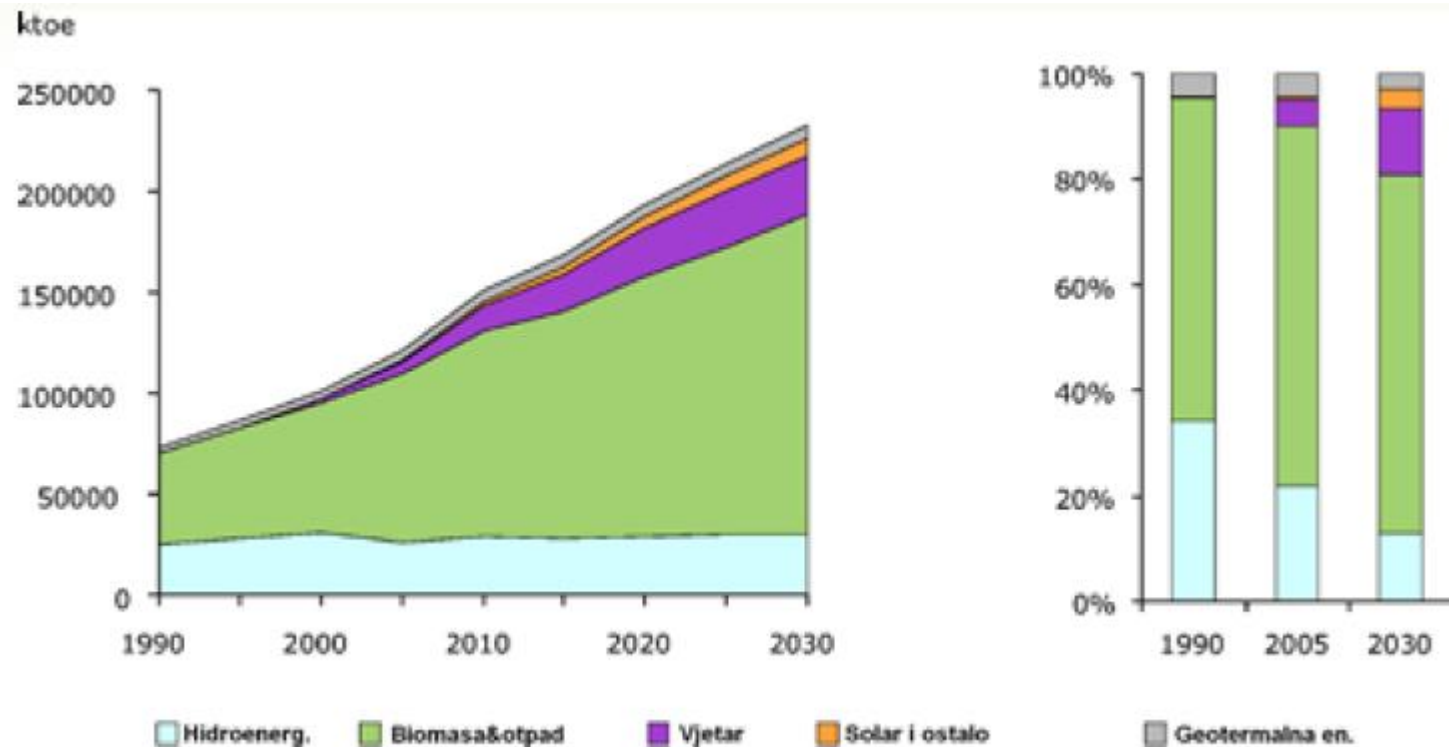
- **energijski povoljno oblikovanje zgrade tj. na način da odnos oplošja i obujma grijanog dijela zgrade bude što manji (manji faktor oblika),**
- **povećanje toplinske izolacije građevnih dijelova zgrade koji su dio toplinske ovojnice zgrade, uključivo toplinske mostove,**
- **sprječavanje navlaženja građevnih dijelova zgrade uslijed kondenzacije vodene pare (na površini ili unutar građevnog dijela), uslijed oborinske vode te uslijed vlage iz tla,**
- **optimiranje sposobnosti akumulacije topline u skladu s namjenom prostora zgrade i predviđenim sustavom grijanja,**
- **povećanje zrakotjesnosti građevnih dijelova zgrade i mjesta njihovih priključaka (spojnica), u skladu s dosegnutim stupnjem razvoja tehnike i tehnologije,**
- **ograničenje ventilacije prostora zgrade na potrebe usklađene s namjenom zgrade i propisanim zahtjevima.**

UPORABA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

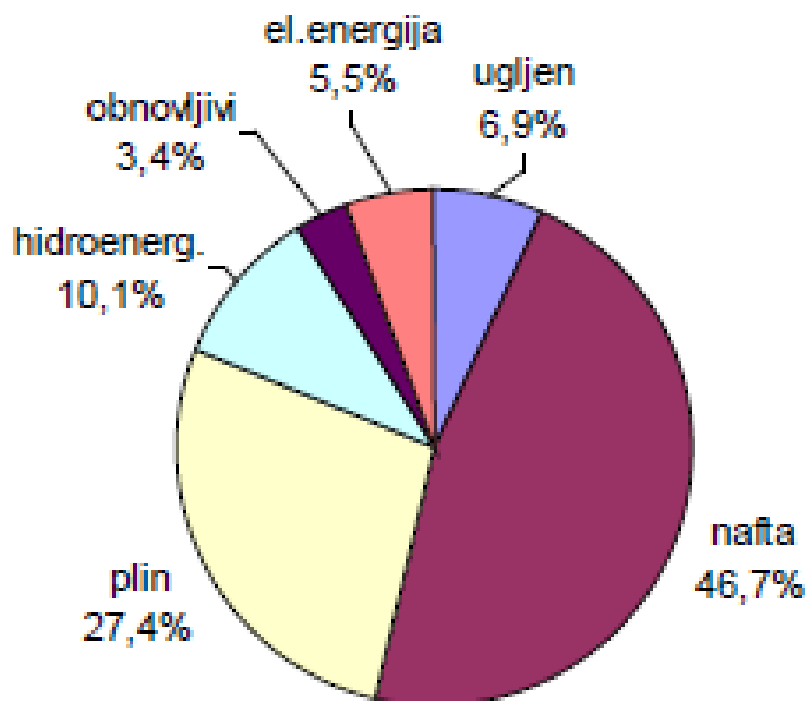
Obnovljivi izvori energije ekološki su čisti. Njihovom uporabom ni najmanje se ne zagađuje čovjekov okoliš. Najznačajniji izvori su:

- energija sunca
- energija vjetra
- hidroenergija
- biomasa
- energija valova
- energija morskih struja
- toplinska energija oceana
- energija plime i oseke
- geotermalna energija





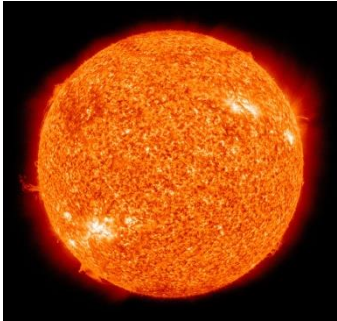
Korištenje pojedinih vrsta obnovljivih energija u EU



Udio pojedinih izvora energije u ukupnoj potrošnji primarne energije u R. Hrvatskoj 2007. g.

Napomena: u udjelu obnovljivih izvora od 3,4% najveći dio otpada na biomasu, dok ostali obnovljivi izvori sudjeluju s manje od 0,5% u ukupnoj potrošnji primarne energije

SUNČEVO ZRAČENJE KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE



OSNOVNE KARAKTERISTIKE SUNCA

Promjer:	1 392 000 km (109 put veće od Zemlje)
Masa:	$1,9891 \times 10^{30}$ kg
Prosječna gustoća:	$1,411 \text{ g/cm}^3$
Površinska temperatura:	5780 K°
Vrijeme obilaska oko središta galaktike:	$2,2 \times 10^8$ godina
Brzina kretanja Sunca:	230 km/s
Udaljenost od Zemlje:	149 600 000 km (astronomska jedinica)
Vrijeme putovanja sunčeve svjetlosti do Zemlje:	8 minuta i 19 sekundi
Količina sunčevog zračenja:	1368 W/m ² do atmosfere (sunčeva konstanta)

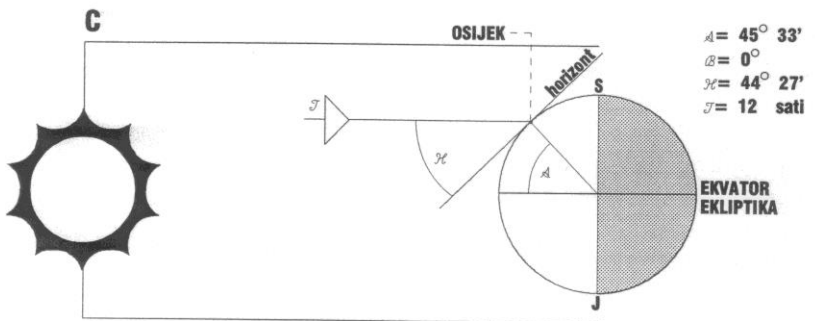
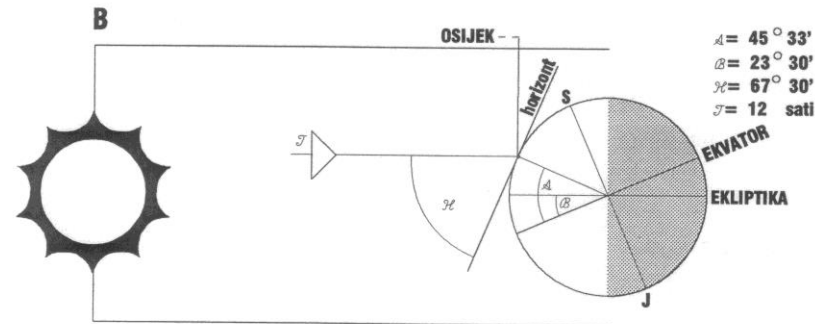
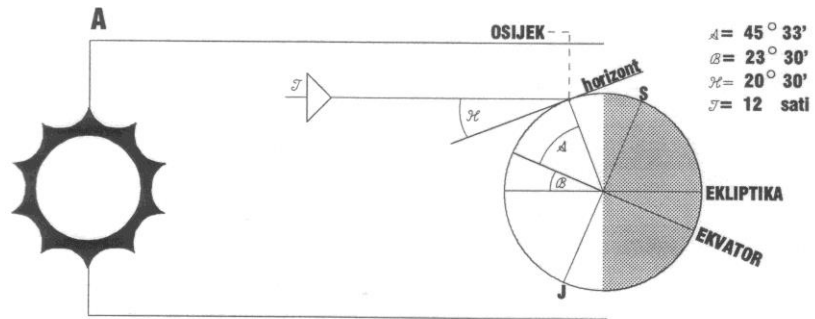
STRUKTURA SUNČEVOG ZRAČENJA

NA SUNCU SE ODVIJA PROCES NUKLEARNE FUZIJE = VODIK SE PRETVARA U HELIJ

Najveći dio sunčevog zračenja čine:

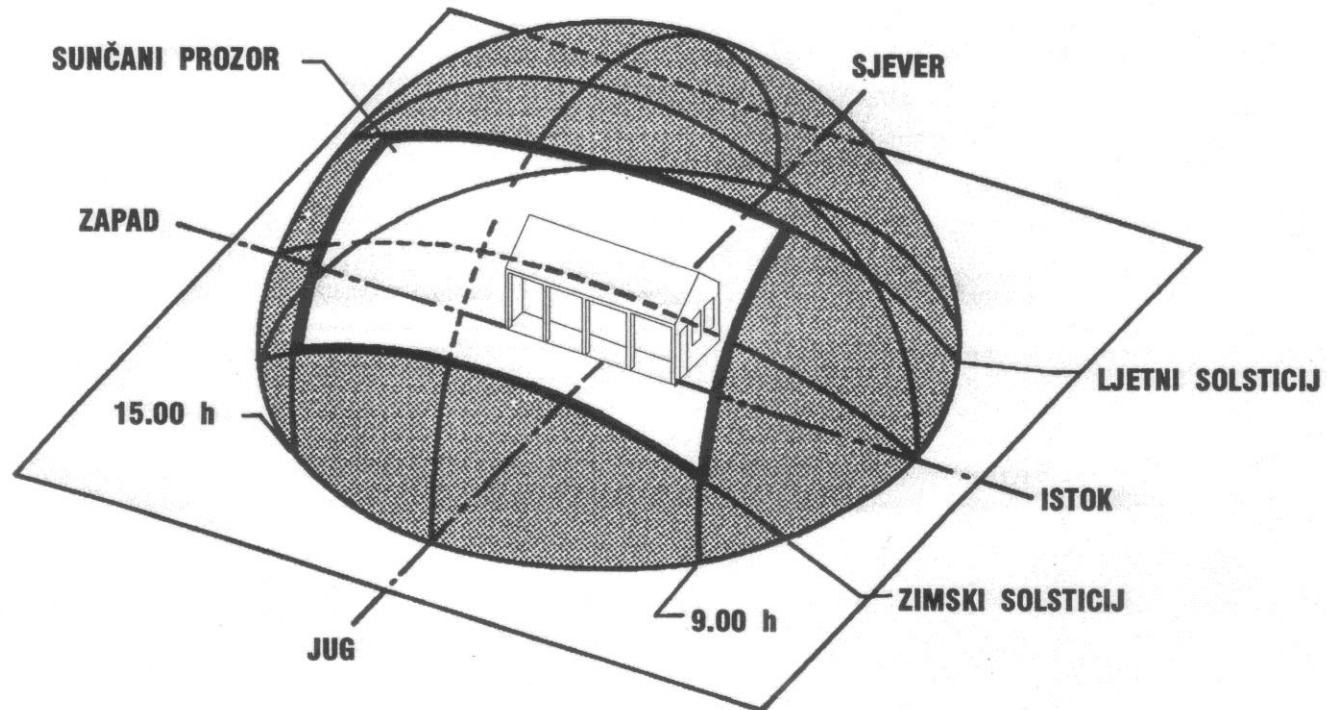


Spektar Sunčevog zračenja još obuhvaća:
radio-valove, mikrovalove, X-zrake i Y-zrake.



GEOMETRIJA SUNČEVOG ZRAČENJA

KUTEVI UPADA
 SUNČEVIH ZRAKA
 ZA VRIJEME ZIMSKOG I
 LJETNOG
 SOLSTICIJA I ZA
 VRIJEME
 PROLJETNOG I
 JESENJEG EKVINOCIJA



SUNČANI "PROZOR" ODREĐUJU NAJPOVOLJNIJE POZICIJE SUNCA NA NEBESKOMSVODU. TE POZICIJE ZA NAŠE ZEMLJOPISNE ŠIRINE OSTVARUJU SE U DNEVNIM CIKLUSIMA OD 9.00 DO 15.00 SATI. DRUGU KONSTANTU ODREĐUJU GRANICE ODREĐENE EKLETIKOM ZIMSKOG I LJETNOG SOLSTICIJA. DJELOVANJE SUNČVOG ZRAČENJA KROZ ZAMIŠLJENI SUNČANI "PROZOR" PREDSTAVLJA PODRUČJE OPTIMALNIH VREMENSKIH I PROSTORNIH POTENCIJALA ZA KORIŠTENJE SUNČEVE ENERGIJE.



**SUNČEVA SE ENERGIJA U ZGRADAMA MOŽE
ISKORIŠTAVATI NA DVA NAČINA :**



- A) AKTIVNO**
- B) PASIVNO**

AKTIVNA PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE PODRAZUMIJEVA NJEZINU IZRAVNU PRETVORBU U TOPLINSKU ILI ELEKTRIČNU ENERGIJU. PRI TOME SE TOPLINSKA ENERGIJA OD SUNČEVE DOBIVA POMOĆU SOLARNIH KOLEKTORA ILI SOLARNIH KUHALA, A ELEKTRIČNA POMOĆU FOTONAPONSKIH (SOLARNIH) ČELIJA ILI PANELA.

PASIVNA PRIMJENA SUNČEVE ENERGIJE ZNAČI IZRAVNO ISKORIŠTAVANJE DOZRAČENE SUNČEVE TOPLINE ODGOVARAJUĆOM IZVEDBOM GRAĐEVINA (SMJEŠTAJEM U PROSTORU, PRIMJENOM ODGOVARAJUĆIH MATERIJALA, PRIKLADNIM RASPOREDOM PROSTORIJA I OSTAKLJENIH PLOHA ITD).

TEORIJA KORIŠTENJA SUNČEVOG ZRAČENJA NA PASIVAN NAČIN RAZLIKUJE 3 OSNOVNA NAČINA:

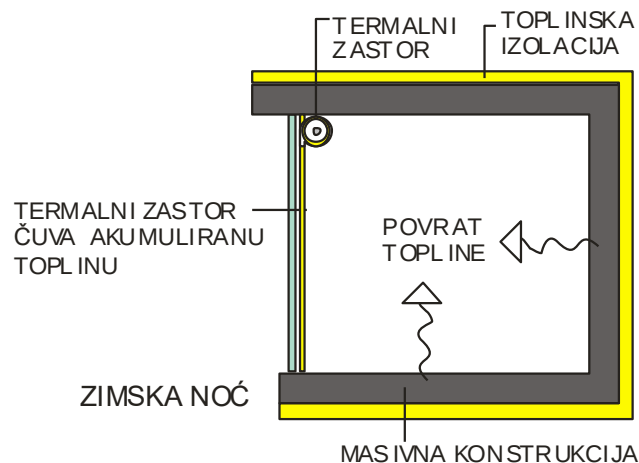
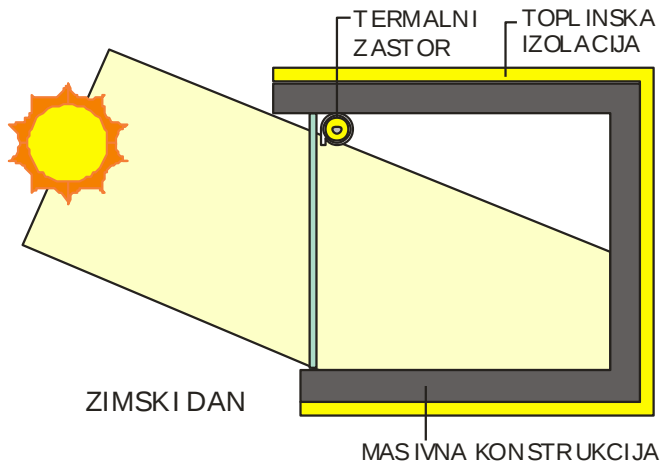
- DIREKTAN ZAHVAT SUNČEVOG ZRAČENJA
- TROMBOV ZID
- IZVEDBA STAKLENIKA

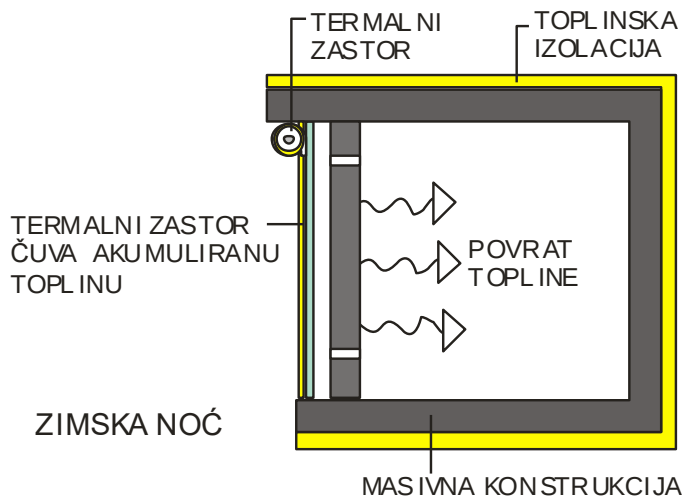
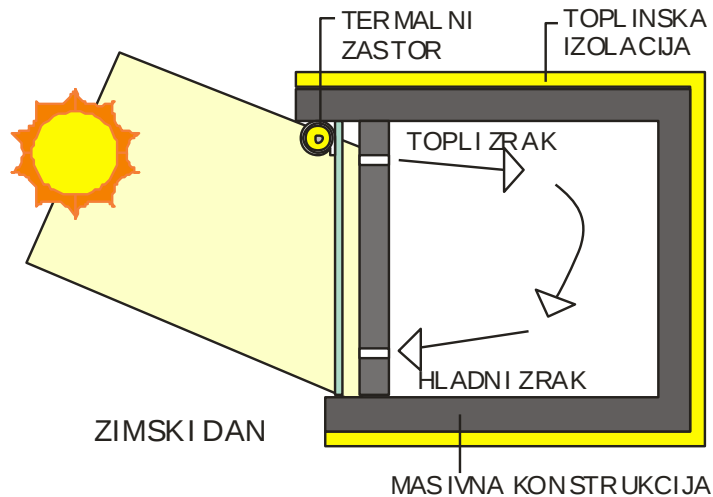
DIREKTAN ZAHVAT SUNČEVOG ZRAČENJA

PRINCIP DIREKTOG ZAHVATA SUNČEVOG ZRAČENJA PODRAZUMJEVA IZVEDBU VEĆIH STAKLENIH POVRŠINA NA JUŽNIM PROČELJIMA ZGRADE KAKO BI SE STVORILI PREDUVJETI ZA ŠTO VEĆU APSORPCIJU SUNČEVOG ZRAČENJA U MASIVNIM ELEMENTIMA ZGRADE. (ZIDOVI, PODOVI, STROPOVI)

USKLADIŠTENA TOPLINA NOĆU NAKON PRESTANKA DJELOVANJA SUNCA VRAĆA SE U PROSTORE ZGRADE I NA TAJ NAČIN ŠTEDI ENERGIJU POTREBNU ZA ZAGRIJAVANJE. PRI TOME JE BITNO I POVEZIVANJE OSTALIH PROSTORA ZGRADE SA PROSTOROM KOJI JE TIJEKOM DANA IZLOŽEN SUNČEVOM ZRAČENJU AKUMULIRAO TOPLINU. POSEBNO VAŽNU ULOGU IMA TOPLINSKA IZOLACIJA KOJA SA VANJSKE STRANE TREBA ZAŠTITI GUBITKE AKUMULIRANE TOPLINE PREMA VAN ILI PREMA NEGRIJANIM PROSTORIMA ZGRADE.

BAREM 50 % OPLOŠJA PREOSTORA NA KOJI DJELUJE SUNČEVO ZRAČENJE BI TREBALO IMATI VEĆU MASU ODNOSNO VEĆI KOEFICIJENT APSORPCIJE. TO SE DODATNO MOŽE POBOLJŠATI IZVEDBOM TAMNIH TONOVA POVRŠINE GRAĐEVINSKIH ELEMENATA KOJI SU IZLOŽENI SUNČEVOM ZRAČENJU.





TROMBOV ZID

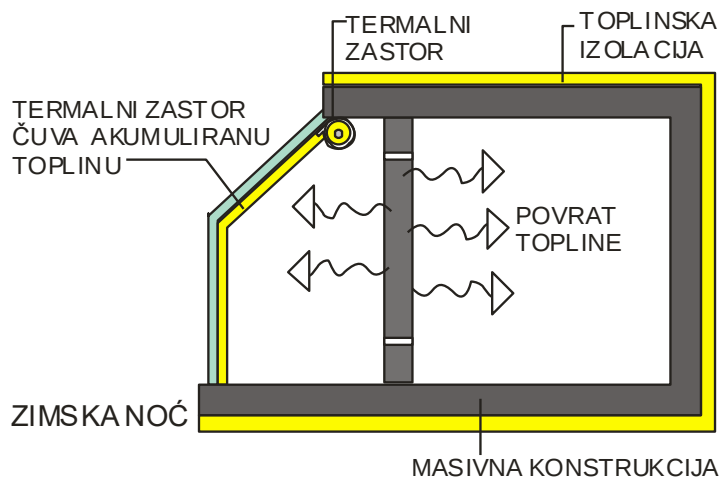
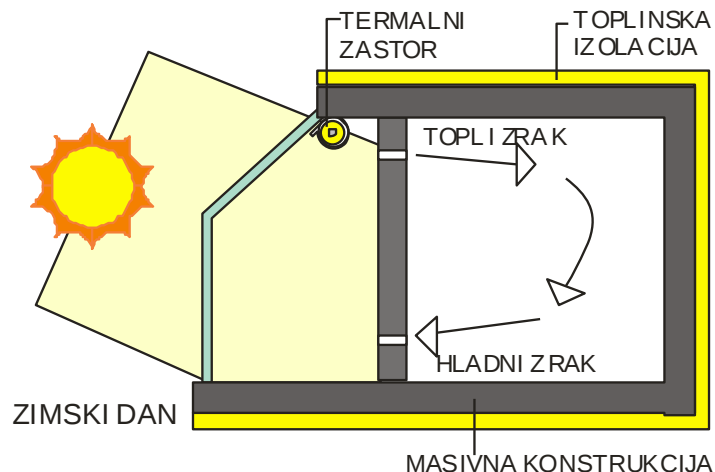
TROMBOV ZID JE POSEBNO IZVEDENA KONSTRUKCIJA KOJA SE SASTOJI OD TAMNO OBOJENOG ZIDA VELIKE MASE ISPRED KOJEG SE SA JUŽNE STRANE POSTAVLJA STAKLENA PLOHA KOJA POVEĆAVA EFEKT AKUMULACIJE TOPLINE. OVAKO OSMIŠLJENA KONSTRUKCIJA ZIDA DOBILA JE NAZIV PO FRANCUSKOM INŽENJERU FELIXU TROMBU, MATERIJALI KOJI SE MOGU UPOTRIJEBITI ZA IZVEDBU ZIDA VELIKE MASE MOGU BITI OPEKA, KAMEN, BETON ALI I VODA. VODA POSTAVLJENA U PLASTIČNE ILI METALNE SPREMNIKE I IZLOŽENA SUNČEVOM ZRAČENJU BOLJE ĆE AKUMULIRATI SUNČEVU TOPLINU. ZBOG STRUJANJA TOPLINE U VODI IZBJEĆI ĆE SE I JAKA POVRŠINSKA ZAGRIJAVANJA TROMBOVOG ZIDA ŠTO JE PROBLEM KOD UPORABE KLASIČNIH MATERIJALA. VAŽNU ULOGU U FUNKCIONIRANJU OVOG SUSTAV IMAJU I OTVORI ZA VENTILACIJU U TROMBOVOM ZIDU KOJI OMogućUJU PRIRODNU CIRKULACIJU ZRAKA U PROSTORIJI, A TIME I PRENOŠENJE TOPLINE U OSTALE DIJELOVE ZGRADE. SA VANJSKE STRANE TROMBOV ZID TREBA IZOLIRATI TERMALNIM ZASTOROM KOJI ŠTITI OD GUBITAKA TOPLINE TIJEKOM ZIMSKENOĆI, ALI I OD JAKOG SUNCA TIJEKOM LJETA.

STAKLENIK

TREĆI I NAJEFIKASNIJI NAČIN KORIŠTENJA SUNČEVOG ZRAČENJA NA PASIVAN NAČIN PREDSTAVLJA IZVEDBA STAKLENIKA NA JUŽNIM STRANAMA ZGRADA.

TIJEKOM DANA SUNČEVA ENERGIJA AKUMULIRA SE U MASIVNIM KONSTRUKCIJAMA OKO STAKLENIKA. ZA VRIJEME NOĆI AKTIVNOM POSTAVOM TERMALNOG ZASTORA IZVEDENIM UZ STAKLENU PLOHU ČUVA SE AKUMULIRANA TOPLINA KOJA PRELAZEĆI SA KONSTRUKCIJA ZAGRIJAVA I PROSTOR STAKLENIKA I PROSTORE KOJI GA OMEĐUJU. POSEBNO BITNO I KORISNO JE POVEZIVANJE UDALJENIJIH DIJELOVA ZGRADE SA PREOSTORIMA STAKLENIKA KAKO BI SE TOPLINA PRENIJELA U HLADNIJE DIJELOVE ZGRADE. TO SE NAJBOLJE MOŽE IZVESTI PRIRODNOM CIRKULACIJOM TOPLOG ZRAKA ILI PRINUDNIM NAČINOM.

POSLEDNU POZORNOST TREBA POSVETITI ZAŠTITI STAKLENIH PLOHA U LJETNOM PERIODU OD DIREKTNOG SUNČEVOG ZRAČENJA ZBOG PREGRIJAVANJA.



KARAKTERISTIKE ENERGETSKI UČINKOVITIH ZGRADA

NISKO-ENERGETSKA KUĆA

Zgrada sa godišnjom potrebnom toplinom za grijanje od **40-60 kWh/m²a**.

Dobro izoliran i zrakonepropustan omotač zgrade.

Ostakljivanje s toplinsko-izolacijskim staklom.

Potreban je tradicionalan sustav grijanja i grijaća tijela.

Svjež zrak se u zgradu dovodi prinudno pomoću unutarnjeg razvodnog sustava.

Iskorišten zrak se odvodi iz zgrade bez korištenja njegove topline.

TROLITARSKA KUĆA

Zgrada sa godišnjom potrebnom toplinom za grijanje otprilike **30 kWh/m²a**.

Konstrukcija zgrade mora biti izvedena bez toplinskih mostova.

Potreban je tradicionalan sustav grijanja i grijaća tijela.

Ugrađen sunčani uređaj za grijanje potrošne tople vode i/ili

Uređaj za prozračivanje s vraćanjem topline iskorištenog zraka.

PASIVNA KUĆA

Zgrada sa godišnjom potrebnom toplinom za grijanje do **15 kWh/m²a**.

Nema uobičajeni sustav za grijanje ili uređaj za klimu.

Potrebna toplina za grijanje dovodi se preko uređaja za prozračivanje koji istodobno osigurava i vraćanje topline iskorištenog zraka (grijanje toplim zrakom).

Konstrukcija zgrade mora biti izvedena bez toplinskih mostova.

Zajednička potrošnja primarne energije najviše je **120 kWh/m²a**.

NULTA-ENERGETSKA KUĆA

Zgrada koja u godišnjem prosjeku ukupno upotrijebljenu energiju dobiva sama iz sunčeve energije (toplinska i električna energija).

Ljeti višak električne energije daje u javnu mrežu.

Zimi kuća koristi energiju iz javne mreže.

Godišnja bilanca korištenja energije je poravnata odnosno na nuli.

Ima sloj toplinske izolacije debljine 40-60 cm.

Nema tradicionalan sustav grijanja.

Aktivno i pasivno iskorištava sunčevu energiju.

Ima veliki spremnik topline koji premošćuje potrebu za toplinom u oblačnim danima.

ENERGETSKI NEOVISNA KUĆA

Svu potrebnu energiju dobiva iz sunčeve energije (grijanje, topla voda, rasvjeta, uređaji).

Veće površine sunčanih pretvornika i akumulatori za spremanje električne energije.

Zgrada nije priključena na javnu energetska mrežu.

Ljetni višak električne energije sprema se za zimsko razdoblje.

Elektrolizom vode dobivaju se vodik i kisik, koji se odvojeno spremaju i zimi koriste kao gorivo u gorivim ćelijama.

PLUS-ENERGETSKA KUĆA

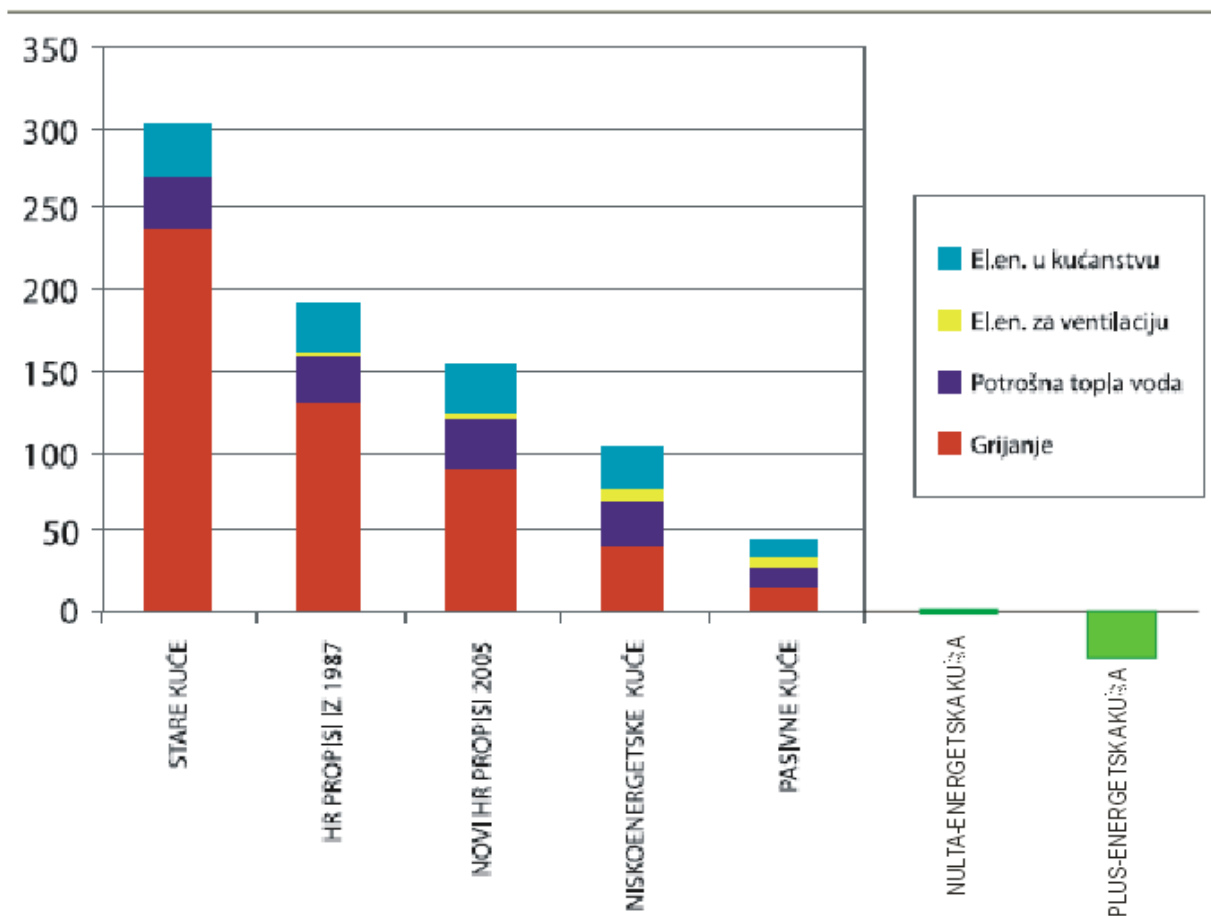
Energetski je slična sa neovisnom kućom.

Dobivanje električne energije u sunčanim pretvornicima je tako veliko da se postiže višak.

Višak energije daje se u javnu električnu mrežu.

Aktivno i pasivno iskorištava sunčevu energiju.

Koristi sve moguće vrste energetske uštede i obnovljivih izvora energije.



**SPECIFIČNE TOPLINSKE POTREBE
STAMBENIH ZGRADA U kWh/m²**

dokaz o realizaciji gotovo nula energetske zgarde (G0EZ):

novi Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju 88/2017 (PEPZEC)

Usklađen je s važećim Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 128/15 u pogledu:

- **klasifikacije zgrada (2 grupe stambenih, 7 grupa nestambenih zgrada)**
- **iste metode proračuna energetskog svojstva zgrade pri projektiranju i pri energetskom certificiranju zgrada - obaveza energetskog certificiranja zgrade prije ishoda uporabne dozvole**
- **novi izgled energetskog certifikata zgrade**
- **novi način izrade podataka za registar certifikata i izdavanje certifikata**
- **Energetski certifikat zgrade prilaže se pri tehničkom pregledu zgrade.**

Energetski certifikat zgrade je dokument propisanog sadržaja i izgleda, koji sadrži:

1. opće podatke o zgradi,
2. energetski razred zgrade,
3. podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat,
4. podatke o termotehničkim sustavima,
5. klimatske podatke,
6. podatke o potrebnoj energiji za referentne i stvarne klimatske podatke,
7. objašnjenja tehničkih pojmova te popis primijenjenih propisa i normi.

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u **osam energetskih razreda** prema energetskoj ljestvici od **A+** do **G**, s tim da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred.

Visoki energetski razredi, **A+** i **A**, uobičajeno zahtijevaju primjenu obnovljivih izvora energije, koji smanjuju ukupnu potrošnju energije po kvadratnom metru.

novi PEPZEC NN 88/2017 - energetske razrede zgrade na osnovu specifične godišnje potrebne E_{prim}

Tablica 2. Energetski razred grafički se prikazuje na energetskom certifikatu zgrade slovom (A+, A, B, C, D, E, F, G) s podatkom o specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji, E_{prim} izraženoj u kWh/m²a.

E_{prim} (kWh/m ² a)	STAMBENA		OBITELJSKA		UREDSKA		OBRAZOVNA		BOLNICA		HOTEL I RESTORAN		SPORTSKA DVORANA		TRGOVINA		OSTALE NESTAMBENE	
Energetski razred	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P
A+	≤ 80	≤ 50	≤ 45	≤ 35	≤ 35	≤ 25	≤ 55	≤ 55	≤ 250	≤ 250	≤ 90	≤ 70	≤ 210	≤ 150	≤ 170	≤ 150	≤ 80	≤ 50
A	> 80 ≤ 100	> 50 ≤ 75	> 45 ≤ 80	> 35 ≤ 55	> 35 ≤ 55	> 25 ≤ 50	> 55 ≤ 60	> 55 ≤ 58	> 250 ≤ 275	> 250 ≤ 275	> 90 ≤ 110	> 70 ≤ 75	> 210 ≤ 305	> 150 ≤ 160	> 170 ≤ 310	> 150 ≤ 210	> 80 ≤ 115	> 50 ≤ 75
B	> 100 ≤ 120	> 75 ≤ 90	> 80 ≤ 115	> 55 ≤ 70	> 55 ≤ 70	> 50 ≤ 70	> 60 ≤ 65	> 58 ≤ 60	> 275 ≤ 300	> 275 ≤ 300	> 110 ≤ 130	> 75 ≤ 80	> 305 ≤ 400	> 160 ≤ 170	> 310 ≤ 450	> 210 ≤ 280	> 115 ≤ 150	> 75 ≤ 100
C	> 120 ≤ 265	> 90 ≤ 220	> 115 ≤ 280	> 70 ≤ 230	> 70 ≤ 100	> 70 ≤ 90	> 65 ≤ 125	> 60 ≤ 120	> 300 ≤ 345	> 300 ≤ 325	> 130 ≤ 160	> 80 ≤ 95	> 400 ≤ 465	> 170 ≤ 225	> 450 ≤ 475	> 280 ≤ 290	> 150 ≤ 280	> 100 ≤ 225
D	> 265 ≤ 410	> 220 ≤ 350	> 280 ≤ 445	> 230 ≤ 385	> 100 ≤ 125	> 90 ≤ 110	> 125 ≤ 175	> 120 ≤ 175	> 345 ≤ 395	> 325 ≤ 350	> 160 ≤ 190	> 95 ≤ 110	> 465 ≤ 530	> 225 ≤ 280	> 475 ≤ 495	> 290 ≤ 340	> 280 ≤ 410	> 225 ≤ 350
E	> 410 ≤ 515	> 350 ≤ 435	> 445 ≤ 560	> 385 ≤ 485	> 125 ≤ 155	> 110 ≤ 140	> 175 ≤ 220	> 175 ≤ 220	> 395 ≤ 495	> 350 ≤ 440	> 190 ≤ 240	> 110 ≤ 140	> 530 ≤ 665	> 280 ≤ 350	> 495 ≤ 620	> 340 ≤ 425	> 410 ≤ 515	> 350 ≤ 435
F	> 515 ≤ 615	> 435 ≤ 520	> 560 ≤ 670	> 485 ≤ 580	> 155 ≤ 190	> 140 ≤ 165	> 220 ≤ 265	> 220 ≤ 265	> 495 ≤ 590	> 440 ≤ 525	> 240 ≤ 290	> 140 ≤ 165	> 665 ≤ 795	> 350 ≤ 415	> 620 ≤ 745	> 425 ≤ 510	> 515 ≤ 615	> 435 ≤ 520
G	> 615	> 520	> 670	> 580	> 190	> 165	> 265	> 265	> 590	> 525	> 290	> 165	> 795	> 415	> 745	> 510	> 615	> 520

K- kontinentalna Hrvatska;

P- primorska Hrvatska

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE

prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certifikatu (NN)

Naziv zgrade

Naziv samostalne upotrebe cjeline zgrade

Ulica i broj / broj

Politički broj

Mjesto

PODACI O ZGRADI

Vrsta zgrade (prema Pravilniku) ☐ nova ☐ postojeća ☐ rekonstrukcija

Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava odaberi vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika

Vlasnik / investitor odaberi iz padajućeg izbornika

k.č.br. k.o.

Ploščina korisne površine grijanog dijela zgrade A_k Godina izgradnje / rekonstrukcije

Građevinska (bruto) površina zgrade $[m^2]$ Mjerodavna meteorološka postaja

Faktor oblika f_o $[m^{-1}]$ Referentna klima

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE

Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{t,ud}$ $[kWh/(m^2 \cdot a)]$

Specifična godišnja primarna energija $E_{p,ud}$ $[kWh/(m^2 \cdot a)]$

A+

A

B

C

D

E

F

G

Specifična godišnja isporučena energija $E_{d,ud}$ $[kWh/(m^2 \cdot a)]$

Specifična godišnja emisija CO_2 $[kg/(m^2 \cdot a)]$

Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade ($E_{p,ud}$) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRIUETZZ

nZEB

ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT

Oznaka energetskog certifikata

Datum izdavanja

Datum važenja

Naziv ovlaštene pravne osobe

Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis

Registarski broj

PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA

Dio zgrade

Ime i prezime ovlaštene osobe

Naziv pravne osobe

Registarski broj

Vlastoručni potpis

Građevinski

Strojarski

Elektrotehnički

GRAĐEVINSKI DIJELOVI ZGRADE

Koeficijent transmisijalnog toplinskog gubitka $H_{t,ud}$ $[W/(m^2 \cdot K)]$

KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE

U $[W/(m^2 \cdot K)]$ ¹

U_{ocp} $[W/(m^2 \cdot K)]$

Ispunjeno

Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, prosvjetravanom tavanu

Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema prosvjetravanom tavanu

Zidovi prema tlu, podovi prema tlu

Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže

Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C

Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozorni elementi pročelja

Vanjska vrata s neprozirnim krljom

Zidovi i stropovi između samostalnih uporabnih cjelina zgrade (stanova, poslovnih prostora)

PODACI O TERMOTEHNIČKIM SUSTAVIMA ZGRADE

Način grijanja zgrade ☐ lokalno ☐ centralno ☐ nema

Način pripreme potrošne tople vode ☐ lokalno ☐ centralno ☐ nema

☐ spremnik ☐ protočno

Godina proizvodnje izvora toplinske energije za grijanje

Izvor energije za grijanje zgrade ☐ prirodni plin ☐ ukapljeni naftni plin ☐ nema

☐ loživo ulje ☐ električna energija

☐ drvo (čjepanice) ☐ drvena biomasa

☐ daljinski izvor ☐

Izvor energije za pripremu potrošne tople vode ☐ prirodni plin ☐ ukapljeni naftni plin ☐ nema

☐ loživo ulje ☐ električna energija

☐ drvo (čjepanice) ☐ drvena biomasa

☐ daljinski izvor ☐

Način hlađenja zgrade ☐ lokalno ☐ centralno ☐ nema

☐ etažno

Izvori energije koji se koriste za hlađenje zgrade ☐ električna energija ☐ nema

Vrsta ventilacije ☐ prisilna bez sustava povrata topline ☐ prisilna sa sustavom povrata topline ☐ prirodna

Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije ☐ dizalica topline ☐ solarni kolektori ☐ nema

☐ biomasa ☐ fotonapon ☐

ENERGETSKE POTREBE

REFERENTNI KLIMATSKI PODACI

Ukupno $[kWh/a]$

Specifično $[kWh/(m^2 \cdot a)]$

ZAHTEJIV²

Dopušteno $[kWh/(m^2 \cdot a)]$

Ispunjeno

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{t,ud}$

Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{c,ud}$

Godišnja isporučena energija $E_{d,ud}$

Godišnja primarna energija $E_{p,ud}$

KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA LOKACIJI ZGRADE

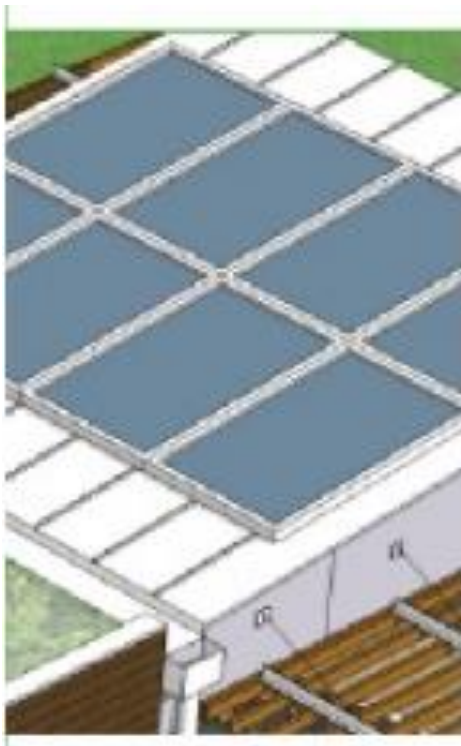
Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad tehničkih sustava [%]

Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj isporučenoj energiji za rad termotehničkih sustava [%]

¹ upisuju se u vrijednosti za prethodno građevinske dijelove zgrade (najvećih ukupnih plaćanja)

² upisuju se za nove zgrade i za postojeće zgrade na kojima se provodi rekonstrukcija za koje su vrijednosti propisane Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (TPRIUETZZ)

KARAKTERISTIKE PASIVNIH KUĆA



**1. ZA GRIJANJE
DO 15 kWh/m²a**



**2. SUPER TOPLINSKA
IZOLACIJA BEZ
TOPLINSKIH MOSTOVA**



**3. KVALITETA I
UGRADNJA PROZORA**



**4. ZRAKO-
NEPROPUSNOST
OMOTAČA ZGRADE**



5. VENTILACIJA



**6. GRIJANJE
PROSTORIJA**



**7. RASVJETA
I UREĐAJI**

Za postizanje standarda pasivne kuće potrebno je zadovoljiti sljedeće vrijednosti:

- ✓ Godišnja potrebna toplina za grijanje $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- ✓ Zajednička godišnja potrošnja primarne energije $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- ✓ Zajednička potrošnja električne energije $\leq 18 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- ✓ Toplinski gubici $\leq 10 \text{ W/m}^2$
- ✓ Zrakopropusnost $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$

Standard pasivne kuće razvio je sveučilišni prof.dr. Wolfgang Feist u okviru Projekta CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standard) iz 1998.g.

Prof.dr. Feist direktor je Passivhaus Instituta u Darmstadt-u u Njemačkoj.



Prosječna kuća u Hrvatskoj
120 do 160 kWh/m²



Niskoenergetska kuća
40 kWh/m²



Pasivna kuća
< 15 kWh/m²

Energijom potrebnom za grijanje koja se danas potroši u prosječnoj kući u Hrvatskoj možemo zagrijati 3-4 niskoenergetske kuće odnosno 8-10 pasivnih kuća.

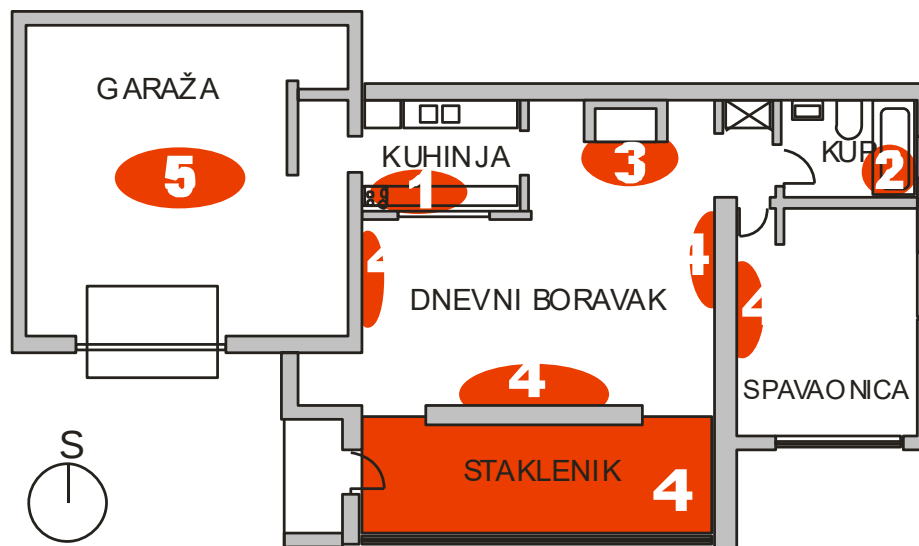
NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNIH KUĆA

1. Orijentacija
2. Korištenje sunčevog zračenja
3. Akumulacija (spremanje) sunčeve energije
4. Faktor oblika zgrade
5. Temperaturno zoniranje
6. Tehnologija gradnje (masivni ili lagani zidovi)
7. Toplinska izolacija bez toplinskih mostova
8. Vrata i prozori
9. Niska zrakopropusnost
10. Zaštita od ljetnog pregrijavanja

TEMPERATURNO ZONIRANJE

NA MIKRO KLIMU STANA ILI POSLOVNOG PROSTORA UTJEČU SEKUNDARNI IZVORI TOPLINE KOJI SVOJIM RADOM STVARAJU DODATNU TOPLINSKU ENERGIJU :

- ŠTEDNJACI, HLADNJACI I SLIČNI IZVORI TOPLINE U STANOVIMA (1)
- ELEKTRIČNI I PLINSKI BOJLERI ZA PRIPREMU SANITARNE VODE (2)
- KAMINI I OTVORENA LOŽIŠTA (3)
- AKUMULIRANA TOPLINA U GRAĐEVINSKIM ELEMENTIMA OSTVARENA GRIJANJEM I OSUNČANJEM (4)
- ISPUŠNI PLINOVI U GARAŽI, DIM KAO POSLJEDICA PUŠENJA I SL. (5)



TOPLINSKA IZOLACIJA

Omotač ili ovojnicu pasivne kuće čine svi građevni elementi koji odijeljuju grijani od negrijanog ili vanjskog prostora.

Svi elementi pasivne kuće koji čine omotač moraju biti dobro izolirani.

Toplinska izolacija mora prekrivati dijelove okvira prozora i vrata.

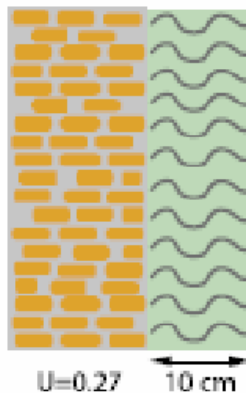
Svi neprozirni građevni elementi moraju imati $U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Debljina toplinske izolacija ovisi o materijalu i sastavu, a kreće se od 25-40 cm.

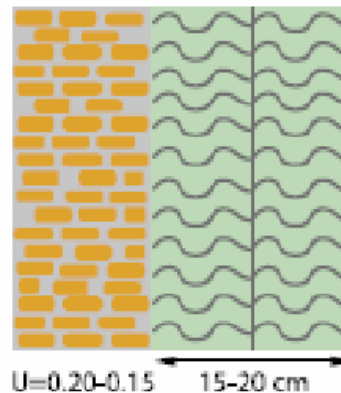
Izbor materijala za toplinsku izolaciju najviše ovisio nosivoj konstrukciji.

Usporedba debljina toplinske izolacije vanjskih zidova zgrada

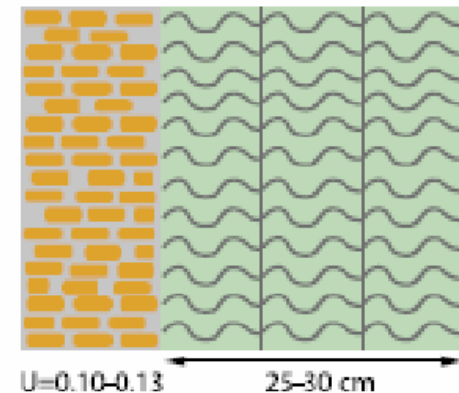
Standardno izolirana kuća



Niskoenergetski standard gradnje



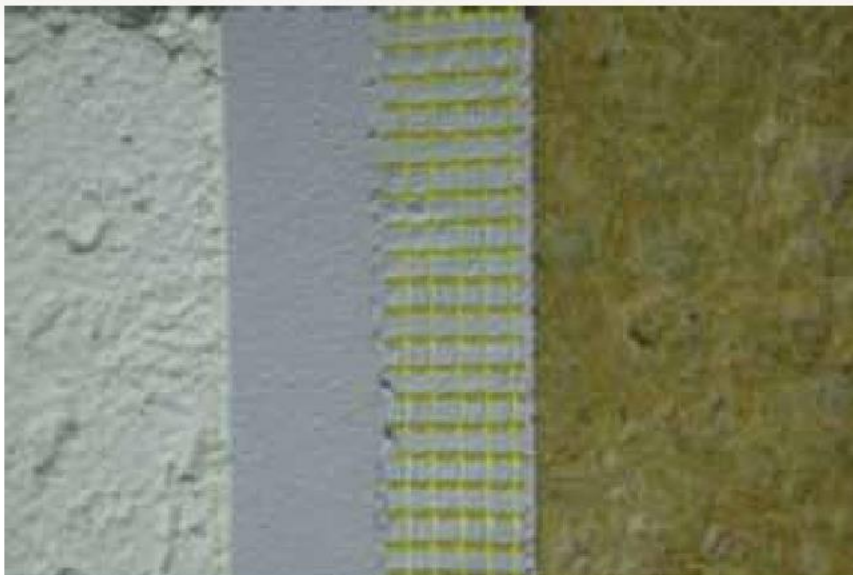
Pasivni standard gradnje



MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJAU ZGRADA

TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTOĆA ρ kg/m ³	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=$ 0,35 W/m ² K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE μ	REL. TROŠAK ZA $U=0,35$ W/m ² K
mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamenja i staklena vuna)	10 do 200	0,035 do 0,050	9-11	1	1
ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	15 do 30	0,035 do 0,040	9-10	60	0,50-0,80
ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	≥ 25	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	≥ 30	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 do 460	0,065 do 0,09	16-20	3/5	4-6
ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140 do 240	0,040 do 0,065	10-16	5	1,5-2,0
ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	80 do 500	0,045 do 0,055	11-14	5/10	2,0-3,0
ovčja vuna	15-60	0,040	10-11	1-2	-
slama	-	0,090 do 0,130	20-35	-	-

Najčešće korišteni materijali za toplinsku izolaciju zgrada



Kamena vuna



Polistiren (stiropor)

ORGANSKI TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJALI



Ekspandirane pluto ploče i pamuk-filc



Celulozna vlakna
rasuti materijal

Drvena vuna



Ekspandirani i ekstrudirani polistiren



Ekstrudirani polistiren



Poliuretan u pločama i prskani poliuretan



Staklena vuna-filc i kamena vuna-ploče



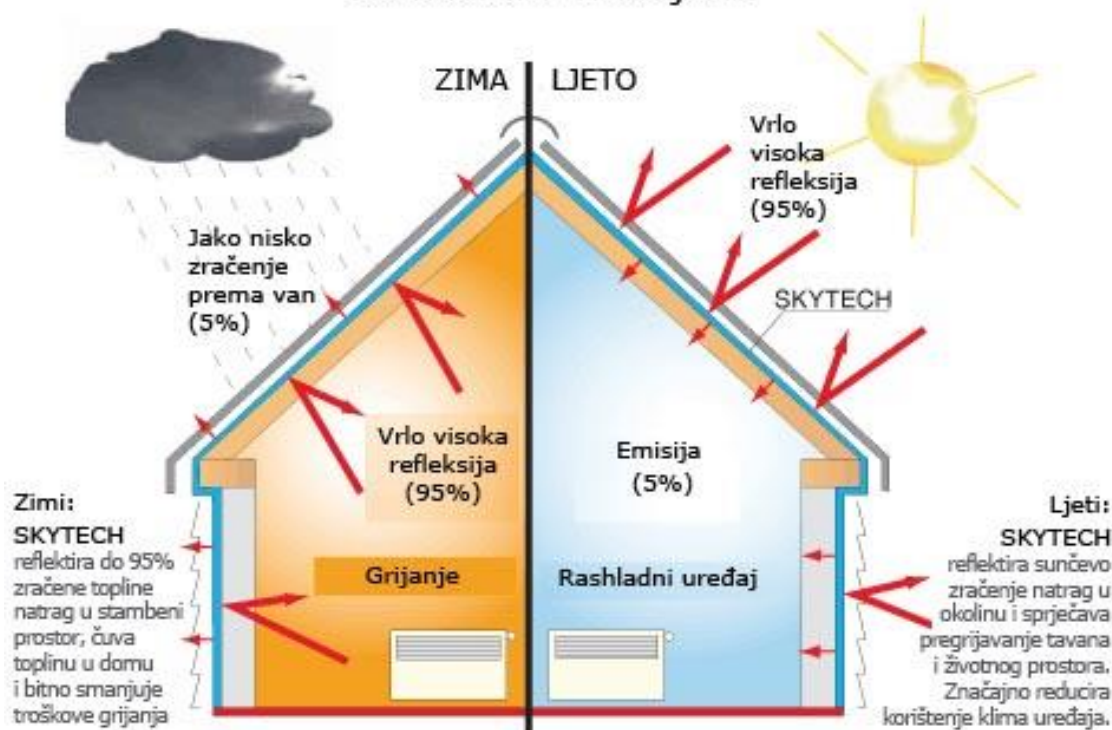
Ekspandirani perlit-nasip i pjenasto staklo



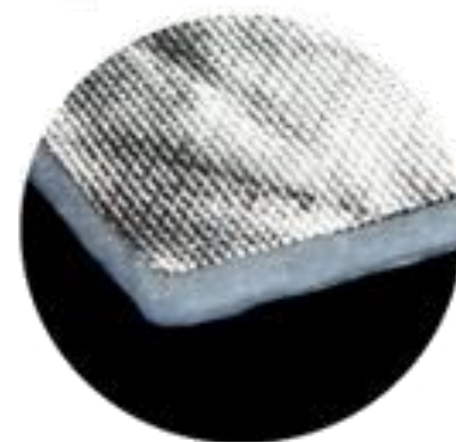
„Kombi” ploče s MW i EPS jezgrom

Novi materijal za izvedbu toplinske izolacije - SkyTech

Reflektirajuća izolacija
sa niskom emisijom



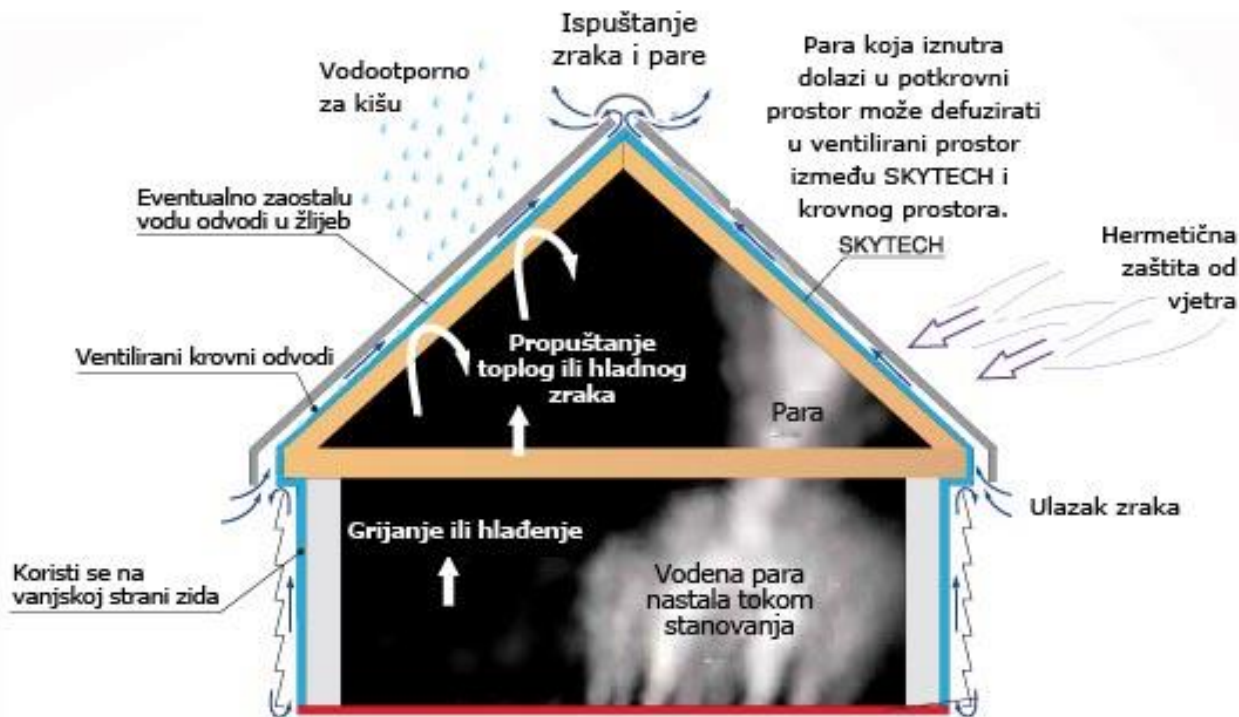
d=10 mm



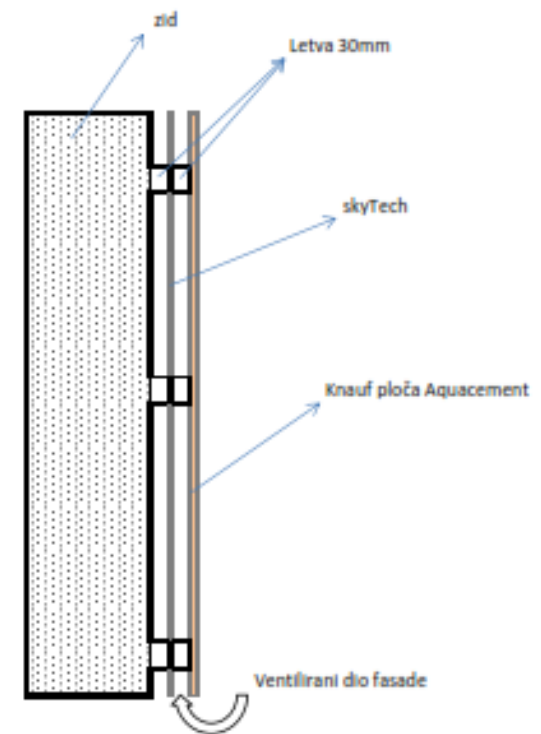
Koeficijenti toplinske
provodljivosti i toplinske
vodljivosti: $U_e=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\lambda=0,033 \text{ W/mK}$

Detalji izvedbe toplinske izolacije - SkyTech

Hermetična izolacija



Detalj zida



Skytech



- toplinska izolacija i paropropusna folija
- koristi se 99% čistog aluminija i visoko kvalitetna staklena vuna
- visoka reflektivnost: 95 %
- nezapaljivost, vodootpornost, hermetičnost, zvučna izolacija, ne sadrži kancerogena vlakna, 100% se može reciklirati
- 1 cm = 24 cm mineralne vune
- hermetična izolacija



transparentne kapilarne ploče za
upijače topline



VIP - vakuumske izolacijske ploče

specijalni toplinsko izolacijski materijali

NIM – Nano insulation materials



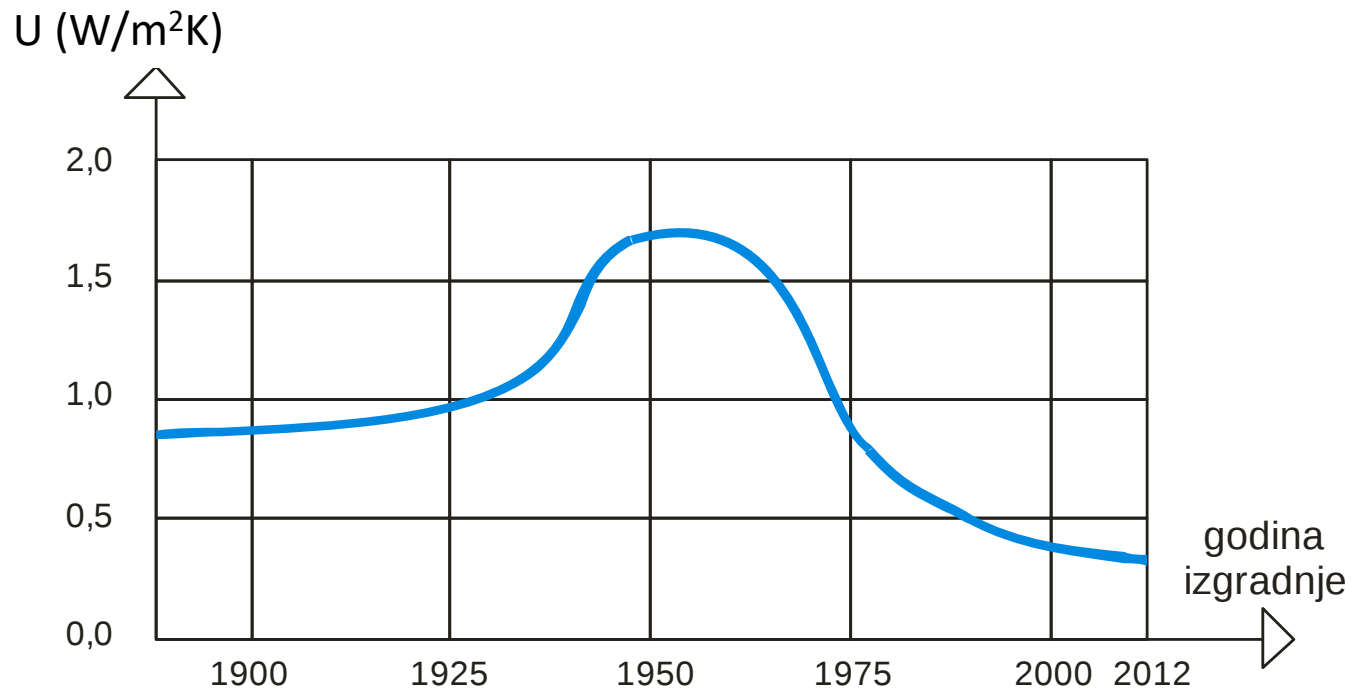
Nano toplinsko izolacijski materijali

- porozni izolacijski materijali (aerogel – blue smoke)
- premazi
- film - low E premazi na staklenim pločama
- keramički izolacijski premazi



Izvor: www.aerogel.com

Promjene u toplinskoj kvaliteti vanjskih zidova stambenih zgrada u RH



PROZORI I VRATA PASIVNE KUĆE

U pasivnim kućama klasično dvostruko ostakljenje ne može osigurati stroge zahtjeve toplinske izolacije.

Za pasivne kuće su posebno razvijeni prozori s trostrukim i četverostrukim ostakljenjem.

$U_g = 0,6-0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ (koeficijent prolaska topline stakla – „glass”).

Međuprostor između stakala je punjen plemenitim plinom (argon, kripton i sl.)

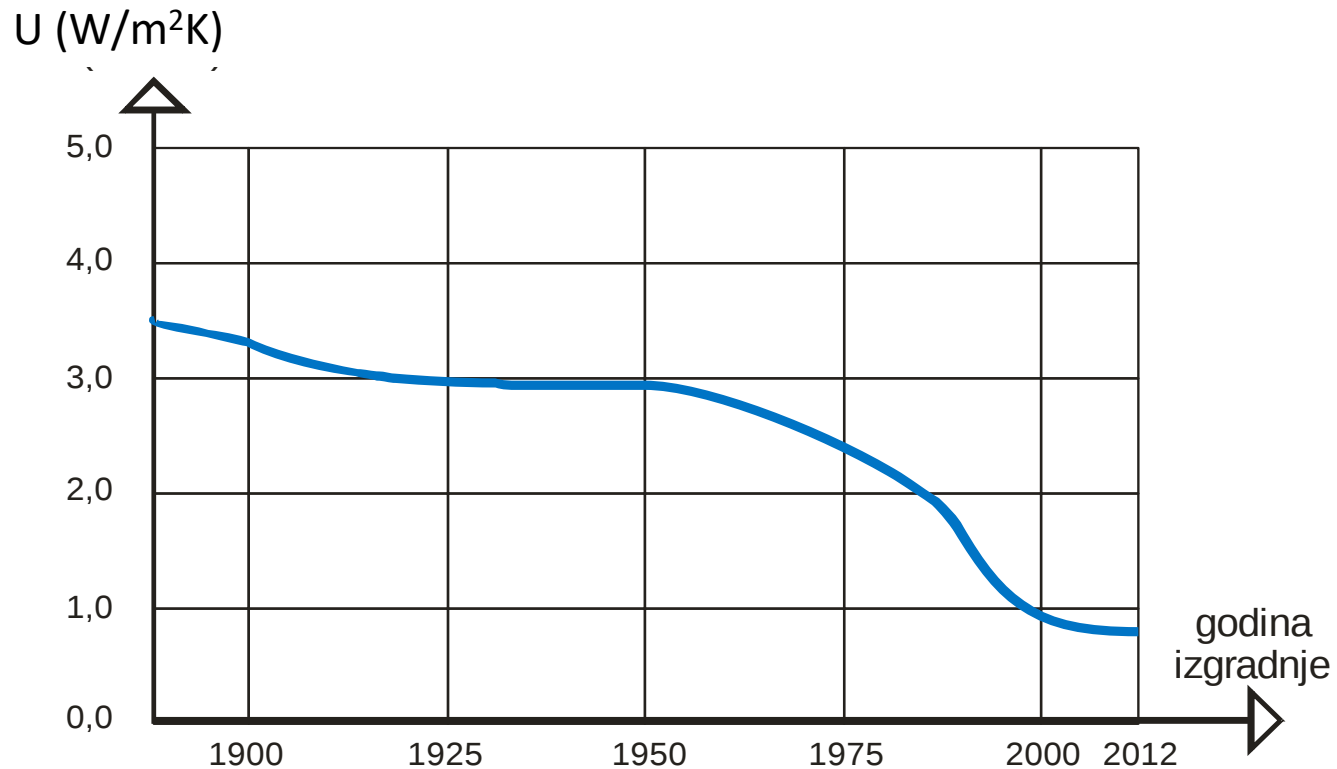
$U_f = 0,7-0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. (koeficijent prolaska topline okvira – „frame”).

Na okvire od drva, aluminija ili PVC-a na različite načine je ugrađena toplinska izolacija.

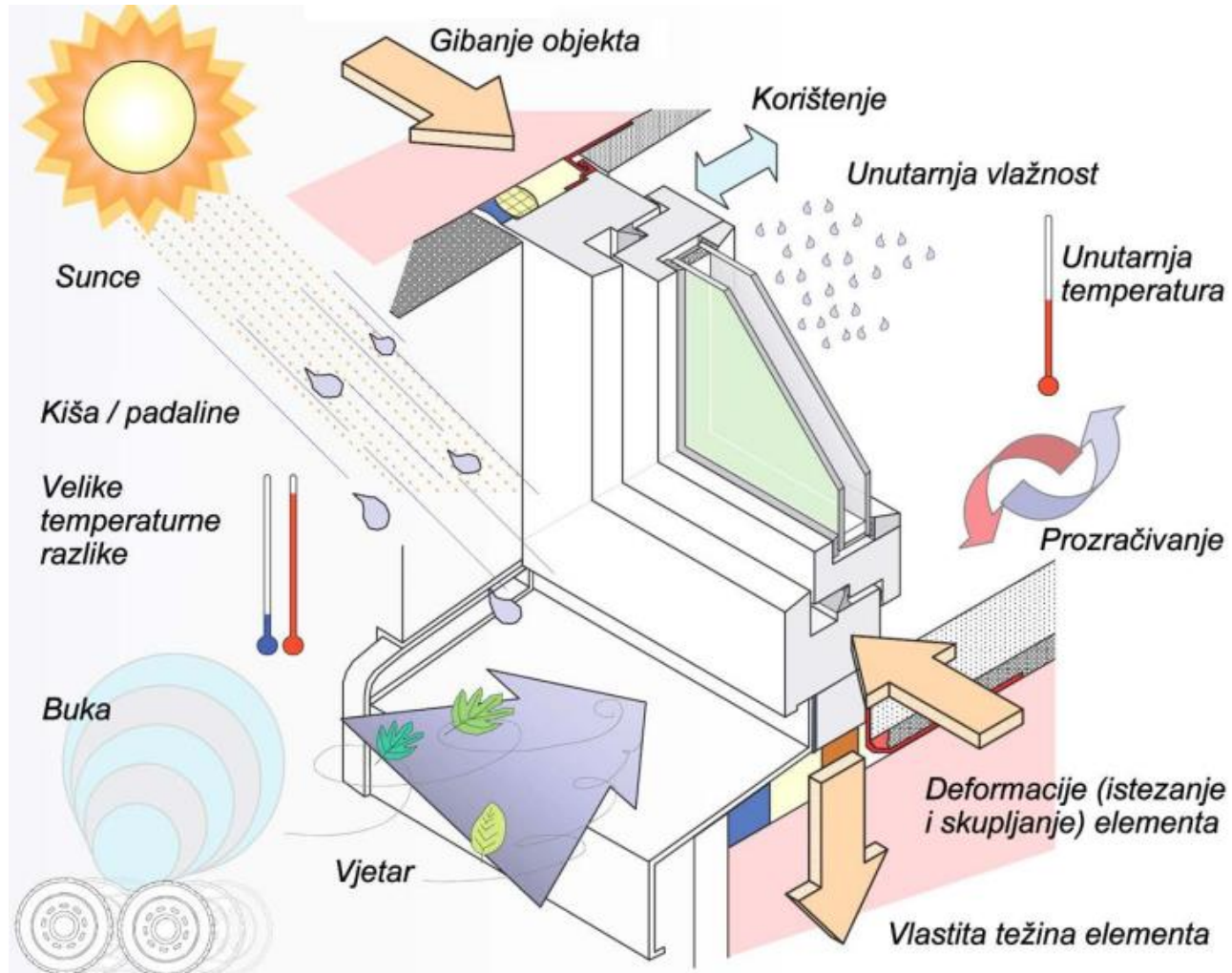
$U_w = 0,7-0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ((koeficijent prolaska topline cijelog prozora – „window”).

VRSTE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE OSTAKLJENJA				
OSTAKLJENJE	TEHNIČKI OPIS	DEBLJINE STAKLA PO SLOJEVIMA [mm]	PRIBLIŽNA POVRŠINSKA TEMPERATURA* [°C]	KOEF. PROLASKA TOPLINE U [W/m²K]
JEDNOSTRUKO OSTAKLJENJE	jednostruko staklo	6	- 2,00	5,80
DVOSTRUKO IZO STAKLO	dvostruko izo staklo	4/12/4	8,00	3,00
DVOSTRUKO TOPLINSKO IZOLACIJSKO STAKLO LE $\epsilon = 0,16$	dvostruko izo staklo s metalnom folijom	4/14/4	12,0	1,60
DVOSTRUKO TOPLINSKO IZOLACIJSKO STAKLO Ar, LE $\epsilon = 0,1$	dvostruko izo staklo s ispunom od argona i metalnom folijom	4/16/4	14,00	1,20-1,30
TROSTRUKO TOPLINSKO IZOLACIJSKO STAKLO Kr, LE $\epsilon = 0,1 - 0,05$	trostruko izo staklo s ispunom od kriptona i dvije met. folije	4/8/4/8/4 4/10/4/10/4	17,00 18,00	0,70-0,80 0,50-0,60
DVOSTRUKO TOPLINSKO I ZVUČNO IZOLACIJSKO STAKLO SF ₆ , Ar, LE $\epsilon = 0,1$	dvostruko izo staklo s ispunom plinovima za povećanje topl. i zv. izolacije i s met. folijom	6/16/4	14,00 13,00	1,30-1,50 1,50-2,00
DVOSTRUKO TOPLINSKO I ZVUČNO IZOLACIJSKO STAKLO SF ₆ , Ar, LE $\epsilon = 0,1$	dvostruko izo staklo s laminiranim staklom izvana i ispunom plinovima za povećanje toplinske i zvučne izolacije te s met. folijom	LAM 9/16/6	13,00	1,60-1,80
DVOSTRUKO TOPLINSKO I ZVUČNO IZOLACIJSKO STAKLO SF ₆ , LE $\epsilon = 0,1$	dvostruko izo staklo s lam. staklom izvana i iznutra i ispunom plinovima za pov. zvučne izolacije te s met. folijom	LAM12/20/LAM10	11,00	2,00-2,20
DVOSTRUKO STAKLO SA ZAŠTITOM OD SUNCA Ar, LE $\epsilon = 0,1$	dvostruko izo staklo s ispunom od argona i metalnom folijom	6/12/6	14,00	1,50-1,60

Promjene u toplinskoj kvaliteti prozora stambenih zgrada u RH



Vanjski i unutarnji utjecaji na prozor zgrade



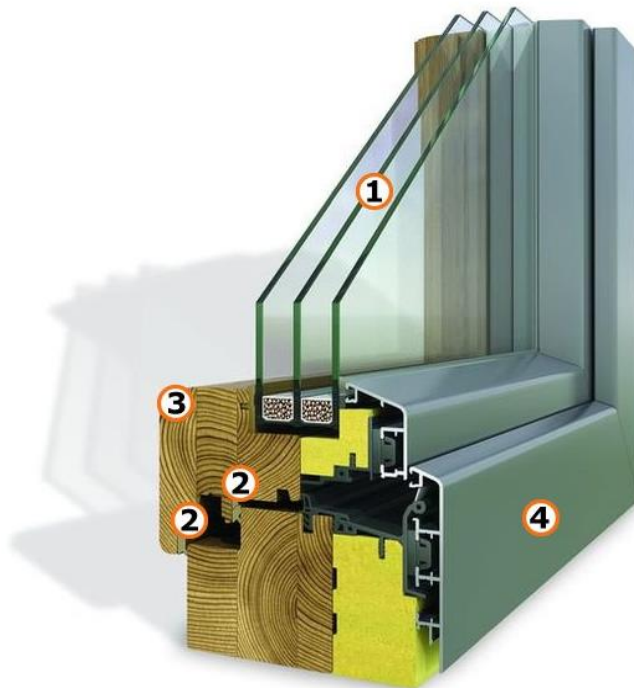


Drveni prozor s IZO ostakljenjem
Nedovoljan za ostvarenje standarda
Pasivne kuće



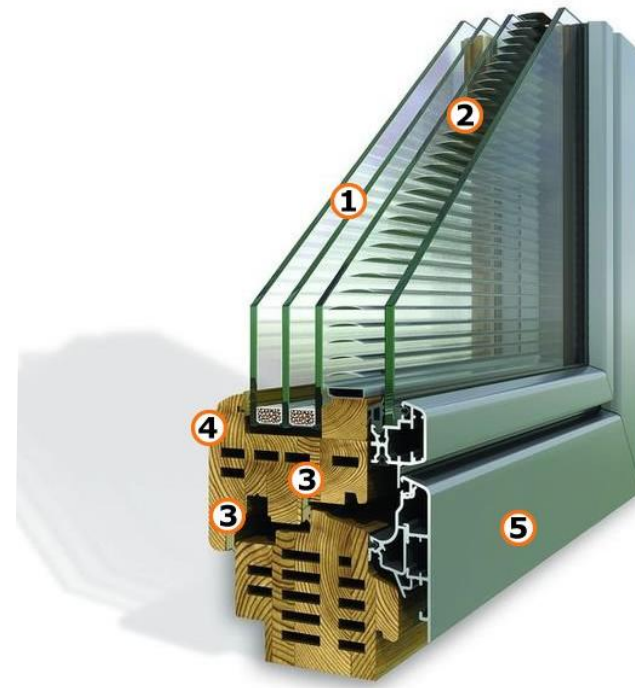
1. Trostruko ostakljenje 2. Žlijeb krila
3. Gumene brtve 4. Drveni doprozornik

Drveni prozor s trostrukim ostakljenjem



1. Trostruko ostakljenje 2. Gumene brtve
3. Drveni okvir 4. Obloga od aluminija

**Drveni prozor sa
toplinskom
zaštitom okvira**

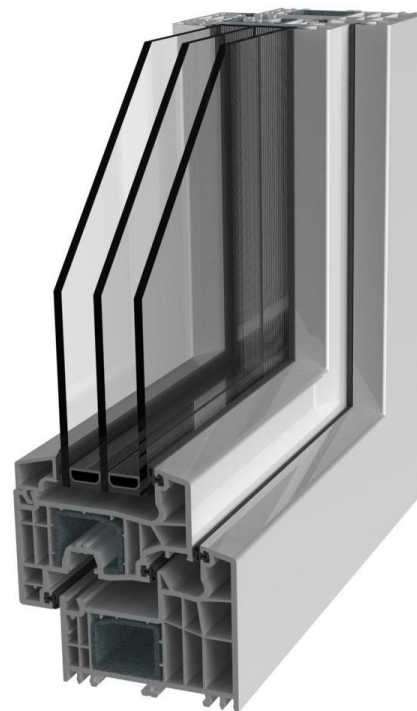


1. Četverostruko ostakljenje 2. Alumijska žaluzija
3. Gumene brtve 4. Drveni okvir 5. Alumijska obloga

**Drveni prozor sa
četverostrukim ostakljenjem**



PVC prozor sa dvostrukim
ostakljenjem ima ukupni
 $U_w=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

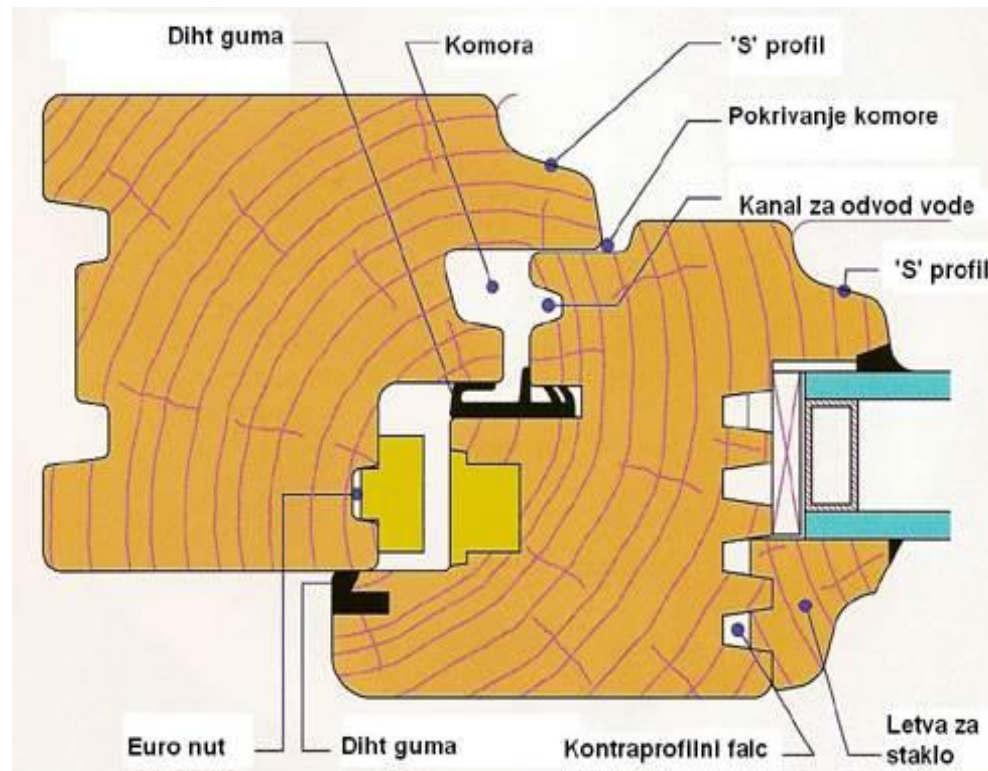


PVC prozor sa trostrukim
ostakljenjem ima ukupni
 $U_w=0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$

Poboljšanje koeficijenata prolaska topline „U” okvira prozora u posljednjih 20 godina



Detalj dobrog brtvljenja između prozorskog krila i doprozornika



Rolete i žaluzine



Dobro izolirane kutije za
rolete iznad prozora

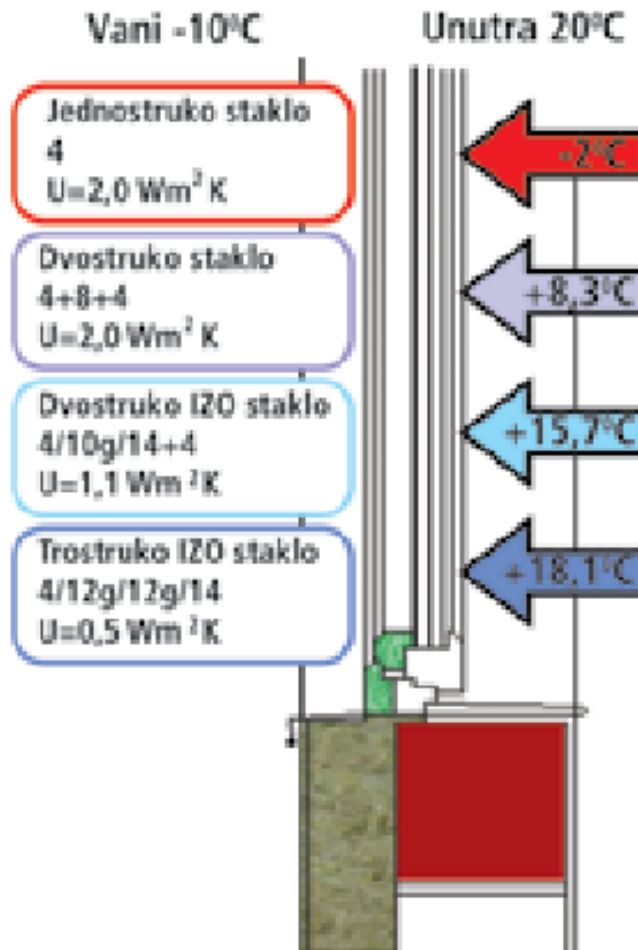
Imaju funkciju reguliranja prolaza topline.

Tijekom zimskih noći trebaju biti spuštene.

Tijekom sezone grijanja trebaju biti
podignute zbog prodora sunčevog zračenja.

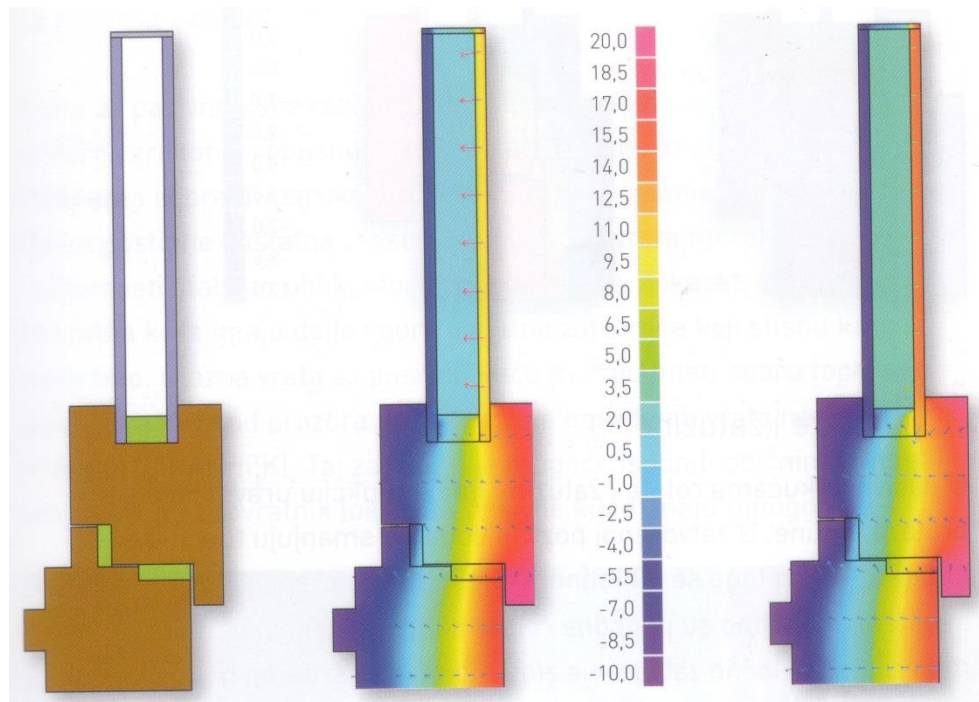
Preporuča se da tijekom vrućih ljetnih dana
rolete i žaluzine cijeli dan budu spuštene.

U pasivnim kućama nije dobro ručno
upravljenje roletama jer iziskuju otvore za
trake. Poželjan je električni pogon roleta.



Temperature na unutrašnjoj površini prozora zimi zavisno od načina ostakljenja

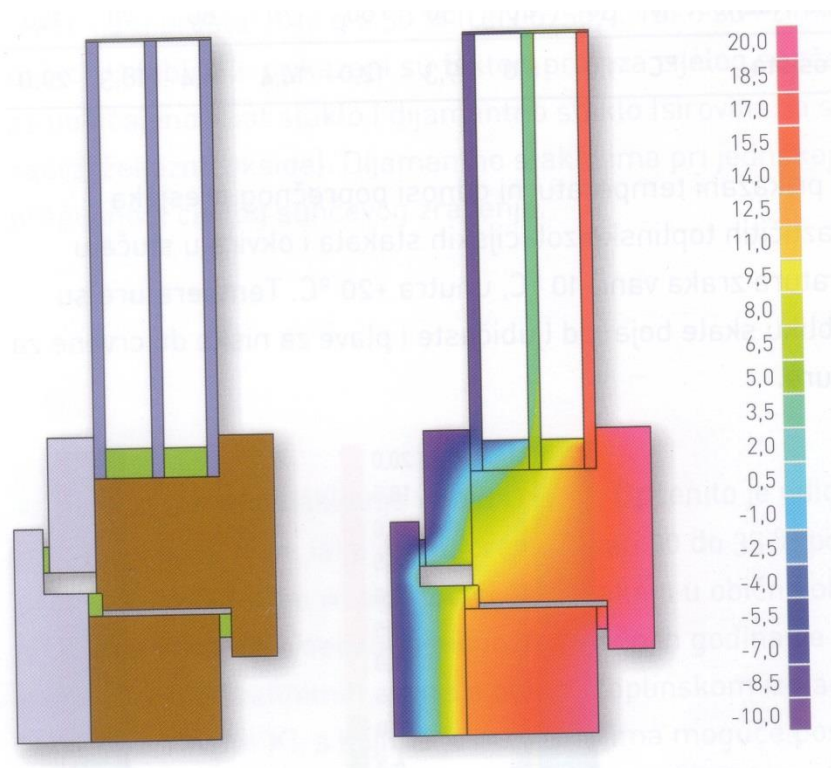
Temperaturni profil poprečnog presjeka dvostruko ostakljenog prozora s drvenim okvirom i brtvljenjem



Starije dvostruko
ostakljenje
 $U > 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

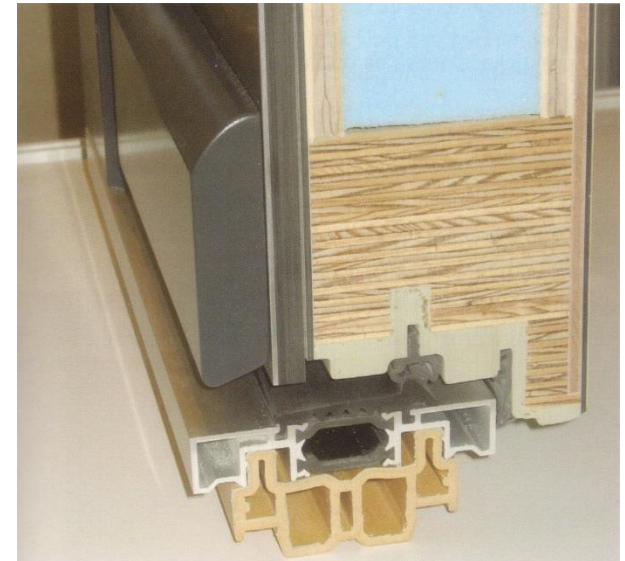
Dvostruko ostakljenje s
niskoemisijским staklima i
argonom između stakala
 $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Temperaturni profil poprečnog presjeka trostruko ostakljenog prozora s drvenim okvirom s dva niskoemisijjska nanosa i plinom argonom u međuprostoru $U = 0,7-0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$



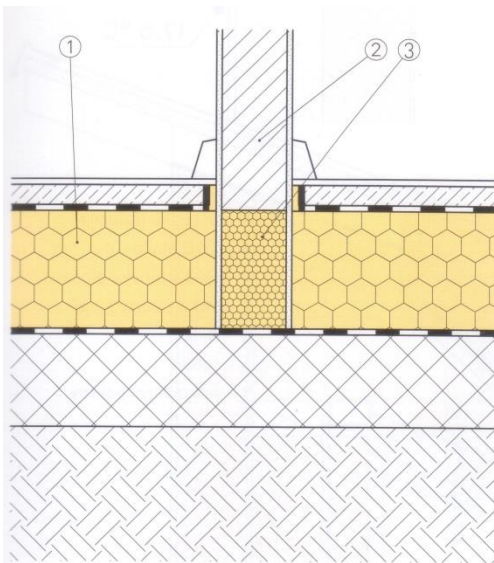
Ulazna vrata u pasivnim kućama

- Razlikuju se od uobičajenih ulaznih vrata.
- Potrebno je dobro brtvljenje krila s dovratnikom zbog postizanja niske zrakopropusnosti.
- Vrata moraju trajno osiguravati stabilan oblik.
- Moraju imati dobru toplinsku izolaciju
 $U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dovratnik ima puno veće dimenzije poprečnog presjeka od uobičajenih.
- Poželjna je izvedba vrata s pragom jer povećava zrakonepropusnost
- Poželjna je izvedba negrijanog vjetrobrana
- Ulazna vrata su ugrađena u dobro izoliran omotač zgrade, a vjetrobran ima obična vrata.



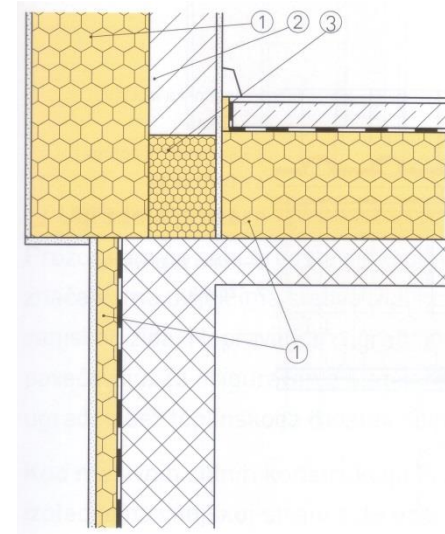
Izvedba detalja pasivne kuće

Pasivne kuće su zgrade izvedene bez toplinskih mostova.
Sloj toplinske izolacije mora biti projektiran tako da bez prekidanja obavije cijelu kuću.



Spoj unutarnjeg zida i
AB temeljne ploče

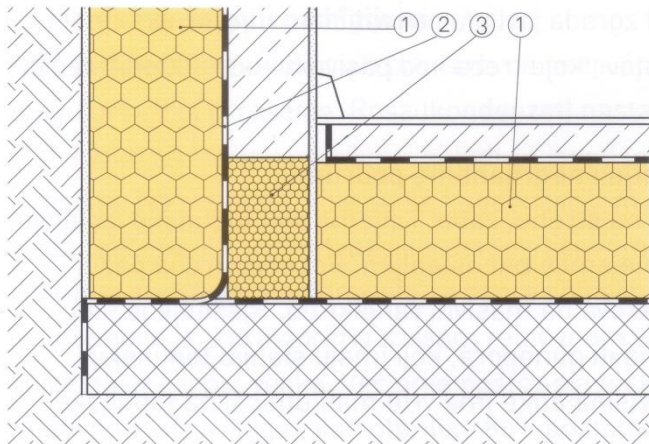
- 1- toplinska izolacija
- 2- masivni zid
- 3- izolacijska podloga
 $\lambda \leq 0,12 \text{ W/mK}$
(lagani beton,
pjenasto staklo, purpen)



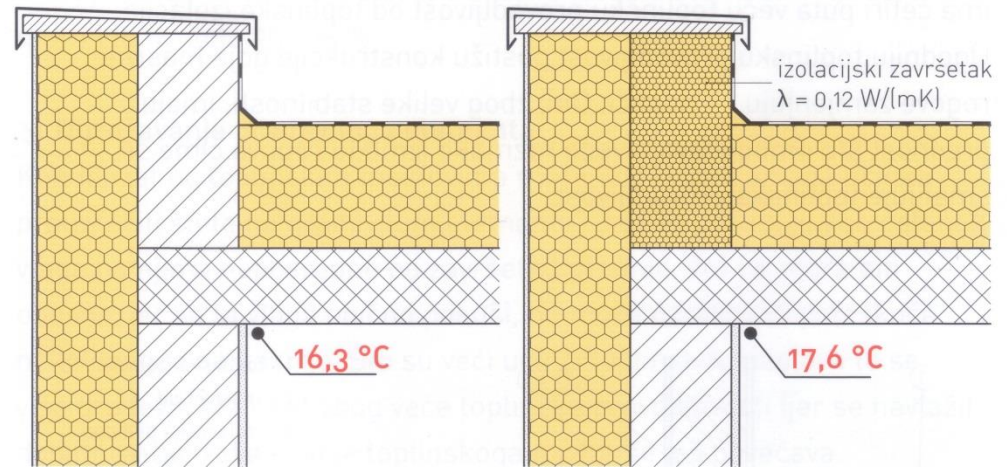
Spoj vanjskog zida i stropa
iznad negrijanog podruma

Detalj vijenca pasivne kuće

- 1- toplinska izolacija
- 2- masivni zid
- 3- izolacijska podloga
- $\lambda = 0,12 \text{ W/mK}$



Spoj podrumskog zida i
AB temeljne ploče



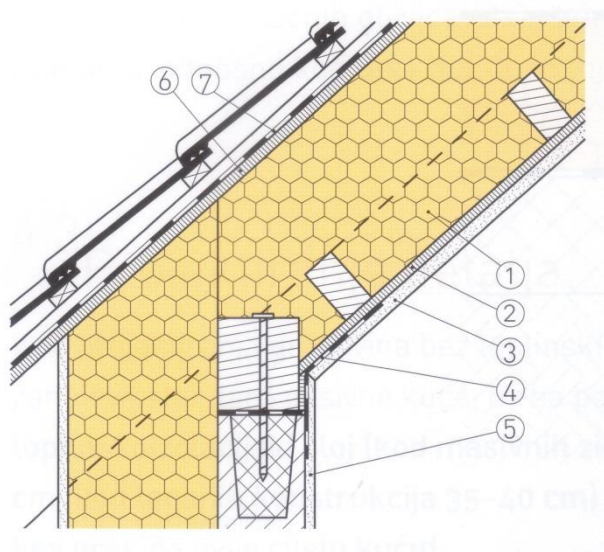
LOŠE

$$\varphi = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

DOBRO

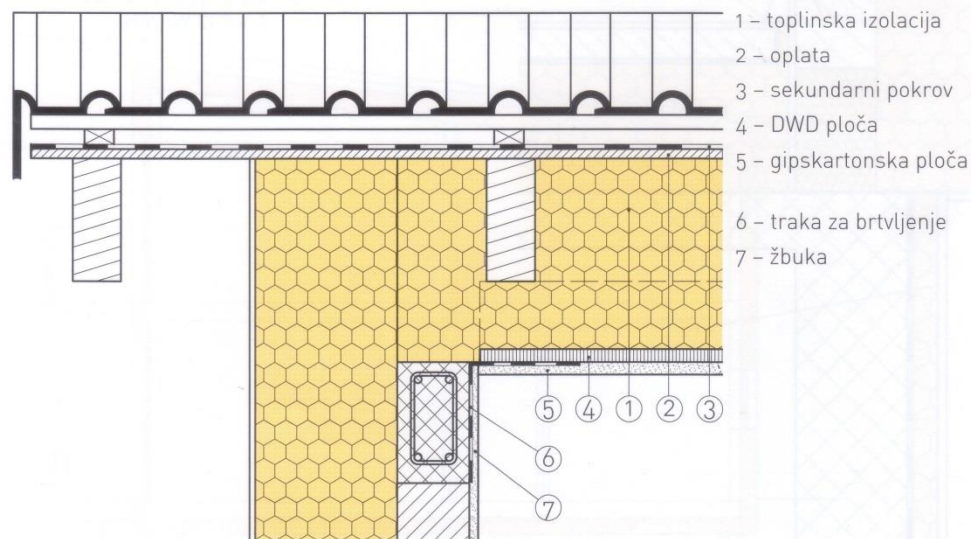
$$\varphi = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Spoj krovne konstrukcije i masivnog zida- paralelno s rogovima

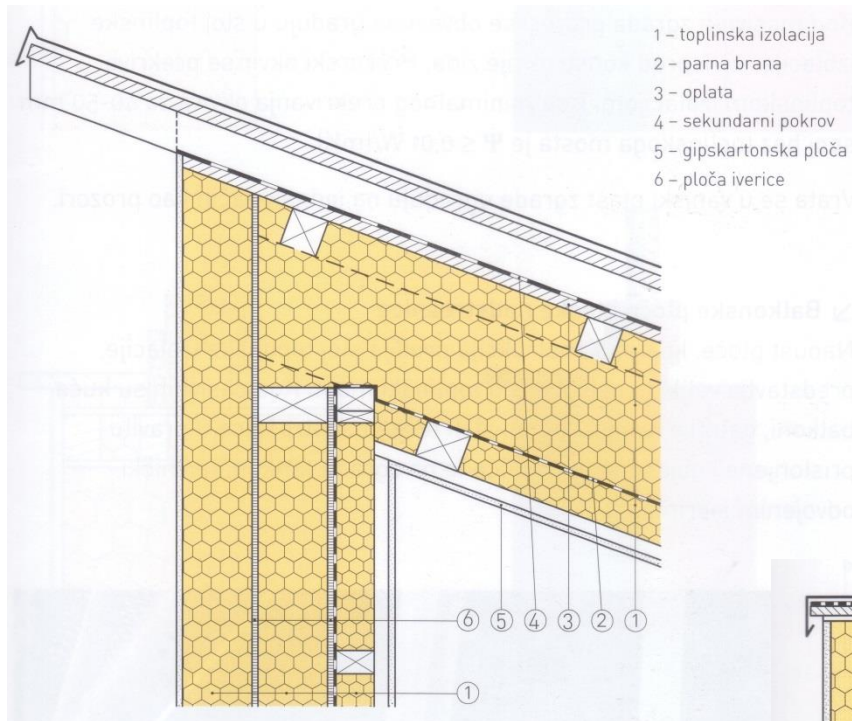


- 1- toplinska izolacija
- 2- DWD ploče
- 3- gipskartonske ploče
- 4- traka za brtvljenje
- 5- žbuka
- 6- oplata
- 7- sekundarni pokrov

Spoj krovne konstrukcije i masivnog zida- okomito na rogove

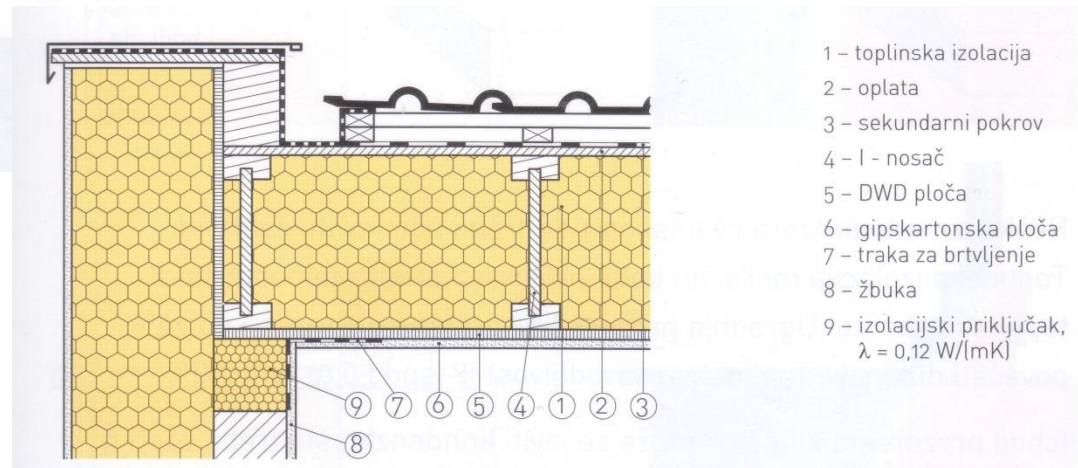


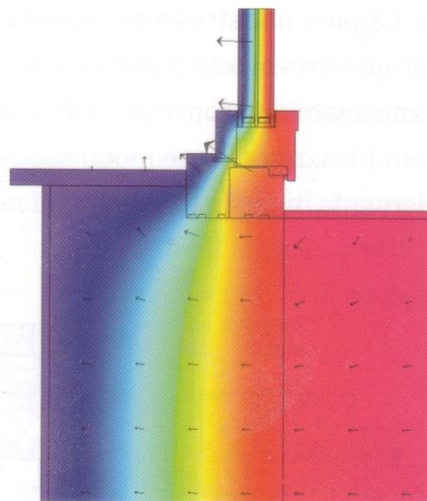
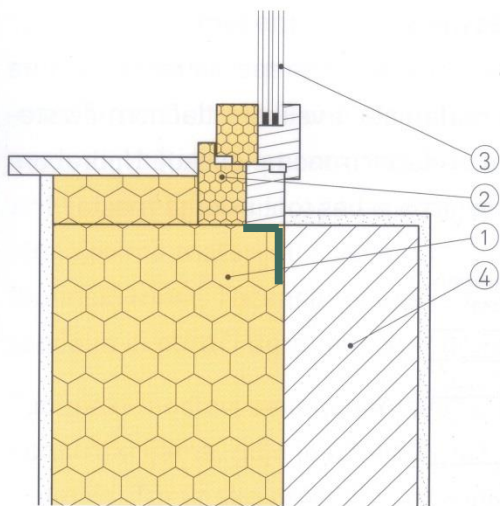
- 1 – toplinska izolacija
- 2 – oplata
- 3 – sekundarni pokrov
- 4 – DWD ploča
- 5 – gipskartonska ploča
- 6 – traka za brtvljenje
- 7 – žbuka



Spoj krovne konstrukcije i laganog zida

Spoj krovne konstrukcije i masivnog zida

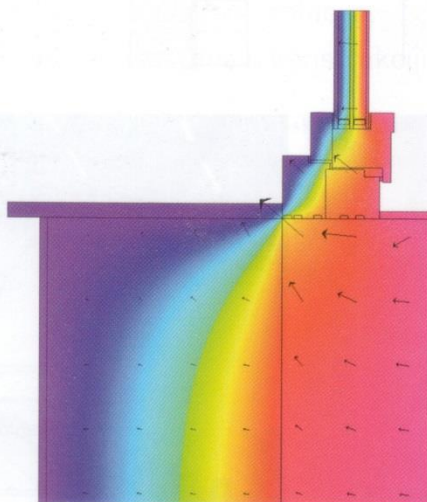
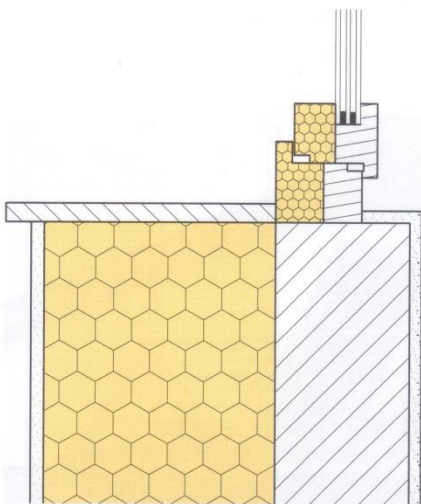




- 1 – toplinska izolacija
- 2 – toplinskoizolacijski okvir
- 3 – toplinskoizolacijsko staklo
- 4 – masivni zid

Pravilna ugradnja prozora:

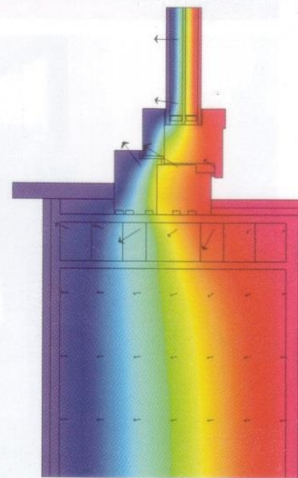
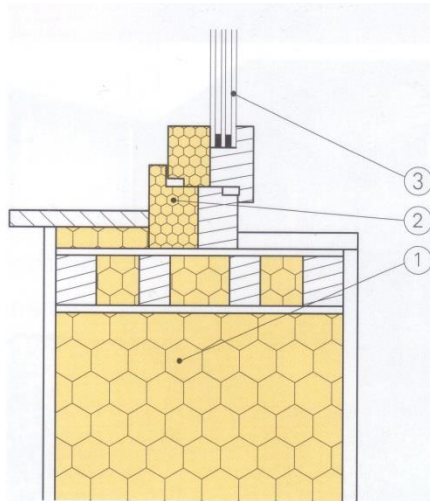
Okvir je u ravni toplinske izolacije na vanjskoj strani masivnoga zida: u zidu nema temperaturnog pada.



Ugradnja prozora u masivni zid

Nepravilna ugradnja prozora:

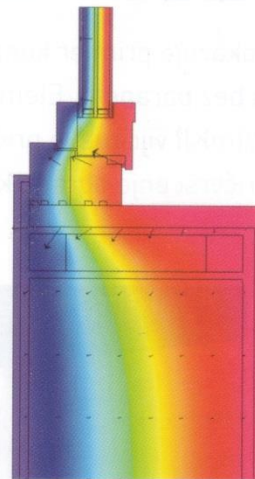
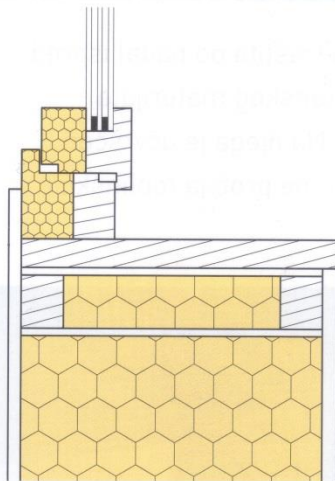
okvir je u masivnome zidu neposredno prije toplinske izolacije: na spoju zida i prozora pojavljuje se toplinski most.



- 1 – toplinska izolacija
- 2 – toplinskoizolacijski okvir
- 3 – toplinskoizolacijsko staklo

Pravilna ugradnja prozora:

okvir je na sredini zida i na potkonstrukciji od masivnih drvenih letvi (špaleta) između kojih je toplinska izolacija. Toplinski most je minimalan.



Ugradnja prozora u lagani zid

Nepravilna ugradnja prozora:

okvir je na vanjskome rubu zida i potkonstrukciji od masivnoga drva, koja predstavlja toplinski most.

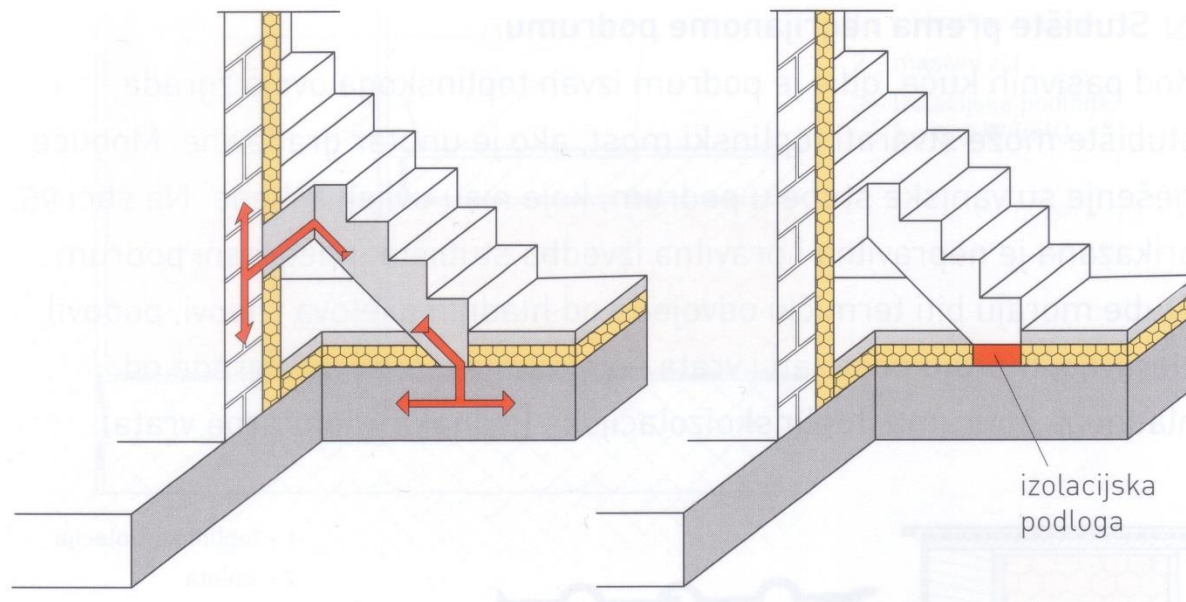
Fotografija ugradnje prozora u masivnom zidu pasivne kuće



MJESTA NA KOJIMA SE NAJČEŠĆE POJAVLJUJU TOPLINSKI MOSTOVI U ZGRADAMA



Toplinski most kod temelja stubišta



- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova zgrade (npr. proizvođač Schöck)

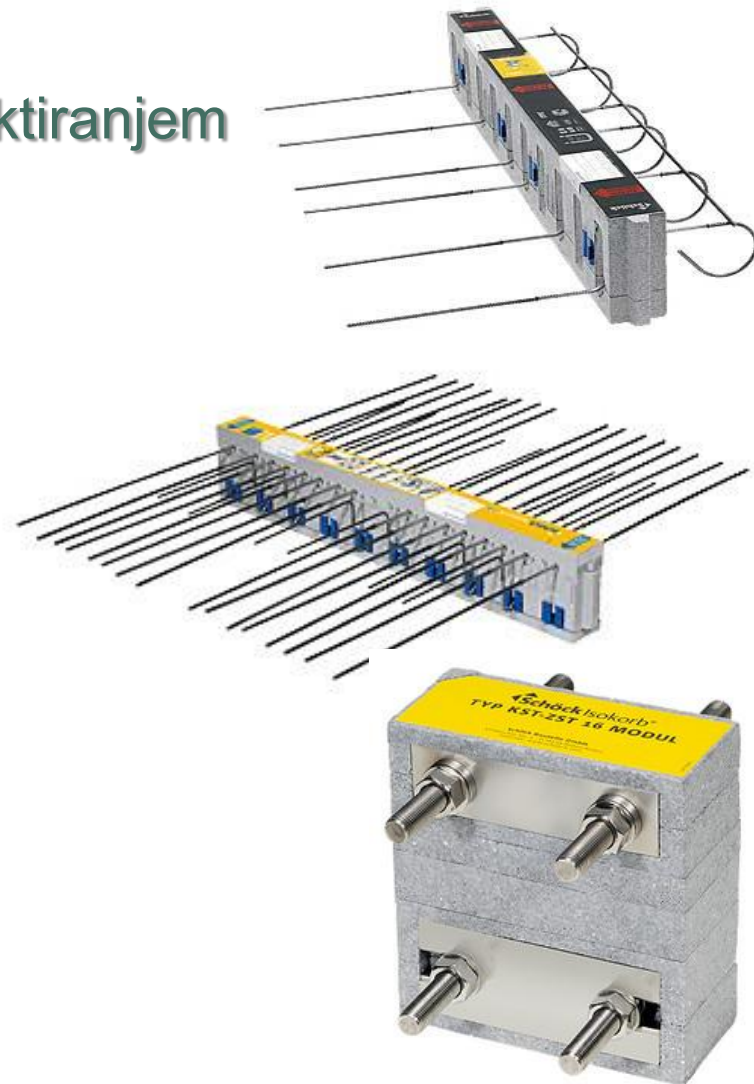
- Jednostrano izolirani balkoni:
toplinski most



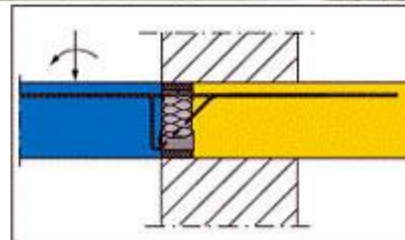
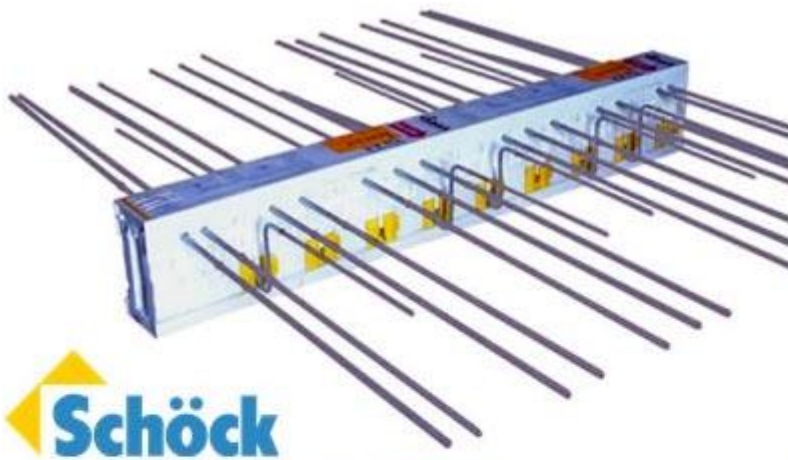
- Dvostrano izolirani balkoni:
istovremeno nosivi i izolirajući element,
kontinuitet toplinskog plašta,
nema toplinskog mosta



- Toplinski mostovi mogu se izbjeći projektiranjem (projektiranje detalja)
- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova, bez obzira radi li se o konstrukciji beton-beton, beton-drvo, beton-čelik ili čelik- čelik
- Smanjuje se djelovanje toplinskih mostova i time sprječava nastajanje kondenzata i plijesni



- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova zgrade



- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova zgrade



- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova zgrade



- Nosivi termoizolacijski element za termičko odvajanje isturenih građevinskih dijelova zgrade

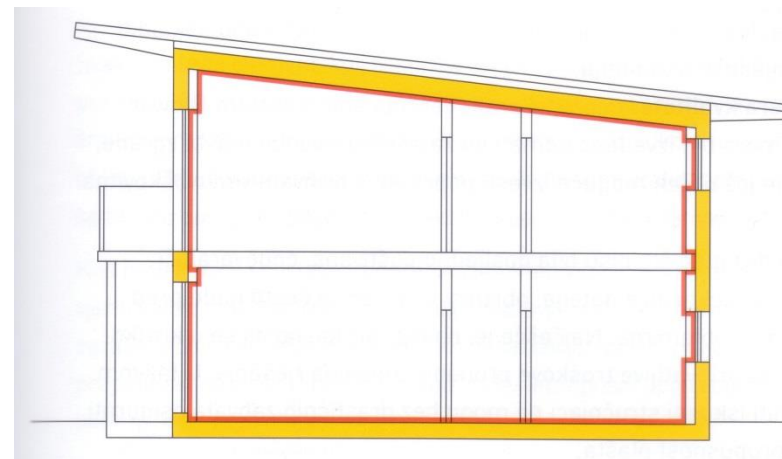


ZRAKOPROPUSNOST PASIVNIH KUĆA

Zrakopropusnost je intenzitet nekontroliranog protjecanja zraka kroz omotač u zgradu ili iz nje zbog tlačne razlike.

Načela projektiranja zrakonepropusnog plašta:

- Ravnina zrakonepropusnog plašta mora biti neprekinuta na svim dijelovima zgrade
- Mora postojati samo jedna zrakonepropusna ravnina.
- Zrakonepropusni plašt uvijek je pričvršćen na unutarnjoj strani toplinskoizolacijskog omotača.



Zrakopropusnost prostorija u zgradama se mjeri tlačnim testom nazvanim **Blower Door**.

Postupak je standardiziran (ISO 9972) .

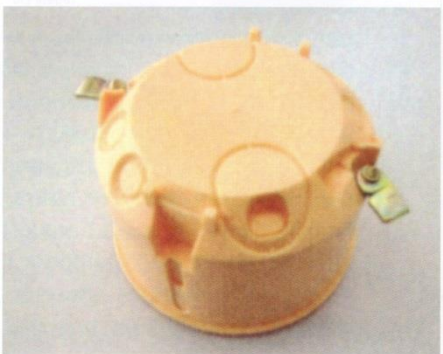
U otvor u plaštu zgrade (prozor ili vrata) se postavi uređaj s ventilatorom kojim se u kući stvara nadtlak ili podtlak.

Zrakopropusnost za standard pasivnih kuća: $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$

To znači da se pri tlačnoj razlici od 50 Pa kroz sva propusna mjesta u kući odvede ili dovede 0,6 ukupnog unutarnjeg volumena zraka u jednom satu.



Minneapolis BlowerDoor je korišten za mjerenja zrakopropusnosti u Njemačkoj od 1989. godine i do danas je najuspješniji uređaj za ispitivanje zrakopropusnosti u svijetu.



Velik problem u izvedbi niske zrakopropusnosti zgrada predstavljaju proboji omotača zgrade različitim instalacijama.

Utičnice i prekidači znače proboj zrakonepropusne ravnine.

Sanitarne instalacije u kupaonocama, WC-ima i kuhinjama također trebaju proboje koji se moraju izvesti s dodatnim brtvljenjem.

ENERGETSKI UČINKOVITA UGRADNJA PROZORA I VRATA (zrakonepropusna ugradnja)

Ugradnja prozora u vanjske zidove razlikuje 4 načina brtvljenja prostora između prozora i zida:

1. Sustav brtvljenja pomoću PVC letvica ili brtvenih PVC profila
2. Sustav brtvljenja pomoću različitih folija
3. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka (ekspandirajuća brtva)
4. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih folija i brtvenih traka

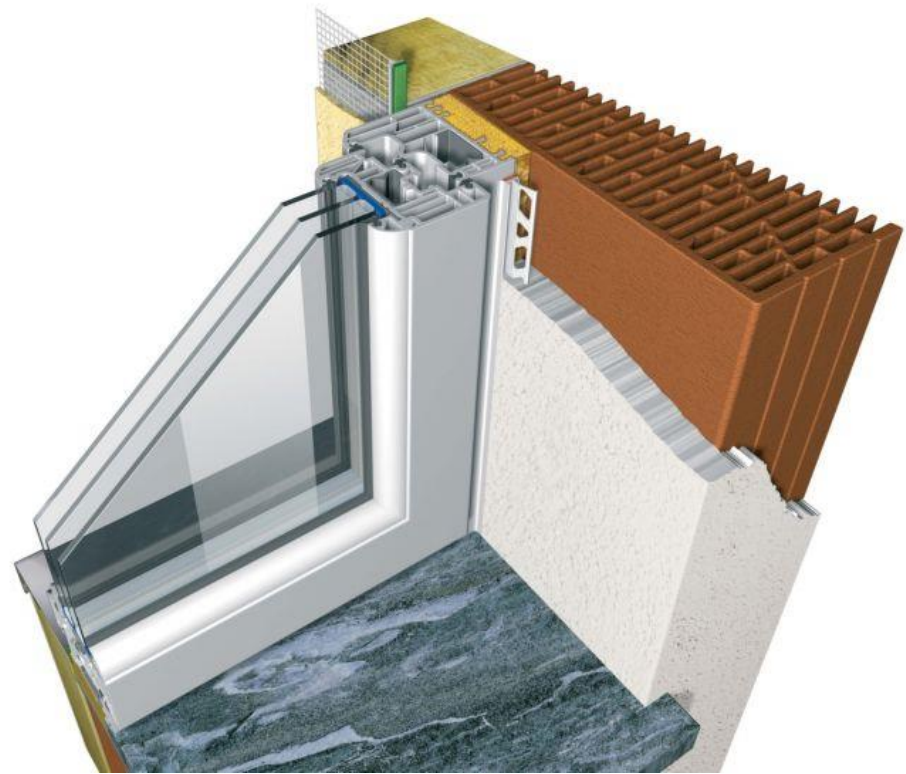
1. Sustav brtvljenja pomoću PVC letvica

Na okvir prozora se s unutarnje strane lijepi vodo i paronepropusna letvica (profil), a sa vanjske strane vodonepropusna i paropropusna letvica.

Osigurava se uredan spoj fasade (žbuke) i prozora te omogućava nesmetano širenje i sužavanje prozora uslijed temperaturnih dilatacija, bez pucanja spoja pročelja i elementa.



Letvice su konstruirane i profilirane tako da mogu prihvatiti razne materijale: letvice za klasičnu žbuku, za demit fasadu + mrežica, za staklenu vunu i za gipskartoske ploče.



- Sustav brtvljenja pomoću PVC letvica



2. Sustav brtvljenja pomoću folija:

Na okvir prozora se iznutra lijepi vodonepropusna i paronepropusna folija, a izvana vodonepropusna i paropropusna folija. Nakon ugradnje stolarije, na spoju elementa sa zgradom, (tj. U međuprostoru) postavlja se pur-pjena koja se nakon sušenja odreže. Nakon toga, folije koje su na elementu lijepe se na zid (premazan primerom) pomoću poliuretanskog kita i time je zaštićena pur-pjena od vanjskih utjecaja.



2. Sustav brtvljenja pomoću folija:



2. Sustav brtvljenja pomoću folija:



3. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka (ekspandirajuća brtva):

Njihovim korištenjem moguće je postići zadane vrijednosti unutrašnjeg i vanjskoga brtvljenja samo jednom trakom. Traka se pozicionira na stranicu okvira elementa okrenutu prema zidu, punom širinom, te prilikom svog ekspandiranja popunjava i zabrtvljuje međuprostor između elementa i građevnog otvora.

Time se postiže odgovarajuća vodonepropusnost, paronepropusnost odnosno paropropusnost, ali i toplinska izolacija, bez upotrebe pur pjene.



3. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka (ekspandirajuća brtva):

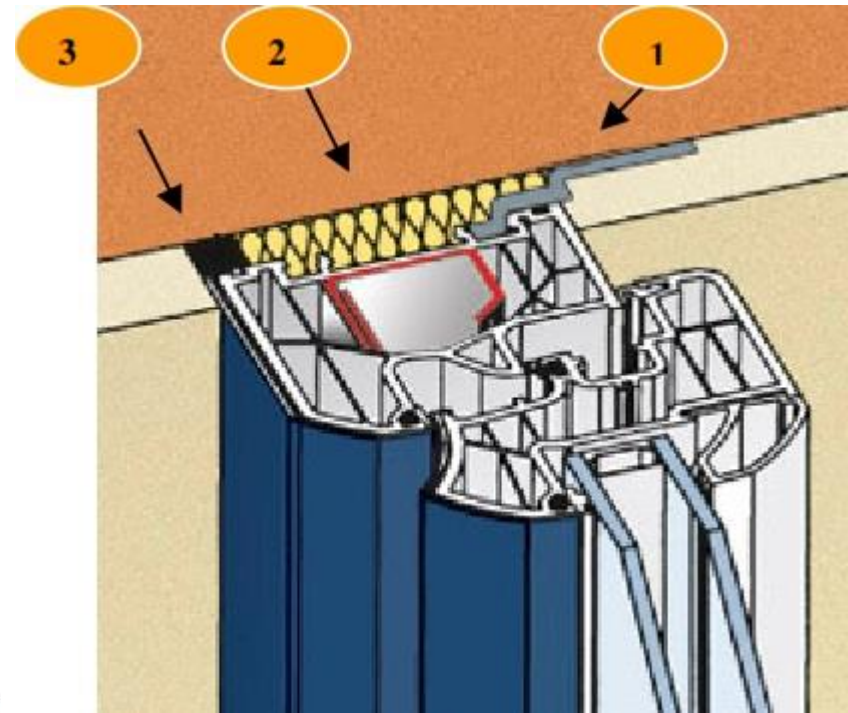


4. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih folija i brtvenih traka (ekspandirajuća brtva):

Na vanjskom dijelu stranice okvira prozora okrenute prema zidu lijepi se ekspandirajuća brtva, a s unutrašnje strane okvira prozora lijepi se folija.

Nakon ugradnje prozora postavlja se ekspandirajuća brtva, na vanjskoj strani okvira (popunjava se međuprostor između zida i okvira prozora), a ostatak međuprostora ispunjava se pur-pjenom. Nakon što se osuši, višak pur-pjene se odreže, a s unutrašnje strane se zaštićuje folijom.

4. Sustav brtvljenja pomoću brtvenih folija i brtvenih traka (ekspandirajuća brtva):



VJETRONEPROPUSNOST PASIVNE KUĆE

Vjetronepropusnost zgrade znači mogućnost sprječavanja prodora vanjskog zraka u sloj toplinske izolacija na vanjskoj strani omotača.

Kretanje zraka u toplinskoj izolaciji značajno narušava njenu funkciju i uzrokuje povećanu potrošnju energije za grijanje.

Narušena vjetronepropusnost pasivnih kuća može smanjiti učinkovitost toplinske izolacije i do dvije trećine.

Važno je pozicioniranje vjetrene brane na sljedećim mjestima:

- Na cijeloj površini pročelja
- Na spoju građevnih elemenata
- Kod proboja građevnih elemenata

VENTILACIJA PASIVNE KUĆE

Općenito ventilacija u zgradama je potrebna da se osigura odgovarajuća kvaliteta zraka.

U prostorijama svakog sata treba osigurati 25-35 m³ svježeg zraka po osobi.

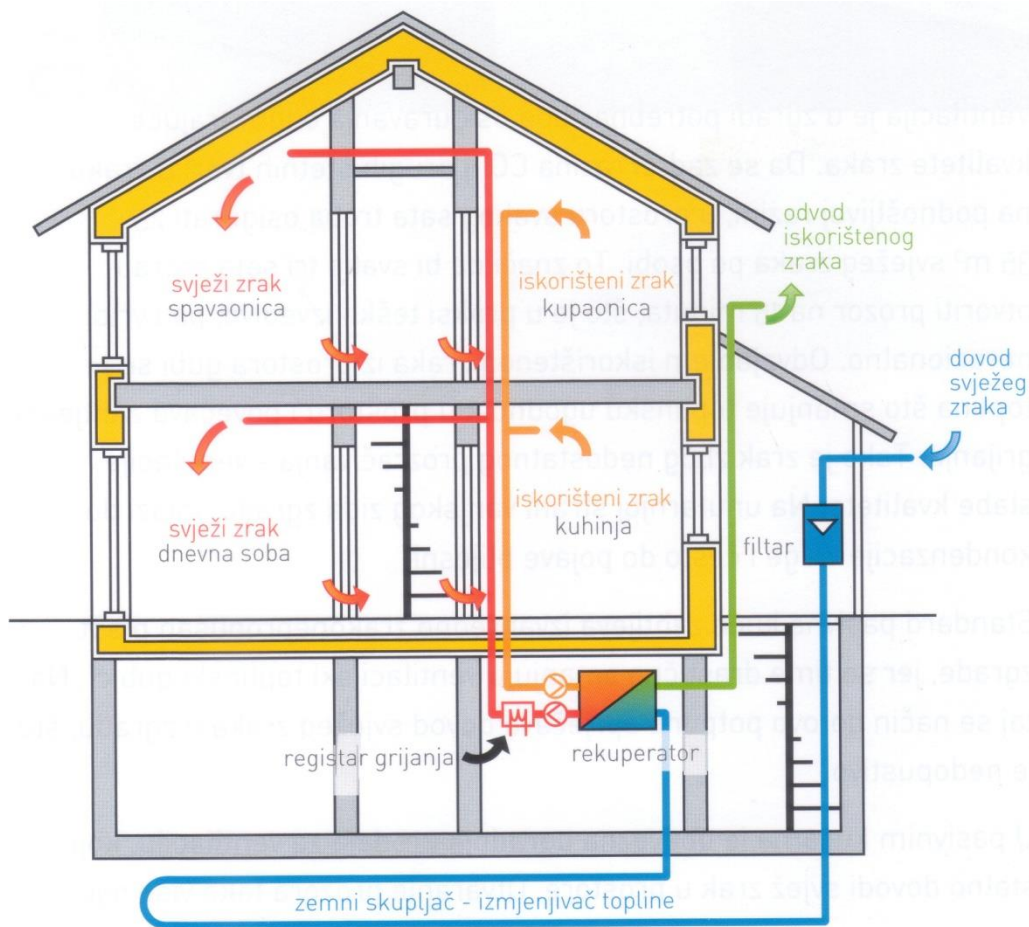
Standard pasivne kuće zahtjeva izvanredno zrakonepropusan omotač jer se tako značajno smanjuju ventilacijski toplinski gubici zimi.

U pasivnim kućama je obvezna ugradnja uređaja za ventilaciju, koji stalno dovodi svjež zrak u prostorije. Otvaranje prozora više nije potrebno iako nije zabranjeno.

Uređaj za ventilaciju radi samo zimi od studenog do ožujka. Preostalo vrijeme može biti isključen, a kuća se prirodno ventilira kroz prozore.

U pasivnoj kući obvezna je kontrolirana ventilacija s vraćanjem topline otpadnog zraka (rekuperacija) i iskoristivošću većom od 75 %.

RAD KONTROLIRANE VENTILACIJE S VRAĆANJEM TOPLINE OTPADNOG ZRAKA



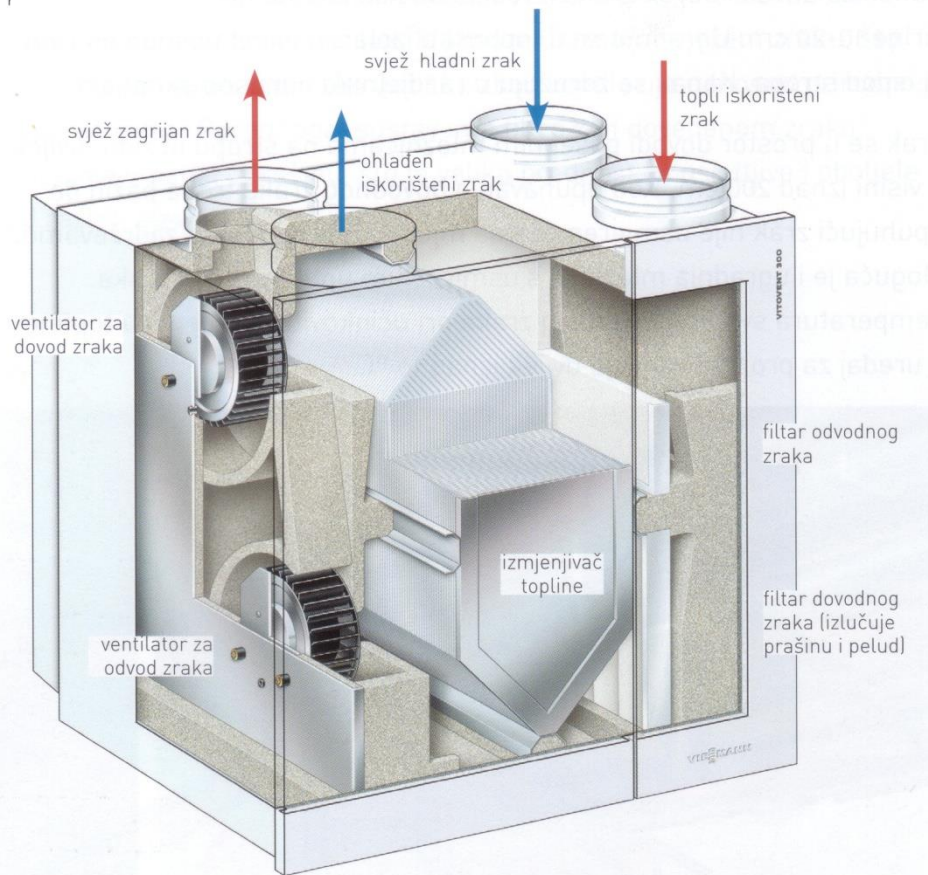
Uređaj za ventilaciju dovodi svježi zrak u prostorije i odvodi iskorišteni zrak iz zgrade.

Svježi zrak se dovodi u stambene prostore i spavaonice, a odvodi se iz kuhinja, kupaonica, WC-a, smočnica gdje je najnekvalitetniji.

Svjež zrak se uzima izvan zgrade kroz zaštinu rešetku na pročelju ili na krovu.

Sustav ventilacije ima filtere koji svježem zraku oduzimaju pelud i prašinu.

IZMJENJIVAČ TOPLINE - REKUPERATOR



U izmjenjivaču topline ili rekuperatoru svjež zrak se predgrije toplinom otpadnog zraka koji se izbacuje iz zgrade.

Kanali za dovod i odvod zraka izvedeni su kao plošne fleksibilne cijevi širine 10-20 cm.

Zrak se u prostorije dovodi posebnim mlaznicama na stropu ili zidu uvijek na visini većoj od 200 cm.

Izmjenjivač topline u zgradi treba postaviti u suhi prostor gdje ne postoji opasnost od smrzavanja.

GRIJANJE U PASIVNIM KUĆAMA

Potrebe za dodatnom toplinom za grijanje u pasivnim kućama su vrlo niske.

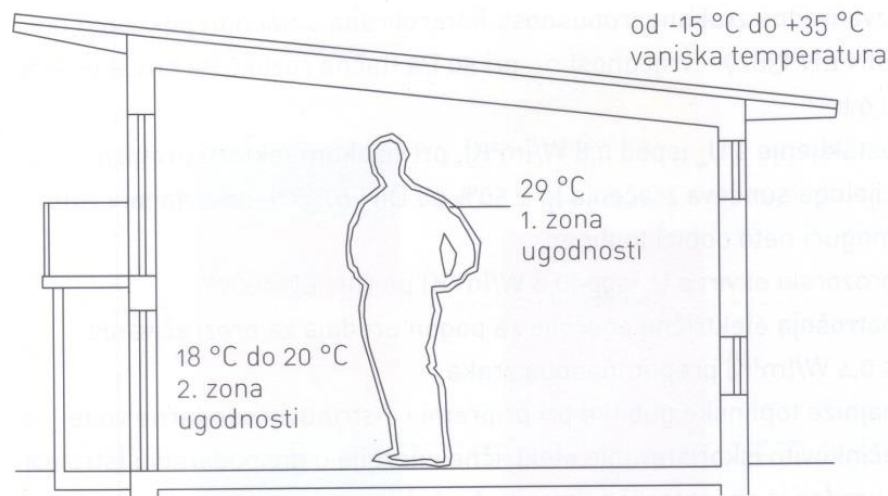
Brojna mjerenja pokazala su da potreba za dodatnim grijanjem postoji samo kod vanjskih temperatura ispod 0 °C.

U pasivnim su kućama specifični toplinski gubici (transmisijski i ventilacijski) manji od 10 W/m². Za grijanje dnevne sobe od 30 m² potrebna toplina je 300 W što odgovara npr. učinku triju klasičnih žarulja na žarnu nit.

Prosječna godišnja potrošnja za grijanje ne smije prelaziti 15 kWh/m²a. To je ekvivalent potrošnje od 1,5 litre loživog ulja ili 1,6 m³ zemnog plina.

Zbog vrlo niske potrebe za toplinom u pasivnim kućama se možemo odreći klasičnog sustava grijanja. Time se dosta smanjuju troškovi izgradnje. Umjesto klasičnih sustava za grijanje primjenjuje se tzv. toplozračno grijanje. Zrak koji se ventilacijskim uređajem dovodi u prostorije u hladnim se danima nešto dogrije.

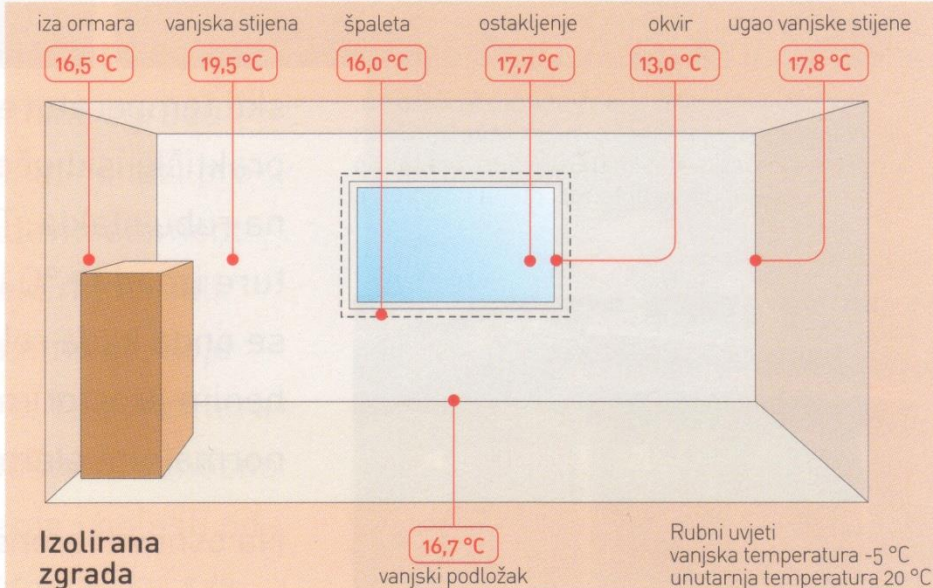
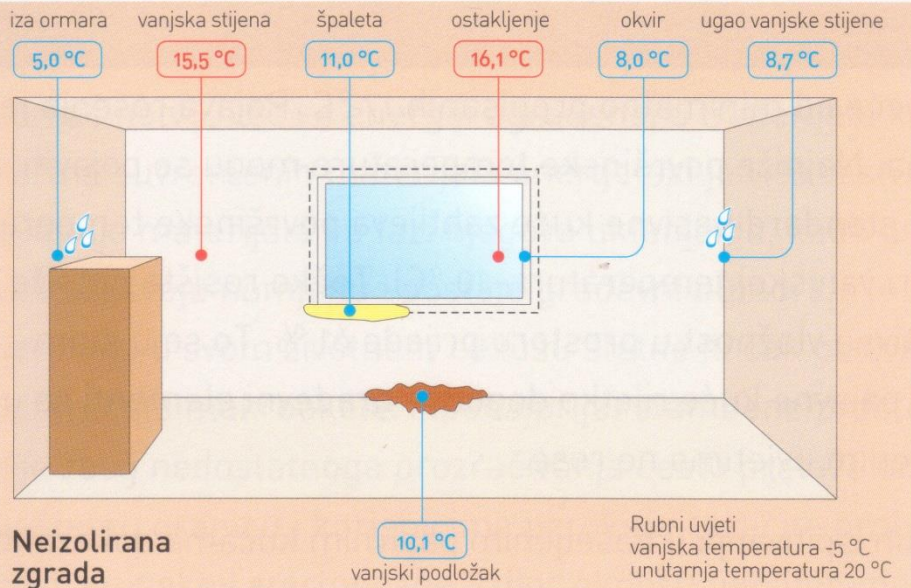
UGODNOST BORAVKA U PASIVNIM KUĆAMA



Temperaturna ugodnost u unutarnjim prostorijama najviše ovisi o čovjekovoj odjeći ili “drugoj koži”. Prostor između kože i odjeće ima izolirajuću funkciju i treba biti na temperaturi $27\text{--}29^{\circ}\text{C}$.

Druga zona ugodnosti je prostor između odjeće i unutrašnje površine omotača zgrade.

Standard ISO 7730 određuje ugodne uvjete za običaje oblačenja u unutarnjim prostorima: zimi $20\text{--}24^{\circ}\text{C}$ i ljeti $23\text{--}26^{\circ}\text{C}$.

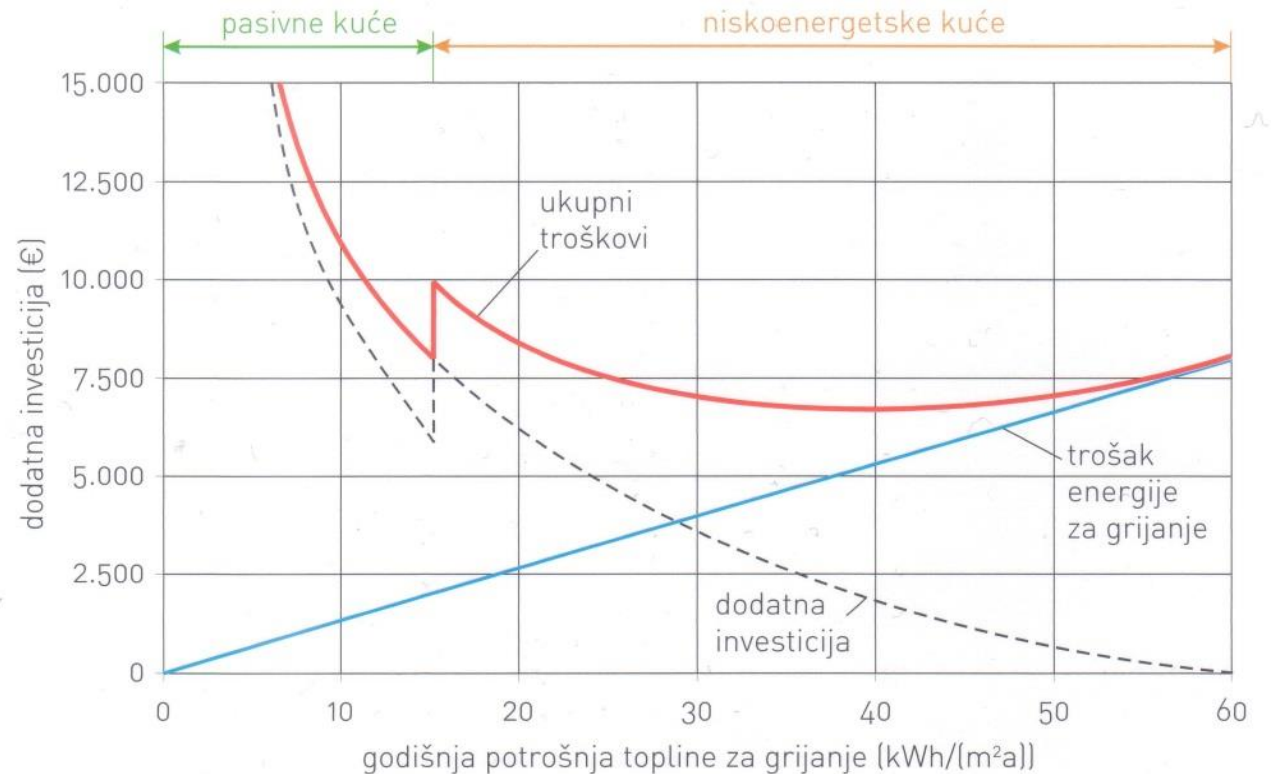


U pasivnim kućama preporučene temperature u unutrašnjosti su od 18-20 °C.

To je moguće zbog sljedećih činjenica:

- Temperature unutarnjih površina omotača samo su malo niže od unutarnjeg zraka (<2,5°C)
 - Operativna temperatura je jednakomjerna. 35cm od prozora zrak je samo 0,75 °C topliji.
 - Gibanje zraka u prostoru je minimalno zbog malih razlika u temperaturi
 - Površinska temperatura unutarnje plohe prozora je 17 °C pri vanjskoj temperaturi od -10 °C
- Do pojave orošavanja unutrašnje površine bi došlo samo kod vlažnosti veće od 85 %.

EKONOMSKA ISPLATIVOST PASIVNE KUĆE



Pasivna kuća je cijenom usporediva s dobrom niskoenergetskom kućom