

Na osnovu čl. 21 i 29 Zakona o energetskej efikasnosti („Službeni list CG“, broj 29/10) Ministarstvo ekonomije, uz saglasnost Ministarstva održivog razvoja i turizma, donijelo je,

## **PRAVILNIK**

### **O MINIMALNIM ZAHTJEVIMA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA**

#### **I. OSNOVNE ODREDBE**

##### *Predmet*

##### Član 1

Ovim pravilnikom utvrđuju se minimalni zahtjevi po pitanju energetske efikasnosti zgrada, vrste zgrada koje u skladu sa namjenom ne moraju da ispunjavaju minimalne energetske karakteristike i metodologija izračunavanja energetske karakteristika zgrada.

##### *Značenje izraza*

##### Član 2

Izrazi upotrijebljeni u ovom pravilniku imaju sljedeća značenja:

- 1) *zgrada* je objekat koji se sastoji od građevinske konstrukcije, instalacija, ugrađene opreme i prostora u kome se koristi energija u skladu sa namjenom zgrade;
- 2) *zgrada sa više zona* je zgrada:
  - koja se sastoji od djelova koji čine tehničko-tehnološke i funkcionalne cjeline koje imaju različitu namjenu, a time i mogućnost korišćenja odvojenih sistema grijanja i hlađenja ili se razlikuju po unutrašnjoj projektnoj temperaturi za više od  $4^{\circ}\text{C}$ ,
  - kod koje je više od 10% neto površine zgrade, u kojoj se održava kontrolisana temperatura, druge namjene u odnosu na osnovnu i kada je površina sa drugačijom namjenom veća od  $50\text{ m}^2$ ,
  - kod koje djelovi zgrade koji su tehničko-tehnološke i funkcionalne cjeline, imaju različite termotehničke sisteme i/ili bitno različite režime korišćenja termotehničkih sistema;
- 3) *stambena zgrada* je zgrada u kojoj je više od 50% građevinske bruto površine namijenjeno za stanovanje, kao i zgrada sa apartmanima u funkciji turizma;
- 4) *nestambena zgrada* je zgrada koja nije namijenjena za stanovanje;
- 5) *kondicioniranje* je obezbjeđivanje definisanih uslova u objektu u pogledu grijanja, hlađenja, odnosno klimatizacije, sanitarne tople vode i rasvjete;
- 6) *klimatizacija* je proces pripreme vazduha u cilju stvaranja odgovarajućeg stepena komfora. U tehničkom smislu klimatizacija se uglavnom odnosi na regulaciju temperature, vlažnosti i čistoće vazduha u sistemima za grijanje, hlađenje i ventilaciju.
- 7) *kondicionirani dio zgrade* predstavlja dio zgrade sa unutrašnjom projektnom temperaturom višom od  $12^{\circ}\text{C}$ , koji se neposredno ili posredno grije, hladi, odnosno klimatizuje;
- 8) *površina omotača kondicioniranog dijela zgrade  $A_E$  ( $\text{m}^2$ )* je ukupna razvijena (spoljna) površina građevinskih konstrukcija koje razdvajaju kondicionirani dio zgrade od spoljnog prostora, tla ili nekondicioniranih djelova zgrade, a kroz koju zgrada razmjenjuje toplotnu energiju sa okolinom;

- 9) *pregrada* je građevinska konstrukcija zgrade, vertikalna ili horizontalna, koja odvaja ili pregrađuje unutrašnji prostor zgrade od spoljašnjeg prostora (fasada, krov) i tla (podna konstrukcija), ili pregrađuje unutrašnji prostor zgrade (spratovi, prostorije);
- 10) *kondicionirana površina*,  $A_C$  ( $m^2$ ) je ukupna površina poda između pregrada kondicioniranog dijela zgrade;
- 11) *korisna površina*,  $A_k$  ( $m^2$ ), je ukupna podna površina ograničena spoljnim zidovima. Korisna površina obuhvata i kose podne površine kao što su: stepeništa, galerije, tribine, dvorana i sl. U korisnu površinu ne spadaju otvorene prostorije kao što su: balkoni, spoljna stepeništa, natkriveni prolazi i sl.;
- 12) *faktor oblika zgrade*,  $f_0$  ( $m^{-1}$ ) je odnos između površine omotača kondicioniranog dijela zgrade i njime obuhvaćene bruto zapremine zgrade;
- 13) *faktor zastakljenja*,  $f_w$  (-), je količnik površine providnih dijelova fasade (prozori, balkonska vrata, stakleni zidovi i sl.) i ukupne površine fasade, a ukoliko krov sadrži providne dijelove onda se pri proračunu faktora zastakljenja pored površine fasade uzima u obzir i površina krova.
- 14) *tehnički sistem zgrade* su sve potrebne instalacije, postrojenja i oprema koji se ugrađuju u zgradu ili samostalno izvode i namenjeni su za grijanje, hlađenje, ventilaciju, klimatizaciju, pripremu sanitarne tople vode, osvetljenje i proizvodnju električne energije (kogeneracija i fotonaponski sistemi);
- 15) *termotehnički sistem zgrade* su sve potrebne instalacije, postrojenja i oprema za klimatizaciju, grijanje i hlađenje, kao i sistem za pripremu sanitarne tople vode;
- 16) *pomoćni sistem* je skup tehničke opreme i uređaja koje koristi termotehnički sistem zgrade, a kojima je potrebno napajanje električnom energijom;
- 17) *energetski rejting zgrade*  $ER$ , je ukupna izračunata godišnja primarna energija koju treba isporučiti zgradi za grijanje, hlađenje, ventilaciju, sanitarnu toplu vodu, rasvjetu, prateću opremu i uređaje;
- 18) *godišnja emisija ugljendioksida - CO<sub>2</sub>* ( $kg/g$ ) je količina emitovanog ugljendioksida u okolinu tokom jedne godine koja je posledica energetskih potreba zgrade;
- 19) *potrebna toplotna energija zgrade*,  $Q_m$  ( $Wh$ ) je računski određena količina toplote koju sistemom grijanja i hlađenja treba isporučiti zgradi da bi se obezbijedilo održavanje unutrašnjih projektnih temperatura, ne uzimajući u obzir efikasnost sistema;
- 20) *isporučena energija*,  $E_{Del}$  ( $kWh$ ) je energija isporučena tehničkim sistemima zgrade za pokrivanje energetskih potreba za grijanje, hlađenje, ventilaciju, sanitarnu toplu vodu, rasvjetu i pogon pomoćnih sistema;
- 21) *primarna energija*,  $E_P$  ( $kWh$ ), predstavlja energiju iz obnovljivih i neobnovljivih izvora koja nije pretrpjela bilo kakvu konverziju ili proces transformacije;
- 22) *faktor konverzije u primarnu energiju*,  $f_p$ , predstavlja broj kojim se neki oblik energije prevodi u njen ekvivalentni primarni oblik u kvantitativnom smislu;
- 23) *energetska klasa zgrade* je pokazatelj energetskih karakteristika zgrade, odnosno njene energetske efikasnosti;
- 24) *indikator energetske efikasnosti zgrade*  $IP$  ( $kWh/m^2g$ ), je količnik energetskog rejtinga i kondicionirane površine zgrade i služi za određivanje energetske klase zgrade;
- 25) *obnovljivi izvori energije* su: solarna, geotermalna, toplotna iz okoline i biomase (ne ubrajajući ogrijevno drvo);

- 26) *referentno stanje* je stanje definisano zadatim spoljašnjim i unutrašnjim referentnim uslovima;
- 27) *referentne vrijednosti* su zadate vrijednosti u odnosu na koje se vrši poređenje izračunatih vrijednosti energetskih karakteristika zgrada;
- 28) *temperatura spoljašnjeg vazduha*,  $\Theta_{em}$  ( $^{\circ}C$ ) je srednja mjesečna temperatura spoljašnjeg vazduha;
- 29) *unutrašnja temperatura*,  $\Theta_{im}$  ( $^{\circ}C$ ) je srednja temperatura unutrašnjeg vazduha kondicioniranog dijela zgrade;
- 30) *toplotni dobici*,  $Q_g$  ( $Wh$ ), predstavljaju toplotnu energiju koju unutar zgrade oslobađaju rasvjeta, oprema, uređaji i osobe ili energiju dobijenu prodorom sunčevog zračenja kroz providne elemente omotača;
- 31) *toplotni gubici*,  $Q_l$  ( $Wh$ ) su gubici energije u zgradi nastali zbog prolaza toplote kroz elemente spoljnog omotača (transmisioni) ili ulaska spoljnog vazduha usljed infiltracije i prirodne ventilacije (ventilacioni);
- 32) *generator toplote* je uređaj za dobijanje toplotne energije (npr. kotao, toplotna pumpa i dr.);
- 33) *generator hlađenja* ili "rashladni uređaj" je uređaj koji omogućava dobijanje "rashladne" energije ("toplote za hlađenje");
- 34) *koeficijent transmisioinog gubitka toplote*,  $H_{tr}$  ( $W/K$ ) je ukupni gubitak toplote zgrade usled prolaza toplote (transmisije) pri razlici unutrašnje i spoljašnje temperature od  $1 K$ ;
- 35) *koeficijent ventilacionog gubitka toplote*,  $H_V$  ( $W/K$ ) je ventilacioni gubitak toplote kroz omotač zgrade pri razlici unutrašnje i spoljašnje temperature od  $1 K$ ;
- 36) *koeficijent grijanja*, COP, (eng. "Coefficient of Performance") je odnos između neto grejne i efektivne uložene pogonske energije;
- 37) *sezonski koeficijent grijanja*, HSPF, (eng. "Heating Seasonal Performance Factor") je „srednji“ koeficijent grijanja tokom cijele sezone (prema EUROVENT-u);
- 38) *koeficijent hlađenja*, EER, (eng. "Energy Efficiency Ratio") je odnos između neto rashladne i efektivne uložene pogonske energije;
- 39) *sezonski koeficijent hlađenja*, SEER, (eng. "Seasonal Energy Efficiency Ratio"), je „srednji“ koeficijent hlađenja tokom cijele sezone (prema EUROVENT-u);
- 40) *automatska regulacija* je proces kojim se, uz primjenu povratne sprege, obezbjeđuje održavanje zadatih parametara rada sistema bez učešća ljudi;
- 41) *rekuperacija toplote* predstavlja vraćanje dijela otpadne toplote u proces;
- 42) *panelno grijanje/hlađenje* je tehničko rešenje kojim se razmjena grejne/rashladne toplote/energije dominantno vrši zračenjem putem ravnih površina (panela), koji mogu biti izvedeni kao posebna grejna tijela ili kao elementi poda, plafona ili zida (podno, plafonsko, zidno grijanje/hlađenje);
- 43) *senzorska kontrola osvjetljenja* je kontrola paljenja i gašenja osvjetljenja pomoću senzora (na bazi detekcije osoba u prostoru, nivoa osvjetljenosti i sl).
- 44) *toplotni mostovi* su djelovi konstrukcije omotača zgrade koji imaju znatno manji toplotni otpor u odnosu na ostale djelove omotača zgrade, pa samim tim i veće toplotne gubitke.

## **Zgrade sa više zona**

### Član 3

Na zgrade sa više zona, zahtjevi utvrđeni ovim pravilnikom, primjenjuju se za svaku zonu pojedinačno.

### **Zgrade koje ne moraju da ispunjavaju minimalne energetske karakteristike**

### Član 4

Zgrade koje, u skladu sa namjenom, ne moraju da ispunjavaju minimalne energetske karakteristike su:

- zgrade za koje je predviđeno grijanje na temperaturi nižoj od 12°C;
- zgrade koje su pod zaštitom (upisane u registar spomenika kulture, ili djelovi zaštićenih ambijentalnih cjelina graditeljskog nasljeđa), zbog njihovog specifičnog arhitektonskog i/ili historijskog značaja, ili zbog toga što čine djelove određene zaštićene urbane ili ruralne sredine, gdje bi usaglašavanje sa zahtjevima izazvalo neprihvatljive promjene njihovog karaktera i/ili izgleda;
- zgrade koje se koriste kao mjesto bogoslužjenja i za religiozne aktivnosti;
- privremene zgrade u okviru gradilišta;
- staklenici u poljoprivredi ili staklenici koji su dio zgrade, a ne griju/hlade se;
- poljoprivredni objekti koji se ne griju/hlade;
- skladišta, radionice, proizvodne hale, industrijske zgrade i sl. koje se moraju, u skladu sa svojom namjenom, veći dio vremena držati otvorenima (više od pola radnog vremena);
- skloništa i javne sanitarne prostorije;
- nove i postojeće zgrade koje imaju korisnu površinu manju od 50 m<sup>2</sup>.

## **II. MINIMALNI ZAHTJEVI ENERGETSKE EFIKASNOSTI U POGLEDU KARAKTERISTIKA OMOTAČA ZGRADE**

### **Zahtjevi u pogledu koeficijenta transmisionih toplotnih gubitaka**

### Član 5

Koeficijent transmisionih toplotnih gubitaka po jedinici površine omotača kondicioniranog dijela zgrade,  $H^*_{tr}$  (W/(m<sup>2</sup>·K), kod stambene zgrade mora biti

$$H^*_{tr} \leq 0.80 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

Granična vrijednost transmisionih gubitaka iz stava 1 ovog člana primjenjuje se i za nestambene zgrade kod kojih je faktor zastakljenja

$$f_w \leq 0.3 \text{ (30 \%)}.$$

Ako je na nestambenoj zgradi faktor zastakljenja

$$f_w > 0.3 \text{ (30 \%)},$$

za svako povećanje faktora zastakljenja za 5 % ( $\Delta f_w = 5 \%$ ), koeficijent transmisionog toplotnog gubitka po jedinici površine omotača kondicioniranog dijela zgrade povećava se za 0.1 W/(m<sup>2</sup>·K), s tim da rezultujuća vrijednost ne može biti veća od

$$H^*_{tr} \leq 1.5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}.$$

Koeficijent transmissionnog toplotnog gubitka po jedinici površine omotača kondicioniranog dijela zgrade koja se grije na temperaturi višoj od 12 °C, a nižu od 18 °C, mora biti

$$H^*_{tr} \leq 1.2 \text{ W}/(m^2 \cdot K).$$

Izračunavanje koeficijenta transmissionnih toplotnih gubitaka po jedinici površine omotača kondicioniranog dijela zgrade se vrši u skladu sa metodologijom izračunavanja energetske karakteristika zgrada koja je data je u Prilogu 1 koji je sastavni dio ovog pravilnika.

### ***Zahtjevi u pogledu minimalne toplotne izolacije***

#### **Član 6**

Vrijednost koeficijenta prolaza toplote,  $U$  ( $W/(m^2 \cdot K)$ ), građevinskih konstrukcija omotača zgrade ne može biti veća od vrijednosti utvrđenih u Tabeli 1 Priloga 2 koji je sastavni dio ovog pravilnika.

U slučaju lakih spoljnjih građevinskih konstrukcija čija je površinska masa manja od  $100 \text{ kg}/m^2$ , izloženih solarnom zračenju, koeficijent prolaza toplote mora biti:

- za zidove  $U \leq 0.35 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ ,
- za krovove  $U \leq 0.30 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ .

U slučaju da je prilikom izgradnje kuća u nizu (ili dvojnih zgrada) predviđena fazna izgradnja najveća dozvoljena vrijednost koeficijenta prolaza toplote graničnih (kontaktnih) zidova u tom slučaju mora biti  $U \leq 1.0 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ .

Prilikom rekonstrukcije zgrade zahtjevi iz stava 1 ovog člana ne primjenjuju se za sljedeće konstruktivne elemente:

- spoljne zidove koji imaju koeficijent prolaza toplote  $U \leq 0.80 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$ ,
- staklene površine velikog izloga veće od  $4 \text{ m}^2$ ,
- staklene djelove vjetrobrana,
- krov, u slučaju da se postojeća hidroizolacija krova samo popravljiva odnosno da se ne izvodi novi hidroizolacioni sloj;
- pod na tlu i međuspratnu konstrukciju prema negrijanom dijelu zgrade ili spoljnjem prostoru koji se obnavlja ili dograđuje samo na strani grijane prostorije.

### ***Toplotni mostovi***

#### **Član 7**

Zgrada koja se hladi odnosno grije na temperaturi većoj od 12 °C, mora se projektovati i graditi na način da se uticaj toplotnih mostova na potrošnju energije svede na najmanju mjeru, primjenom ekonomski prihvatljivih tehničkih i tehnoloških mjera.

U cilju smanjenja uticaja toplotnih mostova na količinu potrebne energije za grijanje i hlađenje linijska toplotna provodljivost toplotnih mostova,  $\Psi_e$  ( $W/m \cdot K$ ), mora biti

$$\Psi_e \leq 0.2 \text{ W}/m \cdot K.$$

Proračun uticaja toplotnih mostova vrši u skladu sa metodologijom izračunavanja energetske karakteristika zgrada.

## ***Zaštita od sunčevog zračenja***

### **Član 8**

U zgradi u kojoj je tokom ljeta potrebno hlađenje i/ili je potrebno ograničiti porast unutrašnje temperature, u skladu sa njenom namjenom, u prostorijama koje su izložene direktnom uticaju sunčevog zračenja potrebno je ispuniti zahtjeve zaštite od sunčevog zračenja date u Tabeli 2 Priloga 2 ovog pravilnika.

### ***Kondenzacija vodene pare na površini i unutar građevinskih konstrukcija zgrade***

### **Član 9**

Građevinske konstrukcije koje se graniče sa spoljnjim vazduhom ili negrijanim provjetravanim prostorijama (npr. tavan, garaža) moraju se projektovati i izvesti na način da se spriječi kondenzacija na unutrašnjim površinama elemenata omotača grijanog dijela zgrade.

Građevinske konstrukcije zgrade koje se graniče sa spoljnjim vazduhom ili negrijanim prostorijama moraju se projektovati i izvoditi na način da eventualna kondenzacija nastala unutar konstrukcije ne izazove nastajanje građevinske štete.

Proračun karakteristika difuzije vodene pare kroz građevinske konstrukcije (pojava kondenzacije, količina kondenzovane vodene pare unutar građevinske konstrukcije, period potreban za isušivanje kondenzata u slučaju pojave kondenzacije) vrši se prema MEST EN ISO 13788.

Vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare,  $\mu$  (-), su date u Tabeli 1 Priloga 1 ovog pravilnika. U slučaju da su vrijednosti  $\mu$  (-) date u određenom opsegu, za proračun treba odabrati nepovoljniju vrijednost.

### ***Kriterijumi za omotač zgrade u pogledu vazdušne propustljivosti i ventilacije prostora***

### **Član 10**

Broj izmjena na čas zagrijanog vazduha, pri razlici pritiska između unutrašnjeg i spoljašnjeg prostora zgrade od  $50 \text{ Pa}$ , ne smije biti veći od  $n_{50} = 3.0 \text{ h}^{-1}$  kod zgrada bez mehaničkog uređaja za provjetranje, odnosno  $n_{50} = 1.5 \text{ h}^{-1}$  kod zgrada sa mehaničkim uređajem za provjetranje.

U slučaju da se ispunjenost zahtjeva u pogledu vazdušne propustljivosti omotača zgrade dokazuje ispitivanjem na izvedenom objektu postupa se prema MEST EN 13829.

### ***Toplotna stabilnost i dinamičke toplotne karakteristike građevinskih konstrukcija zgrade***

### **Član 11**

Toplotna stabilnost spoljašnjih građevinskih konstrukcija/elemenata izloženih solarnom zračenju, određuje se na osnovu proračuna vrijednosti faktora prigušenja oscilacije temperature  $v$  [-] i faktora faznog pomaka oscilacije temperature  $\eta$  [h] prema MEST EN ISO 13786.

Provjera toplotne stabilnosti lakih spoljašnjih građevinskih konstrukcija (površinska masa  $\leq 100 \text{ kg/m}^2$ ) izloženih solarnom zračenju vrši se preko provjere vrijednosti koeficijenta prolaza toplote,  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]. Uslovi toplotne stabilnosti u slučaju lakih spoljašnjih konstrukcija su ispunjeni ako  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ]:

- za spoljašnje zidove ne prelazi  $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- za krovove ne prelazi  $0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### III. MINIMALNI ZAHTJEVI ENERGETSKE EFIKASNOSTI U POGLEDU TEHNIČKIH SISTEMA ZGRADE

#### *Efikasnost sistema za grijanje i hlađenje*

##### Član 12

Pri izboru generatora toplote za grijanje, mora se odabrati jedinica visoke efikasnosti, na način da efikasnost generatora toplote ne smije biti manja od vrijednosti datih u Tabeli 3.1 Priloga 2 ovog pravilnika.

Efikasnost rashladnih uređaja ili toplotnih pumpi ne smije biti niža od vrijednosti koje odgovaraju klasi C u skladu sa vrijednostima utvrđenim u Tabelama 3.2 i 3.3 Priloga 2 ovog pravilnika.

#### *Ugradnja elemenata za regulaciju*

##### Član 13

Termotehnički sistem zgrade mora biti opremljen automatskom regulacijom.

Grejno tijelo u prostoriji, mora imati ugrađen element za lokalnu regulaciju toplote (npr. termostatski ventil).

#### *Minimalni zahtjevi energetske efikasnosti kod sistema pripreme sanitarne tople vode*

##### Član 14

Prilikom projektovanja sistema za pripremu sanitarne tople vode u zgradama lociranim u klimatskoj zoni I, utvrđenoj u Tabeli 17 Priloga 1 ovog pravilnika, obavezno je korišćenje prijemnika sunčeve energije za pripremu najmanje 30% godišnjih potreba za sanitarnom toplom vodom, osim ukoliko to nije tehnički moguće ili ekonomski opravdano.

Zahtjev iz stava 1 ovog člana odnosi se i na zatvorene bazene, osim ako posebnim propisom nije drugačije utvrđeno.

Prilikom projektovanja otvorenih bazena obavezno je korišćenje prijemnika sunčeve energije za pripremu 100% godišnjih potreba za toplom vodom.

#### *Toplotna izolacija elemenata termotehničkog sistema*

##### Član 15

U prostoru sa nekontrolisanom temperaturom debljina toplotne izolacije razvoda i armature pri temperaturi vode  $\geq 55$  °C mora biti najmanje jednaka 2/3 unutrašnjeg prečnika cijevi, s tim da je maksimalna debljina izolacije 100 mm.

U prostoru sa nekontrolisanom temperaturom, debljina toplotne izolacije razvoda i armature pri temperaturi vode  $< 55$  °C mora biti najmanje jednaka 1/3 unutrašnjeg prečnika cijevi, s tim da je maksimalna debljina izolacije 50 mm.

U prostoru sa kontrolisanom temperaturom, u razvodnim kanalima ili međuspratnoj konstrukciji debljina toplotne izolacije razvoda i armature pri temperaturi vode  $\geq 55$  °C mora biti najmanje jednaka 1/3 unutrašnjeg prečnika cijevi, s tim da je maksimalna debljina izolacije 50 mm.

U rashladnim instalacijama debljina izolacije mora biti tako izvedena da se spriječi kondenzacija vlage na površinama. Za prečnike cijevi do DN 40 mm debljina izolacije je najmanje 13 mm, dok je za DN 50 do DN 200 mm najmanje 38 mm.

Akumulatori „tople“ ili „hladne“ energije (rezervoari) moraju biti izolovani slojem izolacije minimalne debljine 50 mm, vodeći pri tom računa da gubici kroz priključne vodove i armaturu budu svedeni na najmanju moguću mjeru, a u skladu sa zahtjevima iz st. 1 do 4 ovog člana.

Debljine izolacije iz st. 1 do 5 ovog člana odnose se na materijale čiji je koeficijent toplotne provodljivosti  $\lambda=0.035$  W/(mK), a u slučaju da se koriste izolacioni materijali drugačijih karakteristika, debljine je potrebno preračunati na način da se ne povećaju toplotni gubici kroz postavljenu izolaciju.

Odredbe st. 1 do 5 ovog člana ne odnose se na priključne ogranke razvodne mreže.

### ***Mjerna oprema***

#### **Član 16**

Termotehnički sistem u zgradi mora biti opremljen odgovarajućom mjernom opremom, kako bi se omogućilo praćenje potrošnje energije za grijanje i hlađenje u zgradi ili pojedinim njenim djelovima.

### ***Panelno grijanje***

#### **Član 17**

U slučaju panelnog grijanja (npr. podno grijanje) ukupna vrijednost koeficijenta prolaza toplote slojeva građevinske konstrukcije koji se nalaze između površine grejnog tijela i spoljnog vazduha, zemlje ili negrijanog dijela zgrade, mora biti  $U \leq 0.35$  W/(m<sup>2</sup>·K).

### ***Smještaj grejnih tijela***

#### **Član 18**

Grejno tijelo se može postaviti ispred providnih spoljnih površina samo ako je sa strane prema providnoj površini zaštićeno izolacionim slojem, na način da je rezultujući koeficijent prolaza toplote izolacionog sloja i providnog dijela omotača  $U \leq 0.9$  W/m<sup>2</sup>·K.

### ***Zahtjevi u pogledu broja izmjena vazduha na čas***

#### **Član 19**

Najmanji broj izmjena vazduha na čas u zgradi u kojoj borave ljudi (stambene i radne prostorije) iznosi  $n = 0.5$  h<sup>-1</sup>, ako posebnim propisom nije drugačije utvrđeno.

U vrijeme kada ljudi ne borave u dijelu zgrade koji je namijenjen za rad i/ili boravak ljudi, najmanji broj izmjena vazduha na čas iznosi  $n = 0.3$  h<sup>-1</sup>.

Za stambene zgrade koje imaju više od jednog stana, zahtjevi iz st. 1 i 2 ovog člana moraju biti ispunjeni za svaki stan.

### ***Regulacija sistema ventilacije***

#### **Član 20**

Ako se za ventilaciju zgrade osim prozora koriste i posebni uređaji sa otvorima za provjetranje, mora se obezbijediti njihovo jednostavno regulisanje, u skladu sa potrebama korisnika zgrade.

Odredba stava 1 ovog člana ne primjenjuje se kod ugradnje uređaja za ventilaciju sa automatskom regulacijom protoka spoljnog vazduha.



## ***Mehanička ventilacija***

### **Član 21**

U slučaju postojanja sistema mehaničke ventilacije, ventilatore treba dimenzionisati na način da njihova specifična električna snaga,  $p$  [ $kW/(m^3/s)$ ], zadovoljava kriterijum:

- izbacivanje vazduha:  $p_{od} < 1.0 kW/(m^3/s)$  odvedenog vazduha,
- ubacivanje vazduha:  $p_{do} < 1.5 kW/(m^3/s)$  dovedenog vazduha.

## ***Rekuperacija toplote***

### **Član 22**

Rekuperaciju toplote iz otpadnog (odlazećeg) vazduha potrebno je obezbijediti u zgradi kod koje su ispunjeni kumulativno sledeći uslovi:

- ventilacija je mašinska (prinudna),
- vazduh je potrebno pripremati (grijati/hladiti),
- broj izmjena vazduha je veći od  $0.7 h^{-1}$ ,
- ukupni protok vazduha je veći od  $2500 m^3/h$ .

U slučaju ispunjenosti uslova iz stava 1 ovog člana, efikasnost rekuperacije toplote mora biti veća od 50%.

## ***Efikasnost sistema rasvjete***

### **Član 23**

Električna rasvjeta u zgradi mora biti zasnovana na elementima visoke efikasnosti, na način da efikasnost izvora svetlosti, LPW (*Lumen Per Watt*), bude veća od 42 lumen/W, osim ako posebnim propisom nije drugačije utvrđeno.

U slučaju da je ugrađena senzorska kontrola osvijetljenja, izračunata količina električne energije potrebne za rasvjetu se umanjuje za 20 %.

## ***Zahtjevi u pogledu toplotne zaštite za individualne stambene objekte sa površinom manjom od $150m^2$***

### **Član 24**

Za individualne stambene objekte sa ukupnom korisnom površinom manjom od  $150 m^2$  smatraće se da su ispunjeni zahtjevi iz čl. 6, 7, 9 i 19 ovog pravilnika, ako vrijednost koeficijenta prolaza toplote građevinskih konstrukcija omotača kondicioniranog dijela zgrade, nije veća od vrijednosti datih u Tabeli 1 Priloga 2 ovog pravilnika.

## **IV. UTVRĐIVANJE ISPUNJENOSTI MINIMALNIH ZAHTJEVA PO PITANJU ENERGETSKE EFIKASNOSTI**

### **Član 25**

Ispunjenost minimalnih zahtjeva po pitanju energetske efikasnosti u fazi projektovanja zgrade utvrđuje se elaboratom energetske efikasnosti, u skladu sa propisom o sadržaju elaborata energetske efikasnosti.

## **V. ODRŽAVANJE ZGRADE U POGLEDU OČUVANJA ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA**

### **Član 26**

Održavanje zgrade radi očuvanja energetske karakteristike podrazumijeva:

- očuvanje tehničkih svojstava zgrade tokom njenog trajanja, u cilju ispunjavanja zahtjeva definisanih projektom zgrade i ovim pravilnikom, kao i drugih zahtjeva koje zgrada mora ispunjavati u skladu sa zakonom,
- vršenje periodičnih energetske pregleda zgrade na način određen projektom zgrade i/ili na način određen posebnim propisom,
- izvođenje radova kojima se zgrada održava u stanju koje je definisano projektom zgrade u smislu racionalnog korišćenja energije i toplotne zaštite.

## **VI. ZAVRŠNA ODREDBA**

### **Član 27**

Ovaj pravilnik stupa na snagu osmog dana od dana objavljivanja u „Službenom listu Crne Gore“.

Broj: 0601-16/62  
Podgorica, 07.05.2013.

**MINISTAR**  
dr Vladimir Kavarić

## METODOLOGIJA PRORAČUNA ENERGESKIH KARAKTERISTIKA ZGRADA

Metodologija proračuna energetske karakteristike zgrade je bazirana na MEST EN ISO 13790. Određene dopune, izmjene i prilagođavanja su napravljena u cilju usaglašavanja predložene metodologije sa propisanim zahtjevima i referentnim uslovima koji se koriste u procesu sertifikacije energetske karakteristike zgrada.

Metodologijom su propisane procedure (bazirane na veličinama osrednjenim na nivou mjeseca) za izračunavanje:

- potrebne energije tokom jedne godine za grijanje, hlađenje, ventilaciju, zagrijavanje sanitarne vode i rasvjetu zgrada, uključujući opremu i uređaje;
- ukupne primarne energije koju treba dovesti zgradi da bi ispunila propisane zahtjeve;
- indikatora energetske efikasnosti zgrade  $IP [kWh/m^2a]$  pri referentnim spoljašnjim i unutrašnjim uslovima, na osnovu kojeg se određuje energetska klasa zgrade;
- godišnje emisije  $CO_2$  kao posledice utrošene energije u zgradi, tokom jedne godine.

### 1. Određivanje koeficijenata prolaza toplote, $U$

Koeficijenti prolaza toplote,  $U [W/(m^2 \cdot K)]$ , određuju se:

- za neprozirne građevinske dijelove prema MEST EN ISO 6946, s tim da se za građevinske dijelove koji se graniče sa tlom uzima da je toplotni otpor konvekcije na spoljnoj površini  $R_{se}=0$ ;
- za prozore i balkonska vrata prema MEST EN ISO 10077-1, s tim da se mogu koristiti izmjerene  $U$  vrijednosti okvira prema MEST EN 12412-2 i zastakljenja prema MEST EN 674, ili prema tehničkim specifikacijama za proizvode, odnosno mjerenjem prema MEST EN ISO 12567-1;
- za providne građevinske konstrukcije prema MEST EN 673, ili prema tehničkim specifikacijama za proizvode.

U proračunu koeficijenta prolaza toplote,  $U [W/(m^2 \cdot K)]$ , kod podova na tlu i krovova u obzir se uzimaju samo slojevi koji su sa strane prostorije do sloja hidroizolacije. Izuzetak predstavlja slučaj sistema inverzne izolacije krova i perimetarske toplotne izolacije (spoljna toplotna izolacija dijela zgrade koji je u dodiru sa tlom koja ne leži u podzemnoj vodi, i kada je izolacija od ekstrudiranog polistirena ili drugog odgovarajućeg vodonepropusnog materijala).

Projektne vrijednosti gustine, toplotne provodljivosti, specifične toplote i faktora otpora difuzije (pri referentnim uslovima: sadržaj vlage u materijalu je u ravnoteži sa vazduhom temperature 23 °C i relativne vlažnosti 80), za određene građevinske materijale uređene su u MEST EN ISO 10456 i/ili su date u Tabeli 1.

Tabela 1: Projektne vrijednosti koeficijenta toplotne provodljivosti,  $\lambda [W/(m \cdot K)]$ , i približne vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare,  $\mu (-)$

Redni broj	Građevinski materijal	Gustina $\rho$ $kg/m^3$	Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ $W/(m \cdot K)$	Specifična toplota $c_p$ $J/(kg \cdot K)$	Faktor otpora difuziji vodene pare (od/do) $\mu$
<b>1.</b>	<b>ZIDOVI</b>				
1.01	puna opeka od gline	1800	0.81	900	5/10
1.02	puna opeka od gline	1600	0.68	900	5/10
1.03	klinker opeka	1900	0.85	800	50/100
1.04	klinker opeka	1700	0.80	800	50/100
1.05	puna fasadna opeka od gline	1800	0.83	900	5/10

Redni broj	Građevinski materijal	Gustina $\rho$ $kg/m^3$	Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ $W/(m \cdot K)$	Specifična toplota $c_p$ $J/(kg \cdot K)$	Faktor otpora difuziji vodene pare (od/do) $\mu$
1.06	puna fasadna opeka od gline	1600	0.70	900	5/10
1.07	šuplja fasadna opeka od gline	1200	0.55	900	5/10
1.08	šuplji blokovi od gline	1100	0.48	900	5/10
1.09	šuplji blokovi od gline	1000	0.45	900	5/10
1.10	šuplji blokovi od gline	900	0.42	900	5/10
1.11	šuplji blokovi od gline	800	0.39	900	5/10
1.12	puna krečno silikatna opeka	1800	0.99	900	15/25
1.13	puna krečno silikatna opeka	1600	0.79	900	15/25
1.14	krečno silikatni šuplji blokovi	1200	0.56	900	15/25
1.15	prirodni kamen	2000	1.40	1000	50
1.16	šuplji blokovi od betona	1000	0.70	1000	5/15
1.17	šuplji blokovi od betona	1200	0.80	1000	5/15
1.18	šuplji blokovi od betona	1400	0.90	1000	20/30
1.19	šuplji blokovi od betona	1600	1.10	1000	20/30
1.20	šuplji blokovi od betona	1800	1.20	1000	20/30
1.21	šuplji blokovi od betona	2000	1.40	1000	20/30
1.22	šuplji blokovi od laganog betona	500	0.30	1000	5/10
1.23	šuplji blokovi od laganog betona	700	0.37	1000	5/10
1.24	šuplji blokovi od laganog betona	900	0.46	1000	5/10
1.25	šuplji blokovi od laganog betona	1000	0.52	1000	5/10
1.26	šuplji blokovi od laganog betona	1200	0.60	1000	5/10
1.27	šuplji blokovi od laganog betona	1400	0.72	1000	5/10
<b>2.</b>	<b>BETON I ARMIRANI BETON</b>				
2.01	armirani beton	2500	2.60	1000	80/130
2.02	teški beton	3200	2.60	1000	80/130
2.03	beton	2400	2.00	1000	80/130
2.04	beton	2200	1.65	1000	70/120
2.05	beton	2000	1.35	1000	60/100
2.06	beton sa lakim agregatom	2000	1.35	1000	60/100
2.07	beton sa lakim agregatom	1800	1.30	1000	60/100
2.08	beton sa lakim agregatom	1600	1.00	1000	60/100
2.09	beton sa lakim agregatom	1500	0.89	1000	60/100
2.10	beton sa lakim agregatom	1400	0.79	1000	60/100
2.11	beton sa lakim agregatom	1300	0.70	1000	60/100
2.12	beton sa lakim agregatom	1200	0.62	1000	60/100
2.13	beton sa lakim agregatom	1100	0.55	1000	60/100
2.14	beton sa lakim agregatom	1000	0.49	1000	60/100
2.15	beton sa lakim agregatom	900	0.44	1000	60/100
2.16	beton sa lakim agregatom	800	0.39	1000	60/100
2.17	gasbeton	1000	0.31	1000	6/10
2.18	gasbeton	900	0.29	1000	6/10

Redni broj	Građevinski materijal	Gustina $\rho$ $kg/m^3$	Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ $W/(m \cdot K)$	Specifična toplota $c_p$ $J/(kg \cdot K)$	Faktor otpora difuziji vodene pare (od/do) $\mu$
2.19	gasbeton	800	0.25	1000	6/10
2.20	gasbeton	750	0.24	1000	6/10
2.21	gasbeton	700	0.22	1000	6/10
2.22	gasbeton	650	0.21	1000	6/10
2.23	gasbeton	600	0.19	1000	6/10
2.24	gasbeton	550	0.18	1000	6/10
2.25	gasbeton	500	0.16	1000	6/10
2.26	gasbeton	450	0.15	1000	6/10
2.27	gasbeton	400	0.13	1000	6/10
2.28	gasbeton	350	0.11	1000	6/10
2.29	gasbeton	300	0.10	1000	6/10
2.30	beton s jednozrnim šljunkom	2000	1.40	1000	60/100
2.31	beton s jednozrnim šljunkom	1800	1.10	1000	60/100
2.32	beton s jednozrnim šljunkom	1600	0.81	1000	60/100
<b>3.</b>	<b>MALTERI, ESTRISI</b>				
3.01	cementni malter	2000	1.60	1000	15/35
3.02	Krečni malter	1600	0.80	1000	6/10
3.03	krečno-cementni malter	1800	1.00	1000	15/35
3.04	Krečno-gipsani malter	1400	0.70	1000	6/10
3.05	gipsani malter	1500	0.54	1000	6/10
3.06	gipsani malter	1400	0.51	1000	6/10
3.07	gipsani malter	1300	0.47	1000	6/10
3.08	gipsani malter	1200	0.43	1000	6/10
3.09	laki malter	1300	0.56	1000	15/20
3.10	laki malter	1000	0.38	1000	15/20
3.11	laki malter	700	0.25	1000	15/20
3.12	termo-izolacioni malter	400	0.11	1000	5/20
3.13	termo-izolacioni malter	250	0.08	1000	5/20
3.14	sanacioni malter	1400	0.65	1000	6/15
3.15	polimerni malter	1100	0.70	1000	50/200
3.16	silikatni malter	1800	0.90	1000	50/70
3.17	malter na bazi akrilata	1700	0.90	1000	100/150
3.18	Cementni malter	2000	1.60	1000	15/35
3.19	cementni estrih	2000	1.60	1100	50
3.20	anhidrit estrih	2100	1.20	1000	15/35
3.22	magnezitni estrih	2300	0.70	1000	15/35
<b>4.</b>	<b>PODNE, ZIDNE I PLAFONSKJE OBLOGE</b>				
4.01	gipskartonske ploče	900	0.25	900	8
4.02	gipsane ploče sa dodatkom celuloznih vlakana	1300	0.38	1000	10/15
4.03	keramičke pločice	2300	1.30	840	200

Redni broj	Građevinski materijal	Gustina $\rho$ $kg/m^3$	Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda$ $W/(m \cdot K)$	Specifična toplota $c_p$ $J/(kg \cdot K)$	Faktor otpora difuziji vodene pare (od/do) $\mu$
4.04	kamene ploče	2500	2.80	1000	40/200
4.05	drvo	550	0.15	2000	50/70
<b>5.</b>	<b>HIDROIZOLACIONI MATERIJALI, PARNE BRANE</b>				
5.01	bitumenska traka sa uloškom staklenog voala	1100	0.23	1000	50000
5.02	bitumenska traka sa uloškom staklene tkanine	1100	0.23	1000	50000
5.03	bitumenska traka sa uloškom poliesterskog filca	1100	0.23	1000	50000
5.04	bitumenska traka sa uloškom krovnog kartona	1100	0.23	1000	50000
5.05	polimerna hidroizolaciona traka na bazi PVC-P	1200	0.14	1000	100000
5.06	polimerna hidroizolaciona traka na bazi PIB	1600	0.26	960	300000
5.07	polimerna hidroizolaciona traka na bazi CR	1300	0.23	1000	100000
5.08	polimerna hidroizolaciona traka na bazi VAE	1300	0.14	1000	20000
<b>6.</b>	<b>RASTRESITI MATERIJALI ZA NASIPANJE</b>				
6.01	ekspandirani perlit	$\leq 100$	0.060	1000	3
6.02	lomljena ekspandirana pluta	$\leq 200$	0.055	1300	3
6.03	lomljena opeke od gline	$\leq 800$	0.41	900	3
6.04	pijesak, šljunak, tucanik (drobljeni)	$\leq 1700$	0.81	1000	3
<b>7.</b>	<b>TOPLOTNO – IZOLACIONI MATERIJALI</b>				
7.01	mineralna vuna (MW)	10 do 200	0.035 do 0.050	1030	1
7.02	ekspandirani polistiren (EPS)	15 do 30	0.035 do 0.040	1450	60
7.03	ekstrudirana polistirenska pjena (XPS)	$\geq 25$	0.030 do 0.040	1450	150
7.04	tvrda poliuretanska pjena (PUR)	$\geq 30$	0.020 do 0.040	1400	60
7.05	fenolna pjena (PF)	$\geq 30$	0.030 do 0.045	1400	50
7.06	pijenasto staklo (CG)	100 do 150	0.045 do 0.060	1000	$\infty$
7.07	drvena vuna (WW)	360 do 460	0.065 do 0.09	1470	3/5
7.08	drvena vuna (WW), debljina ploča 15 mm $\leq d \leq 25$ mm	550	0.150	1470	4/8
7.09	ekspandirait (EPB)	140 do 240	0.040 do 0.065	900	5
7.10	ekspandirana pluta (ICB)	80 do 500	0.045 do 0.055	1560	5/10
7.11	drvena vlakna (WF)	110 do 450	0.035 do 0.070	1400	5/10

## 2. Proračun uticaja toplotnih mostova

Uticaj toplotnih mostova kod proračuna godišnje potrebne toplotne energije za grijanje i proračun transmisionih toplotnih gubitaka grijanog/hlađenog dijela zgrade izvodi se prema MEST EN ISO 13789, MEST EN ISO 14683, MEST EN ISO 10211-1, MEST EN ISO 10211-2 i MEST EN 13370.

Alternativno, umjesto detaljnog proračuna, uticaj toplotnih mostova može se uzeti u obzir povećanjem vrijednosti koeficijenta prolaza toplote,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], svakog elementa omotača grijanog/hlađenog dijela zgrade za  $\Delta U_{TM}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]:

- $\Delta U_{TM}=0.05$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], ako su toplotni mostovi izolovani u skladu sa „dobrim“ preporučenim rešenjima,
- $\Delta U_{TM}= 0.10$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], ako se toplotni mostovi nijesi izvedeni u skladu sa „dobrim“ preporučenim rešenjima.

### 3. Određivanje indikatora energetske efikasnosti, IP

Izračunavanje indikatora energetske efikasnosti podrazumijeva proračun:

- toplotnih gubitaka zgrade,
- toplotnih dobitaka zgrade,
- faktora iskorišćenja toplotnih gubitaka i dobitaka (dinamički parametri zgrade),
- isporučene godišnje energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, zagrijavanje sanitarne vode, rasvjetu i rad opreme i uređaja,
- ukupne godišnje primarne energije koju treba dovesti zgradi u cilju zadovoljenja potreba.

#### 3.1. **Toplotni gubici**

Toplotne gubitke zgrade,  $Q_l$  (Wh), čine transmisioni gubici,  $Q_{tr}$  (Wh), i ventilacioni gubici,  $Q_v$  (Wh), i izračunavaju se prema izrazu.

$$Q = Q_{tr} + Q_v, \text{ (Wh)},$$

pri čemu je  $Q_l > 0$  kada je spoljna temperatura vazduha manja od unutrašnje, odnosno  $Q_l < 0$  u suprotnom slučaju.

##### 3.1.1. **Transmisioni toplotni gubici**

Transmisioni toplotni gubici,  $Q_{tr}$  (Wh), se izračunavaju prema izrazu:

$$Q_{tr} = H_{tr} (\theta_{im} - \theta_{em}) \tau, \text{ Wh},$$

$H_{tr}$	koeficijent transmisionih gubitaka, W/K
$\theta_{im}$	srednja mjesečna temperatura unutrašnjosti objekta, °C,
$\theta_{em}$	srednja mjesečna temperatura spoljašnjeg vazduha, °C,
$\tau$	vremenski period (mjesec ili dio mjeseca), h.

Koeficijent transmisionih gubitaka zgrade,  $H_{tr}$  (W/K), se određuje se prema izrazu

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j, \text{ W/K ili}$$

$$H_{tr} = \sum_i A_i U_{ekv}, \text{ W/K}$$

$A_i$	površina dijela omotača zgrade (omotač zgrade je definisan spoljašnjim dimenzijama zgrade, a visina sprata zgrade predstavlja rastojanje od poda do poda susjednog sprata), $m^2$
$U_i$	koeficijenti prolaza toplote pojedinih djelova omotača (zidovi, krov, prozori), $W/m^2K$
$l_k$	dužina linearnog toplotnog mosta $k$ , $m$
$\psi_k$	linearni koeficijent provođenja linearnog toplotnog mosta $k$ , $W/(m \cdot K)$
$\chi_j$	koeficijent provođenja toplote tačkastog toplotnog mosta $j$ , $W/K$
$U_{ekv}$	ekvivalentni koeficijent prolaza toplote u koji je uključen uticaj toplotnih mostova, $W/m^2K$ .

Koeficijent specifičnih transmisionih gubitaka,  $H_{tr}^*$  ( $W/m^2K$ ), predstavlja razmijenjeni toplotni fluks po  $m^2$  omotača zgrade pri razlici temperatura  $1 K$ ,

$$H_{tr}^* = H_{tr} / A_E, \text{ W/m}^2K$$

$A_E$	ukupna površina spoljnog omotača zgrade, $m^2$ .
-------	--

### 3.1.2. Ventilacioni toplotni gubici

Ventilacioni toplotni gubici (prirodna ventilacija i infiltracija),  $Q_V$  (Wh), se izračunavaju prema izrazu:

- za grijanje

$$Q_V = H_V (\theta_{im} - \theta_{em}) \tau, Wh,$$

- za hlađenje (uzimanje u obzir uticaja noćnog hlađenja ventilacijom):

- ako je ventilacija „uključena“ manje od 16 h dnevno, tada je

$$Q_V = H_V (\theta_{im} - \theta_{em}) \tau, Wh.$$

- ako je ventilacija dnevno „uključena“ 16 h ili duže, tada je

$$Q_V = H_{Inf} (\theta_{im} - \theta_{em}) \tau + H_{Vn} (\theta_{im} - \theta_{em} - \Delta\theta_{em}/4) \tau, Wh,$$

$H_V = (H_{Inf} + H_{Vn})$  koeficijent gubitaka usled infiltracije i prirodne ventilacije, W/K,

$H_{Inf}$  koeficijent gubitaka samo usled infiltracije, W/K,

$H_{Vn}$  koeficijent gubitaka samo usled prirodne ventilacije koja ne uključuje infiltraciju, W/K,

$\theta_{im}$  efektivna temperatura unutrašnjosti objekta, °C,

$\theta_{em}$  efektivna temperatura spoljašnjeg vazduha, °C,

$\Delta\theta_{em}$  dnevna amplituda spoljne temperature, °C,

$\tau$  vremenski period (mjesec ili dio mjeseca), h.

Koeficijent ventilacionih toplotnih gubitaka zgrade,  $H_V$  (W/K), predstavlja gubitak toplote usled ulaska spoljašnjeg vazduha (infiltracijom i prirodnom ventilacijom) u zgradu pri temperaturnoj razlici od 1 K:

$$H_V = \dot{m}_v c_{pv} = \rho_v c_{pv} \dot{V}, W/K,$$

ili

$$H_V = n \cdot V/3, W/K,$$

$\dot{m}_v$  maseni protok vazduha, kg/s,

$\dot{V} = q_v \cdot A_C / 3600$  zapreminski protok vazduha, m<sup>3</sup>/s,

$q_v$  efektivna količina svježeg vazduha, (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup>,

$A_C$  kondicionirana površina objekta, m<sup>2</sup>,

$\rho_v = 1.2$  gustina vazduha, kg/m<sup>3</sup>,

$c_{pv} = 1000$  specifična toplota vazduha (pri  $p = \text{const}$ ), J/(kg·K),

$n$  efektivni broj izmjena vazduha na čas usled infiltracije i prirodne ventilacije, h<sup>-1</sup>,

$V$  zapremina vazduha u objektu, m<sup>3</sup>.

Koeficijent specifičnih toplotnih gubitaka usled infiltracije i prirodne ventilacije,  $H_V^*$  (W/m<sup>2</sup>K), predstavlja toplotni gubitak objekta usled infiltracije i prirodne ventilacije sveden na jedinicu spoljnog omotača zgrade

$$H_V^* = H_V / A_E, W/m^2K$$

$A_E$  je ukupna površina spoljnog omotača zgrade, m<sup>2</sup>.

Napomene u vezi infiltracije i ventilacije:

- Minimalne količine vazduha (ventilacija) su date u Tabeli 2, a u proračun se unose stvarne vrijednosti koje ne mogu biti manje od minimalnih;



- Minimalne vrijednosti infiltracije su date u Tabeli 2, s tim da ako se vrijednosti infiltracije procjenjuje prema realnom stanju, orijentacione vrijednosti su date u Tabeli 3;
- U slučaju da se propustljivosti vazduha omotača prostorije dokazuje ispitivanjem na izvedenom objektu, postupa se prema MEST EN 13829;
- Ukoliko je poznata vrijednost  $n_{50}$  (dobijena „Blower-door“ testom), broj izmjena vazduha usled infiltracije se može uzeti kao  $n_{inf} \approx n_{50}/15 * K_{Pol}$  (gdje je  $K_{Pol}$  faktor položaja objekta čije su vrijednosti date u Tabeli 3);
- Ako su poznate količine vazduha, odnosno broj izmjena na čas, za određeni vremenski period (npr. period radnog vremena), treba ih preračunati na efektivne vrijednosti za 24 h.

**Tabela 2: Infiltracija i ventilacija (minimalne vrijednosti)**

Tip zgrade	Infiltracija (tokom 24h)	Ventilacija			
		Količina vazduha (radni režim)		Dužina rada	Temperatura ubacivanja
	$h^{-1}$	$(m^3/h)/m^2$	$h^{-1}$	$h/sed$	[C]
Porodične kuće	0.3	1.20	0.5	168	19
Stambene zgrade	0.3	1.40	0.5	168	19
Dječji vrtići	0.3	5.20	2.0	50	20
Poslovne zgrade	0.3	5.00	1.6	60	19
Škole	0.3	6.60	2.0	50	19
Univerziteti	0.3	5.50	1.7	60	19
Bolnice	0.5	5.50	1.7	168	21
Hoteli	0.3	5.30	2.0	168	20
Rekreativni objekti	0.3	4.50	1.4	60	19
Komercijalni objekti	0.3	6.00	1.5	72	20
Objekti kulture	0.3	5.50	1.7	66	20
Skladišta	0.6	4.20	0.7	56	15
Laka industrija	0.3	5.00	1.3	45	18

**Tabela 3: Infiltracija (orijentacione vrijednosti)**

Minimalne vrijednosti	Infiltracija $n [h^{-1}]$		
Svi tipovi zgrada (radno vrijeme/van radnog vremena)	0.5 / 0.3		
Procijenjene vrijednosti prema stanju i položaju objekta	Infiltracija $n [h^{-1}]$		
Stanje zgrade	Otvoren	Umjereno otvoren	Veoma zaklonjen
Prozori i spoljašnji zidovi u lošem stanju	1.4	0.9	0.55
Prozori i spoljašnji zidovi u normalnom stanju	0.9	0.6	0.5
Prozori i spoljašnji zidovi dobro zaptiveni	0.6	0.4	0.3
Infiltracija na osnovu Blower-door Testa	Faktor položaja objekta ( $K_{Pol}$ )		
$*n=n_{50}/15*K_{Pol}$	1.4	1.0	0.7

### 3.2. Toplotni dobici, $Q_g$

Toplotni dobici su zbir spoljašnjih,  $Q_{ge}$ , i unutrašnjih,  $Q_{gi}$ , toplotnih dobitaka

$$Q_g = Q_{ge} + Q_{gi}, Wh.$$

#### 3.2.1. Spoljašnji toplotni dobici

Spoljašnji toplotni dobici,  $Q_{ge}$  (Wh), su dobici od solarnog zračenja  $Q_{Sol}$  (Wh) i izračunavaju se prema izrazu

$$Q_{Sol} = \sum (\phi_{Sol, k}) \tau, Wh$$

$\phi_{Sol, k}$  toplotni fluks od solarnog zračenja koji prolazi kroz  $k$ -tu providnu površinu,  $W$   
 $\tau$  vremenski period (mjesec ili dio mjeseca),  $h$ .

Toplotni fluks solarnog zračenja kroz  $k$ -tu providnu površinu se određuje pomoću izraza:

$$\phi_{Sol, k} = F_{o, k} g_{tot} A_{w, k} F_F I_{Sol, k} - \phi_{sky, k}, W$$

$F_{o, k} \approx 1 - \frac{A_{w, k}^o}{A_{w, k}} \left( 1 - \frac{I_{Sol, N}}{I_{Sol, k}} \right)$  „faktor sjenke”, tj. uticaja sjenke susjednih objekata na element  $k$  (u slučaju nedostatka pouzdanih podataka uzeti  $F_{o, k} \approx 1$ ),

$A_{w, k}$  ukupna površina prozora  $k$  (sa okvirom),  $m^2$ ,

$A_{w, k}^o$  dio površine  $A_{w, k}$  u sjenci susjednog objekta,  $m^2$ ,

$I_{Sol, k}$  srednji (na nivou mjeseca) globalni solarni fluks za  $k$ -tu površinu osrednjen na 24 h,  $W/m^2$  (energija koja za 1 dan u mjesecu padne na površinu  $k$ , iznosi  $I_{Sol, k} * 24 Wh$ ),

$I_{Sol, N}$  srednji (na nivou mjeseca) solarni fluks na površinu sjeverne orijentacije osrednjen na 24 h,  $W/m^2$ ,

$F_F$  „faktor okvira”, (površina zastakljenja/ukupna površina prozora),

$\phi_{sky, k}$  gubitak toplote elementa  $k$  usled “zračenja neba” i može se zanemariti u ovoj vrsti proračuna,  $W$ ,

$g_{tot}$  rezultujući „faktor solarnih dobitaka” kroz zastakljenje uključujući predviđena sredstva za zaštitu od solarnog zračenja u zatvorenom položaju,

Faktor solarnih dobitaka,  $g_{tot}$ , se izračunava prema izrazu:

$$g_{tot} = F_w F_c g_L,$$

$F_w = 0.9$  korekcija za ugao upada zračenja (odnos srednje propustljivosti stakla prema propustljivosti pri upadu zračenja pod uglom od  $90^\circ$ ),

$g_L$  faktor solarnih dobitaka zastakljenja pri normalnom upadu zračenja koji se određuje prema MEST EN 410,

$F_c$  faktor umanjenja solarnih dobitaka (zbog primjene sredstava za zaštitu od sunčevog zračenja).

Napomena: Vrijednosti veličina  $g_L$  i  $F_c$ , se po pravilu, utvrđuju mjerenjima. U slučaju kada ne postoje rezultati mjerenja račun se izvodi prema vrijednostima datim u Tabelama 4 i 5.

Tabela 4: Računske vrijednosti stepena propustljivosti ukupne energije kroz zastakljenje  $g_{\perp}$  (-), za slučaj normalnog upada solarnog zračenja

RB	Tip zastakljenja	$g_{\perp}$
1.	Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0.87
2.	Dvostruko izolirajuće staklo (sa jednim međuslojem vazduha)	0.80
3.	Trostruko izolirajuće staklo (sa dva međusloja vazduha)	0.70
4.	Dvostruko izolirajuće staklo sa jednim staklom niske emisije	0.60
5.	Trostruko izolirajuće staklo sa dva stakla niske emisije	0.50
6.	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od solarnog zračenja	0.50
7.	Staklena opeka	0.60

Tabela 5: Faktor umanjenja solarnih dobitaka zbog primjene sredstava za zaštitu od solarnog zračenja,  $F_c$

RB	Sredstva za zaštitu od solarnog zračenja	$F_c$
1.	Bez sredstava za zaštitu od solarnog zračenja	1.0
2.	Sredstvo sa unutrašnje strane ili između stakala	
2.1	– bijele ili reflektirajuće površine i male transparentnosti <sup>a)</sup>	0.75
2.2	– svijetle boje ili male transparentnosti	0.80
2.3	– tamne boje ili povećane transparentnosti	0.90
3.	Sredstvo sa spoljne strane	
3.1	– žaluzine, lamele koje se mogu okretati, otpozadi provjetravano	0.25
3.2	– žaluzine, roletne, kapci (škure, grile)	0.30
4.	Strehe, lođe <sup>b)</sup>	0.50
5.	Markize, gore i bočno provjetravane <sup>b)</sup>	0.40

<sup>a)</sup> Transparentnost sredstava za zaštitu od solarnog zračenja manja od 15% smatra se malom, a transparentnost u iznosu 15% ili većem smatra se povećanom.

<sup>b)</sup> Navedena vrijednost primjenjuje se za slučaj kad je spriječeno direktno osunčanje prozora.

### 3.2.2. Unutrašnji toplotni dobitci

Unutrašnji toplotni dobitci,  $Q_{gi}$  (Wh), su toplotni dobitci od:

- metabolizma osoba  $Q_{mt}$ , Wh,
- uređaja i aparata  $Q_{eq}$ , Wh,
- rasvjete  $Q_{lt}$ , Wh,

Napomena: Rad pumpi i ventilatora ne ulaze u bilans toplotnih dobitaka.

Toplotni dobitci od metabolizma osoba,  $Q_{mt}$  (Wh), se određuju prema izrazu (Tabela 6)

$$Q_{mt} = q_{mt} A_C \tau, Wh$$

$q_{mt}$  efektivni toplotni dobitak od metabolizma osoba,  $W/m^2$  (ako je dobitak dat za period boravka osoba u objektu, efektivni dobitak se preračunava na vrijeme od 24 h),  
 $\tau$  vremenski period, h.

Efektivni toplotni dobitak od metabolizma osoba,  $q_{mt}$  ( $W/m^2$ ), računa se prema izrazu:

$$q_{mt} = (N_{os} \Phi_{mt}) * (\tau_{Radno} / 24 h) / A_C, W/m^2$$

$N_{os}$  srednji broj osoba koji boravi u objektu tokom radnog vremena  $\tau_{Radno}$ ,

$\Phi_{mt}$  toplotni fluks metabolizma jedne osobe,  $W/osobi$ ,

$A_C$  kondicionirana površina objekta,  $m^2$ ,

$(N_{os} \Phi_{mt}) / A_C$  simultani toplotni dobitak (snaga) od metabolizma tokom radnog vremena,  $W/m^2$ .

Toplotni dobici od uređaja i aparata,  $Q_{eq}$  ( $Wh$ ), se određuju prema izrazu (Tabela 7)

$$Q_{eq} = q_{eq} A_C \tau, Wh$$

$q_{eq}$  efektivni toplotni dobitak od aparata i uređaja tokom vremena,  $W/m^2$ . Ako se koristi podatak o simultanoj snazi tokom radnog perioda, efektivni dobitak se preračunava za ukupno vrijeme (u Tabeli 7 je data simultana snaga u radnom periodu tokom sedmice  $\Sigma \Phi_{eq} / A_C$ ),

$\tau$  vremenski period (mjesec ili dio mjeseca), h.

Efektivni toplotni dobitak od aparata,  $q_{eq}$  ( $W/m^2$ ), računa se prema izrazu

$$q_{eq} = \Sigma (\Phi_{eq} / A_C) * (\tau_{RPeriod} / (7 * 24 h))$$

$\Phi_{eq}$  srednja simultana snaga (fluks) uređaja u radnom periodu tokom sedmice ( $\tau_{RPeriod}$  [h/sed]), W,

$A_C$  kondicionirana površina objekta,  $m^2$ .

Toplotni dobici od rasvjete,  $Q_{lt}$  ( $Wh$ ), se određuju prema izrazu (Tabela 7)

$$Q_{lt} = q_{lt} A_C \tau, Wh$$

$q_{lt}$  efektivni toplotni dobitak od rasvjete tokom vremena,  $W/m^2$  (u Tabeli 7 je data simultana snaga u radnom periodu tokom sedmice  $\Sigma \Phi_{lt} / A_C$ ),

$\tau$  vremenski period (mjesec ili dio mjeseca), h.

Efektivni toplotni dobitak od rasvjete,  $q_{lt}$  ( $W/m^2$ ), računa se prema izrazu

$$q_{lt} = \Sigma (\Phi_{lt} [ \tau_{RPeriod} / (7 * 24) ] / A_C)$$

$\Phi_{lt}$  srednja simultana snaga (fluks) rasvjete u radnom periodu tokom sedmice ( $\tau_{RPeriod}$  [h/sed]), W,

$A_C$  kondicionirana površina objekta,  $m^2$ .

Tabela 6: Toplotni dobici od metabolizma osoba

Tip zgrade	Površina/Osobi	Toplotni fluks jedne osobe	Radni period		Godišnji dobici
			Radni dan	Simultani toplotni fluks (radni režim)	
	$m^2/osobi$	$W/osobi$	$h/d$	$W/m^2$	$kWh/m^2 \cdot g$
Porodične kuće	30	70	16	2.3	14
Stambene zgrade	20	70	16	3.5	20
Dječji vrtići	10	70	10	7.0	18
Poslovne zgrade	15	80	12	5.3	17
Škole	10	70	10	7.0	15
Univerziteti	10	70	12	7.0	22
Bolnice	20	70	24	3.5	31
Hoteli	30	80	24	2.7	23
Rekreativni objekti	20	100	12	5.0	13
Komercijalni objekti	20	80	12	4.0	15
Objekti kulture	20	80	11	4.0	14
Skladišta	100	100	10	1.0	3
Laka industrija	20	100	9	5.0	12

Tabela 7: Toplotni dobici od osvetljenja i opreme i uređaja

Tip zgrade	Broj sedmica	OSVETLJENJE			OPREMA I UREDJAJI		
		Dužina rada	Simultana snaga (radni režim)	Godišnji dobici	Dužina rada	Simultana snaga (radni režim)	Godišnji dobici
		$sed/g$	$h/sed$	$W/m^2$	$kWh/m^2 \cdot g$	$h/sed$	$W/m^2$
Porodične kuće	52	70	2.9	11	91	2.4	9
Stambene zgrade	52	70	2.9	11	91	2.4	9
Dječji vrtići	52	35	8	15	30	2	4
Poslovne zgrade	52	35	8	15	35	11	20
Škole	44	40	10	18	40	6	11
Univerziteti	52	50	8	21	60	11	29
Bolnice	52	112	8	47	168	8	47
Hoteli	52	70	8	29	112	1	4
Rekreativni objekti	44	35	8	12	40	1	2
Komercijalni obj.	52	72	15	56	72	1	4
Objekti kulture	52	42	8	17	54	1	2
Skladišta	52	42	3	7	42	0.5	1
Laka industrija	52	45	8	19	45	10	23

### 3.3. Faktori iskorišćenja toplotnih dobitaka (kod grijanja), $\eta_{Hg}$ , i gubitaka (kod hlađenja), $\eta_{Cl}$

#### 3.3.1. Faktor iskorišćenja toplotnih dobitaka

Faktor iskorišćenja toplotnih dobitaka,  $\eta_{Hg}$ , predstavlja „koristan“ dio toplotnih dobitaka u procesu grijanja, odnosno dio dobitaka koji učestvuje u grijanju objekta. Izračunava se prema izrazu:

$$\eta_{Hg} = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad \text{ako je } \gamma > 0 \text{ i } \gamma \neq 1, \text{ (slučaj } \theta_i > \theta_e)$$

$$\eta_{Hg} = \frac{a}{a+1} \quad \text{ako je } \gamma = 1.$$

$$\eta_{Hg} = 1 \quad \text{ako je } \gamma < 0, \text{ (slučaj } \theta_i < \theta_e).$$

$\gamma = Q_g / Q_i$  količnik toplotnih dobitaka i toplotnih gubitaka,

$a$  dinamički bezdimenzioni parametar zgrade.

### 3.3.2. Faktor iskorišćenja toplotnih gubitaka

Faktor iskorišćenja toplotnih gubitaka,  $\eta_{Cl}$ , predstavlja „koristan“ dio toplotnih gubitaka u procesu hlađenja, odnosno dio gubitaka koji učestvuje u hlađenju objekta. Izračunava se prema izrazu:

$$\eta_{Cl} = \gamma \eta_{Hg} \quad \text{ako je } \gamma > 0 \text{ i } \gamma \neq 1, \text{ (slučaj } \theta_i > \theta_e),$$

$$\eta_{Cl} = \frac{a}{a+1} \quad \text{ako je } \gamma = 1,$$

$$\eta_{Cl} = 1 \quad \text{ako je } \gamma < 0, \text{ (slučaj } \theta_i < \theta_e).$$

$\gamma = Q_g / Q_i$  odnos toplotnih dobitaka i toplotnih gubitaka,

$a$  dinamički bezdimenzioni parametar zgrade.

Dinamički bezdimenzioni parametar zgrade,  $a$ , se određuje pomoću izraza

$$a = a_0 + \frac{\tau_B}{\tau_0}$$

$a_0 = 1$  referentni bezdimenzioni parametar za energetske analize na nivou mjeseca,

$\tau_0 = 15$  referentna vremenska konstanta za energetske analize na nivou mjeseca,  $h$ ,

$\tau_B$  izračunata vremenska konstanta objekta,  $h$ .

Vremenska konstanta objekta,  $\tau_B$ , se približno određuje iz izraza

$$\tau_B = \frac{C_m}{H_{tr} + H_V}, h$$

$H_{tr}, H_V$  koeficijenti transmisionih i ventilacionih toplotnih gubitaka,

$C_m$  efektivni toplotni kapacitet zgrade,  $Wh/K$

Efektivni toplotni kapacitet zgrade,  $C_m$  ( $Wh/K$ ), odslikava uticaj inercije i dinamičku prirodu objekta. Određuje se korišćenjem približnih izraza datih u Tabeli 8.

Tabela 8: Efektivni toplotni kapacitet zgrade

Vrsta konstrukcije	Vrlo laka (laki zidovi spolja i unutar objekta, gipsani zidovi)	Laka (spušteni plafoni, prostirka na betonskom podu, laka konstrukcija zidova spolja i laki zidovi unutar objekta)	Srednja (drveni pod na betonu, betonski plafon djelimično izložen (20%), laka konstrukcija zidova spolja i laki zidovi unutar objekta)	Teška (betonski plafon dominantno izložen (70%), linoleum ili sl. na betonskom podu, laki zidovi spolja i unutar objekta)	Vrlo teška (betonski plafon izložen, linoleum ili sl. na betonskom podu, teški zidovi spolja i 50% unutar objekta)
$C_m, Wh/K$	$20 \cdot A_C$	$30 \cdot A_C$	$50 \cdot A_C$	$100 \cdot A_C$	$150 \cdot A_C$

$A_C$  je površina kondicioniranog dijela zgrade,  $m^2$ .

### 3.4. Proračun isporučene godišnje energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, zagrijavanje sanitarne vode, rasvjetu i rad opreme i uređaja

#### 3.4.1. Isporučena toplotna energija za grijanje

Isporučena toplotna energija za grijanje objekta,  $E_{H,Del}$  (Wh), je energija dovedena na granice sistema/objekta i izračunava se prema izrazu

$$E_{H,Del} = \frac{Q_{H,n}}{\eta_H}, Wh$$

$Q_{H,n}$  potrebna toplotna energija za grijanje objekta.

Ukupni stepen efikasnosti sistema grijanja,  $\eta_H$ , računa se prema izrazu

$$\eta_H = \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen}$$

$\eta_{dis}$  stepen efikasnosti razvodnog sistema grijanja (Tabela 11);

$\eta_a$  stepen efikasnosti sistema regulacije sistema grijanja (odražava sposobnost sistema kontrole za održavanjem zadatih parametara zavisno od spoljnih uticaja) (Tabela 11);

$\eta_{TBM}$  stepen efikasnosti upravljanja i održavanja grejnog sistema (Tabela 11);

$\eta_{Gen}$  godišnji sezonski stepen efikasnosti generatora toplote sistema (kod toplotnih pumpi to je sezonski faktor grijanja - HSPF) (Tabele 9, 10a i 10b zavisno od tipa generatora toplote).

Potrebna toplotna energija za grijanje objekta,  $Q_{H,n}$  (Wh), je jednaka ukupnim toplotnim gubicima objekta umanjenim za dio toplotnih dobitaka određen faktorom iskorišćenja toplotnih dobitaka i izračunava se pomoću izraza

$$Q_{H,n} = Q_l - \eta_{Hg} Q_g, Wh.$$

#### 3.4.2. Isporučena toplotna energija za hlađenje

Isporučena energija za hlađenje objekta,  $E_{C,Del}$  (Wh), je energija za hlađenje dovedena na granice sistema/objekta i izračunava se prema izrazu

$$E_{C,Del} = \frac{Q_{C,n}}{\eta_C}, Wh$$

$Q_{C,n}$  potrebna toplotna energija za hlađenje objekta

Ukupni stepen efikasnosti sistema grijanja,  $\eta_C$ , računa se prema izrazu

$$\eta_C = \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen}$$

$\eta_{dis}$  stepen efikasnosti razvodnog sistema hlađenja (Tabela 11);

- $\eta_a$  stepen efikasnosti sistema regulacije sistema hlađenja (odražava sposobnost sistema kontrole za održavanjem zadatih parametara zavisno od spoljnih uticaja) (Tabela 11);
- $\eta_{TBM}$  stepen efikasnosti upravljanja i održavanja rashladnog sistema (Tabela 11);
- $\eta_{Gen}$  godišnji sezonski stepen efikasnosti generatora hlađenja (kod rashladnih uređaja to je sezonski faktor hlađenja – SEER; u slučaju nedostatka podataka uzeti da je  $SEER \approx 1.15 EER$ ).

Potrebna toplotna energija za hlađenje objekta,  $Q_{C,n}$  (Wh), je jednaka ukupnim toplotnim dobicima objekta umanjenim za dio toplotnih gubitaka određen faktorom iskorišćenja toplotnih gubitaka i izračunava se pomoću izraza

$$Q_{C,n} = Q_g - \eta_{Cl} Q_l, Wh.$$

Tabela 9: Tipični godišnji koeficijenti efikasnosti generatora toplote za grijanje (GH),  $\eta_{GenH}$

Gorivo	Peć/Kotao	$H_{GenH}$
Tečno gorivo	Liveni (prije 1970)	60%
	Mehanički raspršivač	70-78%
	“Standardni” (Mid-efficiency)	83-89%
Električna energija	Centralno	100%
Prirodni gas, TNG	Konvencionalni	55-65%
	“Standardni” (Mid-efficiency)	78-84%
	Kondezacioni	90-97%
Čvrsto gorivo	Konvencionalni	45-55%
	Savremeni	55-65%
	Najmoderniji	75-90%

Tabela 10a: Efikasnost toplotnih pumpi vazduh / voda – COP (orijentacione vrijednosti)

Izlazna temp. vode	35°C					50°C				
Spoljna temp. vazduha	-7°C	2°C	7°C	15°C	20°C	-7°C	2°C	7°C	15°C	20°C
<b>COP</b> ( danas )	2.7	3.1	3.7	4.3	4.9	2	2.3	2.8	3.3	3.5
<b>COP</b> (1979–1994 )	2.4	2.8	3.3	3.6	4.4	1.8	2.1	2.5	3	3.2

Napomena:  
U slučaju nedostatka podataka uzeti da je

$$HSPF \approx 0.22 COP(t_{eMax}) + 0.78 COP(t_{emin}),$$

gdje je:

- $t_{eMax}$  maksimalna temperatura u sezoni grijanja (14 °C),
- $t_{emin}$  minimalna temperatura u sezoni grijanja (5.5 °C za Zonu I; 2.0 °C za Zonu II; -2.0 °C za Zonu III).

Ako je toplotna pumpa spregnuta sa drugim izvorom grijanja, koristi se rezultujući **COP**:

$$COP = [COP_{TP} * TP\% + COP_{Drugo} * (100 - TP\%)] / 100,$$

gdje je **TP%** procentualni udio toplotne pumpe u grijanju.

Tabela 10b: Efikasnost toplotnih pumpi voda / voda - COP (orijentacione vrijednosti)

Izlazna temperatura vode	35°C		50°C	
Ulazna temperatura vode	10°C	15°C	10°C	15°C
<b>COP</b> ( danas )	5.5	6	3.8	4.1
<b>COP</b> (1979 – 1994)	4.6	5	3.2	3.4



Napomena:

U slučaju nedostatka podataka uzeti da je  $HSPF \approx COP$ .

Ako je toplotna pumpa spregnuta sa drugim izvorom grijanja, koristi se rezultujući  $COP$ :

$$COP = [COP_{TP} * TP\% + COP_{Drugo} * (100 - TP\%)] / 100,$$

gdje je  $TP\%$  procentualni udio toplotne pumpe u grijanju.

Tabela 11: Koeficijenti efikasnosti: razvodnog sistema,  $\eta_{dis}$ , regulacije i upravljanja,  $\eta_a$  i održavanja sistema,  $\eta_{TBM}$ , u sistemima grijanja i hlađenja

Efikasnost razvodnog sistema (neizolovan - izolovan)	$\eta_{dis}$	0.9 - 0.95
Efikasnost regulacije (ručna - automatska)	$\eta_a$	0.9 - 0.97
Efikasnost procesa upravljanja i održavanja sistema	$\eta_{TBM}$	0.96

### Prekidi i redukcije u grijanju i hlađenju

Redukcije podrazumijevaju kontinualan rad, ali sa različitim temperaturnim režimima tokom dana (obično se zadaje „radna“ i „set back“ temperatura), dok prekidi označavaju isključivanje rada instalacije u noćnim satima, tokom vikenda i sl.

Kod grijanja objekata prekidi mogu biti „kratki“ (dnevni i nedeljni) i „dugi“ (višednevni) gdje su:

- kratki dnevni - prekid rada instalacije noću ili van radnog vremena,
- kratki sedmični - prekidi tokom vikenda,
- dugi - prekid rada na duže vrijeme (praznici, raspusti i sl).

Kod grijanja trajanje „kratkih“ prekida predstavlja zbir časova prekida tokom sedmice:

$$\tau_{OFFk} = \sum \tau_{OFF}$$

(npr. ako je dnevni prekid 10 h; nedeljni (vikend) prekid 48 h jer tokom vikenda instalacija ne radi, tada je ukupni „kratki“ prekid rada  $\tau_{OFFk} = 5 * 10 + 48 = 98$  h).

Koeficijent „kratkih“ prekida rada (grijanja) je odnos dužine prekida tokom sedmice prema ukupnom vremenu (7 dana po 24 h):

$$f_{H,OFFh} = \tau_{OFFh} / (7 * 24)$$

Koeficijent „rada“ je

$$f_{H,ONh} = 1 - f_{H,OFFh}.$$

Kod hlađenja objekta prekidi su „kratki“ (nedeljni) i „dugi“ (višednevni), gdje su:

- nedeljni (kratki) - prekidi tokom vikenda,
- dugi - prekid rada na duže vrijeme (praznici, raspusti i sl).

Napomena: Dnevni prekidi su kod hlađenja implicitno uključeni preko koeficijenta iskorišćenja toplotnih gubitaka  $\eta_{Cl}$  pa se ovdje ne uzimaju u obzir.

Kod hlađenja se vrijeme kratkih prekida računa samo kao broj dana kada se instalacija hlađenja uopšte ne uključuje tokom 24 h, pa je

Koeficijent „kratkih“ prekida

$$f_{C,OFFk} = N_{OFFk} / 7 \text{ dana}$$

(na primjer u slučaju kada tokom vikenda ne radi instalacija,  $N_{OFFk} = 2$  dana pa je  $f_{C,OFFk} = 2/7 = 0.28$ ).

Koeficijent „rada“ je

$$f_{C,ONk} = 1 - f_{C,OFFk}.$$

„Dugi“ prekidi su prekidi u funkcionisanju instalacije (grijanja ili hlađenja) tokom dužih perioda vremena (praznika ili raspusta).

Koeficijent „dugih“ prekida ( $f_{OFFd}$ ) se izražava kao odnos broja dana praznika/raspusta u mjesecu ( $N_{OFF}$ ), prema ukupnom broju dana u mjesecu ( $N_m$ ), tj:

$$f_{OFFd} = N_{OFF} / N_m.$$

### Korekcija usled prekida rada

Rad sa prekidima je nestacionarni režim koji se javlja pri povremenim prekidima u radu instalacije. Ukupni uticaj prekida je rezultat „dugih“ ( $f_{OFFd}$ ) i „kratkih“ prekida ( $f_{OFFk}$ ), pa se toplota izračunata za kontinualni režim ( $Q_{n(Cont)}$ ) koriguje odgovarajućim faktorom prekida  $[(1 - f_{OFFd}) * a_{Red}]$ .

Korigovana toplota grijanja se određuje prema izrazu

$$Q_{H, n (Korigovano)} = (1 - f_{OFFd}) * a_{H, Red} * Q_{H, n (Cont)}, Wh$$

gdje je

$$a_{H, Red} = 1 - 3 (\tau_0 / \tau) \gamma_H * f_{H, OFFk}, \quad (a_{H, Red})_{Max} = 1, \quad (a_{H, Red})_{min} = f_{H, ONk}$$

$\tau_0 = 15$  referentna vremenska konstanta za energ. analize na nivou mjeseca,  $h$ ,  
 $\tau_B$  izračunata vremenska konstanta objekta,  $h$ ,  
 $\gamma_H = Q_g / Q_l$  količnik toplotnih dobitaka i toplotnih gubitaka,  
 $f_{H, ONk}, f_{H, OFFk}$  koeficijent „rada“, odnosno kratkih prekida kod grijanja,  
 $f_{H, OFFd}$  koeficijent „dugih“ prekida kod grijanja.

Korigovana toplota hlađenja se određuje prema izrazu

$$Q_{C, n (Korigovano)} = (1 - f_{OFFd}) * a_{C, Red} * Q_{C, n (Cont)}, Wh.$$

gdje je

$$a_{C, Red} = 1 - 3 (\tau_0 / \tau_C) \gamma_C f_{C, OFFk}, \quad (a_{C, Red})_{Max} = 1, \quad (a_{C, Red})_{min} = f_{C, ONk}$$

$\tau_0 = 15$  referentna vremenska konstanta za energ. analize na nivou mjeseca,  $h$ ,  
 $\tau_B$  izračunata vremenska konstanta objekta,  $h$ ,  
 $\gamma_C = Q_g / Q_l$  količnik toplotnih dobitaka i toplotnih gubitaka,  
 $f_{C, ONk}, f_{C, OFFk}$  koeficijent „rada“, odnosno kratkih prekida kod hlađenja,  
 $f_{C, OFFd}$  koeficijent „dugih“ prekida kod hlađenja.

### Dugi-stacionarni periodi redukcije ili isključenja

Režimi sa dugim-stacionarnim periodima redukcije ili isključenja su režimi kod kojih je rad instalacije smanjen usled reduciranih zahtjeva zbog odsustva ljudi, ili je objekat zatvoren na duži period vremena (školski raspusti i sl.). U tim slučajevima se zanemaruju prelazni režimi i potrošnja se određuje kao zbir energija tokom normalnog rada (prisutni ljudi)  $[Q_{n, oc} * \tau_{oc} / \tau_m]$  i energije tokom perioda odsustva ljudi  $[Q_{n, nooc} * \tau_{nooc} / \tau_m]$ :

- grijanje

$$Q_{H, n} = (1 - f_{nooc}) Q_{H, n, oc} + f_{nooc} Q_{H, n, nooc}, Wh,$$

- hlađenje

$$Q_{C, n} = (1 - f_{nooc}) Q_{C, n, oc} + f_{nooc} Q_{C, n, nooc}, Wh,$$

- $Q_{H,n,oc}, Q_{C,n,oc}$  potrebne toplotne energije za grijanje i hlađenje objekta u režimu kad objekat radi,  $Wh$ ,
- $Q_{H,n,nooc}, Q_{C,n,nooc}$  potrebne toplotne energije za grijanje i hlađenje objekta u režimu kad objekat ne radi,  $Wh$ ,
- $f_{nooc} = \tau_{nooc} / \tau_m$  težinski faktor perioda kad objekat ne radi,
- $\tau_{nooc}$  vrijeme bez prisustva ljudi kad objekat ne radi,  $h$ ,
- $\tau_m = \tau_{oc} + \tau_{nooc}$  posmatrani period (mjesec),  $h$ .

### Mjerodavne unutrašnje temperature u režimu sa prekidima/redukcijama

Mjerodavne unutrašnje temperature za proračun ( $t_i$ ) se određuju zavisno od režima rada.

Režim sa redukcijom u radu: ovaj režim se tretira kao kontinualan rad instalacije, s tim što se kao mjerodavna uzima osrednjena temperatura (tokom dana termostat je podešen na jednu temperaturu,  $\theta_{i,s}$ , a tokom noći na drugu  $\theta_{i,sb}$  - „setback“ temperaturu) u objektu tokom sedmice (7\*24 h) (Tabela 12). Nakon proračuna, dobijena potrošnja se koriguje koeficijentom dugih prekida (ako ih ima).

Režimi sa kratkim prekidima u radu: kao mjerodavna se uzima temperatura koja je zadata u radnom režimu instalacije, tretirajući rad kao kontinualan režim koji se naknadno koriguje koeficijentima kratkih i dugih prekida.

- *Za grijanje* - u ovom režimu kod izračunavanja potrošnje energije rad grejne instalacije se tretira kao neprekidan, pri čemu se kao mjerodavne uzimaju unutrašnje temperature u režimu rada instalacije (Tabela 13);
- *Za hlađenje* - za razliku od grijanja, po definiciji se pri hlađenju, kao kontinualni režim smatra rad instalacije sa svakodnevnim uključivanjem i isključivanjem (po pravilu instalacija radi danju, ne noću). Unutrašnja temperatura mjerodavna za proračun je temperatura postavljena tokom radnog dijela dana ( $\theta_{i,s}$ ) (Tabela 13).

Tabela 12: Grijanje (kontinualni režim rada)

Tip zgrade	Kontinualni režim i „SetBack“ temperature				„Srednji“ režim za 24h			
	Normalan rad instalacije			Redukcija	Efektivna unut. temp.	Dnevni režim grijanja	Broj dana u sedmici (grijanja)	
	Unut. temp [°C]	Vrijeme rada [h/d]						SetBack temp. [°C]
		Radni dan	Subota	Nedelja	[°C]	[°C]	[h/d]	dana/sed
Porodične kuće	19	16	16	16	18	24	7	
Stambene zgrade	19	16	16	16	18	24	7	
Dječji vrtići	20	12	0	0	17	24	7	
Poslovne zgrade	19	12	0	0	16	24	7	
Škole	19	16	0	0	16	24	7	
Univerziteti	19	16	8	0	16	24	7	
Bolnice	21	24	24	24	21	24	7	
Hoteli	20	16	16	16	18	24	7	
Rekreativniv obj.	19	12	0	0	16	24	7	
Komercijalni obj.	20	12	12	0	16	24	7	
Objekti kulture	20	11	11	0	16	24	7	
Skladišta	15	10	6	0	12	24	7	
Laka industrija	18	9	0	0	16	24	7	

Napomena: "SetBack" temperatura se uzima samo za kontinualni režim i tada se određuje srednja (efektivna) temperatura za nedelju dana.

Tabela 13: Grijanje (sa prekidima) i hlađenje

Tip zgrade	Grijanje			Broj radnih sedmica	Hlađenje	
	Unutrašnja temperatura	Dnevni režim grijanja	Broj dana u sedmici grijanja		Unutrašnja temperatura	Broj dana u sedmici hlađenja
	[°C]	[h/d]	dana/sed		[°C]	dana/sed
Porodične kuće	19	16	7	52	26	7
Stambene zgrade	19	16	7	52	26	7
Dječji vrtići	20	12	5	52	26	5
Poslovne zgrade	19	12	5	52	26	5
Škole	19	16	5	44	26	5
Univerziteti	19	13	6	52	26	6
Bolnice	21	24	7	52	26	7
Hoteli	20	16	7	52	26	7
Rekreativni objekti	19	12	5	44	26	5
Komercijalni objekti	20	12	6	52	26	6
Objekti kulture	20	11	6	52	26	5
Skladišta	15	10	5.6	52	26	5.6
Laka industrija	18	9	5	52	26	5

Kod zgrada koje nemaju ugrađene sisteme grijanja, hlađenja, ventilacije ili zagrijavanja sanitarne vode, odnosno ako termotehnički sistem djelimično ili u potpunosti nije u ispravnom stanju, onda se kod proračuna isporučene godišnje energije uzima da se:

- grijanje obezbjeđuje lokalno električnim radiatorima/grijalicama,
- hlađenje obezbjeđuje korišćenjem klima uređaja (tzv. "split" sistemi) - vazduh-vazduh (COP=2.5),
- ventilacija obezbjeđuje prirodnom ventilacijom,
- sanitarna topla voda obezbjeđuje lokalno, direktnim korišćenjem električne energije.

### 3.4.3. Isporučena toplotna energija za ventilaciju

Ventilacija objekta se može ostvariti na dva načina:

- prirodnim putem (prirodna ventilacija sa infiltracijom) i
- vještačkim putem (mašinska, odnosno prinudna ventilacija).

Isporučena toplotna energija za mašinsku ventilaciju objekta se određuje prema izrazu

$$E_{Vm, Del} = \frac{Q_{Vm, n}}{\eta_{Vm}}, Wh$$

$Q_{Vm, n}$  potrebna toplotna energija za grijanje objekta.

Ukupni stepen efikasnosti sistema ventilacije,  $\eta_V$ , računa se prema izrazu

$$\eta_V = \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen}$$

$\eta_{dis}$  stepen efikasnosti razvodnog sistema ventilacije (Tabela 11);

$\eta_a$  stepen efikasnosti sistema regulacije sistema ventilacije (odražava sposobnost sistema kontrole za održavanjem zadatih parametara zavisno od spoljnih uticaja) (Tabela 11);

$\eta_{TBM}$  stepen efikasnosti upravljanja i održavanja ventilacionog sistema (Tabela 11);

$\eta_{Gen}$  godišnji sezonski stepen efikasnosti generatora toplote, odnosno hlađenja (kod rashladnih uređaja to je sezonski faktor hlađenja - *SEER*, a kod toplotnih pumpi sezonski faktor grijanja - *HSPF*).

Potrebna toplotna energija za prirodnu ventilaciju objekta se definiše kao toplotni gubitak objekta i izračunava se na način opisan u tački 2.1.2.

Potrebna toplotna energija za mašinsku ventilaciju objekta se izračunava prema izrazu

$$Q_{Vm,n} = H_{Vm} (\theta_{im} - \theta_{em}) (1 - \eta_R) \tau, Wh,$$

gdje  $H_{Vm}$  ( $W/K$ ) predstavlja ventilacioni koeficijent transfera toplote mašinske ventilacije, a koji se računa prema izrazu

$$H_{Vm} = q_{Vm} A_c (\rho c_p) / 3600 = n_m V / 3$$

$A_c$  površina kondicioniranog prostora,  $m^2$ ,  
 $(\rho c_p)_v$  specifični toplotni kapacitet vazduha,  $J/m^3K$ ,  
 $V$  zapremina vazduha u objektu,  $m^3$ ,  
 $n_m$  efektivni broj izmjena vazduha na čas ostvaren mašinskom ventilacijom,  $h^{-1}$ ,  
 $q_{Vm} = n_m V / A_c$  efektivna količina svježeg vazduha,  $(m^3/h)/m^2$  ostvarena mašinskom ventilacijom,  
 $\eta_R$  stepen (efikasnosti) rekuperacije,  
 $\tau$  vremenski period (mjesec ili dio mjeseca),  $h$ .

Napomena:

- Ako je broj izmjena vazduha dat kao srednji za radni period, potrebno ga je preračunati na efektivni, tj. osrednjiti ga za 24 h.
- U slučaju da je  $n_m$  manje od referentne vrijednost (Tabela 2), tada se usvaja referentna vrijednost.
- Ako instalacija ventilacije u režimu hlađenja radi kraće od 16 h dnevno, temperaturnu razliku treba korigovati za četvrtinu dnevne temperaturne amplitude, tj. razlika je tada  $(\theta_{im} - \theta_{em} - \Delta\theta_{em}/4)$ .

### 3.4.4. Isporučena toplotna energija za sanitarnu toplu vodu

Isporučena energija za zagrijavanje sanitarne vode se određuje prema izrazu

$$E_{W, Del} = \frac{Q_{W,n}}{\eta_w}, Wh$$

$Q_{W,n}$  je potrebna toplotna energija za grijanje objekta.

Ukupni stepen efikasnosti sistema zagrijavanja sanitarne vode,  $\eta_w$ , računa se prema izrazu

$$\eta_w = \eta_{dis} \eta_a \eta_{TBM} \eta_{Gen}$$

$\eta_{dis}$  stepen efikasnosti razvodnog sistema zagrijavanja sanitarne vode (Tabela 11);  
 $\eta_a$  stepen efikasnosti sistema regulacije sistema zagrijavanja sanitarne vode (odražava sposobnost sistema kontrole za održavanjem zadatih parametara zavisno od spoljnih uticaja) (Tabela 11);  
 $\eta_{TBM}$  stepen efikasnosti upravljanja i održavanja sistema zagrijavanja tople vode (Tabela 11);  
 $\eta_{Gen}$  godišnji sezonski stepen efikasnosti generatora toplote, (kod toplotnih pumpi sezonski faktor grijanja - *HSPF*).

Potrebna energija za zagrijavanje sanitarne vode se izračunava prema izrazu

$$Q_{W,n} = v_{Wa} A_C c_W \Delta\theta_W (1 - \eta_{Sol}), Wh,$$

- $A_C$  površina kondicioniranog prostora,  $m^2$ ,  
 $c_W=4186$  specifična toplotna kapacitet vode,  $J/kgK$ ,  
 $v_{Wa}=V_{Wa}/A_C$  godišnja efektivna specifična utrošena količina tople vode,  $(l/g)/m^2$  (Tabela 14),  
 $V_{Wa}$  utrošena topla voda tokom godinu dana u objektu,  $l/g$ ,  
 $\Delta\theta_W$  promjena temperature vode usled zagrijavanja ( $50 K$ ),  $K$ ,  
 $\eta_{Sol}$  dio utrošene tople vode koji se zagrijava solarnim kolektorima.

Tabela 14: Specifična potrošnja sanitarne tople vode (STV),  $\Delta T_W=50 K$

Tip zgrade	Površina/Osoba	Broj sedmica	Specifična potrošnja STV	
	$m^2/os$	$sed/g$	$l/os/d$	$l/m^2/g$
Porodične kuće	30	52	35	421
Stambene zgrade	20	52	30	552
Dječji vrtići	10	52	6	224
Poslovne zgrade	15	52	4	86
Škole	10	44	6	171
Univerziteti	10	52	2	86
Bolnice	20	52	39	702
Hoteli	30	52	42	512
Rekreativni objekti	20	44	50	773
Komercijalni objekti	20	52	10	174
Objekti kulture	20	52	11	207
Skladišta	100	52	14	50
Laka industrija	20	52	10	173

### 3.4.5. Isporučena energija za rasvjetu

Potrebna (električna) energija za rasvjetu objekta određuju se prema izrazu

$$E_{it,n} = A_C q_{it} \tau, Wh$$

$q_{it} = (\Phi_{it} / A_C) (\tau_{it} / \tau_m)$  predstavlja efektivnu snagu rasvjete, svedenu na jedinicu kondicionirane površine,  $W/m^2$  (pogledati tačku 2.2.2).

Isporučena (električna) energija za rasvjetu objekta je približno jednaka potrebnoj, tj.

$$E_{it,Del} = E_{it,n}, Wh$$

Napomena:

- Referentni podaci o  $(\Phi_{it} / A_C)$  i broju časova rada ( $\tau_{it}$ ) dati u Tabeli 7 koriste se samo za određivanje unutrašnjih toplotnih dobitaka kod grijanja i hlađenja;
- Za određivanje potrošnje električne energije za rasvjetu koriste se stvarni podaci o  $(\Phi_{it} / A_C)$  dok se broj časova rada ( $\tau_{it}$ ) uzima iz Tabele 7;
- U slučaju da je primijenjena senzorska kontrola rasvjete, dobijenu količinu potrebne energije treba umanjiti za 20%.

### 3.4.6. Isporučena energija za rad aparata i uređaja

Potrebna (električna) energija za rad aparata i uređaja određuje se prema izrazu

$$E_{eq,n} = A_C q_{eq} \tau, Wh,$$

$q_{eq} = (\Phi_{eq} / A_C) (\tau_{eq} / \tau_m)$  predstavlja efektivnu snagu aparata i uređaja, svedenu na jedinicu kondicionirane površine,  $W/m^2$ , (pogledati tačku 2.2.2).

Isporučena (el. energija) za rad aparata i uređaja je približno jednaka potrebnoj, tj.

$$E_{eq,Del} = E_{eq,n}, Wh$$

Napomena: Referentni podaci o  $(\Phi_{eq} / A_C)$  i broju časova rada  $(\tau_{eq})$ , (Tabela 7) koriste se samo za određivanje unutrašnjih toplotnih dobitaka kod grijanja i hlađenja, dok za određivanje potrošnje električne energije za aparate i uređaje treba koristiti stvarne podatke o  $(\Phi_{eq} / A_C)$ , a broj časova rada  $(\tau_{eq})$  se uzima iz Tabele 7.

### 3.4.7. Isporučena energija za rad pumpi i ventilatora

Potrebna električna energija za rad pumpi i ventilatora se izračunava prema izrazu

- za pumpe  $E_{p,n} = p_p A_C \tau, Wh,$

- za ventilatore  $E_{F,n} = p_F A_C \tau, Wh.$

gdje  $p_p, p_F$  predstavljaju efektivna specifične snage pumpi, odnosno ventilatora,  $W/m^2$ , a računaju se prema izrazu

$$p_p, p_F = (P_{p(F)} / A_C) * (\tau_{p(F)} / \tau_m)$$

$(P_{p(F)} / A_C)$  srednja simultana snaga pumpi (ventilatora) u radnom režimu tokom sedmice,  $W / m^2$ , (Tabela 15),

$(\tau_{p(F)} / \tau_m)$  količnik broja časova rada pumpi (ventilatora) tokom sedmice i ukupnog broj časova u sedmici,

$A_C$  kondicionirana površina objekta,  $m^2$ .

Napomena: U slučaju nedostatka podataka o pumpama i ventilatorima, mogu se kao orijentacija uzeti podaci iz Tabele 15.

Isporučena el. energija za rad pumpi i ventilatora je približno jednaka potrebnoj, tj.

- za pumpe  $E_{p,Del} = E_{p,n}, Wh,$

- za ventilatore  $E_{F,Del} = E_{F,n}, Wh.$

Tabela 15. Ostalo - potrošači električne energije

Tip zgrade	Ventilatori			Pumpe		Ostalo (van grijanja i hlađenja)	
	Specifična snaga	Simultana snaga (radni režim)	Dužina rada	Simultana snaga (radni režim)	Dužina rada	Simultana snaga (radni režim)	Dužina rada
	$kW/m^3/s$	$W/m^2$	$h/sed$	$W/m^2$	$h/sed$	$W/m^2$	$h/sed$
Porodične kuće	2.5	0.8	112	0.5	112	0.1	90
Stambene zgrade	2.5	1.0	112	0.5	112	0.1	90
Dječji vrtići	1.3	1.9	60	0.3	60	0.6	30
Poslovne zgrade	1.4	1.9	60	0.3	60	1.0	35
Škole	1.3	2.4	80	0.5	80	1.1	40
Univerziteti	1.4	2.1	80	0.3	80	0.5	45
Bolnice	1.7	2.6	168	0.3	168	1.2	168
Hoteli	1.7	2.5	112	0.3	112	0.1	90
Rekreativni objekti	1.4	1.8	60	0.3	60	0.1	60
Komercijalni objekti	1.7	2.8	72	0.3	72	0.5	80
Objekti kulture	1.4	2.1	66	0.3	66	0.1	60
Skladišta	1.3	1.5	60	0.2	60	2.0	35
Laka industrija	1.3	1.8	45	0.3	45	0.1	35

### 3.5. Proračun godišnje primarne energije isporučene zgradi u cilju zadovoljenja potreba

Godišnja primarna energija,  $E_P$  (Wh), se izračunava tako što se godišnja isporučena (utrošena) energija pomnoži odgovarajućim faktorom konverzije za primarnu energiju ( $f_p$ ) (Tabela 16):

$$E_P = E_{Del} f_p, Wh/g.$$

Energetski rejting objekta,  $E_R$  (Wh/g), je jednak sumi primarnih energija svih potrošača u objektu (sistemi grijanja, hlađenja, ventilacije, sanitarne vode, rasvjete, uređaja i opreme)

$$E_R = \sum E_P Wh/g.$$

Indikator energetske efikasnosti zgrade,  $IP$  (Wh/m<sup>2</sup>g) predstavlja energetski rejting objekta sveden na jedinicu kondicionirane površine  $A_C$

$$IP = E_R / A_C, Wh/m^2 g.$$

Godišnja emisija CO<sub>2</sub>,  $E_{CO_2}$  (kgCO<sub>2</sub>/g), se dobija iz primarne energije,  $E_P$ , pomnožene odgovarajućim koeficijentom emisije CO<sub>2</sub>,  $K_{CO_2}$ , [kgCO<sub>2</sub>/kg(m<sup>3</sup>)], (Tabela 16)

$$E_{CO_2} = E_P * K_{CO_2}, kg_{CO_2} /g.$$



Tabela 16: Faktori konverzije u primarnu energiju ( $f_p$ ) i  $CO_2$  ( $K_{CO_2}$ )

Gorivo	$f_{Pob}$	$f_p$	$K_{CO_2}$
	Obnovljivo	Ukupno	kg / MWh
Lož ulje	0	1.15	270
Gas	0	1.15	200
Lignit	0	1.2	350
Drvo-cjepanice	1	1.15	25
Biomasa*	1	1.1	5
Hidro-elektreane	1	1.5	10
Termo-elektreane	0	4.0	1400
Električna energija [Termo (35% i Hidro(65%)]	0.65	2.4	490
Daljinsko grijanje - kogeneracija	0	0.7	245
Daljinsko grijanje - toplana	0	1.3	455

\*U slučaju lokalnog korišćenja biomase za primarnu energiju uzeti  $f_p=0.2$  i  $K_{CO_2}=28$

#### 4. Klimatske zone

Proračun ukupne godišnje primarne energije koju treba dovesti zgradi u cilju zadovoljenja njenih potreba za energijom vrši se korišćenjem stvarnih klimatskih podataka, a zavisno od lokacije na kojoj se zgrada nalazi.

Klimatski podaci su dati prema klimatskim zonama utvrđenim u Tabelama 17 i 18.

Tabela 17. Spisak opština po klimatskim zonama (Prema karti br. 1, JUS U.J5.600:1998)

I ZONA		II ZONA		III ZONA	
1	Bar	9	Nikšić	11	Andrijevića
2	Budva	10	Cetinje	12	Berane
3	Danilovgrad			13	Bijelo Polje
4	Herceg Novi			14	Žabljak
5	Kotor			15	Kolašin
6	Podgorica			16	Mojkovac
7	Tivat			17	Plav
8	Ulcinj			18	Plužine
				19	Pljevlja
				20	Rožaje
				21	Šavnik

Tabela 18. Klimatske zone

Mjesto	Zona I - Podgorica											
Grejna sezona	Start: 15 Oct						Stop: 15 Apr			Projektna spoljna temperatura		-6 °C
Mjesec	Jan	Feb	Mart	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Srednja temperatura u C												
	5.5	6.5	10	13.8	19.8	24.5	26.7	26.5	20.7	16	10.8	6.5
Orijentacija Solarno zračenje na površine u W/m2												
N	24	32	44	58	75	86	84	64	51	37	26	21
E	52	70	98	123	156	169	178	165	127	92	67	40
S	137	133	152	143	130	120	132	157	179	169	171	126
W	56	66	96	133	150	165	179	158	132	92	71	55
Horizont	76	102	156	210	267	293	305	272	206	139	95	65
Rel.Vlaž. %	72	68	65	66	63	60	52	52	62	68	75	74
Dn.Amplit. [°C]	5.8	7.6	7.5	5.6	6.8	4.4	4.8	7.9	7.2	6	6.4	4.3
ApsVlaž [gr/kg]	4	4.1	5.3	6.5	9.5	12	11.5	11.5	9.75	7.75	6.5	4.5

Mjesto	Zona II - Niksic											
Grejna sezona	Start: 29 Sep						Stop: 2 Maj			Projektna spoljna temperatura		-12 °C
Mjesec	Jan	Feb	Mart	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Srednja temperatura u C												
	1.8	2.2	6.1	10.3	15.8	19.5	21.1	20.9	15.9	12.1	7.4	2.7
Orijentacija Solarno zračenje na površine u W/m2												
N	28	37	44	59	74	82	81	68	48	36	23	23
E	56	81	92	127	137	148	162	148	108	77	54	43
S	143	159	148	129	113	103	115	139	142	144	128	121
W	60	81	95	107	132	142	148	144	106	82	57	52
Horizont	74	106	148	194	228	246	259	241	172	122	76	62
Rel.Vlažn %	72	70	67	67	67	67	57	59	66	71	75	73
Dn. Amplit [°C]	6.4	8.9	8.6	5.4	6.4	3.8	5	7.7	7	5.8	6.8	4.4
ApsVlaž [gr/kg]	3	3.1	4.1	5.5	7.6	9.6	9.2	9.1	7.3	6.7	4.8	3.5

Mjesto	Zona III - Pljevlja											
Grejna sezona	Start: 10 Sep						Stop: 2 Maj			Projektna spoljna temperatura		-15 °C
Mjesec	Jan	Feb	Mart	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Srednja temperatura u C												
	-2.1	-1.6	2.5	7.4	13	16.4	17.9	17.7	12.6	8.8	4	-1.5
Orijentacija Solarno zračenje na površine u W/m2												
N	31	44	55	57	68	78	78	60	47	34	24	25
E	57	83	98	109	127	138	148	137	101	69	53	44
S	131	160	141	117	105	99	111	129	132	128	116	126
W	58	90	100	114	128	130	137	129	99	77	53	55
Horizont	68	104	141	182	215	228	240	222	161	112	70	59
Rel.Vlaž %	83	78	73	70	71	74	72	72	76	78	81	85
Dn Amplit [°C]	12.6	12.4	7.9	5.4	6	3.3	5	6.3	6.4	6.9	9.7	7.8
ApsVlaž [gr/kg]	3.5	2.5	3.3	4.4	5.7	8.8	9.5	9.4	7.1	6	4	2.8

Tabela 19. Praznici i radne sedmice

Praznici/broj neradnih dana (bez vikenda)													Broj radnih semica
Tip Objekta	Jan	Feb	Mart	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	sed/g
Porodične kuće	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	52
Stambene zgrade	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	52
Dječji vrtići	5	0	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Poslovne zgrade	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Škole	15	0	0	3	4	0	21	17	0	0	0	0	44
Univerziteti	5	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Bolnice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
Hoteli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
Rekreativni objekti	15	0	0	2	3	0	21	17	0	0	1	0	44
Komercijal. objekti	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Objekti kulture	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Skladišta	2	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52
Laka industrija	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	52

**MINIMALNI TEHNIČKI ZAHTJEVI**

Tabela 1: Najveće dozvoljene vrijednosti koeficijenta prolaza toplote,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], građevinskih konstrukcija novih zgrada i postojećih zgrada nakon rekonstrukcije

	Građevinska konstrukcija	$U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]			
		$\Theta_i \geq 18^\circ C$		$12^\circ C < \Theta_i < 18^\circ C$	
		I i II klimatska zona <sup>1)</sup>	III klimatska zona <sup>1)</sup>	I i II klimatska zona <sup>1)</sup>	III klimatska zona <sup>1)</sup>
1.	Spoljni zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0.60	0.45	0.75	0.75
2.	Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, providni elementi fasade	2.0	2.0	3.00	3.00
3.	Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, tavanice prema tavanu	0.40	0.30	0.50	0.40
4.	Tavanice iznad spoljnog vazduha, tavanice iznad garaže	0.40	0.30	0.50	0.40
5.	Zidovi i tavanice prema negrijanim prostorijama, negrijanom stepeništu temperature više od $0^\circ C$ , prostorijama koje se povremeno koriste i prostoru druge namjene (stambeni-nestambeni)	0.65	0.50	2.00	2.00
6.	Zidovi prema tlu, podovi na tlu	$0.50^{2)}$	$0.50^{2)}$	$0.80^{2)}$	$0.65^{2)}$
7.	Spoljna vrata, vrata prema negrijanom stepeništu, vrata sa neprozirnim krilom	2.90	2.90	2.90	2.90
8.	Zidovi kutije za roletne	0.80	0.80	0.80	0.80
9.	Tavanice i zidovi - između stanova, - između grijanih radnih prostorija različitih korisnika	1.40	1.40	1.40	1.40

1) Klimatske zone su utvrđene u Prilogu 1 (Tabele 17 i 18),

2) Kod podova na tlu zahtjev važi do dubine poda prostorije 5 m od spoljašnjeg zida, zida prema tlu ili negrijanog prostora.

Tabela 2 : Zahtjevi za zaštitu od Sunca

Uslov	Zahtjev	
	Zona I <sup>1)</sup>	Zona II i III
$f_w < 0.4$	$g_{tot} \cdot f_w < 0.20$	$g_{tot} \cdot f_w < 0.25$
$f_w > 0.4$	$g_{tot} \leq 0.5$	$g_{tot} \leq 0.6$

$g_{tot} = F_w F_c g_L$  rezultujući stepen propustljivosti zastakljenja u odnosu na dozračenu solarnu/toplotnu energiju (kroz zastakljenje), uključujući predviđena sredstva za zaštitu od solarnog zračenja u zatvorenom položaju;  
 $F_w = 0.9$  - odnos srednje propustljivosti zastakljenja prema propustljivosti pri upadu zračenja pod uglom od  $90^\circ$ ,

$g_L$  – stepen propustljivosti solarnog zračenja zastakljenja pri normalnom upadu zračenja i određuje se prema MEST EN 410,

$F_c$  – faktor umanjavanja propustljivosti zastakljenja, zbog primjene sredstava za zaštitu od sunčevog zračenja (Tabela 5, Prilog 1), s tim što se načelno pokretna zaštita ne koristi u grejnom periodu;

$f_w$  faktor zastakljenja.

<sup>1)</sup> Klimatske zone su utvrđene u Prilogu 1 (Tabele 17 i 18)

Tabela 3.1: Najniži dozvoljeni koeficijent efikasnosti generatora toplote za grijanje,  $\eta_{GenH}$ , (GH)

Gorivo	Snaga kotla (kW)			
	< 50	od 50 do 120	od 120 do 350	> 350
<b>1. Lož ulje</b>				
1a. Automatski, sa ventilatorom	0.85	0.87	0.88	0.88
1b. Bez ventilatora	0.82	0.84	-	-
<b>2. Biomasa, automatski</b>				
2a. Sa ventilatorom	0.79	0.83	0.83	0.83
2b. Bez ventilatora	0.76	0.79	-	-
<b>3. Prirodni gas/TNG</b>				
3a. Niskotemperaturni, sa gorionikom, bez ventilatora	0.91	0.91	0.92	0.92
3b. Niskotemperaturni, sa ventilatorom	0.92	0.92	0.92	0.92
3c. Kondenzacioni	0.97	0.98	0.99	0.99
<b>4. Čvrsto gorivo</b>				
4a. Bez regulacije	0.65	-	-	-
4b. Ručna regulacija	0.68	0.72	-	-
4c. Mehanička regulacija	-	-	0.8	-
<b>5. Toplotne podstanice</b>	0.98	0.98	0.98	0.98

## Toplotna pumpa – Rashladni uređaj

Tabela 3.2: Efikasnost COP/EER za jedinice snage do 12 kW

(Prema EUROVENT-u - <http://www.eurovent-certification.com>)

### Toplotna pumpa – Vazduhom hlađena: COP

Klasa	Split i multi-split sistemi	Kompaktna jedinica
A	3.60 < COP	3.40 < COP
B	3.60 > COP > 3.40	3.40 > COP > 3.20
C	3.40 > COP > 3.20	3.20 > COP > 3.00
D	3.20 > COP > 2.80	3.00 > COP > 2.60
E	2.80 > COP > 2.60	2.60 > COP > 2.40
F	2.60 > COP > 2.40	2.40 > COP > 2.20
G	2.40 > COP	2.20 > COP

### Toplotna pumpa – Vodom hlađena: COP

Klasa	Split i multi-split sistemi	Kompaktna jedinica
A	4.00 < COP	4.70 < COP
B	4.00 > COP > 3.70	4.70 > COP > 4.40
C	3.70 > COP > 3.40	4.40 > COP > 4.10
D	3.40 > COP > 3.10	4.10 > COP > 3.80
E	3.10 > COP > 2.80	3.80 > COP > 3.50
F	2.80 > COP > 2.50	3.50 > COP > 3.20
G	2.50 > COP	3.20 > COP

#### Napomena:

U slučaju nedostatka podataka uzeti da je

$$HSPF \approx 0.22 \text{ COP}(t_{eMax}) + 0.78 \text{ COP}(t_{eMin}),$$

gdje je:

$t_{eMax}$  maksimalna temperatura u sezoni grijanja (14 °C),

$t_{eMin}$  minimalna temperatura u sezoni grijanja (5.5 °C za Zonu I; 2.0 °C za Zonu II; -2.0 °C za Zonu III)

Ako je toplotna pumpa spregnuta sa drugim izvorom grijanja, koristi se rezultujući COP:

$$COP = [COP_{TP} * TP\% + COP_{Drugo} * (100 - TP\%)] / 100,$$

gdje je TP% procentualni udio toplotne pumpe u grijanju.

### Vazduhom hlađeni rashladni uređaj: EER

Klasa	Split i multi-split sistemi	Kompaktna jedinica
A	3.20 < EER	3.00 < EER
B	3.20 > EER > 3.00	3.00 > EER > 2.80
C	3.00 > EER > 2.80	2.80 > EER > 2.60
D	2.80 > EER > 2.60	2.60 > EER > 2.40
E	2.60 > EER > 2.40	2.40 > EER > 2.20
F	2.40 > EER > 2.20	2.20 > EER > 2.00
G	2.20 > EER	2.00 > EER

### Vodom hlađeni rashladni uređaj: EER

Klasa	Split i multi-split sistemi	Kompaktna jedinica
A	3.60 < EER	4.40 < EER
B	3.60 > EER > 3.30	4.40 > EER > 4.10
C	3.30 > EER > 3.10	4.10 > EER > 3.80
D	3.10 > EER > 2.80	3.80 > EER > 3.50
E	2.80 > EER > 2.50	3.50 > EER > 3.20
F	2.50 > EER > 2.20	3.20 > EER > 2.90
G	2.20 > EER	2.90 > EER

#### Napomena:

- Neosjenčene klase uređaja su dozvoljene za ugradnju
- U nedostatku podataka uzeti SEER ≈ 1.15 \* EER.

Tabela 3.3: Efikasnost većih generatora hlađenja - EER  
(prema EUROVENT-u - <http://www.eurovent-certification.com>)

Klasa	Vazduhom hlađeni	Vazd. hlađeni sa razvod. kanalima	Vazd. hlađeni za panelno hlađenje	Vodom hlađeni
<b>A</b>	>=3.1	>=2.7	>=3.8	>=5.05
<b>B</b>	2.9 - <3.1	2.5 - <2.7	3.65 - <3.8	4.65 - <5.05
<b>C</b>	2.7 - <2.9	2.3 - <2.5	3.5 - <3.65	4.25 - <4.65
<b>D</b>	2.5 - <2.7	2.1 - <2.3	3.35 - <3.5	3.85 - <4.25
<b>E</b>	2.3 - <2.5	1.9 - <2.1	3.2 - <3.35	3.45 - <3.85
<b>F</b>	2.1 - <2.3	1.7 - <1.9	3.05 - <3.2	3.05 - <3.45
<b>G</b>	<2.1	<1.7	<3.05	<3.05

Efikasnost većih generatora grijanja (toplotnih pumpi) - COP  
(prema EUROVENT-u - <http://www.eurovent-certification.com>)

Klasa	Vazduhom hlađeni	Vazduhom hlađeni sa razvod. kanalima	Vazduhom hlađeni za panelno hlađenje	Vodom hlađeni
<b>A</b>	>=3.2	>=3.0	>=4.05	>=4.45
<b>B</b>	3.0 - <3.2	2.8 - <3.0	3.9 - <4.05	4.15 - <4.45
<b>C</b>	2.8 - <3.0	2.6 - <2.8	3.75 - <3.9	3.85 - <4.15
<b>D</b>	2.6 - <2.8	2.4 - <2.6	3.6 - <3.75	3.55 - <3.85
<b>E</b>	2.4 - <2.6	2.2 - <2.4	3.45 - <3.6	3.25 - <3.55
<b>F</b>	2.2 - <2.4	2.0 - <2.2	3.3 - <3.45	2.95 - <3.25
<b>G</b>	<2.2	<2.0	<3.3	<2.95

**Napomena:**

U slučaju nedostatka podataka uzeti da je:

- a)  $HSPF \approx COP$  (vodom hlađeni)
- b)  $HSPF \approx 0.22 COP(t_{eMax}) + 0.78 COP(t_{eMin})$  (vazduhom hlađeni)

gdje je:

$t_{eMax}$  maksimalna temperatura u sezoni grijanja (14 °C),

$t_{eMin}$  minimalna temperatura u sezoni grijanja (5.5 °C za Zonu I; 2.0 °C za Zonu II; -2.0 °C za Zonu III).

Ako je toplotna pumpa spregnuta sa drugim izvorom grijanja, koristi se rezultujući **COP**:

$$COP = [COP_{TP} * TP\% + COP_{Drugo} * (100 - TP\%)] / 100,$$

gdje je **TP%** procentualni udio toplotne pumpe u grijanju.