



ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

(priručnik za krajnje korisnike - izdanje 2.)



nZEB

nearly Zero Energy Buildings



Ovaj projekt je financiran iz programa Europske unije za istraživanje i inovacije Obzor 2020 u okviru ugovora br. 101033733.

Isključivu odgovornost za sadržaj ove publikacije snose autori. Ova publikacija ne odražava nužno mišljenje Europske unije. Niti CINEA niti Europska komisija nisu odgovorni za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u ovoj publikaciji.



SADRŽAJ

1	ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE	3
1.1	Definicija i nZEB standard	3
1.2	Važni propisi i datumi	4
1.3	Smjernice za zgrade gotovo nulte energije	6
1.4	Značaj obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti za nZEB	7
1.5	Korisnici zgrada gotovo nulte energije	8
2	TEHNIKE GRADNJE I GRAĐEVINSKI MATERIJALI	9
2.1	Energetski učinkovita ovojnica zgrade	9
2.2	Fasadni sustavi	11
2.3	Prozori	13
2.4	Pozicija i orijentacija zgrade u prostoru	14
2.5	Savjeti i upute	14
3	STROJARSKE KOMPONENTE I SUSTAVI	24
3.1	Grijanje i priprema potrošne tople vode	24
3.2	Hlađenje	25
3.3	Dizalice topline	25
3.4	Mehanička ventilacija sa povratom topline	26
3.5	Savjeti i upute	26
4	ELEKTRIČNE KOMPONENTE I SUSTAVI	28
4.1	Vlastita proizvodnja električne energije	28
4.2	Rasvjeta	30
4.3	Sustav za upravljanje zgradom i potrošnjom energije	31
4.4	Savjeti i upute	32
5	PONAŠANJE KORISNIKA U NZEB	39
5.1	Savjeti i upute	39

1 ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

Zgrade su odgovorne za 40 % ukupne potrošnje energije u EU, dok se u Hrvatskoj u zgradama troši oko 42 % ukupne potrošnje energije. Istovremeno je više od 75 % zgrada u Hrvatskoj starije od 20 godina i ne zadovoljavaju današnje građevinske propise iz područja energetske učinkovitosti. Više od 60 % godišnje energije u zgradi potroši se na grijanje, a od svih zgrada kućanstva su najveći pojedinačni potrošači energije. Zato se energetskej obnovi i energetski učinkovitoj novogradnji stambenih i nestambenih zgrada u državama članicama EU posvećuje velika pozornost.

Jedan od glavnih ciljeva EU je postizanje potpune dekarbonizacije sektora zgradarstva do 2050. godine, što se nastoji ostvariti energetskej obnovom zgrada te građenjem zgrada gotovo nulte energije (eng. *nearly Zero Energy Buildings*, **nZEB**), što će u budućnosti biti važan čimbenik u smanjenju potrošnje energije u zgradarstvu i postupnom prelasku na zgrade nulte emisije (eng. *zero-emission building*, **ZEB**). Taj prelazak u velikoj je mjeri već reguliran i standardiziran raznim pravnim aktima, propisima i pravilnicima, kako nacionalnima, tako i onima EU.

1.1 Definicija i nZEB standard

Zgradu gotovo nulte energije odlikuje vrlo visok stupanj energetske učinkovitosti (**EnU**) i integracija sustava koji koriste obnovljive izvore energije (**OIE**) te za razliku od prijašnjih i niskoenergetskih zgrada zahtijeva gotovo ništa ili vrlo malo energije. Zgrada gotovo nulte energije definirana je kao zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva; odnosno koristi vrlo nisku količinu energije, koja se u značajnoj mjeri dobiva energijom iz obnovljivih izvora uključujući onu koja se proizvodi na samoj zgradi ili u njezinoj neposrednoj blizini. U Hrvatskoj je određeno da taj postotak mora biti najmanje 30 % od ukupno potrebne isporučene energije.



Najveća prednost nZEB-a sastoji se u tome da je godišnja utrošena energija za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu maksimalno snižena, a udobnost življenja je zadržana ili čak povećana u odnosu na prijašnji standard gradnje.

Indikativno za nZEB je dakle da Propisom definirano ograničenje godišnje potrošnje energije ne uključuje samo energiju za grijanje, već **cjelokupnu primarnu** energiju koju zgrada smije potrošiti po kvadratnom metru površine da bi zadovoljila nZEB standard.

Samim time zahtjevi za nZEB, u pogledu potrošnje energije, se bitno razlikuju (stroži su) od opće poznatih ograničenja u energetskej razredima koja zahvaćaju samo toplinsku energiju.

Najveće dopuštene vrijednosti za nove zgrade i zgrade gotovo nulte energije grijane i/ili hlađene na temperaturu 18 °C ili višu možete vidjeti u sljedećoj tablici.



**Prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20)*

ZAHTEVI ZA NOVE ZGRADE i nZEB / GOEZ	$Q'_{H,nf}$ [kWh/(m ² ·a)]						E_{prim} [kWh/(m ² ·a)]			
	NOVA ZGRADA i nZEB / GOEZ						NOVA		nZEB / GOEZ	
	kontinent, $\Theta_{mm} \leq 3$ °C			primorje, $\Theta_{mm} > 3$ °C			kont $\Theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\Theta_{mm} > 3$ °C	kont $\Theta_{mm} \leq 3$ °C	prim $\Theta_{mm} > 3$ °C
VRSTA 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
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	/	/

1.2 Važni propisi i datumi

Od zakonodavnih dokumenata koji pokrivaju područje zgrada gotovo nulte energije tj. nZEB i povezanu problematiku donosimo samo najvažnije.



Direktiva o energetske svojstvima zgrada 2010/31/EU od 19. svibnja 2010. (tinyurl.com/epbd-nzeb, eng. *Directive on the energy performance of buildings*) polazišna je direktiva za definiciju zgrada gotovo nulte energije tj. nZEB. U direktivi su među ostalim određeni osnovni pojmovi te smjernice za implementaciju zgrada gotovo nulte energije, kao i već spomenuta definicija nZEB. Određeni su i rokovi nakon kojih će morati biti sve novogradnje izgrađene po nZEB standardu. Direktiva je izmijenjena i dopunjena 2018. (Direktiva 2018/844/EU), a uključuje širok raspon politika i mjera podrške koje će pomoći državama članicama da povećaju energetske učinkovitost zgrada te da poboljšaju postojeći fond zgrada. U ožujku 2023. Europski parlament donio je reviziju Direktive o energetske svojstvima zgrada (EPBD). Revizija Direktive ima za cilj ubrzati stope obnove zgrada, smanjiti emisije stakleničkih plinova i potrošnju energije te promicati korištenje obnovljive energije u zgradama. Revizijom se uvodi nova EU definicija 'zgrade s nultom emisijom', primjenjiva na sve nove zgrade javne namjene od 2027. i na sve ostale zgrade od 2030.



U **Direktivi o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora 2009/28/EC** od 23. travnja 2009. (tinyurl.com/promote-res, eng. *Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources*) određuje se poticanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije u državama članicama, a samim time potiče se i izgradnja zgrada gotovo nulte energije. Kao ispunjavanje te obveze tj. kao pozitivni primjer ili standard mogu se smatrati zgrade gotovo nulte energije tj. **nZEB**. Direktiva je izmijenjena i dopunjena 2018. (Direktiva 2018/2001/EU), a uključuje uspostavu obvezujućeg cilja EU za svoj udio u kombinaciji izvora energije u 2030.; uređuje vlastitu potrošnju i uspostavlja zajednički skup pravila za uporabu obnovljivih izvora energije u okviru električne energije, grijanja i hlađenja te prijevoza u EU-u.



Direktiva o energetskej učinkovitosti 2012/27/EU od 25. listopada 2012. (tinyurl.com/energ-eff, eng. *Directive on energy efficiency*) prenesena je u hrvatsko nacionalno zakonodavstvo kroz **Zakon o energetskej učinkovitosti** (NN 127/14, 116/18, 25/20, 32/21, 41/21 tinyurl.com/zakon-enu). Zakon je kao takav u cijelosti važan za područje nZEB. Među ostalim je u zakonu određeno da se odluka za sklapanje ugovora o pružanju energetske usluge ili o energetskej obnovi (stare) višestambene zgrade donosi temeljem natpolovične većine glasova suvlasnika zgrade, što do sada nije bio slučaj pa je to dobra vijest za vlasnike stanova. Direktiva je izmijenjena i dopunjena 2018. (Direktiva 2018/2002/EU), a uključuje uspostavu obvezujućeg cilja energetske učinkovitosti za smanjenje konačne potrošnje energije od najmanje 32,5 % do 2030. (u odnosu na referentni scenarij iz 2007.), nadovezujući se na cilj od 20 % koji je vrijedio za 2020. godinu. Revidirana Direktiva o energetskej učinkovitosti, objavljena u Službenom listu 20. rujna 2023., značajno podiže ambicije EU-a u pogledu energetske učinkovitosti. Revidiranom direktivom se uspostavlja „energetska učinkovitost na prvom mjestu” kao temeljno načelo energetske politike EU-a, što znači da zemlje EU-a moraju uzeti u obzir energetske učinkovitost u svim relevantnim političkim i velikim investicijskim odlukama koje se donose u energetskej i ne energetskej sektoru.



Vezano uz zahtjeve za nZEB, važan dokument je i **Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskej zaštiti u zgradama - TPRUETZ** (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20, tinyurl.com/tehprop). Njime su određeni tehnički zahtjevi za zgrade u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite građevinskog dijela zgrade i pratećih sustava, a koje treba ispuniti prilikom **projektiranja, građenja i rekonstrukcije zgrada**.

U dopunama propisa su **precizno definirane zgrade gotovo nulte energije** u smislu najveće dopuštene potrošnje primarne energije i godišnje energije potrebne za grijanje po kategorijama (ranije prikazana tablica). Tako je stvoren jedan od temelja za implementaciju zgrada gotovo nulte energije. Osim toga država donosi programe energetske obnove svih



kategorija zgrada, a također postoji i [Dugoročna strategija obnove nacionalnog fonda zgrada do 2050. godine](#).

Kako bi potaknula kretanje prema nZEB standardu, država temeljem tih programa redovito sufinancira i potiče ugradnju sustava koji koriste obnovljive izvore energije te dubinsku ili sveobuhvatnu energetska obnovu postojećih zgrada. Tako npr. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (FZOEU, www.fzoeu.hr) redovito sufinancira tehnologije koje koriste OIE i mjere povećanja EnU. Sufinanciranje u zgradarstvu nude i mnoge druge institucije, kao npr. Agencija za pravni promet i posredovanje nekretninama (APN) koja se bavi energetska obnovom zgrada javnog sektora, ali u zadnje vrijeme i brojni gradovi u RH imaju programe sufinanciranja energetska obnove za svoje građane.

Budućnost zgradarstva nedvojbeno leži u zgradama koje će biti samodostatne po pitanju energije. nZEB standard je u RH postao obavezan za sve nove zgrade nakon 31.12.2020. godine dok za energetska obnovu postojećih zgrada nema obaveze ispunjavanja nZEB standarda osim u slučaju dogradnje i/ili nadogradnje odnosno prenamjene negrijanog prostora u grijani prostor i kada je površina tog dijela veća ili jednaka 50 m².

U tom slučaju obavezu ispunjavanja nZEB standarda potrebno je postići samo za taj dio. Na razini EU je u najavi i novi standard – zgrade nulte emisije, odnosno ZEB (eng. zero-emission building) koji bi na snazi trebao biti od 2030. (2028.) i odnosio bi se na sve nove zgrade.



1.3 Smjernice za zgrade gotovo nulte energije

Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine je izradilo **Smjernice za zgrade gotovo nulte energije** sa svrhom informiranja opće i stručne javnosti o projektiranju i gradnji zgrada gotovo nulte energije. Smjernice su namijenjene investitorima koji kreću u gradnju novih zgrada te stručnjacima koji će sudjelovati u procesu projektiranja i izgradnje. Smjernice se mogu vidjeti putem niže navedenih linkova ili na stranici [Ministarstva](#):

[Smjernice za zgrade gotovo nulte energije - PRVI DIO](#)

(namijenjene za opću zainteresiranu javnost)

[Smjernice za zgrade gotovo nulte energije - DRUGI DIO](#)

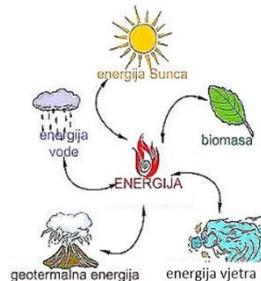
(namijenjene za stručnu zainteresiranu javnost)

1.4 Značaj obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti za nZEB

Zgradu gotovo nulte energije nije moguće postići samo uz pomoć najnovijih građevinskih materijala i toplinskih izolacija velike debljine. Na taj ćemo način svakako spriječiti gubitke energije, ali za nZEB je bitno i da zgrada **sama proizvodi svoju vlastitu toplinsku, rashladnu i električnu energiju**.

Kako i kojim vrstama tehnologija koje koriste obnovljive izvore energije (OIE) ostvariti uvjete da bi zgrada bila gotovo nulte energije? Iskorištavati možemo sljedeće tehnologije:

- Vlastiti izvori toplinske energije poput kotlova na **biomasu** (peleti, drvena sječka) za grijanje prostora i **solarni kolektori** za zagrijavanje sanitarne vode.
- **Dizalice topline** koje se koriste kako za grijanje tako i za i hlađenje i ventilaciju.
- **Daljinsko** ili blokovsko grijanje ili hlađenje, ako se u cijelosti ili djelomično temelji na energiji iz obnovljivih izvora.
- Vlastiti izvori poput **fotonaponskih panela** i **vjetrogeneratora** za proizvodnju električne energije.
- Sustavi za **pohranu energije**, poput električnih baterija i spremnika tople vode.



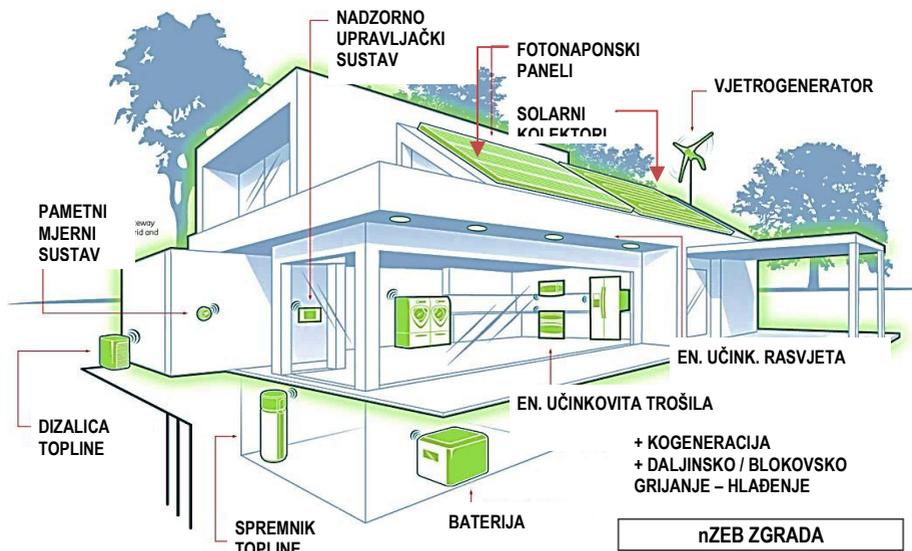
Kako ostvariti visoku energetska učinkovitost u zgradama gotovo nulte energije?

- Energetski učinkovitom **ovojnicom** (fasadom, krovom, prozorima) uz primjenu kvalitetnih toplinsko-izolacijskih materijala i rješavanjem detalja.
- Korištenjem **LED rasvjete**.
- Korištenjem energetski visoko učinkovitih kućanskih i ostalih **uređaja**, klase A. Takvi uređaji mogu uštedjeti i više od 50 % električne energije u odnosu na starije uređaje.



Zgrada gotovo nulte energije osim toga mora imati:

- **inteligentni mjerni sustav** (eng. smart metering) te
- **nadzorno upravljački sustav** za analizu i praćenje proizvodnje i potrošnje energije, kako bi se omogućilo redovito i automatsko praćenje proizvodnje i potrošnje energije. Država može čak i poticati postavljanje aktivnih upravljačkih sustava, kao što su automatizacijski, upravljački i nadzorni sustavi koji štede energiju.



1.5 Korisnici zgrada gotovo nulte energije

Korisnici se moraju upoznati sa tehnologijama u nZEB, prihvatiti novi način ponašanja i educirati se o načinu korištenja ugrađenih naprednih sustava u zgradi gotovo nulte energije. Vrlo je važno da se korisnici i tehnologija međusobno usklade kako bi svi zajedno djelovali optimalno i u međusobnoj sprezi. Energetski učinkovitim ponašanjem korisnici zgrade osigurat će optimalnu potrošnju energije i ne samo to, individualni potrošači svojom osviještenosti i kontrolom potrošnje energenata doprinose između ostaloga i općem civilizacijskom cilju smanjenja globalnog zagrijavanja Zemlje.



RACIONALNO GOSPODARENJE ENERGIJOM I VODOM U ZGRADI

- Vremenski optimirati grijanje i pripremu tople vode, odnosno ugasiti grijanje ili hlađenje noću i kada nema nikoga kod kuće.
- Izbjegavati zaklanjanje i pokrivanje grijaćih tijela zavjesama, maskama i slično.
- Koristiti prirodno osvjetljenje u što većoj mjeri.
- Regulacija rada sustava rasvjete day-light prema intenzitetu osvjetljenja prostora ovisno o dozračenom sunčevom zračenju.
- Uporaba štedne armature na trošilima za vodu: perlatora na slavinama smanjenje potrošnje vode 40 – 50 %, niskoprotlačni kotlić, štedni ventil za tuširanje - smart-shower, senzorske slavine itd.

2 TEHNIKE GRADNJE I GRAĐEVINSKI MATERIJALI

U građevinskom dijelu izgradnje nZEB uvjet je da se primjenjuju tehnološki naprednije toplinske izolacije većih debljina za razliku od prijašnjih gradnji te da se iste apliciraju striktno prema pravilima struke i smjernicama proizvođača i pritom pazi na izbjegavanje pojave toplinskih mostova. Slično vrijedi i za prozore i vrata. Zgradu je poželjno projektirati na način da njezine energetske potrebe budu što niže. Ne postoje univerzalna rješenja za postizanje nZEB standarda. Potreban je koordiniran integralni pristup svih struka koje sudjeluju u projektiranju zgrade (projektanata arhitekture, fizike zgrade, termotehničkih sustava i elektroinstalacija) od koncepta i idejnog projekta zgrade, pa sve do izvedbenog projekta te stručna i pažljivo kontrolirana izvedba. Kvalitetno optimiran energetske koncept omogućava nisku potrošnju energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora uz što nižu cijenu investicije te rezultira troškovno-optimalnim rješenjem koje zadovoljava nZEB standard.



2.1 Energetski učinkovita ovojnica zgrade

Ovojnica zgrade čine svi sastavni dijelovi konstrukcije zgrade koji dijele unutarnji tj. grijani od vanjskog tj. negrijanog prostora. To su podovi, vanjski zidovi, stropovi iznad vanjskih prostora ili prema negrijanim prostorima (npr. prema tavanu ili negrijanom podrumu), ravni i kosi krov, vanjski prozori i vrata.



Promatra li se zgrada kao objekt, može se iz njezine geometrije vidjeti da najveći dio ploštine otpada na vanjske zidove, zatim na krov i podove te na kraju na otvore. Promatra li se udio pojedinih toplinskih gubitaka na toj istoj zgradi koja je uz to i nedovoljno toplinski izolirana, može se uočiti da najveći dio gubitaka otpada na vanjske zidove i krove/stropove, a manji dio na otvore i podove.

Kod slojeva građevnih dijelova vrlo je važan koeficijent prolaska topline svakog od njih, koji je ujedno i jedan od bitnih tehničkih uvjeta koje ovojnica mora zadovoljiti da bi zgrada bila nZEB i kako bi za nju eventualno bilo odobreno sufinanciranje od strane FZOEU. Koeficijent prolaska topline označava se sa U i mjeri količinu prolaska toplinske snage u vatima kroz svaki kvadratni metar površine za svaki stupanj kelvina (celzija) razlike između vanjskog i unutarnjeg prostora.

U kontinentalnoj Hrvatskoj maksimalno dozvoljena vrijednost tj. uvjet za vanjski zid grijanog prostora iznosi $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, a za stolariju $U=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (TPRUETZ). Te i ostale vrijednosti

dobro je znati. Za nZEB u praksi znači da fasada mora imati min. 20 cm izolacije (mineralne ili kamene vune), krovšte min. 25 cm izolacije, a prozori moraju biti sa troslojnim ostakljenjem.

Pravilnim odabirom kvalitetnog materijala (toplinske, zvučne i protupožarne izolacije) direktno se utječe na zadovoljenje temeljnih zahtjeva za građevinu. Koje materijale odabrati i pri tome biti siguran da će biti zadovoljeni svi potrebni uvjeti građevinske fizike, odnosno biti zadovoljeni temeljni zahtjevi za građevinu? U svakom slučaju, svaki odabrani proizvod mora zadovoljiti zakonske uvjete tj. mora biti sukladan Zakonu o građevnim proizvodima (NN 76/2013, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20 tinyurl.com/zakon-gp).

Na građevni proizvod za koji je proizvođač sastavio izjavu o svojstvima, postavlja se CE oznaka sukladno člancima 8. i 9. Uredbe (EU) br. 305/2011 (tinyurl.com/uredba-ce), sa sadržajem napisanim na hrvatskom jeziku latiničnim pismom. Odredba stavka 1. ovoga članka ne isključuje mogućnost stavljanja CE oznake i na drugim jezicima i pismima.

Toplinska i zvučna izolacija ovojnice važne su komponente jedne zgrade. Na jedno anketno pitanje "Koje probleme imate sa vašim stanom?" (slika u nastavku) od 12 kriterija toplinska i zvučna izolacija su bile na prvom i drugom mjestu po važnosti.

Toplinsko izolacijska zaštita mora imati što nižu vrijednost toplinske provodljivosti, mora biti jednostavna za ugradnju, imati dobra zvučno izolacijska i protupožarna svojstva, strukturnu stabilnost i samonosivost, nehigroskopnost, hidrofobnost, kemijsku neutralnost, inertnost na mikroorganizme, itd.

Zgrada se sa stajališta ovojnice može promatrati kroz tri zasebne cjeline:

- Toplinska zaštita dijelova zgrade u kontaktu s tlom
- Toplinska zaštita vanjskih zidova
- Toplinska zaštita krovne konstrukcije

Toplinsko izolacijski materijali mogu se postavljati i u pregradnim zidovima i međukatnim konstrukcijama čime se dodatno osigurava toplinski komfor u čitavom objektu.

Na slici u nastavku vidi se presjek vanjskog zida zgrade koji po svemu zadovoljava uvjete zgrade gotovo nulte energije (kamena vuna debljine 20 cm).



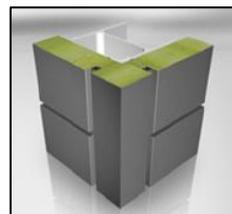
Baza: 550 domaćinstava



2.2 Fasadni sustavi

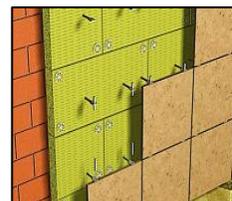
Lagani montažni sustavi

Zajednička karakteristika im je mala površinska masa (manja od 100 kg/m²). Karakteristični primjer takvih obloga mogu biti gotovi panel s toplinskom izolacijom od EPS-a, mineralne vune, PUR ili PIR izolacije koji ima nisku vrijednost koeficijenta prolaska topline, a time niže gubitke. Manji problem može biti lošija toplinska stabilnost jer nema kvalitetne akumulacije topline, zato se moraju postići vrlo visoki uvjeti zrakonepropusnosti građevine.



Masivni ventilirani sustavi

Izuzetno kvalitetni sustav ponajprije radi mogućnosti izlaska (viška) vlage odnosno vodene pare iz vanjskih zidova i unutarnjih prostora. Tako se ostvaruje povoljna mikroklima unutar zatvorenih prostora te umanjuju negativni utjecaji poput razvoja štetnih mikroorganizama, plijesni i gljivica unutar vanjskih zidova.

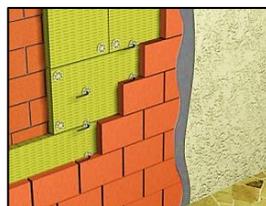


Masivni neventilirani sustavi

Za razliku od ventiliranih fasada kod neventiliranih se fasada nalazi zarobljeni sloj zraka. Prednost takvog sustava leži u činjenici što zarobljeni sloj zraka snižava ukupnu vrijednost koeficijenta prolaska topline i time povećava toplinsku zaštitu. S druge pak strane u slučaju prolaska zraka više relativne vlažnosti i ulaska u hladnu zonu fasade, može lako doći do stvaranja kondenzata. Zato služe paronepropusne folije poznate kao parne brane ili parne kočnice, koje se u većini slučajeva postavljaju s unutarnje (grijane) strane izolacije.

Sendvič zidovi

Ovu vrstu vanjskih zidova možemo na neki način nazvati pretečom današnjih ETICS sustava. Radi se o sustavima koji pružaju vrlo kvalitetnu toplinsku zaštitu, ponajprije u ljetnom periodu radi mogućnosti akumulacije topline uz pomoć vanjske, masivne obloge. S druge strane radi se o sustavima koji zahtijevaju veće debljine vanjskih zidova (posebno prilikom izvedbe niskoenergetskih zgrada) što



značajno poskupljuje cijenu izvedbe. Određeni problem predstavljaju i mogući negativni utjecaji toplinskih mostova (međukatne konstrukcije, vertikalni i horizontalni serklaži, nadvoji i sl.). Mnoge zemlje na sjeveru Europe njeguju takav arhitektonski izričaj na svojim građevinama.



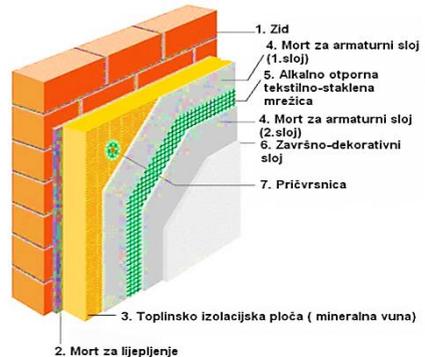
Sustavi s unutarnjom toplinskom izolacijom

Takvi se sustavi preferiraju kod objekata koji se koriste rijetko i/ili kratkotrajno, odnosno objekata kod kojih je bitno da se unutarnji prostori brzo zagriju (kino dvorane, kazališta, vjerski objekti, vikendice i sl.). Nedostaci su brz gubitak topline po prestanku grijanja i obvezna primjena parne brane (paronepropusnost građevnog dijela). Zbog unutarnje izolacije vanjski zidovi su zimi neposredno izloženi hladnoći, a ljeti vrućini. Postoji i opasnost od pojave brojnih toplinskih mostova.



Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS

ETICS (engl. *External Thermal Insulation Composite System*) je na gradilištu izveden sustav koji se sastoji iz tvornički proizvedenih proizvoda. Isporučuje se od proizvođača kao potpuni sustav i sadržava minimalno sljedeće komponente: ljepilo i/ili mehaničko pričvršćenje, toplinsko-izolacijski materijal, mort za armaturni sloj, tekstilno-staklenu mrežicu, završno-dekorativni sloj.



ETICS sustav toplinske izolacije

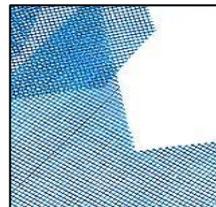
Mort za lijepljenje ploča toplinske izolacije

Za lijepljenje izolacijskih ploča na zid treba koristiti poseban tvornički pripremljen polimer-cementni mort ili pastozno disperzijsko ljepilo, koji se nanose ručno i/ili strojno. Ploče se ne smiju lijepiti običnim mortom, cementnim mlijekom ili nekim drugim improviziranim ljepilima jer ne osiguravaju trajnost spoja!

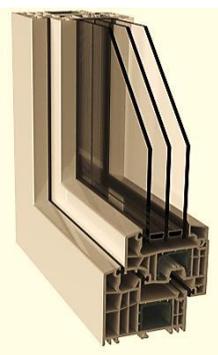


Armaturni sloj

Armaturni sloj (alkalno postojana staklena mrežica sa mortom) predstavlja najvažniji element sustava, jer mu daje otpornost na vanjske utjecaje, sprječava pojavu pukotina zbog mehaničkih i higrotermičkih naprezanja nastalih uslijed izloženosti fasadnog sustava atmosferilijama, mehaničkim udarima i površinskim naprezanjima. Zbog toga je potrebno nanijeti ga posebno oprezno uz strogo pridržavanje pravila struke.



2.3 Prozori

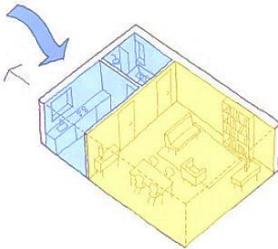
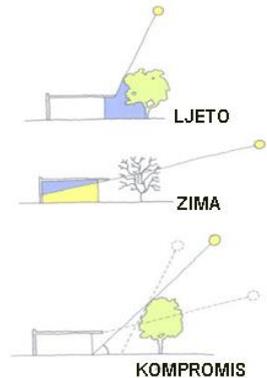


Prozor je najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade, koji istovremeno djeluje kao prijemnik koji propušta Sunčevu energiju u prostor te kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke te na gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem, koji često zajedno iznose preko 30 % ukupnih toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu zgrade! Zato je izbor kvalitetnih prozora izuzetno značajan faktor u smanjenju potrošnje energije.

U skladu s Tehničkim propisom (TPRUETZ) koeficijent prolaska topline U za prozore i vrata kod grijanih prostora može iznositi maksimalno $U_w=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (kontinentalni dio), odnosno $U_w=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (primorski dio). Za zadovoljavanje uvjeta nZEB koeficijent mora biti još niži i kreće se između $0,60\text{-}0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$. To u praksi znači da su za ugradnju pogodni jedino prozori sa troslojnim ostakljenjem, komorama punjenima argonom, posebno reflektivnim premazima (low-e) i okvirima sa kvalitetnim materijalom i dobrim brtvama. Ali niti najkvalitetniji prozor neće ispunjavati uvjete po pitanju energetske učinkovitosti ako nije pravilno ugrađen. Nepravilno ugrađen prozor neće dobro brtviti, a to će utjecati na prijenos zraka između okoliša i kuće. Možemo očekivati i probleme s bukom. Taj problem možemo djelomično riješiti pomoću raznih silikonskih traka i pjena, ali to će samo djelomično ublažiti problem. Pravilna ugradnja prozora je ključna. Osnovno pravilo za ugradnju prozora je obvezna montaža uz vanjsku liniju zida ili u novije vrijeme u sloju toplinske izolacije upotrebom pomoćnog okvira koji se fiksira u konstrukciju zida. Za svu novogradnju preporučena je ugradnja stolarije s brtvljenjem u tri razine kako bi se zadovoljili uvjeti iz TPRUETZ. Radi se o principu brtvljenja pomoću posebnih višenamjenskih traka koje objedinjuju tri važna svojstva. Unutarnja traka djeluje kao parna brana i sprječava prodor vlage iz prostorije u spoj između okvira prozora i zida. Vanjska traka sprječava prodor oborinske vode i vjetra te propušta vodenu paru, dok središnji dio pruža dobru toplinsku i zvučnu izolaciju.

2.4 Pozicija i orijentacija zgrade u prostoru

Kvalitetnom orijentacijom, odnosno usmjerenošću zgrade s ostakljenim dijelovima i dnevnim prostorijama prema jugu osiguravamo toplinske dobitke odnosno pasivne dobitke topline u zgradu. Time ujedno osiguravamo značajno manju potrošnju energije za grijanje u sezoni grijanja. S druge strane, zgrade prema sjeveru moraju biti što je moguće više zatvorene i po mogućnosti dodatno zaštićene (npr. zimzelenim drvećem) od nepovoljnih utjecaja vjetrova koji može u većoj ili manjoj mjeri povećati toplinske gubitke zgrade.



Ukoliko se listopadno zelenilo nalazi s južne strane, ljeti će značajno umanjiti potrebu za hlađenjem, dok će istovremeno u zimskom periodu omogućiti potrebne toplinske dobitke.

Raspored prostorija unutar zgrade također ima vrlo važnu ulogu. "Hladne" prostorije je potrebno smjestiti na sjevernu stranu, "tople", koje se više koriste i u kojima se manje kreće, na južnu stranu zgrade.

2.5 Savjeti i upute

2.5.1 NAČELA I PREPORUKE PRI PROJEKTIRANJU VANJSKIH ZIDOVA

- Vanjske građevinske pregrade trebaju biti što jednostavnije strukture kako bi se što više izbjegle mogućnosti pojave toplinskih mostova (povoljan faktor oblika; $f_o < 0,5$).
- Prilikom projektiranja i izvođenja fasadnih sustava potrebno je voditi računa o odabiru negorive toplinske izolacije. Zato se kao toplinska izolacija najčešće koriste ploče kamene ili staklene vune, budući da spomenuti materijali zadovoljavaju najstrože kriterije po pitanju razreda reakcije na požar.
- Kod zgrada koje se griju tijekom zime raditi masivnije vanjske pregrade s toplinskom izolacijom s vanjske strane, budući iste imaju sposobnost akumulacije relativno veće količine topline.
- Kod zgrada koje se samo povremeno griju (vikendice) mogu se primjenjivati građevinske pregrade manjih masa ili većih s izolacijom s unutarnje strane.
- Toplinski zaštititi dijelove međusobnih veza vanjskih pregrada i spojeva s ostalim elementima zgrada s vertikalnim serklažima ili stupovima.

- Radi sprječavanja površinske kondenzacije vodene pare, kao i kod linijskih gubitaka, najpovoljnije je smjestiti okvire prozora u ravnini unutarnje površine jednoslojnih zidova, odnosno u ravnini toplinske izolacije ili u samu toplinsku izolaciju višeslojnih zidova.
- Vanjske obloge vanjskih zidova građevinskih konstrukcija trebaju biti projektirane od paropropusnih materijala da se izbjegne mogućnost kondenzacije vodene pare.
- Kondenzaciju vodene pare unutar pregrada treba spriječiti odgovarajućim strukturama pregrada. Ukoliko prijeti opasnost od nedozvoljene kondenzacijske vlage, upotrebljavati parne brane što bliže unutarnjim stranama vanjskih pregrada.

2.5.2 ODGOVARAJUĆA IZOLACIJSKA ZAŠTITA

Hidroizolacija tj. izolacija od djelovanja vode

Hidroizolacijski građevni materijali zaštićuju čitavu građevinu ili samo neke dijelove od štetnog utjecaja oborinskih i podzemnih voda. Kao hidroizolacijski materijali koriste se: bitumen, katran, polimerne folije, metali, specijalni betoni i mortovi, razni premazi i boje.

Zvučno izolacijski materijali

Zvučno izolacijski materijali upotrebljavaju se radi



smanjenja nepoželjne buke u radnim i stambenim prostorijama koja potječe od vlastitog ili vanjskog izvora buke. Od tih materijala tražimo izolaciju od zračnog zvuka i od udarnog zvuka. Kao zvučno izolacijski materijali upotrebljavaju se i kamena i staklena vuna, poliuretanska pjena, polistiren (elastificirani), drugi slični proizvodi.

Toplinska izolacija mineralnog porijekla

Najznačajniji predstavnici su kamena i staklena vuna.

Kamena vuna se dobiva taljenjem stijena eruptivnog i sedimentnog porijekla u kupolnoj peći na temperaturi višoj od 1500 °C te razvlačenjem rastopljenog materijala u vlakna. Tehnologija proizvodnje staklene

vune je slična tehnologiji proizvodnje kamene vune. Sirovine za proizvodnju staklene vune su stakleni lom i osnovne sirovine za proizvodnju stakla (kvarcni pijesak, vapnenac, soda itd.). Glavne prednosti izolacijskih materijala mineralnog porijekla su mala gustoća, negorivost, visoka paropropusnost ("disanje" zidova), otpornost na niske temperature, elastičnost te visok koeficijent zvučne apsorpcije, zbog čega se i uvrštavaju u kvalitetne izolacije od zračnog i udarnog zvuka. Pored toga ti materijali su otporni na starenje, raspadanje, drobljivost, insekte, mikroorganizme i kemijske agense. Gotovi proizvodi kamene i staklene vune





namijenjeni visokogradnji isporučuju se u obliku ploča, dok se dio programa za tehničke izolacije isporučuje u obliku filca i blazina.

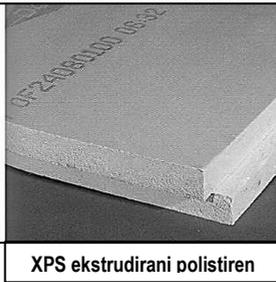
ECOSE® proizvodna tehnologija daje staklenu vunu bez primjene kemijskih veziva, pa takav proizvod nije upitan za rukovanje kao stare vrste staklene vune. Zajednička im je smeđa boja.



Toplinska izolacija na osnovi organskog materijala



EPS ekspanzirani polistiren



XPS ekstrudirani polistiren

Polistiren se zbog svoje pristupačne cijene koristi najviše a poznatiji je pod nazivom stiropor (zaštićeni naziv prvog proizvedenog polistirena u Njemačkoj, proizvođača BASF, 1954. g.).

Dobiva se polimerizacijom monomera stirola, a tijekom procesa mogu se dodavati stabilizatori ili aditivi za postizanje veće otpornosti na gorenje. Polistiren dolazi u dva oblika: ekspanzirani polistiren (EPS) i ekstrudirani polistiren (XPS). XPS je pogodan za ugradnju u vlažnoj zoni, nema toliku poroznost, ima veću gustoću i tlačnu čvrstoću od EPS-a te se proizvodi u različitim bojama. Prednosti svih polistirena su mala zapreminska masa, relativno niska cijena, jednostavna ugradnja, a kod XPS i manje apsorpiranje vode i pare što rezultira širokom primjenom u izolaciji građevnih dijelova u kontaktu s tlom i/ili vlagom. Nedostaci su drobljivost, krtost, slaba otpornost na mraz i povišene temperature (topivi na temperaturama iznad 75-80° C), mala paropropusnost te slaba otpornost na djelovanje insekata, ptica i kemijskih agensa.

Poliuretani se sastoje od raznih komponenata, među ostalima poliester, vode i emulgatora. U praksi se poliuretanski materijali najčešće koriste u formi samonosivih sendvič panela ili rasprskavajućih pjena koje se direktno nanose na površine elemenata. Svojstva su im slična svojstvima polistirena, a prednost je da imaju nisku toplinsku vodljivost. Veliki im je



PUR poliuretan u pločama

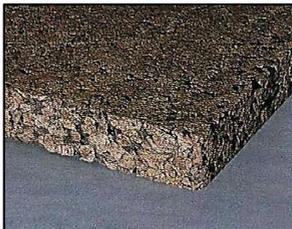


PUR prskani poliuretan

nedostatak visok stupanj gorivosti i otpuštanja otrovnih plinova, zato se posljednjih godina ulažu veliki napori u proizvodnju negorivih izolacija na bazi PUR-a i PIR-a.

Toplinska izolacija na osnovi prirodnih organskih materijala

Proizvodi od prirodnih materijala imaju nešto slabija toplinska izolacijska svojstva i primjena im je lokalno ograničena prema porijeklu i izvoru sirovine. Cijena im je prilično visoka. Tu spadaju trska, celuloza, drvena vuna, ovčja vuna, pluto i pamuk. Ploče na osnovi **drvene vune** ili

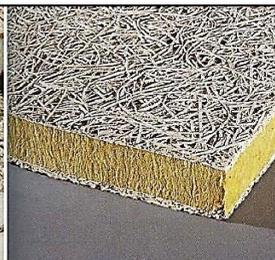
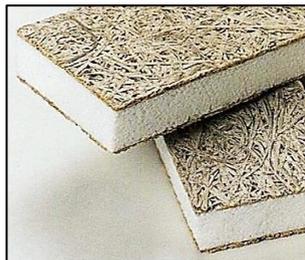


Ekspandirani pluto, ploče



Pamuk, filc

strugotina od drveta ili **mineralnih veziva** u praksi se javljaju pod raznim nazivima poput *Heraklit*, *Durisol* i sl. Vezivo je najčešće na bazi cementa ili magnezitno (u završnim oblogama) čime se bitno poboljšavaju mehanička svojstva i otpornost na vlagu i vodu (sprječavanje razvoja plijesni i gljivica). U prodaji se nalaze ploče sa **ekspandiranim plutom** i **filcani pamuk**. Pronaći možemo i kombinacije izolacijskih materijala, poput poznatih **kombiniranih ploča** sa drvenom vunom i EPS jezgrom ili jezgrom od mineralne vune.



„Kombi” ploče sa EPS jezgrom i jezgrom od mineralne vune

Ploče od trske dobivaju se

tlačenjem neoljuštenih stabljika trske i prošivanjem istih okomito na smjer stabljike. Izolacijski materijali na osnovu **celuloze** nastaju mljevenjem i usitnjavanjem starog papira u vlaknaste komadiće kojima se dodaje borna sol radi povećanja vatrootpornosti i otpornosti na razvoj plijesni i utjecaja štetočina.



Ploče od trske



Rasuta celulozna vlakna



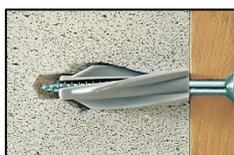
Drvena vuna

Toplinska izolacija na osnovi izolacijske žbuke i betona

U **toplinsko izolacijski beton** dodani su, slično kao i kod žbuke, laki agregati organskog porijekla (drvo, pluto, granule XPS) ili neorganskog porijekla (ekspandirani perlit, ekspandirani vermikulit, keramzit). Takvi betoni koriste se kao podloge za tople podove, kod ravnih krovova ili kao predgotovljeni elementi. **Porobetoni** u svojoj strukturi sadrže visoki postotak pora (i do 85%). Postoje plino-betoni (tzv. siporeks) i pjeno-betoni. U segmentu nZEB gradnje primjenjuju se isključivo u kombinaciji s toplinskim izolacijama i u tim kombinacijama mogu se postići uvjeti za niskoenergetske zgrade. **Toplinsko izolacijska žbuka** je



Zrnata struktura perlita kao prvi sloj izolacije krova (mješavina lakog betona i stiropora)



kompozitni materijal čija se izvorna gustoća smanjuje povećanjem poroznosti i/ili primjenom dodatka tj. laganog agregata. Dodaju se ekspandirani perlit, ekspandirani polistiren ili granulirana mineralna (kamenja) vuna.



2.5.3 PREPORUKE I NAČINI MONTAŽE FASADA

➤ Kako bi se osigurala funkcionalnost ETICS fasadnog sustava, važna je savršena usklađenost komponenata sustava te stručno planiranje i izvedba. Temeljem važeće regulative svi su ponuđači sustava (proizvođači i/ili trgovci) dužni nuditi kompletni sustav. Izvođači su pak dužni iste ugraditi prema tehničkim uputama proizvođača i smjernicama tehničkih propisa te kontrolirati jesu li proizvodi koji su isporučeni na gradilište dio sustava.

ETICS GF	debljina (mm)	debljina (cm)	debljina (cm)
ETICS GF	20**	20	
ETICS GF	30	18	
ETICS GF	40	10	
ETICS GF	50	8	
ETICS GF	60	7	
ETICS GF	80	5	
ETICS GF	100	4	
ETICS GF	120	3	

➤ Rubno-točkastom metodom ljepljenje se nanosi po svim rubovima toplinsko izolacijskog materijala u trakama širine cca 5 cm te po sredini na najmanje tri točke promjera 15 cm. Maksimalna debljina sloja ljepljenja ne smije biti veća od 15 mm odnosno prema tehničkoj uputi proizvođača.

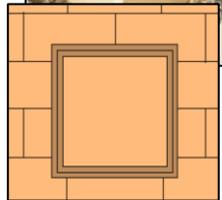


➤ Za primjenu u ETICS sustavu mogu se koristiti i ostali toplinsko izolacijski materijali kao što su: pluto, poliuretanske ploče (PUR), ploče od laganih drvenih vlakana, konoplja.

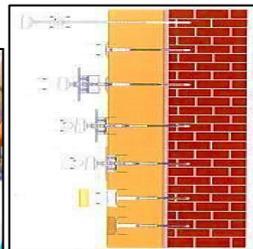
➤ Izolirati treba i temelje (podnožje) zgrade, kako bi izbjegli toplinski most prema ostatku fasade. Zbog posebnih mehaničkih zahtjeva, vlage i prskanja uslijed kiše smiju se koristiti isključivo međusobno usklađene komponente izolacijskog sustava određene od proizvođača. Najčešće korištena izolacija za taj dio zgrade su ploče od ekstrudiranog polistirena (XPS).



➤ Fuge izolacijskih ploča i lamela ne smiju biti u liniji s rubovima otvora.



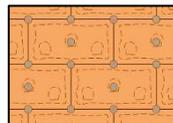
➤ U pravilu se toplinska izolacija pričvršćuje mehaničkim pričvršnicama što kao posljedicu ima veliki broj točkastih gubitaka. Iz tog razloga se svakako sugerira primjena čepova (rondela, pokrivka) od toplinsko-izolacijskih materijala kojima se umanjuju ti negativni utjecaji. Pričvršnice se zato ubušuju otprilike 2 cm u sloj toplinske izolacije i na to mjesto se postavljaju spomenuti poklopci.



➤ Za većinu izolacijskih ploča potrebno je 6 pričvršnica na 1 m².

Udaljenost pričvršnica od ugla zida i od druge pričvršnice mora biti najmanje 10 cm. Pričvršnica uvijek mora prolaziti i kroz sloj ljepila!

➤ T-shema postavljanja pričvršnica preporuča se kod sustava s EPS-om. Pričvršnice se postavljaju u sredinu ploče i na mjestima dodira vertikalne i horizontalne fuge (T-fuge).

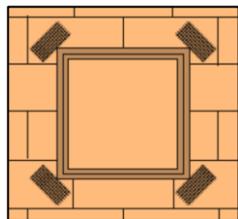


➤ W-shema se preporuča kod sustava s pločama mineralne vune. Ploča se pričvršćuje s tri pričvršnice koje se postavljaju prema slici. Razmak pričvršnice od ruba ploče mora iznositi cca 5 cm.



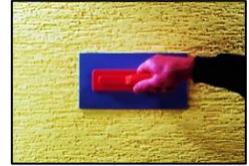
➤ Izvođenje armaturnog sloja toplinsko izolacijskih ploča treba početi najkasnije 14 dana od postavljanja toplinske izolacije. Kod sustava s izolacijskim pločama od mineralne vune potrebno je, između nanošenja sloja za izravnavanje i armaturnog sloja, pridržavati se određenog vremena sušenja propisanog od proizvođača sustava.

➤ Na uglovima otvora prozora i vrata potrebno je izvesti dijagonalno armiranje. Izvodi se polaganjem staklene mrežice u svježi mort za armaturni sloj, točno na uglove otvora pod



kutom od 45°, prije punoplošnog nanošenja mrežice. Minimalna dimenzija armaturnih traka iznosi 20x40 cm.

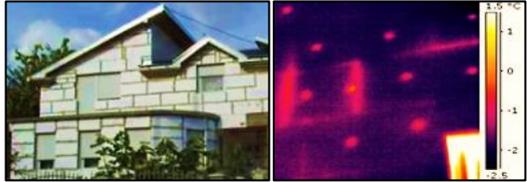
- Završno dekorativni sloj ETICS sustava čine predpremaz i završno dekorativna žbuka (plemenita mineralna žbuka, silikatna, silikatno-silikonska, silikonska i akrilatna žbuka). Sa nanošenjem završno dekorativne žbuke treba započeti nakon propisanog vremena sušenja armaturnog sloja i predpremaza (slijediti upute proizvođača).



- Kod preuranjenog nanošenja završno dekorativne žbuke postoji rizik nastanka mrlja, a u ekstremnim primjerima i do pojave mjehura odnosno pucanja. Minimalna debljina završno dekorativne žbuke zrnaste strukture je 1,5 mm, a žljebaste strukture 2 mm.

2.5.4 NAJČEŠĆE GREŠKE PRILIKOM MONTAŽE FASADA

- Česta greška je kada se zbog neznanja izolacijske ploče međusobno lijepe, što uopće nije potrebno, pa ljepilo izbija na spojevima između ploča. Također je česta greška izostanak primjene čepova prilikom stavljanja pričvrsnica. U oba slučaja dolazi do pojave hladnih mostova i "gubitka" topline, što se može uočiti na termovizijskim snimkama.



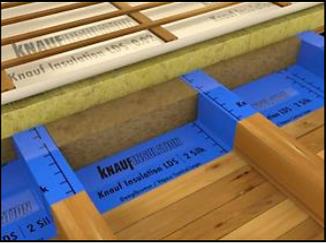
- Nedovoljna količina ljepila, nepravilni i nasumični nanos istog ili nedostatak pričvrsnica rezultirat će otpadanjem toplinske fasade, čemu smo bili svjedoci početkom 2015. godine prilikom natprosječno vjetrovitih uvjeta u cijeloj zemlji (slika je iz Vukovara!).



- Štednja znači upitnu kvalitetu izolacije i ljepila, a zajedno sa neadekvatnim armiranjem (zbog loše kvalitete i/ili nepravilne postave staklene mrežice) ubrzo dovodi do pucanja toplinske izolacije fasade.



2.5.5 OSNOVNA PRAVILA IZVEDBE KROVIŠTA

- Ukoliko se radi o klasičnoj laganoj krovnoj konstrukciji, sastavljenoj od drvenih rogova, preporuka je izvedba razmaknute daščane oplata iznad koje se postavlja paropropusna (PP) / vodonepropusna folija. PP folija omogućava izlazak vlage i vodene pare, a istovremeno onemogućava prodor oborinskih voda u konstrukciju krova. S donje strane se obavezno postavlja sloj parne brane. Kao toplinska, ali ujedno i zvučna te (naročito važno) protupožarna izolacija, koristi se mineralna vuna. U tu svrhu se koriste proizvodi bez posebnih zahtjeva za tlačnom čvrstoćom, budući da isti služe kao ispuna šupljih prostora.
- Pokrov sa dodatnom toplinskom izolacijom s gornje strane rogova + paropropusna / vodonepropusna folija – tzv. "termotop" sustav je vrlo kvalitetno rješenje u slučaju izvedbe nZEB zgrada. Sadrži dodatni postav toplinske izolacije iznad rogova. Vrlo je praktično rješenje u slučaju nedostatka raspoložive korisne visine za postavu toplinske izolacije te naknadnih rekonstrukcija zgrada.
- Ukoliko građevina ima negrijani prostor tavana, tada je najučinkovitiji način izolacija stropa prema tavanu postavljanjem toplinske izolacije direktno na međukatnu konstrukciju. Najbolje se izvodi toplinskom izolacijom unutar plivajućeg poda izvedbom tzv. "slijepog poda".
- Što su parne brane? To su folije koje imaju visoku vrijednost otpora difuziji vodene pare, a uloga im je sprječavanje prodora vodene pare iz područja više temperature (tlaka) u područje niže temperature (tlaka). Zrakotijesnost sustava u nZEB ima veliku ulogu, ali ujedno može izazvati i nakupljanje plijesni u prostorima. Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na to su svakako kvalitetne parne brane koje moraju biti kvalitetno spojene.

2.5.6 KONSTRUKCIJA PODOVA

- Podove treba isto tako izolirati kao i fasadu jer su i kod njih prisutni transmisijski gubici, a kod nZEB zgrada utjecaj može biti itekako značajan, pa čak do tolike mjere da dovede u pitanje stvarnu potrošnju energije za grijanje. Zato se iznad sloja podložnog betona i AB temeljne ploče i hidro izolacije postavlja se sloj toplinske izolacije, ali se isto tako može postaviti ispod temeljne ploče.



- Kao toplinska izolacija koristiti se može ekstrudirani polistiren i može ići ispod sloja betona. Prilikom izbora mineralne vune mogu se koristiti PE ili PVC folije dok prilikom odabira EPS-a, PVC folija ne dolazi u obzir zbog međusobne kemijske reakcije pojedinih komponenata obaju materijala.
- Posebnu pozornost obratiti na odabir parne brane. Neka vam savjet da stručnjak.

2.5.7 IZBOR ODGOVARAJUĆIH PROZORA

- Debljina stakala mora biti najmanje 4 mm.
- Komore moraju biti širine najmanje 16 mm.
- Broj stakala i komora sadržan je u izrazu "4+16+4+16+4".
- Debljine kvalitetnog prozorskog okvira su od 68 do 93 mm za PVC i drvo, dok su kod aluminijskih moguće i veće debljine.
- Komore neka budu punjene inertnim plinom argonom ili kriptonom. Inertni plin ima veća izolacijska svojstva od zraka.
- Staklo mora imati mikroskopski tanak premaz od metalnog oksida koji se nalazi u unutrašnjoj strani komora. Taj tzv. "low-e" premaz propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja) te na taj način usporava prijenos topline zračenjem s toplije na hladniju površinu stakla.
- Prilikom izbora prozora treba paziti na sitna slova. Za nZEB se traži koeficijent prolaska topline U_w od 0,60 - 0,90 W/m^2K – vrijednosti koje vrijede za **cijeli** prozor. Proizvođači često navode samo koeficijent za staklo U_g , a izostavljaju koeficijent okvira prozora U_f . Okvir prozora u pravilu ima **lošiji** koeficijent od stakla pa se može dogoditi da birajući prozore samo prema U_g odaberete prozore koji kao cjelina imaju lošiji koeficijent! Zato od proizvođača uvijek tražite vrijednost za kompletni prozor U_w .



3 STROJARSKE KOMPONENTE I SUSTAVI

U strojarskom dijelu izgradnje nZEB važna je engleska kratica HVAC koja znači *heating, ventilation, air conditioning* tj. grijanje, ventilacija i hlađenje. To su strojarske komponente zgrade gotovo nulte energije. nZEB treba:

- učinkovit sustav za grijanje i pripremu potrošne tople vode,
- učinkovit sustav za hlađenje (pasivno ili aktivno),
- sustav ventilacije sposoban za izmjenu topline iz otpadnog zraka tj. rekuperatorsku ventilaciju.



3.1 Grijanje i priprema potrošne tople vode

Konvencionalni sustavi za proizvodnju toplinske energije koji se mogu koristiti u nZEB obično su kotlovi za grijanje koji mogu biti i na fosilna goriva ako su izuzetno učinkoviti. Takvi su plinski niskotemperaturni i kondenzacijski kotlovi. Kondenzacijski je za razliku od običnog kotla izuzetno učinkovit, čak i više od 100 %. To se postiže naknadnim iskorištavanjem topline ispušnog dima odnosno kondenziranjem vodene pare koju sadrži dim, pri čemu se oslobađa dodatna toplota.

Proizvodnja toplinske energije sustavima koji koriste obnovljive izvore energije uključuje kotlove na biomasu, najčešće na drvenu sječku i pelete, solarne kolektore za zagrijavanje vode ili kao podrška sustavu grijanja te dizalice topline.

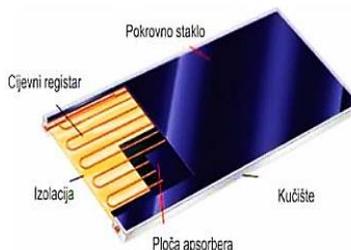
Moderna sustavi za zagrijavanje prostora pomoću biomase:

- automatski sustavi grijanja s kotlovima na pelete i/ili drvenu sječku,
- pirolitički kotlovi na ogrjevno drvo - cjepanice (pogodni u ruralnim područjima),
- daljinski sustavi grijanja koji kao izvor koriste biomasu,
- kombinirana postrojenja za proizvodnju toplinske, rashladne i električne energije (kogeneracijska i trigeneracijska postrojenja).

Najrašireniji solarni kolektori za zagrijavanje vode su ravni ili pločasti kolektori (niža iskoristivost, niža cijena) te vakuumski cijevni kolektori (viša iskoristivost, viša

cijena). Sustav solarnu energiju pomoću radnog medija (vode ili glikola) predaje spremniku. Nakon toga, ovisno o potrebama potrošača, proizvedena energija podjednako se može koristiti za

grijanje prostora, grijanje potrošne vode pa čak i za hlađenje. Kod svih sustava grijanja u nZEB izuzetno važna komponenta su toplinski



spremnici (rezervoari tople vode). Omogućavaju grijanje konstantnom temperaturom, a kada proizvodnja toplinske energije premašuje trenutne potrebe sustav u cilju kasnijeg korištenja u njih pohranjuje višak.

3.2 Hlađenje

Klasično rashlađivanje koje koristi velike količine električne energije za hlađenje nije preporučljivo u nZEB zgradama. Sustavi za proizvodnju rashladne energije u nZEB obično su kompresorski rashladni uređaji, apsorpcijski rashladni uređaji, uređaji za povratno hlađenje i dizalice topline. Kompresorski uređaji su neke vrste dizalica topline. Imaju dobru energetska učinkovitost jer mogu otpadnu toplinu povratnog hlađenja koristiti za grijanje potrošne vode. Pored toga postoje i tehnologije poput pasivnog hlađenja i hlađenja na solarnu energiju koje je kombinacija solarnih kolektorskih sustava i rashladnih uređaja na termički pogon.

3.3 Dizalice topline

Dizalica topline je tehnološko rješenje koje koristi besplatnu obnovljivu toplinu iz vanjskog zraka, tla ili vode koju pomoću dodatne električne energije diže na višu temperaturnu razinu za potrebe grijanja, hlađenja i ventilacije prostora te za pripremu potrošne tople vode. Postoje tri osnovne izvedbe dizalica topline s obzirom na korišteni toplinski izvor:

- dizalice topline koje koriste tlo kao izvor topline - zemljani kolektori, zemljane sonde
- dizalice topline koje koriste vodu kao izvor topline
- dizalice topline koje koriste zrak kao izvor topline - vanjski zrak/otpadni zrak



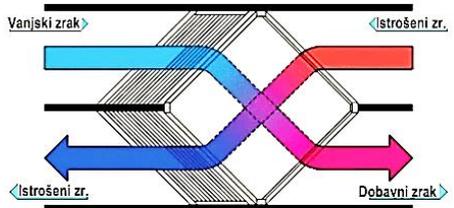
Dizalice topline rade na principu ljevokretnog (Carnotovog) kružnog procesa gdje preuzimaju toplinsku energiju niže temperaturne razine iz okoliša (zrak, tlo, voda) te je uz pomoć utrošene električne energije za pogon kompresora dižu na višu temperaturnu razinu i predaju sustavu grijanja/hlađenja/ventilacije/pripreme potrošne tople vode.

Važan podatak koji nam govori koliko smo topline dobili u odnosu na količinu uložene električne energije naziva se koeficijent performansi dizalica topline ili COP (coefficient of performance, eng.). Drugim riječima, to je omjer dobivene energije u odnosu na uloženi rad. Veći COP znači manje operative troškove. Kako funkcionira zgrade sa dizalicom topline, kako odabrati idealnu dizalicu topline i kolika je investicija? Više o tome pročitajte na www.dizalica-topline.hr i tinyurl.com/dizalica.

3.4 Mehanička ventilacija sa povratom topline

U uobičajenoj (slabo izoliranoj) zgradi kroz prozore i vrata struje male količine zraka i time zgrada zimi gubi toplinu, a ljeti hladnoću. Kako bi uistinu postigla gotovo nultu potrošnju energije, nZEB mora biti gotovo nepropusna za zrak. To sa sobom donosi potrebu za ugradnju posebnog ventilacijskog sustava koji je sposoban dovoditi i odvoditi zrak bez toplinskih gubitaka. Takva je rekuperatorska ventilacija koja ima mogućnost odvesti toplinu iz otpadnog/istrošenog

zraka i predati je dovedenom zraku pomoću posebnog izmjenjivača topline. U zgradi je potrebno osigurati najmanje 0,5 izmjena zraka na sat.



Pločasti rekuperator - sustav povrata osjetne topline

Takvim sustavom

osigurava se visoka razina komfora, uklanja eventualno akumulirana vlaga i sprječava nastanak plijesni. Sustavi za mehaničko ventiliranje svježiji zrak ubacuju neposredno u glavne prostorije (npr. spavaću sobu, dnevni boravak, dječju sobu, ured, radnu sobu). Izvlačenje iskorištenog zraka obavlja se u prostorijama sa značajnim opterećenjem i emisijom, poput kuhinje, kupaonice i toaleta. U zimskom razdoblju iskorišteni zrak vraća se u jedinicu za povrat topline. Važan dio sustava ventilacije je i filterska jedinica. Filter izdvaja prašinu, pelud i ostala onečišćenja, što stvara komforne unutarnje prostore, i to ne samo za osobe koje pate od alergije. Redovita zamjena filtra neophodan je preduvjet visoke kvalitete zraka.

3.5 Savjeti i upute

3.5.1 IZBOR ODGOVARAJUĆE TEHNOLOGIJE GRIJANJA NA BIOMASU

Odabir kotla visokih energetskih svojstava uz korištenje kvalitetnih i cjenovno pristupačnih drvnih goriva važan je za optimalna svojstva i ekonomičnost sustava. Čimbenici koji utječu na rentabilnost investicije su kako slijedi:

- Mogućnost skladištenja zaliha biomase (podrum, ostava, silos, itd.).
- Vlastiti izvor energenta (šuma).
- Mogućnost sufinanciranja za kupnju novih kotlova (državne i ostale subvencije).
- Lokacija kućanstava (ruralno / van centra grada).
- Dobra mreža dobavljača energenta te mreža serviseri kotlova i povezanih sustava.

3.5.2 ODABIR OGRJEVNIH TIJELA

Ogrjevna tijela ili sustavi za predaju topline međusobno se razlikuju prema načinu predaje topline (konvekcija ili zračenje), potrebnim izlaznim temperaturama te načinu regulacije.

- Površinsko grijanje, ugrađeno u zidove, stropove i podove koji preko svojih velikih površina toplinu predaju zračenjem, okarakterizirano je kao izuzetno energetski učinkovito budući da radi na niskim temperaturama. Površinska temperatura podnog grijanja zbog komfora ne može prelaziti temperaturu od 29°C. Regulacija takvog grijanja je spora (dug odziv) i zato bi takvo grijanje trebalo biti kontinuirano, bez većih prekida.
- Konvektori su relativno mala pločasta grijača tijela, koja toplinsku energiju predaju prvenstveno zračnoj struji. Posjeduju vrlo kvalitetne regulacijske osobine. Nepovoljnosti konvektora su visoke izlazne temperature i prašina koje se skuplja među pločama.
- Pri zračnom grijanju radi se o upuhivanju toplog zraka iz drugih grijačih jedinica, a najčešće se ovdje radi o ubacivanju i izmjeni higijenski potrebne količine zraka.

3.5.3 IZBOR PRAVILNOG NAČINA HLAĐENJA

- Rashladni strop omogućuje visoku razinu komfora. U samovisećoj verziji, kod spuštenih stropova, hladnoće se predaje kako zračenjem tako i velikim udjelom konvektivnosti. Često se kombinira sa mehaničkim prozračivanjem koje omogućuje odvlaživanje zraka.
- Rashladni konvektori instalirani pod strop cirkuliraju hladnu vodu. Ubrzana struja hladnog zraka često se prema prostoriji vodi niz zidne obloge i uzduž poda.
- Indukcijski uređaj dodatno hladi zrak pripremljen u centralnoj jedinici ventilacijskog uređaja uz pomoć rashladne mreže cijevi. Uslijed indukcijskog efekta sustav usisava i također rashlađuje unutarnji zrak.
- Rashladni sustav na miješani zrak usisava zrak prostorije te ga hladi kaloriferom s vodenim medijem. Sustav omogućuje veliku rashladnu snagu.
- Uređaj za kondicioniranje zraka centralno hladi i suši zrak, nakon čega ga ubacuje u prostoriju. Veći rashladni učinak iziskuje veće volumene zračnog strujanja. Potrebno je obazrivo projektiranje sustava zbog velikih brzina zraka i temperaturnih razlika.
- Hlađenje arhitektonskih konstrukcija (zidova, stropova i sl.) je energetski učinkovito i troškovno efikasno rješenje. Temperaturu konstrukcija sustav održava otprilike na 23°C.
- Odabir sustava s kompresorom koji ima pogon promjenjive brzine (VSD) koji je dizajniran da smanji potrošnju energije sustava.

3.5.4 IZBOR PRAVILNOG SUSTAVA VENTILACIJE

- Decentralizirani (lokalni) ventilacijski uređaj ugrađuje se u vanjski zid. Svježi zrak usisava i temperira pomoću ventilatora i izmjenjivača topline. Izlaz potrošenog zraka preko uređaja omogućuje povrat topline.
- Indukcijski uređaj je sustav za grijanje ili hlađenje centralizirano dobavljenog zraka zračnim kanalima koji struji kroz kalorifer, što omogućuje njegovo grijanje ili hlađenje.
- Konvektor sadrži ploče za izmjenu topline prilikom čega zrak struji ka prostoriji sukladno načelu konvekcijskog strujanja. Konvektori zbog usmjerenog strujanja služe za grijanje ili hlađenje. Ukoliko je potrebno grijanje ili hlađenje koriste se ventilokonvektori.

4 ELEKTRIČNE KOMPONENTE I SUSTAVI

Poželjno je da zgrada gotovo nulte energije sama proizvodi značajan dio električne energije za vlastite potrebe, što može postići kogeneracijskim postrojenjem, vlastitom fotonaponskom elektranom ili korištenjem/dijeljenjem proizvedene energije unutar [energetske zajednice](#). Pored toga vrlo je važno da se ta energija i racionalno koristi. Zato su u elektrotehničkom dijelu izgradnje nZEB važne dvije komponente.



- Vlastita proizvodnja električne energije, koja je moguća fotonaponskim sustavima, kogeneracijskim sustavima te u sklopu energetske zajednice.
- Energetski učinkovita potrošnja električne energije, koju postižemo korištenjem energetski učinkovite unutarnje rasvjete, ekonomičnih kućanskih i ostalih uređaja te ugradnjom pametnog mjerenja potrošnje i nadzora iste.

4.1 Vlastita proizvodnja električne energije

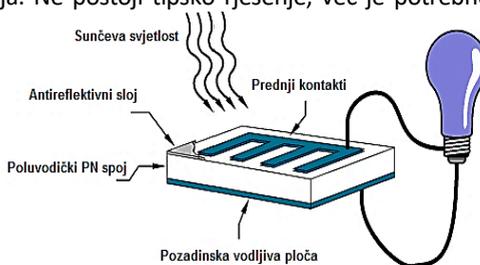
Najčešće tehnologije pomoću kojih zgrada može proizvoditi vlastitu električnu energiju su vjetrogeneratori (vjetroelektrane) i fotonaponski paneli (solarne elektrane).

Za individualne zgrade i kuće interesantni su mali vjetrogeneratori snage do nekoliko desetaka kW. Oni se mogu koristiti kao dodatni izvor energije ili kao primarni izvor energije u udaljenim područjima. Obzirom na visoke troškove investicije takva rješenja još nisu popularna za pojedinačna kućanstva. Pristupačnije rješenje je električna energija iz fotonaponskih panela. To su izuzetno pouzdani, dugotrajni i tihi uređaji za proizvodnju električne energije, nemaju pokretnih dijelova i ne ispuštaju onečišćujuće tvari u atmosferu.

Fotonaponski modul ima životni vijek od preko trideset godina i jedan je od najpouzdanijih poluvodičkih proizvoda. Komponente solarne elektrane opisane su u nastavku.



Fotonaponski moduli čine najveći dio troška solarne elektrane i služe za konverziju svjetlosti u istosmjernu električnu energiju varijabilnog napona i struje (ovisno o vremenskim uvjetima). Na krov se učvršćuju pomoću konstrukcije za montažu. Fotonaponski moduli ulančavaju se u serijske nizove kako bi se podigao i postigao potrebni napon, te u paralelne grane kako bi se postigla veća ukupna struja. Ne postoji tipsko rješenje, već je potrebno dimenzionirati svaki sustav zasebno kako bi radio optimalno. Kod odabira fotonaponskih modula vrlo je važno odabrati modul sa svim raspoloživim certifikatima, adekvatne snage i učinkovitosti, obratiti pozornost na tip konektora te jamstvene uvjete i deklariran gubitak snage kroz vrijeme.



Fotonaponski izmjenjivač (inverter) je multifunkcionalni uređaj i glavna poveznica između fotonaponskih modula i elektrodistribucijske mreže. Primarni mu je zadatak pretvorba istosmjerne struje sa izlaza fotonaponskog polja u izmjeničnu, prikladnu za slanje u zgradu ili elektroenergetsku mrežu. Izmjenjivači omogućuju i dodatne funkcije, kao nadstrujnu i prenaponsku DC i AC zaštitu, mogućnost isporuke jalove snage, i sl.

Konstrukcije za montažu fotonaponskih modula većinom su tipska rješenja za pojedinu vrstu krova i uglavnom koriste aluminijske šine koje se učvršćuju na krov. Ostale komponente su **istosmjerni i izmjenični kabelski razvod** te **razvodni ormar** solarne elektrane.



Postoje dva osnovna solarna sustava (i hibridni koji povezuje iste) ovisno o načinu rada:

- **Mrežni sustav** (*eng. on-grid*) je sustav gdje su proizvodnja solarne energije, kućna mreža i javna mreža povezani zajedno. Kada proizvodnja električne energije iz elektrane premašuje količinu potrebne energije u kućanstvu, višak električne energije se prenosi u javnu mrežu, a kada količina solarne energije ne može zadovoljiti potrebe kućanstva za električnom energijom, potrebna električna energija se preuzima iz mreže.
- **Otočni sustav** (*eng. off-grid*) je sustav koji ne ovisi o javnoj mreži, već se sva proizvedena energija troši direktno za potrebe kućanstva, a višak se pohranjuje u baterije. Kada je potrebna struja za električne uređaje, istosmjerna struja iz baterije teče kroz inverter i pretvara se u izmjeničnu struju.

4.2 Rasvjeta

Zgradama gotovo nulte energije treba učinkovita rasvjeta. Učinkovitost unutarnje rasvjete postiže se na sljedeće načine:

- Izborom rasvjetnih tijela i dizajnom rasvjete te uporabom visoko učinkovitih rasvjetnih sustava temeljenih na LED tehnologiji.
- Omogućavanjem kontrole rasvjete s ručnim i automatskim zatamnjenjem (npr. u ovisnosti o dnevnom svjetlu).
- Uporabom upravljivih elektroničkih prigušnica s manjim gubicima.
- Korištenjem dnevnog svjetla.

Pri projektiranju rasvjete za potrebe nZEB treba udovoljiti energijskim, ali i svjetlotehničkim zahtjevima kao što su odgovarajuća raspodjela svjetlosnog toka, odgovarajuća raspodjela svjetlosne jakosti, ograničenje bliještanja, odgovarajuća učinkovitost. U nastavku je prikazano nekoliko primjera svjetlotehničkih zahtjeva.

Minimalni iznosi rasvijetljenosti E_m [lx]					
Vrsta objekta i namjena		Vrsta objekta i namjena		Vrsta objekta i namjena	
UREDSKI POSTORI		RESTORANI I HOTELI		OBRAZOVNE USTANOVE	
Kopiranje, podnošenje zahtjeva i slično	300	Recepcije i portirnice	300	Zajedničke prostorije i holovi	200
Pisanje, tipkanje, čitanje	500	Kuhinje	500	Učionice	300
Tehničko crtanje	750	Konferencijske prostorije	500	Predavaonice	500
Arhive	200	Hodnici	100	Ploče	500

Prema podacima Međunarodne Energetske Agencije (IEA) iz 2018. godine zgrade s uredskim prostorima na rasvjetu utroše 40 % ukupno potrošene električne energije dok trgovine i prodavaonice na rasvjetu potroše čak do 80 %. Učinkovita rasvjeta i upravljanje sustavima rasvjete ima značajnu ulogu u uštedi energije. Za kućanstva se taj udio procjenjuje na 10 %.

Jedan od glavnih elemenata rasvjetnog sustava jest rasvjetno tijelo odnosno izvor svjetlosti. Za nZEB je bitno da ispunjava sljedeće zahtjeve: visoka svjetlosna iskoristivost, energetska učinkovitost, dobar uzvrat boje, širok raspon temperatura boje, mogućnost zatamnjenja te dugi životni vijek. Svakako je poželjno da ima što nižu cijenu. Za korištenje u nZEB preporučuju se uglavnom:

- **LED žarulje** – imaju visoku svjetlosnu iskoristivost, dug životni vijek na kojeg broj uključivanja ne utječe, dobar uzvrat boje i mogućnost zatamnjenja. Nedostaci su bliještanje i visoka cijena, koja će u sljedećim godinama sigurno pasti.



Dizajn rasvjete značajno se razlikuje od prostora do prostora. Svaki problem projektiranja rasvjete može se riješiti na različite načine kako bi odgovarao ciljevima rasvjete. Stoga je ključna svijest o energetski učinkovitim konceptima dizajna rasvjete. Tri glavna cilja dobrog projektiranja rasvjete su:

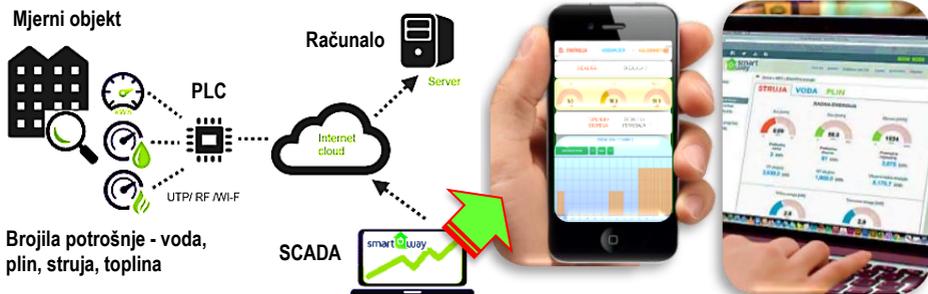
- **Zdravstveni i sigurnosni zahtjevi:** Cilj dizajna trebao bi biti usmjeren na dobro osvijetljen prostor za siguran rad. Dizajn bi trebao spriječiti naprezanje očiju, odsjaj i štetna zračenja.
- **Svjetlosni učinak i potrošnja energije:** Na temelju namjene, funkcionalnih zahtjeva, dobi korisnika, boja itd., uvjeti osvijetljenja postavljeni su za projektiranje i povezana potrošnja energije je maksimizirana.
- **Izgled i udobnost:** Zahtjevi za rasvjetu baziraju se na ukupnom željenom izgledu zgrade ili prostora unutar njega. Željeni cilj se izražava na temelju određenih fizičkih parametara kao što su željeno raspoloženje, atmosfera, faktor sigurnosti, vizualni zadatak itd.

Kod rasvjete najčešće ne možemo od svih korisnika očekivati jednake navike uključivanja/isključivanja svjetiljki. Zato je za nZEB druga važna komponenta pored izbora rasvjete i **LMS**, sustav upravljanja rasvjetom (eng. *lighting management system*). Glavni zadatak ovakvog sustava jest smanjenje potrošnje energije za rasvjetu uz očuvanje produktivnog vizualnog okruženja, pri čemu vrijedi pravilo: **osigurati dovoljnu količinu svjetla, tamo gdje je potrebno, kada je to potrebno**. LMS je nadgradnja principa tradicionalnog pristupa projektiranju sustava automatskog upravljanja koje se temelji na velikom broju senzora. U LMS sustavima ne postoji centralizirana upravljačka komponenta, već su svjetiljke na neki način međusobno umrežene i razmjenjuju informacije, a povezane su i sa žaluzinama, sensorima prisutnosti, sensorima vanjske svjetlosti i sl. Mogućnosti uštede električne energije upotrebom raznih postupaka upravljanja rasvjetom daju uštede od 5 – 30 %.



4.3 Sustav za upravljanje zgradom i potrošnjom energije

Za nZEB preporučuje se uspostava **cjelovitog sustava za upravljanje energijom** koji u svakom trenutku korisniku daje podatke o tome gdje se troši energija, kako se troši energija, koji energenti se troše (voda, plin, struja, toplina), koliko energije se troši. I najučinkovitija oprema će „rasipati“ energiju ukoliko se ne koristi učinkovito. Zato se svaka zgrada ili dio zgrade definira kao **energetski troškovni centar** (ETC) u kojem je moguće mjeriti potrošnju relevantnih energenata i mjeriti parametre koji utječu na potrošnju energenata. Na taj način sustav nudi **energetsku troškovnu bilancu** pa korisnik može utvrditi gdje se sve troši energija kako bi mogao djelovati u cilju poboljšanja energetske učinkovitosti, i to kako na strani opskrbe tako i na strani konačne potrošnje. Kako radi sustav za upravljanje energijom?

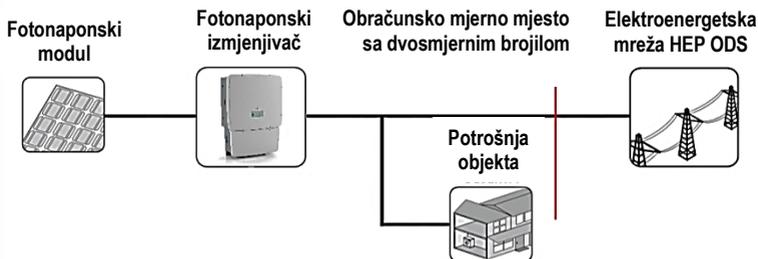


Moderna brojila potrošnje energije i energenata mjere potrošnju i podatke šalju do glavnog mjernog uređaja (**PLC**, eng. *programmable logic controller*). PLC uređaj sposoban je putem računalne mreže ili mobilnom telefonijom slati podatke na lokalno ili udaljeno računalo koje pohranjuje podatke. Na drugoj strani nalazi se **SCADA** sustav (eng. *supervisory control and data acquisition*) koji objedinjuje prikupljanje podataka iz jednog ili više udaljenih postrojenja te može u suprotnom smjeru slati upravljačke naredbe u relevantna postrojenja. SCADA može raditi automatski po unaprijed zadanim programima, a njom može upravljati i korisnik preko sučelja na kompjuteru ili mobilnom telefonu. Korisnicima je na taj način omogućen nadzor nad cijelom zgradom i upravljanje svim sustavima na daljinu.

4.4 Savjeti i upute

4.4.1 NAJPOGODNIJA VARIJANTA INSTALACIJE SOLARNE ELEKTRANE

Velika je vjerojatnost da zgrada u pojedinim razdobljima dana neće trebati svu električnu energiju proizvedenu iz elektrane i u tim je slučajevima poželjno da se višak proizvedene energije preda u elektroenergetsku mrežu. Za potrebe nZEB najčešće se izvodi varijanta priključka za vlastitu potrošnju i prodaju viška proizvedene električne energije.

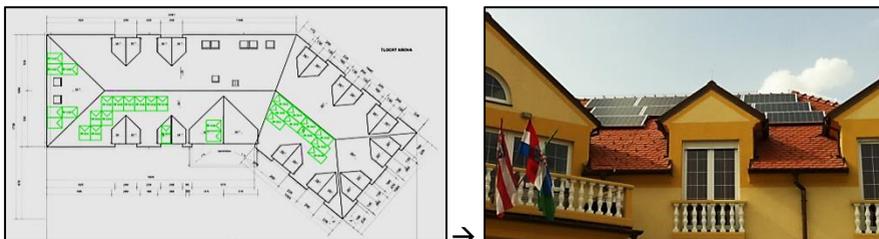


U toj varijanti investitor troši većinu proizvedene električne energije u svojoj zgradi, a manji dio proizvedene električne energije koji mu predstavlja višak predaje u elektroenergetsku mrežu. Otkupna cijena viška električne energije na tržištu kod domaćih opskrbljivača iznosi

80 % od kupovne cijene u pojedinoj tarifi. Zato je najisplativije koristiti što veći udio proizvedene energije za vlastite potrebe što se postiže pravilnim dimenzioniranjem elektrane kao i mjerenjem i predviđanjem potrošnje objekta. Varijanta priključenja solarne elektrane za zadovoljavanje vlastite potrošnje objekta u budućnosti će biti najčešće korištena iz razloga što predstavlja najisplativiju varijantu sa ekonomskog i tehničkog stajališta.

4.4.2 NAJPOGODNIJA ORIJENTACIJA ZA INSTALACIJU SOLARNE ELEKTRANE

Prilikom razmatranja pojedine krovne površine potrebno je razmotriti nekoliko parametara ključnih za odabir električne opreme i procjenu proizvodnje sustava. Prilikom obavezne izrade dispozicije modula solarne elektrane potrebno je obratiti pozornost na izbjegavanje zasjenjenja i na pravilan raspored modulskih nizova s obzirom na odabran izmjenjivač. Minimalan broj modula u nizu ograničen je minimalnim ulaznim naponom izmjenjivača. Maksimalan broj modula u nizu ograničen je maksimalnim ulaznim naponom izmjenjivača. Naravno, dispoziciju i sve potrebne radove izvest će certificirani izvođač.



Po završetku izrade dispozicije modula predlaže se korištenje nekog od alata za analizu proizvodnje sustava kako bi korisnik dobio uvid u količinu energije koju godišnje može očekivati od konkretne elektrane. Preporučuje se upotreba specijaliziranih softverskih rješenja poput PVSyst-a (www.pvsyst.com) i PVSol-a (www.valentin-software.com), no danas na tržištu postoje i besplatni alati za brzu estimaciju poput PVGIS-a (tinyurl.com/solar-pvgis) ili široko dostupnih [solarnih mapa](#). Nakon testa dispozicije i eventualnih popravaka može se krenuti sa gradnjom solarne elektrane.

4.4.3 ODGOVARAJUĆA KONSTRUKCIJA S OBTIROM NA TIP KROVA

Pretežno se koriste ekstrudirani aluminijski profili sa inoks ili pocinčanim spojnim priborom. Iako većina fotonaponskih modula ima rupe za montažu na okvirima, zbog brzine montaže uglavnom se koriste kopče za montažu od proizvođača konstrukcije. Postoje različite vrste konstrukcije: za krov pokriven crijepom, trapeznim limom, valovitim profilima, bez i sa podizanjem kuta, te konstrukcije za ravni krov (koje su uvijek pod kutom).



Krov pokriven crijepom i krov pokriven trapeznim limom



Krov pokriven valovitim profilima i krov pokriven trapeznim limom – sa podizanjem kuta



Konstrukcija solarne elektrane na ravnom krovu (šine)

Ukoliko krovna površina nije optimalna zbog malog nagiba, kut modula mora se podići. Uglavnom se u toj varijanti moduli postavljaju na optimalan kut od 30°. Podizanje modula je kompromisno rješenje jer se povećava kompleksnost konstrukcije, a time i cijena (potrebno je više materijala), smanjuje se količina modula koja se može staviti na zadanu površinu (potrebno je ostaviti razmake između redova da bi se izbjeglo zasjenjenje) i veća su naprezanja zbog vjetera. Prednosti podizanja kuta su povećanje proizvodnosti modula zbog optimalnog položaja i bolje čišćenje površine u slučaju da je krov vrlo malog nagiba. Kod kompliciranijih konstrukcija sa podizanjem kuta preporuča se izrada elaborata statike (provjera zbog dodatnog opterećenja krovne konstrukcije) i provjera naprezanja zbog utjecaja vjetera.

4.4.4 TROŠAK INVESTICIJE U SOLARNU ELEKTRANU VEĆE ZGRADE

Često se pitamo o isplativosti solarne elektrane, zato je u nastavku prikazana struktura troškova tipične solarne elektrane snaga 30 kW i 10 kW (2023. godina). Obje varijante pretpostavljaju blago nagnuti krov pokriven trapeznim limom, sa konstrukcijom za podizanje kuta.

Solarna elektrana		Snaga 30 kW		Snaga 10 kW	
	Opis	Iznos [EUR]	Udio u investiciji	Iznos [EUR]	Udio u investiciji
1.	Fotonaponski moduli	15.000	46,30%	4.500	30,72%
2.	Fotonaponski izmjenjivači	3.000	9,26%	1.000	6,83%
3.	Ostali spojni pribor i kabeli, kabelski kanali	4.000	12,35%	2.500	17,06%
4.	Konstrukcija za montažu FN modula	4.000	12,35%	1.500	10,24%
5.	Dostava i montaža elektrane	3.000	9,26%	2.000	13,65%
6.	Komunikacijska oprema elektrane	400	1,23%	400	2,73%
7.	Projektiranje	1.000	3,09%	750	5,12%
8.	Administrativni troškovi, stručni nadzor	1.000	3,09%	1.000	6,83%
9.	Troškovi priključenja - HEP	500	1,54%	500	3,41%
10.	Mjerenje kvalitete el. energije i pokusni rad	500	1,54%	500	3,41%
UKUPNO:		€32.400		€14.650	
Specifična investicija:		1.080 EUR /kW		1.465 EUR /kW	

U budućnosti će cijene fotonaponskih modula i dalje padati zbog povećanja masovne proizvodnje i optimizacije modula. Trošak radova, spojne opreme, kabela i konstrukcije i izmjenjivača također bilježi pad što smanjuje ukupne troškove instalacije. Troškovi projektiranja i mjerenja kvalitete električne energije primarno padaju iz razloga porasta konkurencije i generalne razine upoznatosti sa tehnologijom.

4.4.5 TROŠAK INVESTICIJE U SOLARNU ELEKTRANU OBITELJSKE KUĆE

Prosječno kućanstvo u Hrvatskoj ima potrošnju energije u visini od 3.000 kWh/godišnje. Kako bi se navedena količina energije proizvela iz fotonapona potrebno je fotonaponsko polje od 3 kW ili 12 tipskih 60 ćelijskih fotonaponskih modula dimenzija 1,65 x 1 m pojedinačne snage 250 W. S obzirom na tipične raspoložive krovne površine ovaj uvjet uglavnom nije teško zadovoljiti. Instalacijom navedene elektrane prosječno kućanstvo postalo bi energetski neutralno sa stajališta električne energije.

Solarna elektrana		Snaga 3 kW	
	Opis	Iznos [EUR]	Udio u investiciji
1.	Fotonaponski moduli	250	3,57%
2.	Fotonaponski izmjenjivači	1.000	14,29%
3.	Ostali spojni pribor i kabeli, kabelski kanali	1.000	14,29%
4.	Konstrukcija za montažu FN modula	700	10,00%
5.	Dobava i montaža elektrane	1.000	14,29%
6.	Komunikacijska oprema elektrane	400	5,71%
7.	Projektiranje	650	9,29%
8.	Administrativni troškovi, stručni nadzor	1.000	14,29%
9.	Troškovi priključenja - HEP	500	7,14%
10.	Mjerenje kvalitete el. energije i pokusni rad	500	7,14%
UKUPNO:		€7.000	
Specifična investicija:		2.333 EUR /kW	

Odmah možemo uočiti da je specifična cijena investicije duplo skuplja nego pri elektrani od 30 kW.

4.4.6 POHRANJIVANJE VIŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE



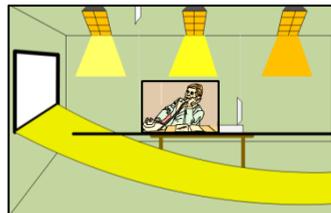
S obzirom na razliku u cijeni električne energije između predaje i preuzimanja, razvijena su rješenja lokalne pohrane viška proizvedene električne energije u baterijskom sustavu za kasniju upotrebu u večernjim i noćnim satima. Izmjenjivač-baterija služi za pohranu viška proizvedene električne energije tijekom sunčanog razdoblja za kasniju upotrebu u noćnim satima. Snaga prikazane kombinacije je 5 kW, a kapacitet baterije Li-tehnologije iznosi 2 kWh. Ovakva tehnologija je danas još uvijek relativno skupa i očekivani rokovi povrata investicije za kućanstva iznose oko 15-20 godina.

4.4.7 ODABIR ENERGETSKI UČINKOVITE RASVJETE

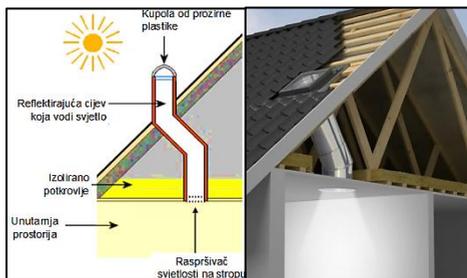
- U nZEB prema nekim izvorima, rasvjeta sudjeluje sa 10 do čak 20 % u potrošnji električne energije. Zato je uz pravilan odabir rasvjetnih tijela moguća i značajnija ušteda električne energije.
- Energetsku učinkovitost unutarnje rasvjetne prikazujemo sa brojčanim pokazateljem energije rasvjetne **LENI** (eng. lighting energy numeric indicator). LENI daje podatak o ukupnoj godišnjoj potrošnji električne energije za rasvjetu u kWh u odnosu na ukupnu

površinu koja se osvjetljuje, dakle [kWh/m² godišnje]. Čim veću površinu uspijemo rasvijetliti sa što manje svjetiljki i potrošene energije, time smo učinkovitiji. U proračun se uzima isključivo energija potrebna za unutarnju rasvjetu, koja služi za zadovoljenje potreba korisnika zgrade; vanjska rasvjeta ne uzima se u obzir.

- Velika ušteda ostvaruje se i korištenjem dnevnog svjetla u što većoj mjeri. Kako bi se dnevno svjetlo iskoristilo što više, bitno je pravilno projektirati i podesiti sustav upravljanja rasvjetom. U uredu ili školi prvi red svjetiljki do prozora mora ostvarivati najnižu rasvijetljenost, dok zadnji ili najudaljeniji red mora ostvarivati najvišu rasvijetljenost.



- Dnevno svjetlo može se koristiti i tamo gdje nema prozora ili otvora, i to pomoću svjetlosnih tunela. Svojom reflektirajućom unutrašnjom površinom svjetlosni tuneli prenose vanjsko izravno sunčevo i dnevno svjetlo iz otvora na krovu građevine do unutarnjih prostorija građevine. Pomoću ovakvih sustava zaobilaze se uobičajene konstrukcijske prepreke u potkrovljima zgrada, a korisnici u svoje prostorije dobivaju prirodnu sunčevu svjetlost.



- Ukoliko usporedimo (modeliram) investiciju u žarulje i njihovu potrošnju električne energije u jednom prosječnom kućanstvu te usporedimo različite tipove žarulja istih karakteristika, ali različite vrste i potrošnje, poput LED žarulja (10 i 12W), štednih žarulja (12 i 20W) ili običnih žarulja (60 i 75W), možemo doći do interesantnih rezultata: nakon jedne godine, LED žarulje, iako su imale najmanju potrošnju, imale su zbog veće početne investicije veći trošak od štednih žarulja za 58 %, dok su se po ukupnom trošku potpuno izjednačile sa običnim žaruljama.
- Ako usporedimo investiciju i potrošnju električne energije u desetogodišnjem razdoblju (pretpostavljeni životni vijek LED žarulja je 20 godina), tada LED žarulje imaju najmanji ukupni trošak (uračunata investicija i potrošnja struje). Ukupni trošak štednih žarulja je 24 % veći od LED žarulja, dok je trošak običnih žarulja **velikih 419 %** veći od LED žarulja.
- LMS sustav sa dobro pozicioniranim senzorima može upravljati jačinom svjetla u prostoriji zatamnivanjem svjetiljki, ali i otvaranjem žaluzina te tako doprinijeti radnoj atmosferi te ugodi boravka u pojedinoj prostoriji ili gasiti rasvjetu kada nikoga nema.

4.4.8 ODABIR ENERGETSKI UČINKOVITIH KUĆANSKIH UREĐAJA

➤ Preporuka je da svi električni uređaji u kućanstvu prema energetske oznaci budu klase A ili B. Takvi uređaji mogu uštedjeti i više od 50 % energije u odnosu na starije uređaje. Oni prilikom kupnje jesu nešto skuplji od onih koji imaju manju energetske učinkovitost, ali tijekom svog korištenja sigurno vraćaju uloženo kroz uštedu energije koja je sve skuplja.

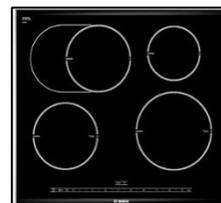
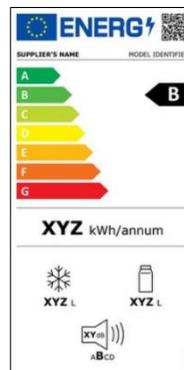
➤ Hladnjak je jedan od uređaja koji stalno mora raditi. Iz tog je razloga uvijek važno odabrati adekvatnu veličinu hladnjaka (ne prevelikog volumena), što veće energetske učinkovitosti. Preniske odabrane temperature hlađenja troše do 15 % više energije za hlađenje nego je potrebno.

➤ Perilica rublja troši najviše energije na zagrijavanje vode pomoću elektro grijača. Ukoliko imamo solarne toplovodne kolektore, isplativo je nabaviti perilicu rublja koja ima posebni priključak tople vode te umjesto da perilica zagrijava hladnu vodu koristit će besplatnu energiju Sunca.

➤ Preporučuje se kupnja štednih perilica posuđa. Perilica će za razliku od ručnog pranja trošiti električnu energiju, ali će zato ušteda vode biti puno veća od tog troška. Pranje posuđa u perilici može naime uštedjeti i do 80 % vode u odnosu na ručno pranje.

➤ Indukcijske ploče mnogo su efikasnije od klasičnih električnih ploča za kuhanje zbog indukcijskog zagrijavanja posude te ih je preporučljivo koristiti u nZEB.

➤ Kako bi se povećao komfor, u sustav potrošne tople vode može se ugraditi recirkulacija tople vode, koja omogućuje da je topla voda na izljevnom mjestu uvijek spremna. Recirkulacijska pumpa mora raditi minimalno kratko i upaliti se tek malo prije nego se topla voda počne koristiti, u suprotnom, recirkulacija može biti veliki potrošač energije (kao radijator koji radi cijelo vrijeme) i bespotrebno trošiti energiju.



4.4.9 KOJE SU KORISTI CJELOVITOG SUSTAVA ZA UPRAVLJANJE ZGRADOM I POTROŠNJOM ENERGIJE

➤ Sustav za upravljanje zgradom može doprinijeti značajnoj energetske uštedi na način da objedinjuje sustave grijanja, hlađenja, ventilacije, rasvjete i sigurnosti te svih električnih uređaja u jedan sustav koji uz pomoć senzora može efikasno upravljati mikroklimatskim uvjetima u prostoriji (temperatura, vlaga, kvaliteta zraka), rasvjetom, radom pojedinih električnih uređaja te protupožarnim i sigurnosnim sustavom.

- Ugradnjom senzora na prozore sustav pametne kuće gasi ventilaciju i grijanje ili hlađenje prostoriji u kojoj je prozor otvoren. U ljetno vrijeme senzori reguliraju spuštanje žaluzina i roleta te tako sprečavaju upad sunca i zagrijavanje prostorije. U zimsko vrijeme se uz pomoć senzora otvaraju žaluzine kako bi se prostorije zagrijavale pomoću sunca (pasivno grijanje).
- U vrijeme kada se uređaji ne koriste sustav ih isključuje iz struje te tako smanjuje "stand by" gubitke. Ovakav sustav smanjuje potrošnju energije, produljuje životni vijek opreme te povećava komfor.

5 PONAŠANJE KORISNIKA U NZEB

Samim odabirom života u nZEB tj. zgradi izgrađenoj prema niskoenergetskom ili pasivnom standardu sa korištenjem obnovljivih izvora energije, čovjek bira određeni stil života u kojem se treba pridržavati određenih pravila o uštedi energije i brizi za okoliš, kako bi korištenje takve zgrade uopće imalo smisla.

Ovakve zgrade ne trebaju biti tehnološki najnaprednije, iako tehnologija može dosta doprinijeti smanjenju potrošnje. No vrlo je važno da se već od same ideje i postupka projektiranja pazi na usklađenost svih dijelova zgrade, uz uključivanje multidisciplinarnosti, kako bi se prilikom kasnijeg korištenja zgrade energetski učinkovitim ponašanjem doista mogla zadržati gotovo nulta potrošnja energije.

Postoji mnogo raznih faktora koji mogu utjecati na potrošnju energije u zgradama, od samog tipa gradnje, korištenih materijala, ugrađenih uređaja pa sve do ponašanja korisnika zgrade.

5.1 Savjeti i upute

- Osnovna ideja života u zgradi gotovo nulte energije je **smanjiti ukupnu potrebu za energijom korištenjem principa pasivne gradnje, a zadržati ili povećati komfor življenja.**

5.1.1 OPTIMALNO KORIŠTENJE GRIJANJA

- Sobnim termostatom i regulacijama grijanja održava se namještena temperatura u prostoriji. Namještanjem temperature samo 1°C više od projektirane znači i do 5 % veću potrošnju energije za grijanje. Poželjna temperatura u dnevnom boravku je 20-22°C, što znači da će namještena temperatura od 23-24°C značiti i do 10 % veću potrošnju energenta za grijanje, dok ste umjesto da povećate temperaturu za ta 2°C više, samo mogli obući majicu s dugim umjesto one sa kratkim rukavima.

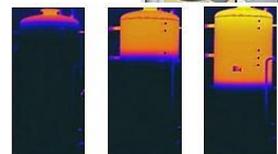


- Uštedi energije također može doprinijeti i snižavanje temperature na termostatu po noći ili kada nikoga nema u kući.
- Ograničavanje gubitka topline kroz prozore za vrijeme hladnijih noći može se spriječiti spuštanjem roleta ili žaluzina, čime se može uštedjeti i do 10 % energije za grijanje.
- Ukoliko se otvaraju prozori, sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije tog prostora trebali bi se u to vrijeme isključiti kako se ne bi nepotrebno rasipala energija.
- Grijanje troši najviše energije u zgradi te su ovdje moguće i najveće uštede. Preporuka je da se za nZEB koristi niskotemperaturno (podno, zidno ili stropno) grijanje radi veće energetske učinkovitosti i veće udobnosti.
- Kako izvorima grijanje ne bi padala učinkovitost, tj. kako oni ne bi trošili više energije, potrebno ih je redovito servisirati i održavati. Jednom godišnje bi trebalo pregledati kotlove od strane servisera te po potrebi podesiti njihov rad, dimnjačar bi morao pregledati dimovodni sustav, trebalo bi pregledati i prema potrebi očistiti i odzračiti ogrjevna tijela.
- Što se tiče dizalica topline, ovisno o vrsti dizalice, servis se provodi između jedne i tri godine. Provjeravaju se i po potrebi mijenjaju ili popravljaju filtri, pumpe i rashladno sredstvo. Na taj se način sprječavaju kasniji kvarovi koji bi bili puno skuplji i zahtjevniji za otklanjanje i popravak.
- Mjerenjem utrošene toplinske energije te praćenjem potrošnje tijekom godine, od pasivnog postajemo aktivni korisnik koji može utjecati na svoje navike.



5.1.2 OPTIMALNA POTROŠNJA TOPLE I HLADNE VODE

- Potrošnu toplu vodu ne treba zagrijavati na previsoke temperature jer svaki spremnik ima gubitke na okolinu, a oni rastu povećanjem temperature u spremniku.
- Zagrijavanje potrošne tople vode preporuča se pomoću dizalica topline ili solarnih toplovodnih kolektora. Dizalice topline, ovisno koji izvor koriste (zrak/zemlja/voda) mogu za 1 utrošen kWh struje dati 3 do 4 kWh toplinske energije, čime mogu vrlo efikasno zagrijavati sanitarnu toplu vodu. Solarni toplovodni kolektori koriste besplatnu energiju sunca te tako mogu zadovoljiti i do 60 % godišnjih potreba za toplom vodom. U slučaju da kuća ima i solarno dogrijavanje sustava grijanja, kolektori mogu pokriti i do 80 % potreba.



- Visoka temperatura u spremniku također uzrokuje veće izdvajanje kamenca koji uz to što radi probleme pri čišćenju sanitarija, smanjuje učinkovitost zagrijavanja vode i time povećava potrošnju energije. Uobičajeno bi se temperatura u spremnicima potrošne tople vode trebala održavati oko 50 do 55°C (uz povremeno pregrijavanje radi legionele).
- Ukoliko potrošnu toplu vodu iz nekog razloga zagrijavamo električnom energijom, ili imamo običnu perilicu koja mora zagrijavati hladnu vodu iz vodovoda, poželjno je spremnik zagrijavati preko noći kada je jeftinija tarifa struje.
- Jedan vodokotlić u četveročlanoj obitelji na dan može potrošiti do 40 litara vode, a to znači da na godinu samo jedan vodokotlić potroši oko 14,5 m³ vode, što je u konačnici ipak značajan trošak koji zapravo bacamo u kanalizaciju.
- Ovisno o režimu rada, starije perilice rublja godišnje mogu potrošiti i do 20 m³ vode. Današnje učinkovite perilice troše oko 8 m³ vode, a korištenjem kišnice (meke vode) za pranje rublja mogao bi se trošak za vodu potpuno izbjeći.
- Sušenje rublja u sušilici može potrošiti mnogo električne energije, dok je sušenje na vjetru besplatno.
- Pranje posuđa u perilici može uštedjeti i do 80 % vode u odnosu na ručno pranje.
- Ugradnja kontrolnog vodomjera ne smanjuje direktno potrošnju vode, ali tjednom ili mjesečnom analizom potrošnje može se podići svijest o samoj potrošnji te tako utjecati na navike i smanjiti potrošnju vode.



5.1.3 OPTIMALNO KORIŠTENJE SUSTAVA HLAĐENJA

- Niskoenergetske i pasivne kuće trebaju vrlo malo energije za hlađenje. Kako bi to tako i ostalo, otvaranje prozora i puštanje vrućeg zraka u kuću treba svesti na minimum. U periodu kada se otvaraju prozori, sustav hlađenja i ventilacije treba isključiti.
- U ljetno vrijeme žaluzinama i roletama treba sprečavati direktan upad sunčevih zraka u prostorije kako bi se spriječilo njihovo zagrijavanje.
- Umjesto hlađenja, noću je poželjno koristiti hladan vanjski zrak.
- Svaki stupanj niže od potrebne temperature u prostoriji znači i 3 do 5 % veću potrošnju energije za hlađenje.
- Razlika između vanjske i unutarnje temperature ne bi smjela biti veća od 7°C. Uz racionalno korištenje energije, razlog je i nepotrebno isušivanje zraka te zdravlje (šokovi pri izlascima van na vrućinu ili ulascima u vrlo hladne prostorije).
- Prilikom duže odsutnosti iz kuće hlađenje bi trebalo isključiti, a hlađenje prostorija koje se ne koriste nije isplativo i trebalo bi ga izbjegavati.



- Da uređajima za hlađenje ne bi padala efikasnost i da ne bi trošili više energije, potrebno ih je redovito servisirati i održavati. Serviser bi jednom godišnje trebao pregledati sustav hlađenja, očistiti vanjske i unutarnje jedinice te podesiti njihov rad.

5.1.4 OPTIMALNO KORIŠTENJE SUSTAVA VENTILACIJE

- U većini nZEB zgrada prozori se ne trebaju otvarati, obzirom da u kući postoji kontinuirana rekuperatorska ventilacija, koja cijelo vrijeme u kuću dovodi svjež zrak, a otpadni baca van, pri čemu iz otpadnog preuzima i do 90 % topline za zagrijavanje ulaznog svježeg zraka.
- Problemi sa otvaranjem prozora nastaju samo onda kada korisnici takvih zgrada otvaraju prozore iz navike, usprkos činjenici da imaju mehaničku ventilaciju te tako potpuno bespotrebno narušavaju energetska bilancu objekta.
- Kako bi sustav ventilacije radio ispravno i trošio što manje energije, potrebno je povremeno čistiti filtre za zrak.

5.1.5 ENERGETSKI UČINKOVITO KORIŠTENJE RASVJETE

- Danje svjetlo se treba koristiti uvijek kada je to moguće, u što većoj mjeri. Korištenjem svijetlih boja na zidovima, namještaju i zavjesama omogućujemo veće raspršenje svjetlosti tj. više svjetla u prostoriji što smanjuje potrebu za umjetnom rasvjetom.
- Jačinu svjetla (snagu žarulja) treba prilagoditi aktivnostima u prostoriji kako bi smanjili utrošak energije te povećali efikasnost i ugodu boravka.
- Svjetlo u prostorijama u kojim se ne boravi trebalo bi gasiti. Tome mogu doprinijeti i senzori pokreta i prisutnosti, vremenski regulatori te sustav pametne kuće.
- Dekorativna rasvjeta troši električnu energiju, a ne doprinosi značajno samom osvjetljenju prostorije pa bi ju trebalo što manje koristiti.
- Rasvjetna tijela treba redovito čistiti od prašine, jer prašina može apsorbirati i do 50 % svjetla.
- Ako zgrada gotovo nulte energije posjeduje sustav za upravljanje rasvjetom (LMS) tada je bitno i da krajnji korisnici prihvate takav sustav. Bolje prihvaćanje sustava jamči učinkovit rad sustava, a time i uštede energije. Korisnik sustava lakše prihvaća sustav kada mu je objašnjen princip rada sustava i njegova svrha, stoga je bitno da korisnici sustava budu upoznati s njim. Praktična iskustva pokazuju da oko 90 % korisnika prihvaća rad sustava ako razumiju princip rada te njegovu svrhu.



