Zgrade gotovo nulte energije (nZEB)

Sušilović, Vinko

Undergraduate thesis / Završni rad

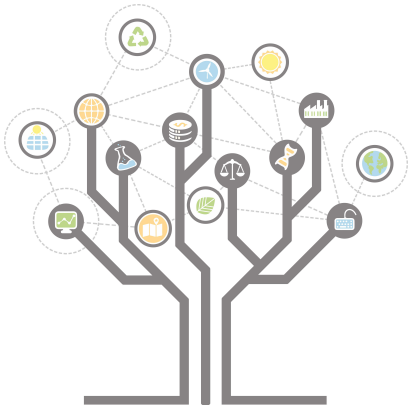
2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:716088

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

VINKO SUŠILOVIĆ

ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB)

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB)

KANDIDAT: MENTOR:

Vinko Sušilović Mirna Amadori, dipl. ing. građ.

VARAŽDIN, 2019.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE (nZEB)

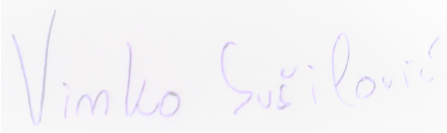
rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom Mirne Amadori dipl. ing. građ.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 9.9.2019.

Vinko Sušilović

(Ime i prezime)



(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK:

S ciljem poboljšavanja energetske učinkovitosti zgrada u Europskoj Uniji donesena je Direktiva o energetskoj učinkovitosti zgrada prema kojoj je zgrada približno nulte energije zgrada koja ima vrlo visoku energetsku učinkovitost i ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora. Cilj ovoga rada je analizirati definiciju za zgrade približno nulte energije, opisati načine dobivanja energije i karakteristike zgrade približno nulte energije u skladu s Direktivom o energetskoj učinkovitosti zgrada kako bi se smanjila potrošnja i ovisnost o neobnovljivim izvorima energije. Cilj zgrade približno nulte energije je postizanje visoke razine toplinske ugodnosti, smanjivanje ukupne potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova, povećavanje učinkovitosti rasvjete, grijanja, hlađenja, prozračivanja i elektroinstalacija.

Ključne riječi: energetska učinkovitost, zgrada približno nulte energije, obnovljivi izvori energije

Sadržaj

1. Uvod ... 1
2. Zgrade gotovo nulte energije ... 2
2.1. Definicija i standard nZEB-a ... 3
2.2. Značaj obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti za nZEB ... 4
2.2.1. Samostalni fotonaponski sustavi ... 5
2.2.2. Solarni kolektori ... 6
2.2.3. Toplinske pumpe ... 7
2.2.4. Područno grijanje i klimatizacija ... 9
2.3. Energetski učinkovita ovojnica ... 9
3. Toplinski mostovi ... 10
3.1.1. Vrste toplinskih mostova ... 11
3.1.2. Posljedice toplinskih mostova ... 13
4. Tehnika gradnje i građevinski materijal ... 15
4.1. Toplinska izolacija ... 15
4.1.1. Porotherm opeka ... 16
4.1.2. Ytongtermoblokovi ... 17
4.1.3. Kamena vuna ... 18
4.1.4. XPS ploče ... 19
4.1.5. Prozori ... 20
5. Pilot projekt E4 ... 22
6. Zaključak ... 24
Literatura ... 25
Popis slika ... 29

1. Uvod

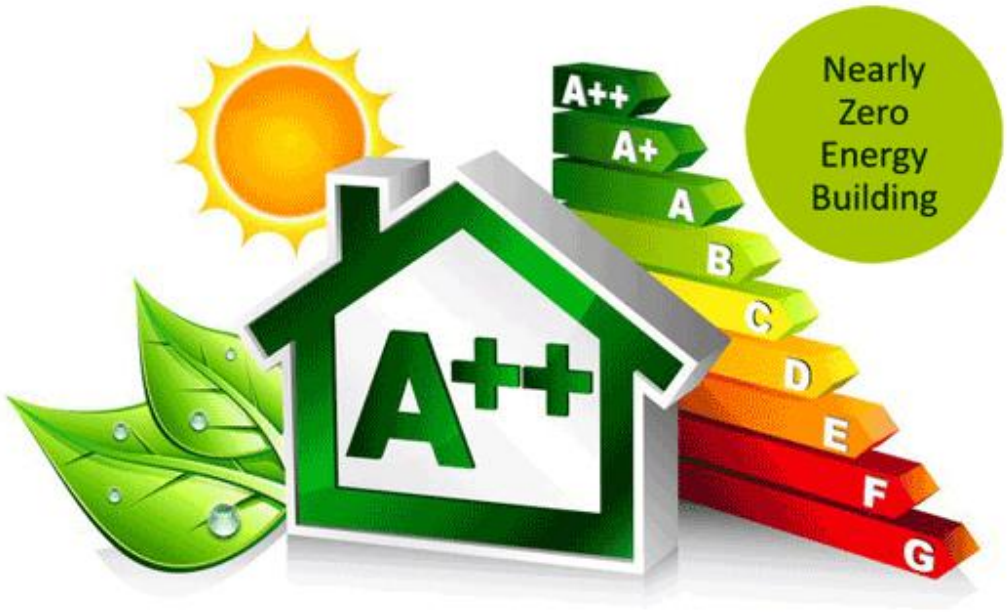
Većina zgrada diljem Europe još nisu obnovljene na energetski učinkovit način. Dakle, postoji značajan potencijal za daljnje uštede, no to bi trebalo biti u skladu sa odredbama Direktive europske energetske učinkovitosti u zgradarstvu. Zgrade gotovo nulte energije trošiti će vrlo malo energije dok će preostala potražnja biti zadovoljena obnovljivim izvorima energije proizvedenima u neposrednoj blizini potrošnje.

Energija iz obnovljivih izvora nije neograničena, a i nije dostupna u istoj mjeri na svakoj lokaciji. Prostor dostupan za prikupljanje energije putem vjetra ili na solarni pogon, obično je vrlo ograničen, osobito u gradovima. Energija dobivena iz biomase razumno je i održivo rješenje samo u određenim slučajevima – akoveći broj zgrada koristi palete za grijanje, sirovina se neće moći dovoljno brzo obnoviti. Ako se smanji potreba za energijom u zgradarstvu za 90%, situacija će biti poprilično drugačija.

Zgrade približno nulte energije opisane u radu su povezane s mrežom električne energije, a koncept definicije takvih zgrada temelji se na ravnoteži između električne energije uzete iz mreže i vraćene u energetsku mrežu u određenom vremenskom razdoblju. Fotonaponski sustavi, solarni kolektori, toplinske pumpe, peći na biomasu, područno grijanje i klimatizacija samo su neke od tehnologija i obnovljivih izvora energije koji omogućuju približno nultu potrošnju. Osim dobivanja energije iz obnovljivih izvora koji djelomično pokrivaju potrebnu količinu za funkcioniranje zgrade, potrebno je i provođenje mjera za povećavanje energetske učinkovitosti koje utječu na potrošnju energije u zgradama, a mjere se odnose na ovojnicu zgrade (toplinska izolacija, toplinska masa, prozori), unutarnje uvjete i instalacije zgrade (električna rasvjeta, grijanje, ventilacija i klimatizacija)

2. Zgrade gotovo nulte energije

Zgrade su odgovorne za 40 % ukupne potrošnje energije u Europskoj uniji, dok se u Hrvatskoj u zgradama troši 42,3 % 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 energetskoj obnovi i energetski učinkovitoj novogradnji stambenih i nestambenih zgrada u državama članicama EU poklanja velika pažnja. Jedna od mjera za postizanje energetskih ciljeva EU do 2020. godine je i potpuni prelazak svih država članica na izgradnju zgrada gotovo nulte energije (eng. nearly Zero Energy Buildings, nZEB, izgovor "enzeb"), što će u budućnosti biti važan čimbenik u smanjenju potrošnje energije u zgradarstvu(Slika 1)[1]. Taj prelazak u velikoj je mjeri već reguliran i standardiziran raznim pravnim aktima, propisima i pravilnicima, kako nacionalnima, tako i onima Europske unije [2].



Slika 1. Zgrade gotovo nulte energije [3]

2.1. Definicija i standard nZEB-a

Energetski gotovo nulta gradnja temelji se na spoju vrlo visokog stupnja energetske učinkovitosti (EnU) i sustava obnovljivih izvora energije (OIE) te za razliku od niskoenergetskih i pasivnih zgrada zahtijeva gotovo ništa ili vrlo malo primarne energije. Zgrada gotovo nulte energijedefinirana je kao zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva, gotovo nulta, odnosno vrlo niska količina energije, mora se u značajnom postotku pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu zgrade ili u blizini zgrade, tj. na samom objektu ili u njegovoj neposrednoj blizini. U Hrvatskoj je određeno da taj postotak mora biti najmanje 30 % od ukupno potrebne primarne energije [4]. 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 standardnu gradnju. Indikativno je dakle za nZEB da ograničenje godišnje 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 ograničenje je u stvari bitno drugačije (strože) od opće poznatih ograničenja u energetskim razredima koja zahvaćaju samo toplinsku energiju. Primjere dozvoljene potrošnje energije (Slika 2) po svim kategorijama zgrada gotovo nulte energije možete vidjeti u tablici [2].

ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE	Najveća dozvoljena potrošnja primarne energije po 1 m² površine zgrade, godišnje	
	Kontinentalna HR	Primorska HR
Kategorija zgrade	E_{prim} [kWh/m²a]	E_{prim} [kWh/m²a]
Uredska zgrada	30	25
Obiteljska kuća	40	30
Zgrada za obrazovanje	55	50
Višestambena zgrada	80	50
Zgrada hotela i restorana	80	65
Zgrada za trgovinu	170	140
Zgrada sportskih dvorana	190	100
Zgrada bolnica	200	190

Slika 2. Dozvoljena potrošnja energije [2]

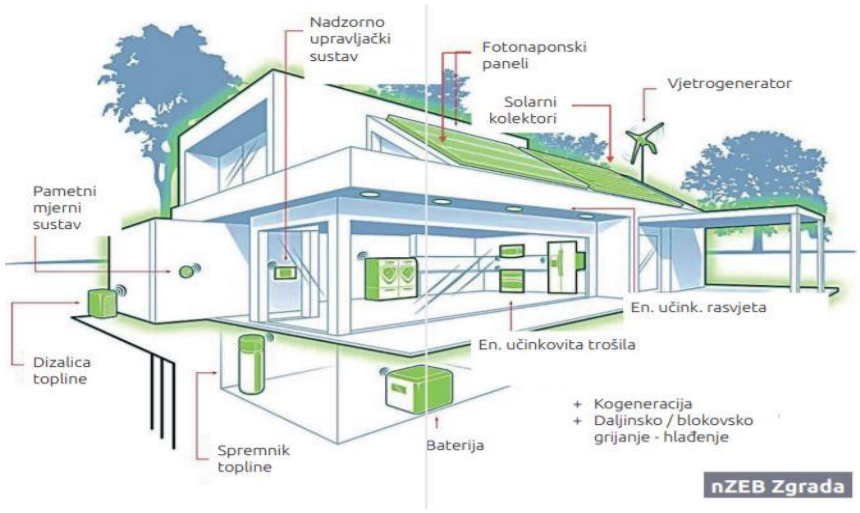
2.2. Značaj obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti za nZEB

Niskoenergetsku zgradu u nZEB standardu ne može se izvesti samo uz pomoć najnovijih građevinskih materijala i toplinskih izolacija velike debljine. Na taj ćemo način svakako spriječiti rasipanje energije, ali za nZEB je bitno i da zgrada sama proizvodi svoju vlastitu toplinsku, rashladnu i električnu energiju [2].

Minimalni udio obnovljivih izvora energije potreban za osiguravanje gotovo nulte ili jako niske potražnje energije zgrade morao bi se kretati od 50% do 90% kako bi se ostvarili energetski i klimatski ciljevi Europske unije. Taj predloženi raspon od 50%-90% usklađen je s definicijom zgrade približno nulte energije u direktivi o energetskoj učinkovitosti zgrada koja zahtjeva da energetska potražnja zgrade bude pokrivena iz obnovljivih izvora do „veoma značajne granice“. Takav zahtjev omogućava da obnovljiva energija postane dominantan dio energetskog sustava, dok fosilni sustavi postoje samo u određenoj mjeri (kao rezervni izvor) [5].

Glavne tehnologije (Slika 3) koje se obično usvajaju su [6]:

- samostalni fotonaponski sustavi,
- solarni kolektori za pripremu potrošne tople vode,
- toplinske pumpe,
- područno grijanje i klimatizacija.



Slika 3. nZEB zgrada [2]

2.2.1. Samostalni fotonaponski sustavi

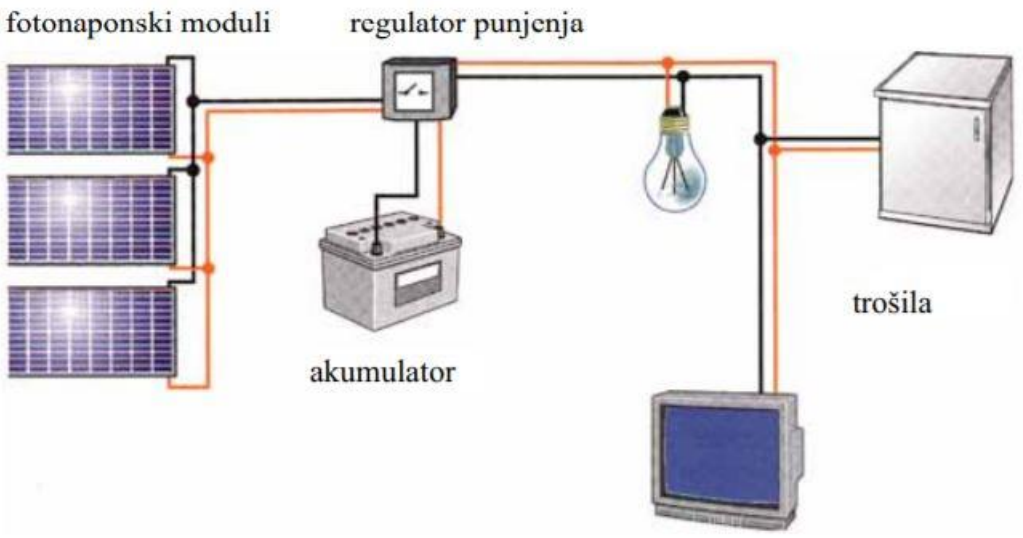
Solarni fotonaponski (FN) sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. offgrid) često se nazivaju i samostalnim sustavima (Slika 4) (engl. stand-alonesystems), a mogu biti sa ili bez pohrane energije, i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivnim člancima ili dizelskim generatorom [7].

Temeljne komponente samostalnoga fotonaponskog sustava [7]:

- fotonaponski moduli (obično spojeni paralelno ili serijski-paralelno),
- regulator punjenja,
- akumulator,
- trošila,
- izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju).

Za takav fotonaponski sustav, koji se sastoji od gore navedenih komponenata karakteristična su dva osnovna procesa [7]:

- pretvorba sunčeva zračenja, odnosno svjetlosne energije u električnu,
- pretvorba električne energije u kemijsku i, obrnuto, kemijske u električnu.

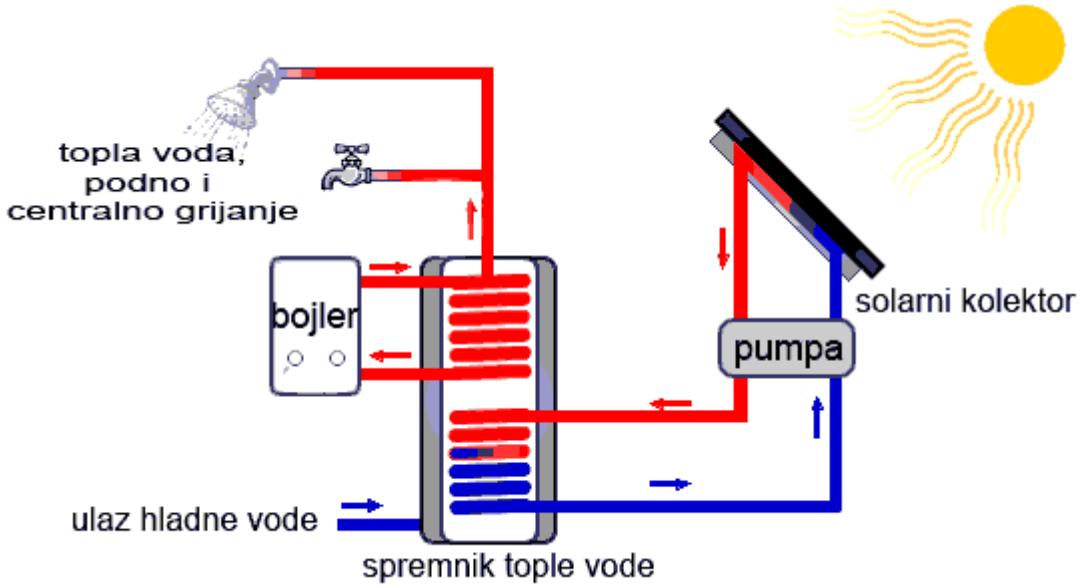


Slika 4. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju [7]

2.2.2. Solarni kolektori

U mnogim kućama kotao za grijanje ne prestaje raditi ni ljeti. U radu je cijele godine jer opskrbljuje kupaonicu i kuhinju toplom vodom, svaki dan troši ulje ili plin i ispušta dimne plinove. Navedeno se može kvalitetno nadomjestiti primjenom solarnih sustava.

U 80% slučajeva svoje primjene, solarni kolektori (Slika 5) sudjeluju upravo u zagrijavanje sanitarne vode. Razlog tome je kontinuirana potrošnja sanitarne vode tijekom cijele godine i relativno niska tražena temperatura. Sustav je optimalno dimenzioniran ako je godišnji udio iskorištene sunčeve energije u ukupno potrebnoj energije za pripremu tople potrošne vode kod manjih solarnih sustava 55 – 60 %, odnosno kod srednjih 35 – 45 %.



Slika 5. Princip rada solarnog kolektora [8]

Kod zahtjeva za većim udjelom Sunčeve energije sustav bi bio predimenzioniran (naročito ljeti) ili bi bio nerazmjeran odnos investicijskih troškova i energetskih dobitaka. U ljetnim mjesecima solarni kolektori samostalno pripremaju toplu potrošnu vodu bez pomoći kotla, el. grijača i sl. Temperatura sanitarne vode kreće se u rasponu od 50-60 °C. Važno je znati da solarni sustav sprema Sunčevu energiju samo kada ima Sunca. Ako je nekoliko dana oblačno, sanitarna voda morat će se zagrijavati na konvencionalni način pomoću el. grijača, kotla i sl. Kako bismo tijekom dana (dok

Sunca ima) pospremili što više energije potreban je spremnik sanitarne vode što većeg volumena. Za obiteljske kuće, volumen spremnika tople sanitarne vode približno odgovara dvostrukoj dnevnoj potrošnji iste. U tako velikoj akumulaciji uvijek ima dovoljno tople vode za potrošnju u vrijeme dok nema Sunca, najčešće navečer i ujutro. Određivanje spremnika na osnovu potrošnje vode prvi je korak u dimenzioniranju solarnih sustava. U drugom koraku na osnovu veličine spremnika određuje se potreban broj kolektora. Kada bi bilo obrnuto postojala bi mogućnost da se određenoj površini kolektora pridruži spremnik premalog volumena. U takvoj situaciji kod smanjene potrošnje tople vode (npr. ljetni godišnji odmori) moglo bi doći do poremećaja u predaji topline od kolektora prema spremniku [9].

2.2.3. Toplinske pumpe

Toplinska energija se dobiva pomoću toplinskih pumpi (Slika 6) koje nude održivu alternativu dobivanja topline iz vode, zemlje ili zraka, prevođenjem s niže temperaturne razine na višu za različite potrebe u zgradama [5].

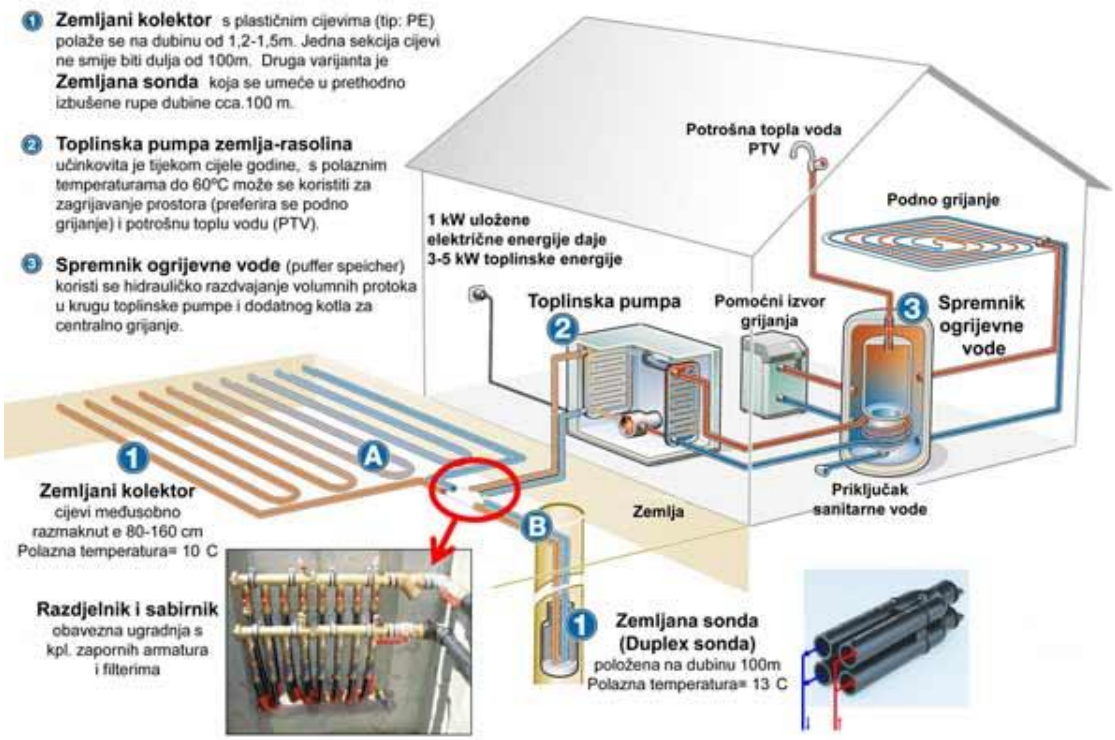
Toplinske pumpe su uređaji koji omogućavaju prijenos toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine (zemlja, voda, zrak) u sustav više toplinske razine (centralno grijanje) korištenjem dodatne energije rada (struja za kompresor) pomoću kružnog procesa prikladnog radnog medija (freon). Princip rada toplinske pumpe je jednostavan, mogli bi ga usporediti s kućanskim hladnjakom u režimu hlađenja prostora i u obrnutoj funkciji u režimu grijanja [10].

Energija okoline (zemlja, voda, zrak) prenosi se radnom tvari do kompresora koji tlači radnu tvar čime joj se povećava temperatura koja se putem kondenzatora i izmjenjivača unutar kondenzatora zaprima toplinu i šalje toplu ogrjevnu vodu u sistem centralnog grijanja. Nakon toga se radni medij preko ekspanzijskog ventila vraća u isparivač. U ekspanzijskom ventilu radni medij ekspandira s višeg tlaka kondenzatora na niži tlak isparivača i ohlađuje se. Time je zatvoren kružni proces isparavanje – kompresija – kondenzacija – ekspanzija koji se stalno ponavlja [10].

Radi poboljšanja energetske učinkovitosti, toplinske pumpe koje koriste zrak kao medij mogu biti integrirane sa solarnim kolektorima tako da se energija može isporučivati u isparivač na temperaturi višoj od okolne, s povećanim kapacitetom i većim koeficijentom učinkovitosti [5].

Za sve toplinske pumpe vrijedi isto pravilo: što je manja temperaturna razlika između ogrjevne vode i topline iz okoliša to je veća djelotvornost. Zbog toga su toplinske pumpe posebno prikladne za[10] :

- niskoenergetske sustave grijanja, kao što je podno grijanje, s maksimalnom temperaturom do 38°C,
- niskoenergetske kuće u kojima se preferira ugradnja kompaktnih centrala za grijanje i PTV (potrošnu toplu vodu),
- pasivne kuće u kojima se zbog nepropusne izvedbe konstrukcije zgrade preferira ugradnja toplinske pumpe na otpadni zrak-voda kombinirane sa sustavima za rekuperaciju zraka uz pripremu PTV (potrošne tople vode),
- u kombinaciji s drugim obnovljivim izvorima energije poput drva ili sunca za periode kada toplinska pumpa nije dovoljno efikasna.



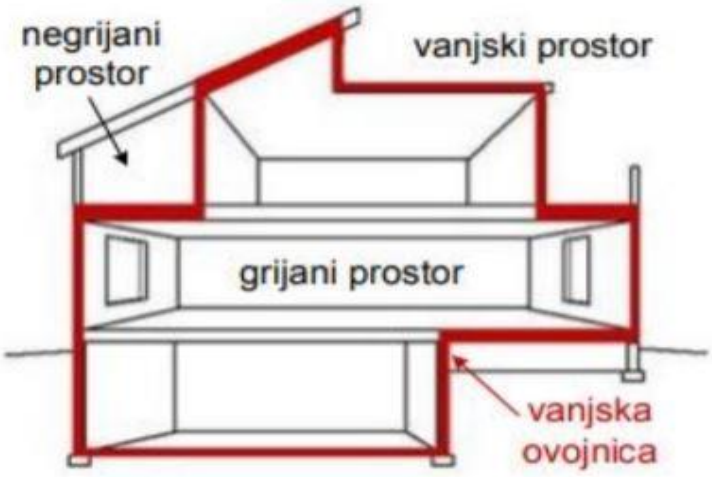
Slika 6. Sastavni dijelovi toplinske pumpe [10]

2.2.4. Područno grijanje i klimatizacija

Područno grijanje i hlađenje pomaže da se manje učinkovita oprema u pojedinačnim zgradama zamijeni s učinkovitijim sustavom centralnog grijanja i hlađenja za klimatizaciju prostorija. Područno grijanje i hlađenje može doprinijeti smanjenju klimatskih promjena i ostalih problema vezanih uz okoliš vezanima uz energiju kao što su onečišćenje zraka, smanjenje ozonskog omotača i kisele kiše [5].

2.3. Energetski učinkovita ovojnica

U pogledu kvalitete energetske učinkovitosti zgrade najveći utjecaj ima vanjska ovojnica koju karakterizira odabir energetski visokoučinkovitih materijala i izvedba detalja. Vanjska ovojnica (Slika 7) služi kao toplinska barijera između unutrašnjeg i vanjskog prostora kojom se nastoji zadržati projektom propisana temperatura unutarnjeg prostora [11]. Pravilnom izvedbom vanjske ovojnice doprinosi se smanjenju potrošnje energije za grijanje i hlađenje te se tako postižu značajne uštede energije, tj. financijske uštede. Upravo iz tog razloga pojam ovojnica zgrade poistovjećuje se s pojmom toplinska ovojnica zgrade. Osim navedenog ovojnica zgrade ima značajnu ulogu u sprečavanju prodora vlage i buke iz vanjskog okoliša u unutarnji prostor. Jedan od temeljnih zahtjeva za građevinu je ispunjenje uvjeta za higijenu, zdravlje i okoliš te je isti neizbježan zadatak projektanata i izvođača prilikom gradnje novih i rekonstrukcije postojećih zgrada [12].



Slika 7. Vanjska ovojnica zgrade [13]

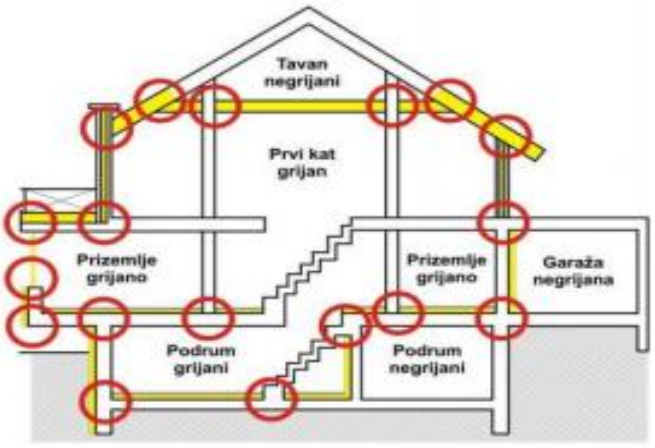
3. Toplinski mostovi

Toplinski most je manji dio plašta građevine gdje se inače jednoliki toplinski otpor znatno mijenja zbog promjene materijala, promjene debljine plašta ili geometrije građevine.

Toplinski most (Slika 8) nastaje kada materijali koji su slabi izolatori dolaze u kontakt i dozvoljavaju toplini da preko njihovog spoja stvori protok. Jedan primjer toplinskog mosta gdje je zid od cigle presječen betonom, koji je slabiji izolator s manjim toplinskim otporom i kroz koji toplina nesmetano pronalazi put iz unutrašnjosti građevine prema van. Najjednostavniji primjer toplinskog mosta su prozori ili vrata.

Zbog smanjenog toplinskog otpora u odnosu na normalni presjek zida ne samo da toplina odlazi van nego je i temperatura s unutarnje površine zida na toplinskom mostu manja nego na ostaloj površini zida pa se povećava opasnost od kondenzacije vodene pare na unutarnjem dijelu toplinskog mosta.

Borba s toplinskim mostovima po pravilu je jako teška, pa je prevencija najbolja mjera koju možemo poduzeti. Nekada se problemi mogu riješiti postavljanjem dodatne izolacije oko samog mosta, ali u većini je slučajeva rješavanje postojećih toplinskih mostova jako teško. Zbog toga je vrlo važno da se jako pazi u fazi izgradnje objekta jer toplinski mostovi imaju dva glavna razloga nastanaka, greška u projektiranju ili greška u građenju [14].



Slika 8. Tipična mjesta pojave toplinskih mostova u konstrukciji [15]

3.1.1. Vrste toplinskih mostova

Zračni/konvektivni toplinski mostovi nastaju na mjestima gdje kroz pukotine ili otvore nekontrolirano odlazi topli zrak. Kod zgrada visokoenergetskih svojstava konvektivni toplinski mostovi su u pravilu kontrolirani, odnosno minimizirani, jer je plašt zgrade zrakonepropusan te se mogu zanemariti.

Konstruktivni toplinski mostovi nastaju na mjestima prekida toplinskog plašta zgrade. Najčešće su posljedica loše projektiranih detalja kod proboja, priključaka, rebara, prekinute toplinske izolacije. Prilikom projektiranja i gradnje zgrada visoko energetskih svojstava potrebno je poštivati kriterije izvedbe vanjske ovojnice zgrade bez toplinskih mostova.

Geometrijski toplinski mostovi nastaju uslijed promjene oblika konstrukcije, npr. uglovi zgrade ili promjene debljine građevnih dijelova - tada je unutarnja površina (toplog) zida manja od vanjskog (hladnog). Što je oštriji kut na spoju između dva elementa to je veći učinak toplinskog mosta. Zbog povećanja presjeka po kojemu toplina prolazi na lokalnom djelu mosta toplinski otpor konstruktivnog djela se smanjuje, a gubitak topline povećava. Nastaju na svakom spoju zida pod određenim kutom i uzrokuju povećani tok topline iz unutrašnjosti zgrade prema van.

Toplinski mostovi uvjetovani materijalom nastaju na mjestima gdje se spajaju i sudaraju različiti materijali.

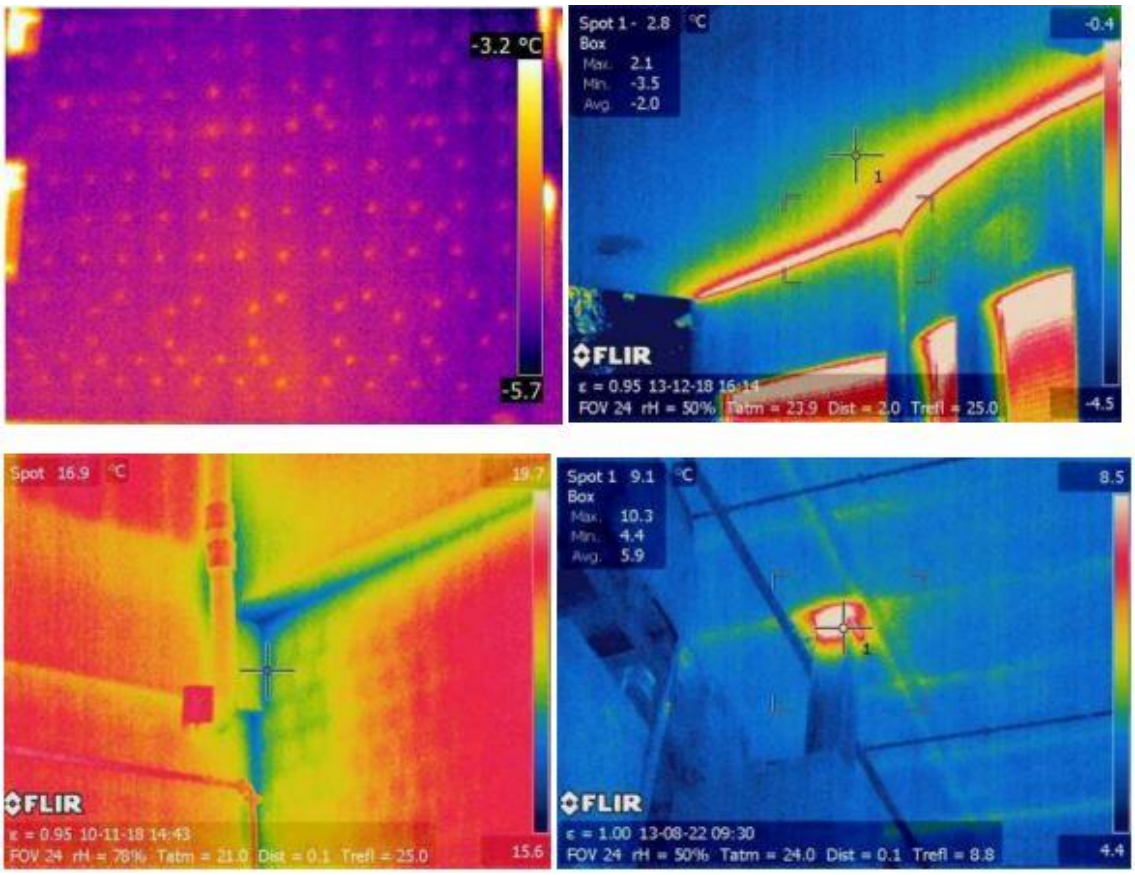
Toplinski mostovi uvjetovani okolinom nastaju na mjestima uslijed pojačanog zagrijavanja pojedinih mjesta na omotaču zgrade, npr. radijator ispod prozora.

Kombinirani toplinski mostovi nastaju na mjestima u konstrukciji gdje nastaje promjena oblika i materijal. Kao npr. konzolni balkoni i slična 'hladna rebra' koja prodiru kroz vanjsku ovojnicu [15].

Crveno – žutom bojom (Slika 9) je prikazan gubitak toplinske energije, a plava boja predstavlja dobro izoliran materijal koji ne propušta toplinsku energiju.

Ovisno o obliku razlikuju se tri osnovna tipa lokaliziranih toplinskih mostova u zgradama:

1. **Točkasti toplinski mostovi** - na mjestima pojedinačnih prodora metalnih nosača na pročelju i pričvršćivala termoizolacijskih fasadnih sustava.
2. **Linijski toplinski mostovi** - na linijskim spojevima pojedinih građevinskih dijelova, tj. na spoju dviju ravnina, kao što su ugao zida, spoj zida i poda ili stropa, zida i krova, nadvoji i špalete oko prozora i vrata, neizolirane konzole balkona i drugih istaka, neizolirane kutije za rolete itd.
3. **Trodimenzionalni toplinski mostovi** - na spojevima građevinskih dijelova u tri ravnine (spoj ugla dvaju zidova i poda iznad tla ili krova, spoj zidova iznad negrijanog ili otvorenog prostora, prodori kroz strop prema vanjskom prostoru) [15].



Slika 9. Točkasti, linijski, geometrijski i konstruktivni toplinski mostovi [15]

3.1.2. Posljedice toplinskih mostova

Jedan od glavnih razloga toplinskim mostova su greške u izolaciji tijekom gradnje gdje je izolator loše postavljen ili je sam izolator jako loš što dovodi do nesmetanog protoka topline prema van. Česti uzroci toplinskih mostova su i metalni objekti unutar konstrukcije koji greškom strše kroz izolaciju prema van.

Generalno gledajući toplinski mostovi nisu dobri iz više razloga:

a) Povećana potrošnja energije

Pojavom toplinskih mostova na građevini potrebno je nadoknaditi toplinu koja je preko mostova otišla u okolinu. Korisnici objekta to rade dodatnim zagrijavanjem prostora što povećava potrošnju energije. U novijim zgradama niža temperatura unutarnjeg plašta objekta trebala bi se javljati samo na području prozora. Kod starijih zgrada preporučljivo je da se postavi dodatna izolacija na vanjskoj strani građevine.

b) Održavanje objekta

Posljedica toplinskih mostova je i kondenzacija pare na unutarnjem dijelu mosta što kao posljedicu ima stvaranje vlažnih područja na zidovima, u ekstremnim slučajevima i plijesni. Sve to povećava potrebu za dodatnim održavanjem objekta jer je zahvaćene površine potrebno sve češće održavati i to prilično skupim sredstvima. Da bi se izbjegla kondenzacija na toplinskim mostovima potrebno je osigurati da relativna vlažnost unutar građevine bude na nižoj razini. To se može osigurati na način da se proizvodi manja količina pare, a da se osigura dovoljna izmjena zraka u prostoru.

c) Komfor unutar objekta

Toplinski mostovi utječu na udobnost objekta na način da će loše izolirani zidovi biti hladni tijekom zime što uz kretanje zraka može dovesti do hladnih propuha. Hladan propuh će dovesti do tijeka niske temperature što će dovesti do smanjenja udobnosti prostora.

d) Zdravlje korisnika objekta

Jedan od glavnih problema toplinskih mostova je i pojava plijesni (Slika 10) koja povećava opasnost od alergija i drugih zdravstvenih problema. Zbog svega ovoga, gledajući s aspekta efikasnog korištenja energije, toplinski mostovi su jedan od najvećih problema graditeljstva [14].



Slika 10. Gljivice i plijesan na mjestima toplinskih mostova [14]

4. Tehnika gradnje i građevinski materijal

U građevinskom dijelu izgradnje nZEB-a uvjet je da se primjenjuju tehnološki nešto naprednije toplinske izolacije većih debljina od minimalno propisanih te da se iste apliciraju striktno prema pravilima struke i smjernicama proizvođača i pritom pazi na sprječavanje toplinskih (tj. hladnih) mostova. Slično vrijedi i za prozore i vrata. Za postizanje nZEB standarda u građevinskom dijelu nije dakle neophodno koristiti iznimno napredne ili posebne tehnologije, specijalne materijala ili proizvode, no zato je to potrebno u dijelu gdje nZEB treba proizvesti vlastitu energiju. Zadatak je građevinske struke stvaranje, tj projektiranje i izvođenje zgrada s povoljnom unutarnjom mikroklimom što osigurava ugodno i zdravo stanovanje. Uz pojam povoljne mikroklime veže se pojam građevinske fizike koji obuhvaća toplinsku zaštitu, zaštitu od buke, kvalitetnu hidroizolaciju zgrada, zaštitu od požara te dostatno i kvalitetno osvjetljenje unutarnjih prostora [2].

4.1. Toplinska izolacija

Toplinska izolacija štiti zgradu od štetnih vanjskih utjecaja i njihovih posljedica (vlaga, smrzavanje, pregrijavanje) čime joj se produžuje vijek trajanja. Na kvalitetu toplinske izolacije zidova utječe debljina izolacijskog sloja, te provodljivost materijala λ (W/mK).

Kao izolacijski materijali najčešće se koriste kamena i staklena vuna, te stiropor. Većina uobičajenih materijala za toplinsku izolaciju ima toplinsku vodljivost λ = 0,030-0,045 W/mK. Što je vrijednost λ manja, to toplinska izolacija ima bolja svojstva.

Dobro izolirana kuća troši manje energije za grijanje zimi, kao i za hlađenje ljeti. Gubitak topline i potrošnja energije po kvadratnom metru odrazit će se ne samo na mjesečne račune za grijanje i električnu energiju, već i na kvalitetu i udobnost stanovanja, kao i na duži životni vijek zgrade. Također nezanemariv je i doprinos zaštiti okoliša, smanjenju emisija štetnih plinova u okoliš, kao i smanjenju globalnih klimatskih promjena.

Potrošnja energije za grijanje i hlađenje može se bitno smanjiti punom toplinskom izolacijom obodnih građevinskih dijelova zgrada (zidova, podova, krovova), i to na starim trošnim kućama i do 6 puta. Najpoželjniji materijal za izolaciju je kamena vuna, a na drugom mjestu se nalazi stiropor.

Sam materijal od kojeg se izgrađuje zid može imati vrlo različita toplinska svojstva. Najbolji materijali sa strane termičke izolacije za vanjski zid su porobeton i posebna termoopeka [16]. Također za toplinsku izolaciju se koristi kamena vuna, XPS ploče i kvalitetni prozori.

4.1.1. Porotherm opeka

Porotherm opeka (Slika 11**)** (npr. Proizvodi Wienerberger) – u debljinama 20 – 45 cm, ima znatno bolja termoizolacijska svojstva od klasične opeke. Koeficijent toplinske vodljivosti iznosi između 0,18 i 0,33 W/mK, dok se taj koeficijent za običnu ciglu kreće oko 0,45 W/mK. Tako za najbolju ciglu u ponudi koeficijent toplinske prolaznosti iznosi 0,33 (to su ukupni toplinski gubici, dok je vođenje 0,18 W/mK), što za debljinu cigle 45 cm daje gubitak topline kroz opeku od 0,73 W/m^{2}K, naprama 2 W/m^{2}K kod zida od obične opeke iste debljine [16].

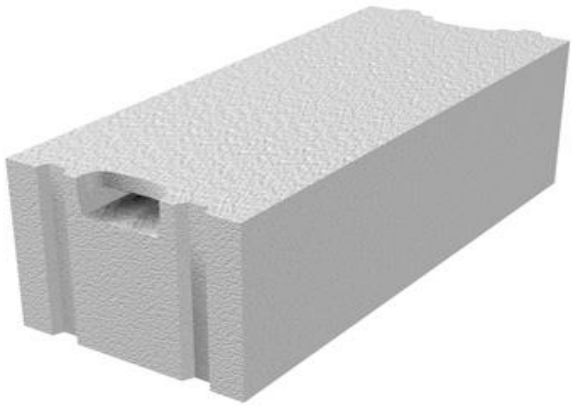


Slika 11. Porotherm opeka [17]

4.1.2. Ytongtermoblokovi

Ytong je lagan građevinski materijal, a istovremeno masivan i nosiv. Vanjski Ytong zidovi debljine 30 cm bez dodatne toplinske izolacije zadovoljavaju postojeći propis o toplinskoj zaštiti u zgradama. Zid građen termoblokovima debljine 30 cm ima koeficijent prolaska topline 0,34 W/m2 K. Izgradnjom zidova debljine 40 cm, postiže se ušteda energije za grijanje ili hlađenje objekta i do 50% u odnosu na klasično građene objekte.

Ytongtermoblokovi (Slika 12) upotrebljavaju se za zidanje vanjskih nosivih i pregradnih zidova za sve vrste građevina. Kod vanjskih zidova zidanih ovim blokovima dodatna toplinska izolacija nije potrebna. Radi smanjenja potrošnje skupe energije za grijanje i hlađenje građevina, preporuča se gradnja vanjskih zidova termoblokovima debljine čak i 40 cm, ovisno o klimatskom području [18].



Slika 12. Ytongtermoblok [19]

4.1.3. Kamena vuna

Današnji stambeni objekti većinom se rade sa kontaktnom fasadom, vanjskim sustavom toplinske izolacije. Pritom se koristi više izolacijskih materijala. Ali ako se pred fasadu postavi zahtjev visoke otpornosti na požar, jedan materijal prednjači a to je kamena vuna. Posjeduje odličnu toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju.

Kamena vuna (Slika 13) je nekoliko desetaka puta paropropusnija od ostalih fasadnih izolacija i zahvaljujući tom svojstvu zidovi kuće dišu i ujedno ne dolazi do pojave po zdravlje opasnih plijesni i gljivica. Četveročlana obitelj dnevno proizvede i do 8 litara vlage koja se zadržava u prostoru ukoliko ne može proći van [20].

Struktura vlakana kamene vune osigurava izvrsnu zvučnu izolaciju vanjskog zida, smanjuje razinu buke koja dopire izvana i doprinosi ugodnijem boravku.

Kamena vuna je otporna na kemikalije i nije pogodan materijal za insekte koji se mogu nastaniti u nekim drugim izolacijskim materijalima i dovesti do oštećenja, svojom elastičnom strukturom doprinosi otpornosti fasade na udarce.

Kamena vuna je prirodan proizvod proizveden iz kamena. Svi otpaci iz proizvodnje ponovo se vraćaju u proces i recikliraju. Kamena vuna tretira se kao materijal koji nije opasan i štetan za ljudsko zdravlje [21].



Slika 13. Fasada od kamene vune [22]

4.1.4. XPS ploče

XPS (ekstrudirani polistiren, stirodur) je u funkciji »tihog čuvara okoliša« i lagane izolacije za teške uvjete, gdje visoka tlačna čvrstoća i otpornost na upijanje vode osiguravaju bezbrižnu ugradnju na mjestima s višim zahtjevima.

Zbog fine strukture, sitnih, zatvorenih ćelija XPS je odličan toplinski izolator s izvanrednim mehaničkim svojstvima i niskim stupnjem upijanja vlage, zato je veoma pogodan za ugradnju na mjestima s visokim tlačnim opterećenjem i gdje je prisutna voda i vlaga:

- toplinska izolacija podzemnih (ukopanih) dijelova zgrade (zidovi, temelji, temeljna ploča),
- toplinska izolacija takozvanih obrnutih i kombiniranih ravnih krovova gdje je toplinska izolacija iznad hidroizolacije,
- podovi u industrijskim halama itd.

Ploče (Slika 14) sa strukturiranom površinom (napolitanka) se mogu ugrađivati u izgubljenoj oplati (zalijevanje s betonom) i na izloženim mjestima (rub međukatne ploče, betonirani uglovi, nadvoji, konzole, stupovi) sprječavaju nastanak toplinskih mostova. XPS se koristi i kao izolacijska jezgra unutar građevne stolarije (ulazna vrata i prozori) te jezgra laganih montažnih zidova.



Slika 14. XPS ploče [23]

Dugogodišnja primjena u graditeljstvu je pokazala, da se uz pravilnu ugradnju svojstva XPS ne mijenjaju, stoga je njegova trajnost veća od životnog vijeka zgrade u kojoj je ugrađen. Nakon isteka životnog vijeka može se 100 % reciklirati, jer se sastoji samo od polistirena, a u ćelijama je zrak. Biološki je neutralan, nema nikakvog kemijskog utjecaja na prirodne procese, također, nema hranjive vrijednosti za životinje i biljke [20].

4.1.5. 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 što često zajedno iznosi preko 50 % ukupnih toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu zgrade. Zato je izbor kvalitetnih prozora izuzetno značajan faktor u smanjenju potrošnje energije

U skladu s novim tehničkim propisom koeficijent prolaska topline U za prozore i vrata kod grijanih prostora može iznositi maksimalno Uw=1,40 W/m²K (kontinentalni dio), odnosno Uw=1,80 W/m²K (primorski dio). Za zadovoljavanje uvjeta nZEB koeficijent mora biti još niži i kreće se između 0,60-0,90 W/ m²K.

To u praksi znači da su za ugradnju pogodni jedino prozori s trojnim staklima i komorama punjenima argonom (Slika 15), posebno reflektivnim premazima i okvirima s kvalitetnim materijalom i dobrim brtvama [2].



Slika 15. Troslojni prozor punjen argonom [24]

5. Pilot projekt E4

Pilot projekt, imena E4, početkom rujna počeo se graditi u okolici Zagreba (Slika 16). Riječ je o projektu smanjenje energetske potrošnje i emisije CO_2. Idejni začetnik projekta je tvrtka Wienerberger, koja će uz partnere Bosch, Baumit, Knauf, Pipe, Semmelrock, Tondach i Velux, investitoru, mladoj zagrebačkoj obitelji, pomoći u realizaciji ovog 240.000 eura vrijednog projekta. Cijena gradnje iznosi 800 eura/m^2, troškovi gradnje su viši za 10% od prosječne cijene gradnje u RH, ali ušteda energije iznosi čak 60%. S obzirom na to da sve države EU moraju osigurati da do 31. prosinca 2020. godine svi novi objekti moraju zadovoljiti standard gotovo nulte potrošnje energije, E4 kuća predstavlja pravi pilot projekt doma budućnosti sa značajnim energetskim uštedama i financijskim benefitima.



Slika 16. E4 kuća u zagrebačkim Remetama [25]

Kuća će imati visoka energetska svojstva i korištenje pasivnog načina grijanja/hlađenja, niske troškove održavanja, koristi obnovljive izvore energije zbog čega je ekološki prihvatljiva te će omogućiti visoku kvalitetu života zahvaljujući prirodnim materijalima.

Koncept E4 kuće temelji se na ispunjavanju kriterija ”Gotovo nulte energetske kuće” te sadrži suvremene spoznaje održive gradnje. E4 kuća omogućava zdrav, energetsko učinkovit i financijsko dostupan dom te odgovara i investitorima koji žele zaštititi okoliš i osigurati prirodnu klimu. Za svoje funkcioniranje e4 kuća treba što manje energije, a preostale potrebe za energijom proizvede sama iz obnovljivih izvora iz neposredne blizine.

Sve očitije su rastuće cijene energenata i povećanje onečišćenja okoliša. Vrijeme je da se zamislimo nad nastalom situacijom i suočimo s novim oblicima opskrbe energijom. Obnovljivi izvori energije su energija budućnosti. Dizalice topline predstavljaju izvanrednu alternativu za učinkovitu upotrebu tih besplatnih izvora energije.

Pri projektiranju e kuće se, osim na ispunjavanje visokih standarda gradnje glede energetske učinkovitosti, mislilo se i na to da sama izgradnja mora biti troškovno prihvatljiva odnosno pristupačna. Tako je stvorena pravilna ravnoteža između stvarnih potreba i ukupnih troškova te je u najvećoj mogućoj mjeri smanjen rizik pred nepredvidivim troškovima, koji bi se mogli pojaviti u kasnijim fazama projekta i pri samom održavanju [26].

6. Zaključak

Zgrade gotovo nulte energije predstavljaju veliki potencijal za napredak u ekološki osviještenoj gradnji, jer gradnjom zgrade gotovo nulte energije istovremeno se smanjuje korištenje neobnovljivih izvora energije, odnosno smanjuje se negativan utjecaj na okoliš uz stvaranje optimalnih uvjeta zdravog življenja. Koncept zgrade gotovo nulte energije više nije koncept daleke budućnosti, već realno rješenje za doprinos arhitekture smanjenju CO_2 emisija, potrošnje energije i ukupnih troškova tijekom životnog vijeka zgrade. Projektiranje i gradnja novih, kao i energetska obnova postojećih zgrada na gotovo nula energetski standard zakonska je obveza od 2018. za javni sektor, a od 2020. godine za sve novogradnje i rekonstrukcije.

Literatura

[1] EPBD recast (2010), *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*, Official Journal of the European Union, 18.06.2010.

[2] *Izgradnja zgrada gotovo nulte potrošnje energije.* Dostupno na: http://www.v-educa.com/sitelab/upload/downloads/handbook-v-educa.pdf. Datum pristupa: 19. 5. 2019.

[3] *Zgrade gotovo nulte energije*. Dostupno na: https://korak.com.hr/nzeb/. Datum pristupa: 19. 5. 2019.

[4] MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOGA UREĐENJA, *TEHNIČKI PROPIS O RACIONALNOJ UPORABI ENERGIJE I TOPLINSKOJ ZAŠTITI U ZGRADAMA*, NARODNE NOVINE, 25. STUDENOGA 2015., BROJ 128,14-46

[5] *Koncept zgrade približno nulte energije.* Dostupno na: https://repozitorij.fkit.unizg.hr/islandora/object/fkit:337/preview. Datum pristupa: 20. 5. 2019.

[6] Danny H.W. Li a, Liu Yang b, Joseph C. Lam a : *Zero energy buildings and sustainable development implications - A review*, Energy 2013.; No. 54, str. 1-10

[7] Majdandžić, Ljubomir. *Fotonaponski sustavi*. Dostupno na: http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf. Datum pristupa: 20. 5. 2019.

[8] *Princip rada solarnih sustava.* Dostupno na: http://www.bazgin.hr/solarni_sustavi.html. Datum pristupa: 20. 5. 2019.

[9] *Priprema sanitarne vode.* Dostupno na: http://www.mcsolar.hr/priprema-sanitarne-vode.php. Datum pristupa: 20. 5. 2019.

[10] *Dizalice topline – toplinske pupme.* Dostupno na: https://www.klimakoncept.hr/hr/podrska-dizalice_topline__toplinske_pumpe-kompletna_rjesenja_za_stambene_i_poslovne_prostore/1129/135. Datum pristupa: 20. 5. 2019.

[11] Matić M., *Gospodarenje energijom*, Zagreb, Školska knjiga, 1995.

[12] *Energetska obnova zgrade gotovo nulte enregije.* Dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/893386.ENERGETSKA_OBNOVA_ZGRADE_U_KOLU_GOTOVO_NULTE_ENERGIJE.pdf. Datum pristupa: 21. 5. 2019.

[13] *Building envelope*. Dostupno na: https://naturalgasefficiency.org/for-industrial-facilities/products/energy_audits-buildingenvelope/. Datum pristupa: 21. 5. 2019.

[14] *Toplinski mostovi: jedan od glavnih problema graditeljstva.* Dostupno na: https://www.gradnja.org/vijesti/green-koncept/762-toplinski-mostovi-jedan-od-glavnih-problema-graditeljstva.html. Datum pristupa: 24. 6. 2019.

[15] B. Milovanović. *Raspoloživi resursi za izvedbu - educiranost, raspoložive tehnolgije, najčešće greške u izvedbi, ustanovljavanje konačnog stanja - mjerenja* Dostupno na: https://www.slideserve.com/connor/bojan-milovanovi-diplg-gra. Datum pristupa: 24. 6. 2019.

[16] *Toplinska izolacija vanjskog zida.* Dostupno na: http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-vanjskog-zida. Datum pristupa: 24. 6. 2019.

[17] *Opeka – cigla.* Dostupno na: https://wienerberger.hr/proizvodi/opeka-cigla/porotherm-25-s. Datum pristupa: 25. 6. 2019.

[18] *Katalog proizvoda s tehničkim podacima.* Dostupno na: https://www.arhitekti-hka.hr/files/file/pdf/baza-proizvoda/ytong/KatalogProizvoda.pdf. Datum pristupa: 25. 6. 2019.

[19] *YTONG termoblok*. Dostupno na: http://jax.hr/ytong-termoblok-6253020. Datum pristupa: 25. 6. 2019.

[20] *Topinske izolacije XPS.* Dostupno na: http://www.fragmat.hr/gradzevni-program/proizvodi/toplinske-izolacije-xps. Datum pristupa: 30. 6. 2019.

[21] *Kamena vuna.* Dostupno na: http://bitpromet.hr/2013/11/kamena-vuna/. Datum pristupa: 24. 6. 2019.

[22] *Stiropor ili kamena vuna za kontaktnu fasadu.* Dostupno na: https://www.knaufinsulation.rs/stiropor-ili-kamena-vuna-za-kontaktnu-fasadu. Datum pristupa: 24. 6. 2019.

[23] *Izolacije.* Dostupno na: http://www.dgit.hr/datoteke/seminari/Izolacije.pdf. Datum pristupa: 30. 6. 2019.

[24] *PVC stolarija - prozori*. Dostupno na: https://www.dual-pvc.hr/pvc-prozori. Datum pristupa 30. 6. 2019.

[25] Novak, Iva. *Interijeri u posjetu e4 kući u zagrebačkim Remetama*. Dostupno na: https://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/u-posjetu-e4-kuci-u-zagrebackim-remetama/8767694/. Datum pristupa 30. 6. 2019.

[26] Križanac, Dario. *Kreće pilot projekt E4 – kuća s gotovo nultom potrošnjom energije.* Dostupno na: https://www.ecos.ba/2018/12/17/krece-pilot-projekt-e4-kuca-s-gotovo-nultom-potrosnjom-energije/. Datum pristupa: 30. 6. 2019.

Popis slika

Slika 1. Zgrade gotovo nulte energije [3] 2

Slika 2. Dozvoljena potrošnja energije [2] 3

Slika 3. nZEB zgrada [2] 4

Slika 4. Samostalni fotonaponski sustav za trošila na istosmjernu struju [7] 5

Slika 5. Princip rada solarnog kolektora [8] 6

Slika 6. Sastavni dijelovi toplinske pumpe [10] 8

Slika 7. Vanjska ovojnica zgrade [13] 9

Slika 8. Tipična mjesta pojave toplinskih mostova u konstrukciji [15] 10

Slika 9. Točkasti, linijski, geometrijski i konstruktivni toplinski mostovi [15] 12

Slika 10. Gljivice i plijesan na mjestima toplinskih mostova [14] 14

Slika 11. Porotherm opeka [17] 16

Slika 12. Ytongtermoblok [19] 17

Slika 13. Fasada od kamene vune [22] 18

Slika 14. XPS ploče [23] 19

Slika 15. Troslojni prozor punjen argonom [24] 21

Slika 16. E4 kuća u zagrebačkim Remetama [25] 22