MINISTARSTVO GOSPODARSTVA

MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I PROSTORNOG UREĐENJA

FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ENERGETSKU UČINKOVITOST

gef

UNDP Empowered lives. Resilient nations.

PRIRUČNIK ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA DIO 2

PRIRUČNIK ZA ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA
Dio 2

Poticanje energetske
efikasnosti u Hrvatskoj

IMPRESSUM

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP), je svjetska mreža UN-a za razvoj, koja zagovara promjene i povezivanje država sa znanjem, iskustvom te potencijalima kako bi se stanovnicima omogućilo da izgrade bolji život. Djelujemo u 177 država, pomažući im kako bi našli vlastita rješenja za izazove globalnog i nacionalnog razvoja. Razvojem lokalnih kapaciteta, te se države oslanjaju na ljude iz UNDP-a i široki raspon naših partnera. Kratki dijelovi ove publikacije mogu se reproducirati nepromijenjeni, bez odobrenja autora i pod uvjetom da se navede izvor. U ovoj publikaciji iznesena su mišljenja autora i nužno ne predstavljaju službeno stajalište UNDP-a.

Nakladnik: Program Ujedinjenih naroda za razvoj – UNDP

Urednici:
Prof.dr.sc. Branimir Pavković, dipl. ing. stroj.
Dr.sc. Vlasta Zanki, dipl. ing. stroj.

Tehnički urednik:
Mislav Kirac, dipl. ing. stroj.

Autori:
Prof. dr. sc. Branimir Pavković, dipl. ing. stroj.
Dr. sc. Vlasta Zanki, dipl. ing. stroj.
Željka Hrs Borković , dipl. ing. arh.
Prof.dr.sc. Kristian Lenić, dipl. ing. stroj.
Doc. dr. sc. Dubravko Franković, dipl. ing. el.
Doc. dr. sc. Marino Grozdek, dipl. ing. stroj.
Mr. sc. Vesna Bukarica, dipl. ing. el.

Recenzent:
Prof.dr.sc. Tonko Ćurko, dipl. ing. stroj.

Grafičko oblikovanje i naslovnica: Predrag Rapaić Rappa

Lektura: Vicko Krampus , prof.

Tisak: Tiskara Zelina

Tiskano u Zagrebu, Hrvatska
Prvo izdanje 2012
Naklada 300 komada

ISBN: 978-953-7429-40-9
CIP zapis dostupan u računalnom
katalogu Nacionalne sveučilišne
knjižnice u Zagrebu pod brojem 822598

UVODNA RIJEČ UREDNIKA

Već kod izrade prvoga dijela Priručnika za energetsko certificiranje zgrada predvidjeli smo da će u dogledno vrijeme biti izrađen i drugi dio Priručnika, za koji smo smatrali da bi trebao sadržavati primjere dobre prakse kod provedbe energetskih pregleda i izrade certifikata, te opis metodologije izračuna učinka najčešće predlaganih mjera za poboljšanje svojstava zgrada i njihovih sustava. Iako do izdavanja ovoga drugog dijela nisu još uvijek izrađene finalne verzije algoritama za provedbu svih potrebnih proračuna, niti je još uvijek izrađen računalni program za proračune potrošnje energije, a s obzirom na sve veću potražnju za energetskim pregledima i certifikatima zgrada sukladno odredbama Pravilnika, smatrali smo da je vrijeme za objavu ovoga drugog dijela sazrelo.

U prvom poglavlju dan je osvrt na nove europske direktive nastale tijekom ili nakon izrade prvog dijela Priručnika. Prvo poglavlje također sadrži i novi hrvatski zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti, koji je od objavljivanja prvog dijela priručnika doživio velike izmjene.

Drugo poglavlje sadrži smjernice za provedbu energetskog pregleda, pri čemu su praktični primjeri za tipične građevine sa složenim tehničkim sustavima obrađeni u šestom poglavlju.

U trećem poglavlju dane su smjernice za prikupljanje podataka, osvrt na probleme i primjer zoniranja građevine.

Četvrto poglavlje sadrži osvrt na potrošnju toplinske i električne energije za potrebe zgrada, pri čemu dijelom sadrži praktična iskustva, a dijelom nadopunjava podatke iznesene u prvom dijelu priručnika.

U petom poglavlju dan je prikaz praktičnih proračuna za izračun učinaka različitih mjera energetske učinkovitosti, izrađenih u okviru energetskih studija koje su vodili autori. Takvi proračuni trebali bi biti sastavni do izvješća o energetskom pregledu koje čini prateći dokument certifikata građevine, što za velik broj do sada izdanih certifikata nije slučaj. Prikazani primjeri proračuna mogu doprinijeti razvoju usklađene metodologije proračuna učinaka mjera, kao dopuna pripremljenim algoritmima za proračune potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade, za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama (grijanje prostora i pripreme potrošne vode), algoritmima za proračune potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora, kao i algoritmima za sustave kogeneracije i daljinskog grijanja.

Šesto poglavlje sadrži smjernice o načinu provedbe energetskog pregleda koje slijede iz iskustva autora na provedbi energetskih pregleda, te primjere konkretnih energetskih pregleda i mjera energetske učinkovitosti prikazanih u preliminarnim i detaljnim energetskim studijama različitih vrsta objekata. Studije prikazane u primjerima su većim dijelom financirane i izrađene u okviru projekta Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj koji provodi UNDP. Prikazana iskustva mogu biti od značajne pomoći certifikatorima kod pripreme i obavljanja energetskih pregleda, bilo za potrebe izrade studija čiji je cilj ostvarenje smanjenja potrošnje energije i ekonomska ušteda za korisnika, bilo za potrebe certificiranja zgrada.

Sedmo poglavlje trebalo je prema prvotnoj namjeni sadržavati usvojene faktore emisije CO_2 na nacionalnoj razini s komentarima, ali kako ti faktori još uvijek nisu doneseni, dane su do sada poznate vrijednosti tih faktora koje se trenutno koriste.

U osmom se poglavlju predstavljaju osnovne metode za ocjenu investicijskih projekata i prikaz osnova ekonomskih ocjena investicijskih projekata, uvažavajući zahtjeve troškovne učinkovitosti iz direktive 2010/31/EU.

Na kraju je, u devetom poglavlju, dan pregled mogućih mehanizama poticanja projekata koji za cilj imaju povećanje energetske učinkovitosti na nacionalnoj i međunarodnoj razini.

Dobre reakcije čitalaca na prvi dio Priručnika za energetsko certificiranje zgrada dale su nam poticaj za izradu ovoga drugog dijela, prvenstveno usmjerenog na praktična iskustva i promjene regulative, s ciljem da doprinesemo procesu ostvarenja kvalitetnog sustava provedbe energetskih pregleda i izrade energetskih studija i certifikata u području zgrada i njihovih sustava te poticanja provedbe mjera energetske učinkovitosti. Ovaj Priručnik se prvenstveno treba smatrati praktičnim vodičem, za razliku od prvog dijela Priručnika koji je sadržavao dio osnova tehničke struke, potreban osobama koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje i educirane su u različitim strukama, kako bi međusobno stekli zajedničku bazu znanja iz različitih područja potrebnu za energetsko certificiranje.

I kod izrade ovoga Priručnika sudjelovalo je više autora, što je kao i kod prvoga dijela rezultiralo donekle neujednačenim načinom prikazivanja, označavanja i tumačenja pojmova. Urednici nisu značajnije intervenirali u sadržaj pojedinih poglavlja, a nakon diskusije s autorima, recenzentima i lektorima odlučili su da se dio pojmova koje su autori pisali na različite načine ujednači i uskladi s važećim pravilnicima iz područja energetske učinkovitosti u graditeljstvu.

U Zagrebu listopada 2012.

Prof. dr. sc. Branimir Pavković
Dr. sc. Vlasta Zanki

SADRŽAJ

POPIS TABLICA

POPIS SLIKA

UVOD

Poticanje energetske
efikasnosti u Hrvatskoj

1.UVOD

Energetska certifikacija zgrada, odnosno klasifikacija i ocjenjivanje zgrada prema potrošnji energije, odnedavno je postala zakonska obveza za zgrade na tržištu nekretnina u Republici Hrvatskoj. Energetski certifikat je dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade, ali i jaki marketinški instrument s ciljem promocije energetske učinkovitosti i nisko energetske gradnje i postizanja višeg komfora života i boravka u zgradama. Energetskim certificiranjem zgrada dobivaju se transparentni podaci o potrošnji energije u zgradama na tržištu, energetska učinkovitost prepoznaje se kao znak kvalitete, potiču se ulaganja u nove inovativne koncepte i tehnologije, potiče se korištenje alternativnih sustava za opskrbu energijom u zgradama, razvija se tržište novih nisko energetskih zgrada i modernizira sektor postojećih zgrada, te se doprinosi ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša.

Energetska certifikacija zgrada, kvalitetno provedena i implementirana, može odigrati ključnu ulogu u povećanju standarda gradnje i kvalitetnom osmišljavanju energetskog koncepta novih zgrada te pokretanju sustavne energetske obnove i moderniziranja postojećih zgrada. Time se značajno doprinosi integralnom projektiranju, uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade, kao i ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša. Integralni pristup razmatranju energetskog koncepta zgrada za struku je danas najveći izazov, koji treba znanje i multidisciplinarnu suradnju svih sudionika u projektiranju i gradnji.

Novi integralni pristup projektiranju i gradnji te obnovi naših zgrada zahtijeva jako inženjersko multidisciplinarno znanje i razmatranje zgrade kao složenog sustava, te usku suradnju svih struka koje sudjeluju u procesu od projektiranja i gradnje. Održive metode projektiranja i gradnje imaju mogućnost odgovoriti na nove ekonomske, energetske i ekološke izazove s kojima se susrećemo. To je jedini mogući način smanjenja potrošnje energije i smanjenja ovisnosti o uvozu sve skupljih i sve manje dostupnih energenata. Takav pristup otvara nova radna mjesta i doprinosi gospodarskom razvoju i napretku, te nam pomaže ostvariti zacrtane ciljeve energetske učinkovitosti i zaštite okoliša.

1.1. EU DIREKTIVE U PODRUČJU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI I OIE

1.1.1. EU direktive o energetskim svojstvima zgrada 2002/91/EC (EPBD) i 2010/31/EU (EPBD II)

1.1.1.1. EU direktiva o energetskim svojstvima zgrada 2002/91/EC (EPBD) [1]

Implementacija EU Direktive 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada (EPBD) [1] u hrvatsko zakonodavstvo i ciljevi zaštite okoliša stvorili su važan okvir za početak energetske certifikacije zgrada u Hrvatskoj, te novi integralni pristup energetskoj obnovi zgrada i gradnji novih niskoenergetskih zgrada.

Ova Direktiva jest temeljni zakonodavni instrument koji se odražava na sektor zgradarstva, uvodeći okvir za integralnu metodologiju za mjerenje energetske učinkovitosti, primjenu minimalnih standarda u novim zgradama i određenim rekonstrukcijama zgrada, energetsku certifikaciju zgrada i savjete za nove i postojeće zgrade, nadzor i ocjenu kotlova i sustava za grijanje te sustava za hlađenje i klimatizaciju.

U uvodu Direktive navode se osnovni razlozi donošenja ove važne Direktive, te se ističe potreba za racionalnim korištenjem prirodnih resursa, tj. fosilnih goriva, koji su ključni izvori energije, ali i glavni izvori emisija ugljičnog dioksida. Povećanje energetske učinkovitosti važan je dio svih političkih strategija i mjera za ispunjenje obveza preuzetih u okviru Kyoto protokola, te se treba uključiti u svaki politički koncept pojedine države. S obzirom da se u zgradama troši više od 40 posto ukupne energetske potrošnje, te da ta potrošnja konstantno raste, mjere energetske učinkovitosti treba usmjeriti primarno na sektor zgradarstva. Ističe se da nove zgrade moraju ispunjavati minimalne zahtjeve u pogledu energetskih svojstava, te razmatrati alternativne energetske sustave. Obnovu postojećih zgrada treba smatrati prilikom za poduzimanjem mjera za povećanje energetske učinkovitosti, s obzirom da se u postojećem sektoru zgrada krije najveći potencijal energetskih ušteda.

Direktiva 2002/91/EC uvodi pet bitnih elemenata:
- uspostavu općeg okvira za metodologiju proračuna energetskih svojstava zgrada;
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade;
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za postojeće zgrade, prilikom većih rekonstrukcija (korisne površine iznad 1000 m^2);
- energetsku certifikaciju zgrada;
- redovitu inspekciju kotlova i sustava za kondicioniranje zraka u zgradama.

Metodologija proračuna energetskih svojstava zgrada u skladu s Direktivom obuhvaća:
- toplinske karakteristike ovojnice i unutarnjih konstrukcijskih dijelova zgrade;
- sustave za grijanje i pripremu tople vode;
- sustave za kondicioniranje zraka;
- sustave ventilacije;
- instalirane sustave rasvjete;
- poziciju i orijentaciju zgrade uključujući vanjske klimatske uvjete;
- pasivne sunčane sustave i naprave za zaštitu od Sunca;
- prirodnu ventilaciju;
- klimatske uvjete unutar zgrade.

Pri projektiranju novih kao i rekonstrukciji postojećih zgrada površine veće od 1000 m^2 potrebno je razmotriti mogućnosti primjene sljedećih sustava:
- aktivni sunčani sustavi i drugi sustavi za proizvodnju toplinske i električne energije na temelju obnovljivih energenata;
- proizvodnja toplinske i električne energije kogeneracijom;
- sustavi daljinskog ili blokovskog grijanja i hlađenja;
- dizalice topline;
- prirodno osvjetljenje.

Za potrebe izračuna zgrade treba klasificirati u kategorije prema namjeni, kao npr.:
- obiteljske kuće različitih načina gradnje
- višestambene zgrade;
- poslovne zgrade;
- obrazovne zgrade;
- bolnice;
- hoteli i restorani;
- sportski objekti;
- zgrade veleprodaje i maloprodaje
- ostale vrste zgrada koje troše energiju.

Republika Hrvatska je implementirala EU Direktivu 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada [1] u zakonodavni okvir temeljem Akcijskog plana za implementaciju [5] izrađenog u Ministarstvu zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG) i usvojenog u travnju 2008. godine, kroz Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11) [7] i Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08) [8] te putem niza tehničkih propisa i pravilnika. Usvojeni podzakonski akti stvorili su temelje za uvođenje energetskog certificiranja zgrada, uvjete stručne osposobljenosti kvalificiranih nezavisnih stručnjaka za provedbu certificiranja i energetskih pregleda zgrada, propisivanje minimalnih zahtjeva za nove i postojeće zgrade te uvođenje metodologije proračuna energetskih svojstava zgrada [16]. Prijenos dijela EPBD-a koji se odnosi na redovite kontrole kotlova za grijanje i sustava za klimatizaciju od strane kvalificiranih stručnjaka u nadležnosti je Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP).

1.1.1.2. Novosti u direktivi 2010/31/EU (EPBD II) [2]

EPBD II je u Službenom glasniku EU-a objavljen 18. lipnja 2010. godine pod nazivom DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). [2]

Prijedlog nove Direktive je uvođenje još strožijih zahtjeva vezano na energetska svojstva zgrada. Upozorava se na potrebu donošenja konkretnih akcija radi iskorištavanja velikog potencijala energetskih ušteda u zgradama. Također se upozorava na nedovoljno korištenje obnovljivih i alternativnih energetskih sustava u zgradama i traži se njihovo obvezno razmatranje za sve nove zgrade, bez obzira na veličinu kao i za postojeće zgrade pri većim rekonstrukcijama. Od zemalja članica se traži da pripreme nacionalne planove za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada, te da o tome redovito izvještavaju Europsku komisiju. Predlaže se više financijskih mehanizama poticanja energetske učinkovitosti na nacionalnoj i europskoj razini. Sektor zgrada javne namjene mora preuzeti vodeću ulogu u području povećanja energetske učinkovitosti u zgradama i zacrtati ambicioznije ciljeve za zgrade javne namjene.

Nova EPBD direktiva obuhvaća:

a) uspostavu općeg okvira za metodologiju proračuna energetskih svojstava zgrada i dijelova zgrada;
b) primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade i nove dijelove zgrada;
c) primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za postojeće zgrade, dijelove zgrade i građevne dijelove pod većom rekonstrukcijom; građevne dijelove vanjske ovojnice zgrade koji imaju značajan utjecaj na energetska svojstva vanjske ovojnice zgrade kada se mijenjaju ili obnavljaju; tehničke sustave zgrade pri ugradnji, zamjeni ili nadogradnji;
d) nacionalne planove za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada;
e) energetsku certifikaciju zgrada ili dijelova zgrada;
f) redovitu inspekciju kotlova i sustava za kondicioniranje zraka u zgradama;
g) nezavisni sustav kontrole energetskih certifikata i izvješća.

U članku se navodi da su zahtjevi Direktive minimalni te da zemlje članice mogu usvojiti i strože zahtjeve.

Direktiva uvodi pojam *gotovo nula energetske zgrade*, te traži da od 31. prosinca 2020. godine, sve nove zgrade budu gotovo nula energetske, odnosno da od 31. prosinca 2018. godine nove zgrade javne namjene budu gotovo nula energetske. Od zemalja članica traži se da pripreme nacionalne planove za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada. Javni sektor treba stimulirati na energetsku obnovu u standardu gotovo nula energetskih zgrada.
Govori se o financijskom poticanju i uklanjanju barijera za izgradnju novih i energetsku obnovu postojećih zgrada u gotovo nula energetskom standardu. Od zemalja članica traži se da do 30. lipnja 2011. godine pripreme konkretne mjere i instrumente za brzu implementaciju ove Direktive. Te planove potrebno je revidirati i poboljšavati svake tri godine.

U prilogu I direktive pojašnjen je zajednički metodološki okvir za izračun energetskih svojstava zgrada, prilog II definira nezavisni sustav kontrole energetskih certifikata i izvješća o pregledima, a prilog III usporedni metodološki okvir za utvrđivanje troškovno optimalnih razina zahtjeva za energetska svojstva zgrada i dijelova zgrada.

EPBD II - PRILOG I. - Zajednički opći okvir za izračun energetskih svojstava zgrada

1.Energetska svojstva zgrada utvrđuju se na temelju izračunate ili stvarne godišnje energije koja se utroši da bi se udovoljilo različitim potrebama povezanim s njezinom karakterističnom uporabom, a odražavaju potrebnu energiju za grijanje i potrebnu energiju za hlađenje (energija potrebna da bi se izbjeglo pregrijavanje) da bi se mogli održavati predviđeni temperaturni uvjeti zgrade, te potrebnu energiju za pripremu potrošne tople vode.

2.Energetska svojstva zgrade moraju se izraziti na transparentan način i obuhvatiti pokazatelj energetskih svojstava i brojčani pokazatelj uporabe primarne energije, na temelju faktora primarne energije po energentu koji se mogu temeljiti na nacionalnim ili regionalnim godišnjim procijenjenim prosječnim vrijednostima za proizvodnju na licu mjesta.

Metodologija za izračunavanje energetskih svojstava zgrada mora voditi računa o europskim standardima i mora biti usklađena

s relevantnim zakonodavstvom Europske unije, uključujući Direktivu 2009/28/EZ (DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCILof 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC). [4]

3.Metodologiju treba utvrditi uzimajući u obzir barem sljedeća gledišta:

(a) sljedeće stvarne toplinske karakteristike zgrade uključujući njezine unutrašnje pregrade:

(i) toplinski kapacitet;
(ii) izolacija;
(iii) pasivno grijanje,
(iv) rashladni elementi, i
(v) toplinski mostovi;

(b) instalaciju za grijanje i opskrbu toplom vodom, uključujući njihove izolacijske karakteristike;
(c) instalacije klimatizacije;
(d) prirodnu i mehaničku ventilaciju, što može obuhvaćati i nepropusnost za zrak;
(e) ugrađenu instalaciju rasvjete (uglavnom u nestambenom sektoru);
(f) izvedbu, položaj i orijentaciju zgrade, uključujući projektiranu klimu u zatvorenom prostoru;
(g) pasivne solarne sustave i solarnu zaštitu;
(h) klimatske uvjete u zatvorenom prostoru, uključujući projektiranu klimu u zatvorenom prostoru;
(i) unutrašnja opterećenja.

4.Tamo gdje je to važno za izračun, treba voditi računa o pozitivnom utjecaju sljedećih značajki:

(a) lokalnih uvjeta izloženosti sunčevom svjetlu, aktivnih solarnih sustava i ostalih sustava grijanja i opskrbe električnom energijom na temelju energije iz obnovljivih izvora;
(b) električne energije proizvedene kogeneracijom;
(c) sustava daljinskog ili centralnog grijanja i hlađenja;
(d) prirodnog osvjetljenja.

5.Za potrebe izračuna zgrade treba odgovarajuće razvrstati u sljedeće kategorije:

(a) obiteljske kuće različitih tipova;
(b) stambeni blokovi;
(c) uredi;
(d) obrazovne zgrade;
(e) bolnice;
(f) hoteli i restorani;
(g) sportski objekti;
(h) zgrade veleprodaje i maloprodaje;
(i) ostali tipovi zgrada koje troše energiju.

PRILOG II. - Nezavisni sustavi kontrole energetskih certifikata i izvješća o pregledima

1. Nadležna tijela vlasti ili tijela na koje su nadležne vlasti prenijele odgovornost za provođenje nezavisnih sustava kontrole moraju izvršiti nasumični odabir u najmanju ruku statistički značajnog postotka svih energetskih certifikata koji se izdaju godišnje i te certifikate podvrgnuti provjeri.

Provjera će se temeljiti na niže navedenim alternativama ili istovjetnim mjerama:
(a) provjera valjanosti ulaznih podataka za zgradu koji su iskorišteni za izdavanje energetskog certifikata i rezultata navedenih u certifikatu;

(b) kontrola ulaznih podataka i provjera rezultata energetskog certifikata, uključujući navedene preporuke;

(c) potpuna kontrola ulaznih podataka za zgradu koji su iskorišteni za izdavanje energetskog certifikata, potpuna provjera rezultata navedenih u certifikatu uključujući navedene preporuke, te posjet zgradi na terenu, ako je moguće, kako bi se provjerila podudarnost između specifikacija navedenih u energetskom certifikatu i certificirane zgrade.

2. Nadležna tijela vlasti ili tijela na koje su nadležne vlasti prenijele odgovornost za provođenje nezavisnih sustava kontrole moraju izvršiti nasumični odabir u najmanju ruku statistički značajnog postotka svih izvješća o pregledu koja se izrađuju godišnje i ta izvješća podvrgnuti provjeri.

PRILOG III. - Usporedni metodološki okvir za utvrđivanje troškovno optimalnih razina zahtjeva za energetska svojstva zgrada i dijelova zgrada

Usporedni metodološki okvir će omogućiti državama članicama da odrede energetska svojstva zgrada i građevnih dijelova zgrada i gospodarska gledišta mjera koje se odnose na energetska svojstva, te da ih povežu kako bi utvrdile troškovno optimalnu razinu.

Usporedni metodološki okvir mora biti popraćen smjernicama koje pokazuju kako se taj okvir treba primijeniti u izračunavanju troškovno optimalnih razina energetskih svojstava.

Usporedni metodološki okvir će omogućiti da se vodi računa o obrascima, klimatskim uvjetima na otvorenom, troškovima ulaganja, kategoriji zgrade, troškovima održavanja i pogona (uključujući troškove i uštede energije), zaradi iz proizvedene energije, gdje je primjenjivo, te o troškovima zbrinjavanja, gdje je primjenjivo. On se treba temeljiti na relevantnim europskim standardima koji se odnose na ovu Direktivu.

Komisija mora također osigurati:

- smjernice koje će pratiti usporedni metodološki okvir; te smjernice će poslužiti kako bi se državama članicama omogućilo da poduzmu korake koji su dolje navedeni;

- informacije o procjenama dugoročnih kretanja cijena energije.

Da bi države članice mogle primjenjivati usporedni metodološki okvir, potrebno je da se na razini država članica utvrde opći uvjeti izraženi kao parametri.

Usporedni metodološki okvir zahtijevat će od država članica:

- da odrede referentne zgrade koje su obilježene svojom funkcionalnošću i zemljopisnim položajem i koje su za tu funkcionalnost i zemljopisni položaj tipične, uključujući klimatske uvjete u zatvorenom i na otvorenom prostoru. Referentne zgrade moraju obuhvatiti stambene i nestambene zgrade, kako nove tako i postojeće;

- da utvrde mjere energetske učinkovitosti koje treba odrediti za referentne zgrade. To mogu biti mjere za pojedinačne zgrade u cjelini, za pojedinačne građevne dijelova zgrada ili za kombinaciju građevnih dijelova zgrada;

- da odrede konačnu i primarnu energiju potrebnu za referentne zgrade i referentne zgrade kod kojih se primjenjuju utvrđene mjere energetske učinkovitosti;

- da izračunaju troškove (t.j. trenutnu neto vrijednost) mjera energetske učinkovitosti (kako je navedeno u drugoj alineji) tijekom očekivanog gospodarskog uporabnog vijeka referentnih zgrada (kako je navedeno u prvoj alineji) primjenjujući načela usporednog metodološkog okvira.

Kroz izračunavanje troškova mjera energetske učinkovitosti tijekom očekivanog gospodarskog uporabnog vijeka zgrade, države članice će utvrditi troškovnu učinkovitost različitih razina minimalnih zahtjeva za energetska svojstva. Time će se

omogućiti određivanje troškovno optimalnih razina zahtjeva za energetska svojstva.
Troškovno-optimalna analiza (TOA) uključuje utvrđivanje referentnih zgrada (postojeće) i kategorija zgrada (nove), definiranje optimalne kombinacije mjera energetske učinkovitosti i mjera utemeljenih na obnovljivim izvorima energije ili paketa tih mjera za svaku referentnu zgradu (postojeća) i kategoriju zgrada (nova).

Radi se izračun primarne ili isporučene energije uz primjenu tih mjera i paketa mjera na referentnu zgradu, odnosno kategoriju zgrade, izračun ukupnih troškova prema sadašnjim vrijednostima, analiza koja uključuje razvoj cijena energije, usporedba rezultata troškovnih optimuma s postojećim zahtjevima na minimalno energetsko svojstvo zgrade, izrada krivulje troškova i određivanje optimuma. U prvom koraku paket mjera treba zadovoljiti minimalne zahtjeve koju su trenutno postavljeni, a u drugom koraku fokusira se na ambicijoznijem cilju, uključujući i gotovo nula energetsku zgradu.

1.1.1.3. Zgrade s gotovo nultom potrošnjom energije

"Zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije', prema definiciji jest zgrada koja ima vrlo visoka energetska svojstva, kako je utvrđeno u skladu s prilogom I. Gotovo nulta ili vrlo mala količina potrebne energije treba u značajnoj mjeri biti pokrivena energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora proizvedenu na licu mjesta ili u blizini.

Države članice moraju osigurati:

- da do 31. prosinca 2020. godine sve nove zgrade budu zgrade s gotovo nultom potrošnjom energije i
- da nakon 31. prosinca 2018. godine sve nove zgrade u kojima borave i koje posjeduju tijela javne vlasti budu zgrade s gotovo nultom potrošnjom energije.

Države članice moraju izraditi nacionalne planove za povećanje broja zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije. Ti nacionalni planovi mogu uključivati ciljeve koji se razlikuju prema kategoriji zgrade.

Nacionalni planovi moraju, između ostalog, sadržavati sljedeće elemente:

- prikaz detaljne praktične primjene definicije zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije u državi članici, koja odražava nacionalne, regionalne ili lokalne uvjete i obuhvaća brojčani pokazatelj uporabe primarne energije izraženo u kWh/m^2 godišnje. Faktori primarne energije korišteni za određivanje uporabe primarne energije mogu se temeljiti na nacionalnim ili regionalnim prosječnim godišnjim vrijednostima i mogu uzeti u obzir dotične europske standarde;
- neposredne ciljeve za poboljšanje energetskih svojstava novih zgrada do 2015. godine, s ciljem pripreme provedbe stavka 1;
- informaciju o politici i financijskim ili drugim mjerama donesenim za promicanje zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije, uključujući pojedinosti o nacionalnim zahtjevima i mjerama koje se odnose na uporabu energije iz obnovljivih izvora u novim zgradama i u postojećim zgradama koje su podvrgnute većoj rekonstrukciji.

U 2011. godini pokrenut je i proces izmjena i dopuna zakonodavno-regulatornog okvira kojim će se u potpunosti uvažiti zahtjevi nove EU Direktive 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada, EPBD II [2] te započeti približavanje cilju zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije.

Potencijal za energetske uštede u zgradama je velik, nove zgrade treba graditi u niskoenergetskom standardu, a energetske obnove treba planirati strateški i dugoročno, na energetski razred B, A ili A+, uz jasno razrađene financijske mehanizme poticanja takvih obnova.

1.1.2. Direktiva 2009/28/EC o poticanju korištenja energije iz obnovljivih izvora energije

Direktiva o poticanju korištenja energije iz obnovljivih izvora energije uspostavlja zajednički okvir za promociju korištenja energije iz obnovljivih izvora. Između ostaloga, direktiva postavlja skup obveznih ciljeva u uspostavljanju ukupnog udjela obnovljivih izvora energije u proizvodnji energije i transportu. Postavlja pravila o administrativnim procedurama, povezivanju i pristupu na distribucijsku elektromrežu, jamstvu podrijetla, informiranju i obuci za energiju iz obnovljivih izvora. Uspostavlja kriterije održivosti za biogoriva. Uključuje aktivno korištenje obnovljivih izvora energije (biomase, solarne energije, vjetra,

geotermalne energije i drugih tehnologija u građevinama) u mjere koje treba uzeti u obzir pri ostvarenju strategijskih ciljeva Europske unije za razdoblje od 2007. do 2020. godine (to su 20% smanjenje emisije stakleničkih plinova, 20% povećanje energetske učinkovitosti, povećanje udjela obnovljivih izvora energije na 20% u ukupnoj energetskoj potrošnji te 10% udio biogoriva u transportu.
Posebno značajno kod Direktive o poticanju korištenja obnovljivih izvora energije je to što su dizalice topline prvi put službeno prepoznate kao uređaji za korištenje obnovljivih izvora energije.
Dizalice topline koje omogućuju korištenje topline sadržane u okolnom zraku, tlu ili vodama na razini temperature pogodnoj za grijanje, trebaju za svoj rad električnu ili drugu energiju. Prihvatljivima se smatraju one dizalice topline kod kojih proizvedena toplina značajno nadilazi primarnu energiju potrebnu za njihov pogon.

Toplina sadržana u okolnom zraku, tlu ili vodama (površinskim i podzemnim) je obnovljiva energija. Količina te energije koja služi kao toplinski izvor za dizalice topline izračunava se po izrazu:

$$ERES = Q_{korisno}\left(1-\frac{1}{SPF}\right)$$

gdje je

$Q_{korisno}$ ukupna korisna toplina isporučena radom dizalice topline
SPF (eng. Seasonal Performance Factor) prosječni sezonski faktor učina za te dizalice topline, a to je omjer proizvedene korisne energije i utrošene električne energije (uključivo energiju za pogon dizalice topline, kao i eventualno potrebnu dodatnu energiju za potrebe grijanja).

U obzir se uzimaju samo dizalice topline za koje vrijedi:

$$SPF > \frac{1{,}15}{\eta}$$

što ustvari osigurava da korisna energija bude veća od primarne energije utrošene za proizvodnju električne energije potrebne za rad dizalice topline.
η predstavlja omjer ukupne proizvodnje električne energije i potrošnje primarne energije za proizvodnju električne energije i treba biti izračunat kao prosjek za EU, temeljem podataka Eurostata. Kod ovoga izraza naglasak je bio dan na dizalice topline koje za svoj pogon troše električnu energiju. U normi HRN EN 15603: 2008 [4] definirana je vrijednost faktora pretvorbe primarne energije f_p=3,31, što znači da je $\eta = 0{,}30$
Praktično to znači da bi SPF trebao biti veći od $SPF > \frac{1{,}15}{0{,}3} = 3{,}83$ i pritom bi udio obnovljivih izvora energije bio.

$$ERES = \left(1-\frac{1}{3{,}83}\right)Q_{korisno} = 0{,}74Q_{korisno}$$

U Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada [11] (NN 36/10, vrijednost faktora pretvorbe primarne energije je f_p=3,0.
Do 1. siječnja 2013., EC će dati smjernice kako da zemlje članice uspostave vrijednosti za $Q_{korisno}$ i SPF za različite tehnologije i primjene dizalica topline, uzimajući u obzir razlike u klimatskim uvjetima.
U Direktivi o poticanju korištenja obnovljivih izvora energije zahtijeva se još i da instalateri sustava dizalica topline (kao i sustava korištenja biomase, solarnih fotonaponskih i toplinskih sustava te plitkih geotermalnih izvora topline) budu certificirani kroz akreditirane programe obuke, a tematika koja se odnosi na dizalice topline je sljedeća:
Teoretski dio treba sadržavati pregled situacije na tržištu, opravdanost upotrebe dizalica topline za građevine, definiranje najprikladnijeg sustava s dizalicom topline, poznavanje tehničkih zahtjeva, sigurnosti, pročišćavanja zraka, povezivanja na izvor topline i koncepcije sustava. Treningom je potrebno upoznati i europsku regulativu vezanu na dizalice topline, kao i relevantne nacionalne i lokalne propise. Instalater bi trebao posjedovati sljedeće ključne kompetencije:

- Razumijevanje osnovnih principa i načina rada dizalica topline, uključivo karakteristike procesa dizalice topline: vezu niskih temperatura ponora topline i viših temperatura izvora topline i učinkovitosti sustava, određivanje faktora grijanja (faktora učinka) COP, i sezonskog faktora učinka SPF;

- Razumijevanje komponenti i njihove uloge u sustavu dizalice topline, uključujući kompresor, ekspanzijski ventil, isparivač,

kondenzator, ostalu opremu, ulje za podmazivanje, radnu tvar, pregrijavanje i pothlađivanje, te mogućnosti hlađenja dizalicama topline

- Sposobnost za odabir i dimenzioniranje opreme u tipičnim instalacijama, uključivo određivanje potrebne topline za grijanje zgrada i potrošne tople vode, određivanje učinka dizalice topline, definiranje akumulacijskih spremnika i integracija s drugim sustavima grijanja.

Zahtijevana znanja su ustvari važna za energetski učinkovitu primjenu dizalica topline i ukazuju čemu treba posvetiti pažnju kod sustava grijanja (i hlađenja) dizalicama topline.

1.1.3. Direktiva 2004/8/EC o poticanju korištenja kogeneracije bazirane na potrebama za korisnom toplinskom energijom na unutrašnjem tržištu energije

Direktiva je sažeto opisana u poglavlju 1.2.4 prvog dijela Priručnika, a ovdje se daju neki dodatni detalji. Cilj Direktive 2004/8/EC je povećati energetsku učinkovitost i povećati sigurnost opskrbe stvaranjem okvira za unapređivanje i razvoj kogeneracije visokog učinka na temelju potrošnje korisne topline i štednje primarne energije na unutrašnjem tržištu, uzimajući u obzir specifične nacionalne okolnosti naročito klimatske i ekonomske uvjete.

Ova Direktiva obuhvaća sljedeće kogeneracijske tehnologije:

a. Plinske turbine kombiniranog ciklusa s rekuperacijom topline;
b. Parne protutlačne turbine;
c. Kondenzacijske turbine s oduzimanjem;
d. Parne turbine s rekuperacijom topline;
e. Strojeve s unutrašnjim izgaranjem;
f. Mikro turbine;
g. Stirlingove strojeve;
h. Gorive ćelije;
i. Parne strojeve;
j. Organski Rankineov ciklus (ORC);
k. Druge vrste tehnologija ili izgaranja.

Vrijednosti koje se koriste za izračunavanje električne energije iz kogeneracije određuju se na temelju očekivanog i stvarnog rada određene jedinice u redovnim pogonskim uvjetima. Za mikrokogeneracijske jedinice, izračun se temelji na utvrđenim vrijednostima.

U kogeneracijskim jedinicama količina električne energije iz kogeneracije izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$E_{CHP} = H_{CHP} \cdot C$$

gdje su:

E_{CHP} - količina električne energije iz kogeneracije
C - omjer električne i toplinske energije
H_{CHP} - količina korisne topline iz kogeneracije umanjena za svu toplinu proizvedenu u odvojenim kotlovima ili postupkom izuzimanjem pare iz parnih generatora ispred turbine.

Obračun električne energije iz kogeneracije mora se temeljiti na stvarnom omjeru toplinske i električne energije. Ako je omjer toplinske i električne energije određene kogeneracijske jedinice nepoznat, mogu se koristiti sljedeće zadane veličine za jedinice tipa a, b, c, d i e pod uvjetom da je izračunata električna energija iz kogeneracije manja ili jednaka ukupnoj proizvodnji električne energije u određenoj jedinici:

Tab. 1.1 Omjer toplinske i električne energije

Vrsta jedinice	Omjer toplinske i električne energije, C
Plinska turbina kombiniranog ciklusa s rekuperacijom topline	0,95
Parna protutlačna turbina	0,45
Kondenzacijske turbine s oduzimanjem	0,45
Plinska turbina s rekuperacijom topline	0,45
Stroj s unutarnjim izgaranjem	0,75

Metodologija za utvrđivanje učinkovitosti kogeneracijske proizvodnje

Vrijednosti koje se koriste za izračunavanje učinkovitosti kogeneracijske proizvodnje i uštede primarne energije utvrđuje se na temelju očekivanog i stvarnog rada jedinice u normalnim pogonskim uvjetima.

Kogeneracija visokog učinka

U smislu ove Direktive kogeneracijska proizvodnja visokog učinka mora ispunjavati sljedeće kriterije:
Kogeneracijska proizvodnja iz kogeneracijskih jedinica daje uštede primarne energije od najmanje 10% u odnosu na reference za odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije;
Proizvodnja iz malih i mikrokogeneracijskih jedinica koja daje uštede primarne energije, može se kvalificirati kao kogeneracija visokog učinka.

Izračunavanje ušteda primarne energije

Iznos uštede primarne energije iz kogeneracijske proizvodnje izračunava se prema izrazu:

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}}\right) \times 100\%$$

gdje su:

PES - ušteda primarne energije
CHPHη - toplinski učinak iz kogeneracijske proizvodnje, definiran kao godišnja proizvodnja korisne topline podijeljena s utroškom goriva za proizvodnju ukupne korisne topline i električne energije iz kogeneracije
RefHη - toplinski učinak reference za odvojenu proizvodnju topline
CHPEη - učinak električne energije iz kogeneracijske proizvodnje, definiran kao ukupna električna energija iz kogeneracije podijeljena utroškom goriva za proizvodnju ukupne topline i električne energije iz kogeneracije. Tamo gdje kogeneracijske jedinice proizvode mehaničku energiju, godišnja električna energija iz kogeneracije može se povećati dodatnim elementom koji predstavlja iznos električne energije koji je jednak iznosu mehaničke energije
RefEη - učinak električne energije reference za odvojenu proizvodnju električne energije.

1.1.4. Direktiva 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama

Direktiva je već kratko opisana u poglavlju 1. 2. 4. prvoga dijela Priručnika. Ovdje će se s obzirom na njenu važnost ponoviti glavne odredbe.

Direktiva je usmjerena na poboljšanje učinkovitosti neposredne potrošnje energije i smatra se instrumentom poboljšanja

sveukupne sigurnosti opskrbe energijom, smanjenja ovisnosti o uvozu energenata, smanjenja emisija CO_2 iz energetskog sektora, ali i povećanju konkurentnosti europskog gospodarstva u skladu s Lisabonskom strategijom.
Svrha Direktive je povećati isplativost povećanja energetske učinkovitosti u zemljama članicama EU-a na način da donesu potrebne ciljeve kao i mehanizme, inicijative, financijske i zakonske okvire za uklanjanje prepreka koje utječu na učinkovitosti u korištenju energije. Naglašava se potreba izrade nacionalnih akcijskih planova o energetskoj učinkovitosti svake 3 godine te provedba planova s ciljem ukupnog smanjenja potrošnje energije za 9 posto u roku od devet godina ili 1 posto godišnje. Sve članice će donijeti isplative, praktične i razumne mjere u svrhu ostvarivanja toga cilja. Kako bi poslužile svojim primjerom, članice moraju osigurati primjenu donesenih mjera prvenstveno u javnom sektoru, fokusirajući se na najisplativije mjere koje donose najveće uštede u energiji i najbrži povrat investicije.

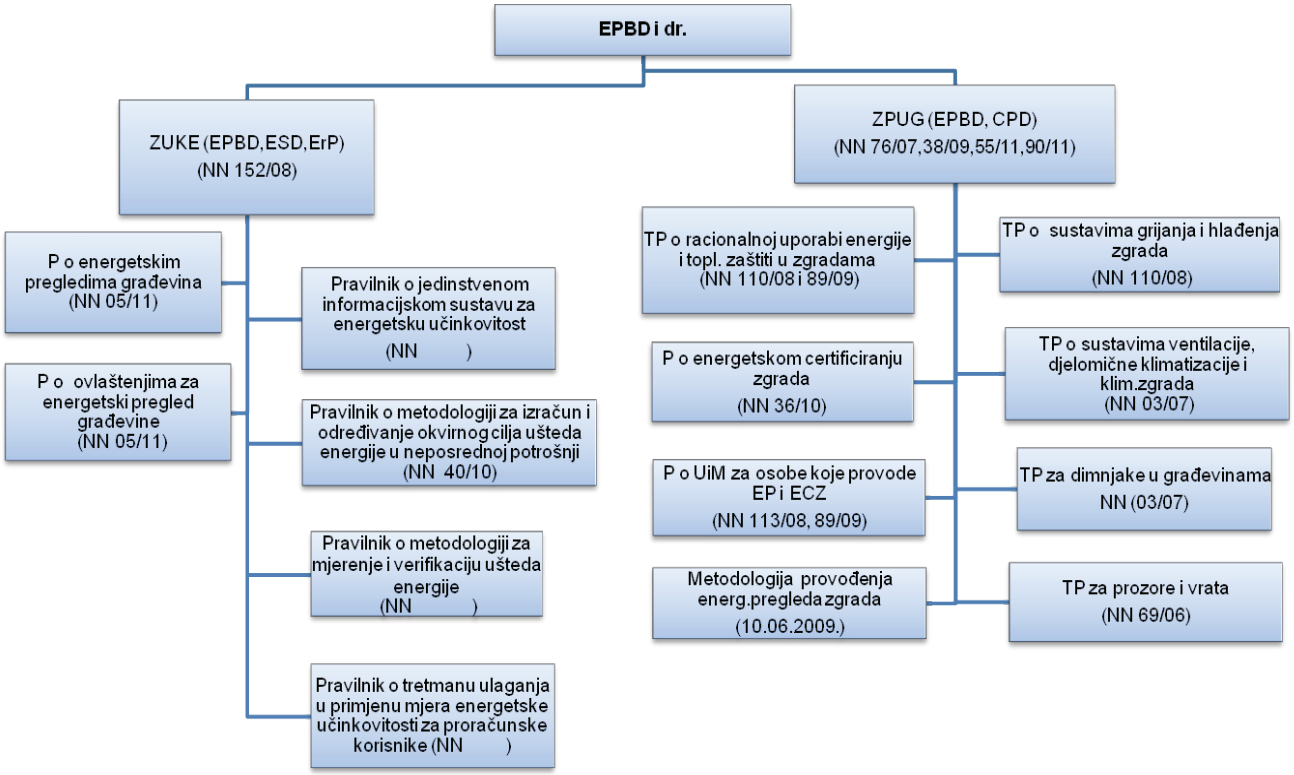
Ova je Direktiva krovna direktiva za područje energetske učinkovitosti. Direktiva obvezuje na postavljanje kvantitativnih ciljeva za poboljšanje energetske učinkovitosti, osiguranje opskrbe energijom i zaštitu okoliša. Zemlje članice obvezne su postići cilj od najmanje 9%-tnog smanjenja neposredne potrošnje energije u razdoblju od 2008. do 2016. godine. Nadalje, u Akcijskom planu energetske učinkovitosti Europske komisije EU je postavila cilj 20% smanjenja ukupne primarne potrošnje energije do 2020. godine. Valja istaknuti da svi dokumenti EU-a ističu potrebu definiranja i primjene instrumenata poticajne politike kojima će se osigurati primjena troškovno učinkovitih rješenja za smanjenje potrošnje energije.

Svrha ove Direktive je poboljšanje učinkovite upotrebe krajnje energije u državama članicama osiguranjem potrebnih okvirnih ciljeva kao i mehanizmima, poticaja i institucionalne, financijske i pravne okvire za uklanjanje postojećih tržišnih prepreka i nedostataka koje sprječavaju učinkovito korištenje krajnje energije, stvaranjem uvjeta za razvoj i promicanjem tržišta energetskih usluga i uvjeta za osiguranje drugih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti za krajnje korisnike.

Države članice usvajaju i imaju za cilj postizanje sveobuhvatnog nacionalnog okvirnog cilja uštede energije, koji za devetu godinu primjene ove Direktive iznosi 9%, do kojega se dolazi energetskim uslugama i drugim mjerama za poboljšanje energetske učinkovitosti. Direktiva se obraća institucijama i tržištu sa svrhom promocije energetske učinkovitosti razvojem tržišta za energetske usluge, te opskrbu krajnjih korisnika programima i mjerama energetske učinkovitosti. Direktiva se odlično nadopunjuje s EPBD-om. Određuje set ciljeva za uštedu energije na nacionalnoj razini i zahtijeva poduzimanje određenih aktivnosti zemalja članica.

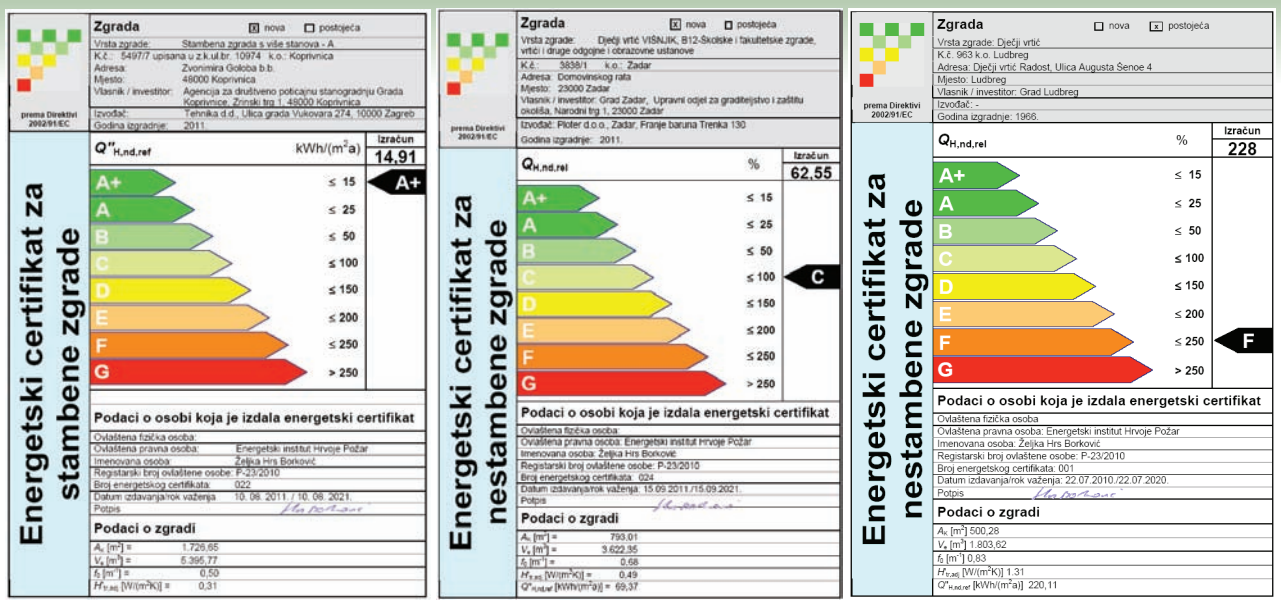
1.2. HRVATSKI ZAKONODAVNI OKVIR U PODRUČJU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Republika Hrvatska implementirala je EU Direktivu 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada [1] u zakonodavni okvir temeljem Akcijskog plana za implementaciju [5], izrađenog u Ministarstvu zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG) i usvojenog u travnju 2008. godine, kroz Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11) [7] i Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08) [8] te nizom tehničkih propisa i pravilnika. Implementacija Direktive u nadležnosti je dva ministarstva, Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva i Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva. Usvojeni podzakonski akti stvorili su temelje za uvođenje energetskog certificiranja zgrada, uvjete stručne osposobljenosti kvalificiranih nezavisnih stručnjaka za provedbu certificiranja i energetskih pregleda zgrada, propisivanje minimalnih zahtjeva za nove i postojeće zgrade te uvođenje metodologije proračuna energetskih svojstava zgrada [16].



Slika 1.1 Hrvatski zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti

Energetski certifikat u skladu s važećim zakonodavnim okvirom daje informaciju o potrošnji toplinske energije za grijanje te prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava svih energetskih sustava. Energetski certifikat nove zgrade izdaje se temeljem projektne dokumentacije, dok je za postojeću zgradu potrebno provesti detaljni energetski pregled. Na temelju izračuna specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd,ref}$ zgrada se svrstava u razred energetske potrošnje, od A+ razreda s najmanjom potrošnjom toplinske energije za grijanje ($Q_{H,nd,ref} \leq 15$ kWh/(m^{2}a)), do G razreda zgrade s najvećom energetskom potrošnjom ($Q_{H,nd,ref} > 250$ kWh/(m^{2}a)) i to u dvije referentne klime, kontinentalnoj i primorskoj Hrvatskoj, s granicom na 2200 stupanj dana grijanja. [11] Trenutno se energetski razred zgrade izražava prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje. U konačnici, potrebno je uvesti u energetski certifikat ukupnu potrošnju energije u zgradi do razine primarne energije. U tom smjeru će se razvijati daljnje promjene regulative.



Slika 1.2 Primjeri energetskih certifikata za novu stambenu i nestambenu zgradu, te za postojeću nestambenu zgradu (prva od ukupno pet stranica energetskog certifikata)

Investitor nove zgrade dužan je osigurati energetski certifikat zgrade prije početka njezine uporabe, odnosno puštanja u pogon. Vlasnik postojeće zgrade dužan je prilikom prodaje ili iznajmljivanja zgrade u cjelini ili njezinog dijela, odnosno leasinga, osigurati energetski certifikat zgrade, odnosno njezinog dijela i dati ga na uvid potencijalnom kupcu ili unajmljivaču zgrade – energetski certifikat postaje sastavni dio kupoprodajnog ugovora. Zgrade javne namjene moraju imati izrađen i javno izložen energetski certifikat i popis mjera za povećanje energetske učinkovitosti u roku od najdulje 36 mjeseci od donošenja metodologije za provođenje energetskih pregleda, dakle najkasnije do lipnja 2012. godine. Javno se izlažu prva i treća stranica energetskog certifikata.

S ciljem ujednačavanja kvalitete i metoda provedbe energetskih pregleda zgrada, u lipnju 2009. godine, usvojena je i nacionalna Metodologija provođenja energetskog pregleda zgrada [13]. Energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada provode za to educirane i ovlaštene stručne osobe, arhitektonske, građevinske, strojarske i elektrotehničke struke. Stručno osposobljavanje i obvezno usavršavanje osoba koje provode energetske preglede i/ili energetsko certificiranje zgrada provode sveučilišta, veleučilišta, instituti, strukovne organizacije koji imaju suglasnost MZOUPG-a za obavljanje tih poslova [12]. Do sada je izdano približno 2000 energetskih certifikata. Ovlaštenja za provođenje energetskih pregleda i energetskog certificiranja zgrada dobilo je približno 220 pravnih i 180 fizičkih osoba (rujan 2012.).

U 2011. godini pokrenut je proces izmjena i dopuna zakonodavno-regulatornog okvira kojim će se u potpunosti uvažiti zahtjevi nove EU Direktive 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada, EPBD II [2] te započeti približavanje cilju građenja zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije. U skladu s obvezama nove Direktive o energetskim svojstvima zgrada EPBD II, potrebno je:

- uvesti nove strože zahtjeve vezano na energetska svojstva zgrada;
- koristiti obnovljive i alternativne energetske sustave u zgradama za sve nove zgrade, bez obzira na veličinu, kao i za postojeće zgrade pri većim rekonstrukcijama;
- razraditi više financijskih mehanizama poticanja energetske učinkovitosti;
- pripremiti konkretne mjere i instrumente za brzu implementaciju ove Direktive te ih revidirati i poboljšavati svake tri godine;
- pripremiti nacionalne akcijske planove za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada i za stimuliranje energetske obnove u standardu gotovo nula energetskih zgrada, posebno za javni sektor;
- uvesti kaznene odredbe za neodgovarajuću implementaciju Direktive, koja u nacionalno zakonodavstvo mora biti implementirana najkasnije do 9. srpnja 2012.;

- proširiti obvezu javnog izlaganja energetskog certifikata u zgradama javne namjene na sve veće od 500 m^2, odnosno od 2015. na sve veće od 250 m^2 ;
- uspostaviti nezavisni sustav kontrole energetskih certifikata i izvještaja;
- od 31. prosinca 2018. nove zgrade javne namjene trebaju biti gotovo nula energetske;
- od 31. prosinca 2020. godine, sve nove zgrade trebaju biti gotovo nula energetske.

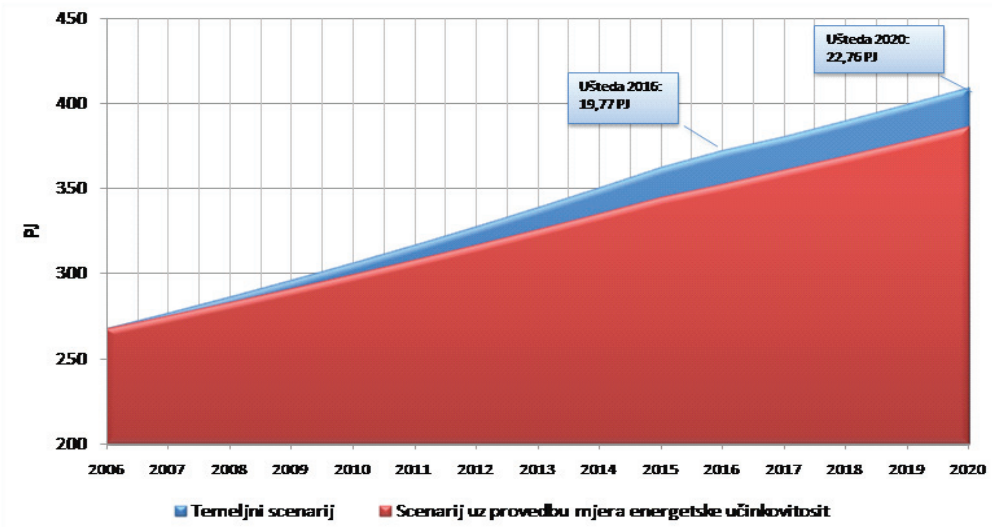
Obnova postojećih zgrada treba biti usmjerena na postizanje niskoenergetskog standarda i energetskog razreda A ili A+. Potrebno je donijeti detaljan akcijski plan za energetsku obnovu zgrada kojim bi se kroz razdoblje od 30 godina postupno saniralo postojeće stanje na razinu energetskog razreda A ili A+. Osnovni kriterij za vrednovanje rezultata treba biti smanjenje emisija CO_2 u okoliš, energetska svojstva zgrade i klimatski parametri. Provedba ovih ciljeva zahtijeva investiciju od nekoliko milijardi kuna godišnje, a nudi iznimno velik potencijal ne samo za uštede energije nego i za zapošljavanje i pokretanje čitave nacionalne ekonomije.

U prijedlogu 2. Nacionalnog akcijskog plana za energetsku učinkovitost (2.NAPEnU) Republike Hrvatske [6] naglasak je stavljen upravo na sustavnu energetsku obnovu postojećeg sektora zgrada na nisko energetski standard, kao i poticanje gradnje gotovo nul energetskih zgrada.

Nacionalni okvirni cilj ušteda energije u neposrednoj potrošnji [8] definiran je u 1.NAPEnU u skladu s metodologijom propisanom u Direktivi 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama [3] te odgovara u apsolutnom iznosu 9% referentne neposredne potrošnje energije, koja je određena kao prosječna potrošnja energije u razdoblju 2001. – 2005. godine. Najveći potencijal za energetske uštede je u postojećem sektoru zgrada.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku [20], popisu stanovništva 2001. godine, te podacima o ukupno izdanim građevinskim dozvolama i izgrađenim zgradama u razdoblju 2001.-2010. godine u Republici Hrvatskoj je u 2010. godini evidentirano ukupno 149,38 milijuna četvornih metara korisne površine stambenih zgrada. Ukupna kvadratura nestambenih zgrada procijenjena je prema energetskoj bilanci Hrvatske [18] i podacima o broju izdanih građevinskih dozvola i izgrađenoj površini u razdoblju 1994.-2010. godine, te iznosi u 2010. godini 43,38 milijuna četvornih metara korisne površine. Od toga je oko 9,58 milijuna četvornih metara korisne površine zgrada javne namjene, ili oko 22% ukupne površine nestambenih zgrada, ili oko 5% ukupne površine zgrada [6].

Pretpostavlja se da će se energetska obnova zgrada temeljiti prvenstveno na zgradama građenim prije 1987. godine, s prosječnom potrošnjom toplinske energije za grijanje 200-250 kWh/m^2. Uz pretpostavku da se svake godine obnovi 3% površine zgrada, odnosno oko 5 milijuna m^2 te da se specifična godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje smanji s prosječnih 200-250 kWh/m^2 na 25-50 kWh/m^2, uz doprinos gradnje 10 posto novih zgrada godišnje u gotovo nul energetskom standardu, i strožu zakonsku regulativu, ostvarile bi se uštede finalne energije u 2020. oko 20,60 PJ, čime bi se približili nacionalnom cilju od 22,76 PJ energetskih ušteda u 2020. godini [18].



Slika 1.3 Scenariji neposredne potrošnje energije i očekivane uštede do 2020. godine

1.2.1. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju i gradnji, NN 90/11

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o prostornom uređenju i gradnji [7] donosi neke novosti u procesu provedbe energetskog certificiranja zgrada, a vezano prvenstveno na uvođenje neovisnog sustava kontrole izdanih energetskih certifikata i kaznene odredbe za sudionike u gradnji za ne pridržavanje obveza vezanih na minimalna energetska svojstva zgrada i energetsko certificiranje zgrada.

Članak 15. navodi da svaka zgrada, ovisno o vrsti i namjeni, mora biti projektirana, izgrađena i održavana tako da tijekom uporabe ima propisana energetska svojstva.

Prije izdavanja uporabne dozvole, drugog akta za uporabu, odnosno prije promjene vlasništva ili iznajmljivanja zgrade ili njezinoga dijela, mora se pribaviti certifikat o energetskim svojstvima zgrade koji izdaje ovlaštena osoba.

U certifikat kupac ili unajmljivač zgrade ili njezinog dijela ima pravo uvida prije sklapanja ugovora o kupoprodaji ili iznajmljivanju prema posebnom zakonu.

Članak 15.a govori da ovlaštenje za izdavanje energetskog certifikata izdaje Ministarstvo. Ministarstvo vodi i registar osoba kojima su izdana ovlaštenja za energetsko certificiranje zgrada i registar izdanih energetskih certifikata.

Registri su javni. Ministarstvo može podatke iz registara učiniti javno dostupnima putem službene internetske stranice ili na drugi prikladan način.

Članak 15.b navodi da ministar propisuje pravilnikom:

- energetska svojstva postojećih i novih zgrada;
- način izračuna toplinskih svojstava zgrade;
- minimalne energetske zahtjeve za nove i postojeće zgrade s izuzećima od propisanih zahtjeva;
- uvjete, sadržaj i način izdavanja energetskog certifikata;
- uvjete za izdavanje ovlaštenja za izdavanje energetskog certifikata;
- uvjete osiguranja neovisnosti osoba ovlaštenih za izdavanje energetskih certifikata;
- sadržaj i način vođenja registra osoba kojima su izdana ovlaštenja za energetsko certificiranje i registra izdanih energetskih certifikata;
- zgrade za koje postoji obveza javnog izlaganja energetskog certifikata.

Članak 15.c govori o neovisnom sustavu kontrole izdanih energetskih certifikata. Ministar propisuje pravilnikom:

- ustroj neovisnog sustava kontrole;
- način provedbe neovisne kontrole;
- uvjete za osobe koje provode neovisnu kontrolu
- i druga pitanja vezana za neovisnu kontrolu energetskih certifikata.

Prekršaji investitora

Članak 311.

Novčanom kaznom u iznosu od **25.000,00 kuna** kaznit će se za prekršaj **pravna** osoba u svojstvu investitora, ako ne ishodi energetski certifikat prije početka korištenja zgrade.

Novčanom kaznom od **15.000,00 kuna** kaznit će se investitor **fizička** osoba za prekršaje iz stavka 1. i 2. ovoga članka.

Novčanom kaznom iz stavka 2. ovoga članka kaznit će se pravni sljednik investitora.

Novčane kazne iz ovoga članka, u slučaju građenja zgrade čija građevinska (bruto) površina nije veća od 400 m^2, zgrade za obavljanje isključivo poljoprivrednih djelatnosti čija građevinska (bruto) površina nije veća od 600 m^2 i jednostavne građevine, umanjuju se za 50%.

Prekršaji osobe registrirane za poslove projektiranja

Članak 312.

Novčanom kaznom u iznosu od **25.000,00 kuna** kaznit će se za prekršaj **pravna** osoba registrirana za poslove projektiranja ako projekti koje izrađuje ne ispunjavaju propisane uvjete, a osobito ako projektirana građevina nije usklađena s lokacijskom dozvolom, **ne ispunjava bitne zahtjeve, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada** ili nije usklađena s odredbama ovoga Zakona i posebnim propisima.

Novčanom kaznom u iznosu od **15.000,00 kuna** kaznit će se **fizička** osoba u svojstvu projektanta koja poslove projektiranja obavlja u vlastitom ili zajedničkom uredu za prekršaj iz stavka 2. ovoga članka.

Osoba registrirana za poslove projektiranja u slučaju iz stavka 2. ovoga članka dužna je investitoru naknaditi štetu u skladu s posebnim zakonom.

Prekršaji izvođača
Članak 316.
Novčanom kaznom u iznosu od **100.000,00 kuna** kaznit će se za prekršaj pravna osoba u svojstvu izvođača ako zbog propusta u građenju ne budu ispunjeni zahtjevi propisani za **energetska svojstva zgrada**. Novčanom kaznom u iznosu od **15.000,00 kuna** kaznit će se fizička osoba u svojstvu izvođača za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka.

Prekršaj osobe registrirane za poslove stručnog nadzora (SN)
Članak 317.
Novčanom kaznom u iznosu od **100.000,00** kuna kaznit će se za prekršaj **pravna** osoba koja provodi SN ako zbog propusta u provedbi SN-a ne budu ispunjeni zahtjevi propisani za **energetska svojstva zgrada**. Uz kaznu za prekršaj iz stavka 1. i 2. ovoga članka osobi koja obavlja SN može se izreći **zaštitna mjera oduzimanja ovlaštenja** za provedbu SN-a u trajanju od tri do šest mjeseci, a za prekršaj počinjen drugi put uz novčanu kaznu izreći će se navedena mjera u trajanju od šest mjeseci do jedne godine. Novčanom kaznom u iznosu od **50.000,00 kuna** kaznit će se **fizička** osoba u svojstvu nadzornog inženjera koja poslove SN građenja obavlja u vlastitom ili zajedničkom uredu za prekršaj iz stavka 1. ovoga članka. Osoba ovlaštena za poslove SN-a u slučaju iz stavka 1. i 2. ovoga članka dužna je investitoru naknaditi štetu u skladu s posebnim zakonom.

Prekršaji vlasnika građevine
Članak 319.
Novčanom kaznom u iznosu od **25.000,00 kuna** kaznit će se za prekršaj **pravna** osoba kao vlasnik građevine ako:
- ne ispunjava uvjete za održavanje i unapređivanje ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu, **energetskih svojstava zgrada**, nesmetanog pristupa i kretanja u građevini na propisani način;
– **ne ishodi energetski certifikat** prije prodaje ili davanja u najam zgrade ili njezinog dijela.

Novčanom kaznom u iznosu od **15.000,00 kuna** kaznit će se vlasnik građevine **fizička** osoba za prekršaj iz stavka 1. i 2. ovoga članka. Vlasnik građevine u slučaju iz stavka 1. i 2. ovoga članka dužan je drugim osobama naknaditi štetu u skladu s posebnim zakonom.

U NN 135/11 objavljen je Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada kojim su se provela osnovna usklađenja s izmjenama u Zakonu. Osnovne su promjene u rokovima, gdje se navodi:
Nove zgrade za koje se nakon 31. ožujka 2010. godine podnosi zahtjev za izdavanje akta na temelju kojega se može graditi moraju imati energetski certifikat izdan na način sukladno odredbama ovoga Pravilnika...
Nove zgrade za koje je zahtjev za izdavanje akta na temelju kojega se može graditi podnesen prije 31. ožujka 2010. godine, moraju imati energetski certifikat izdan na način sukladno odredbama ovoga Pravilnika i u skladu s Odlukom o najvišim cijenama koštanja provođenja energetskih pregleda i izdavanja energetskih certifikata zgrada iz članka 31. stavka 3. ovoga Pravilnika kada se:

- završno izvješće nadzornog inženjera o izvedbi građevine dostavlja nakon 10. veljače 2012. godine za zgrade čija građevinska (bruto) površina nije veća od 400 m^2 i za zgrade za obavljanje isključivo poljoprivrednih djelatnosti čija građevinska (bruto) površina nije veća od 600 m^2 a nisu izuzete od obveze energetskog certificiranja prema ovome Pravilniku;

- zahtjev za izdavanje uporabne dozvole za zgradu podnosi nakon 10. veljače 2012. godine.

Postojeće zgrade ili njihove samostalne uporabne cjeline koje se prodaju ili iznajmljuju moraju imati energetski certifikat izdan na način sukladno odredbama ovoga Pravilnika i u skladu s Odlukom o najvišim cijenama koštanja provođenja energetskih pregleda i izdavanja energetskih certifikata zgrada iz članka 31. stavka 3. ovoga Pravilnika dostupan na uvid kupcu ili najmoprimcu prije sklapanja ugovora o kupoprodaji ili iznajmljivanju najkasnije danom pristupanja Republike Hrvatske u članstvo Europske unije.

Zgrade javne namjene ili samostalne uporabne cjeline zgrada koje se koriste za javnu namjenu u zgradama mješovite namjene za koje je obvezno javno izlaganje energetskog certifikata, sukladno članku 8. ovoga Pravilnika, moraju imati izrađen i javno izložen energetski certifikat do 31. prosinca 2012. godine.

1.2.2. Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada, NN 36/10, 135/11

Temeljem Akcijskog plana za implementaciju EPBD-a, usvojenog u travnju 2008. godine, te Zakona o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07 i 38/09), krajem 2008. godine usvojen je Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada, NN113/2008. Pravilnik je dorađen Pravilnikom o izmjenama Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada NN 91/09. Konačno, u ožujku 2010., objavljena je nova verzija Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada, [11] koji se sastoji od ukupno 9 poglavlja, 37 članaka i 9 priloga.

Pravilnikom se propisuju:

- zgrade za koje je potrebno izdati energetski certifikat o energetskim svojstvima zgrade (u daljnjem tekstu: energetski certifikat) i izuzeća od obveznosti izdavanja energetskog certifikata;
- energetski razredi zgrada;
- sadržaj i izgled energetskog certifikata, izdavanje i važenje;
- energetsko certificiranje novih zgrada;
- energetsko certificiranje postojećih zgrada koje se prodaju, iznajmljuju ili daju na leasing;
- zgrade javne namjene za koje je obvezno javno izlaganje energetskog certifikata i izlaganje energetskog certifikata;
- obveze investitora, odnosno vlasnika zgrade u vezi s energetskim certificiranjem zgrade;
- registar izdanih energetskih certifikata;
- nadzor nad provedbom Pravilnika.

Ovim Pravilnikom implementira se Direktiva 2002/91/EC u dijelu koji se odnosi na:

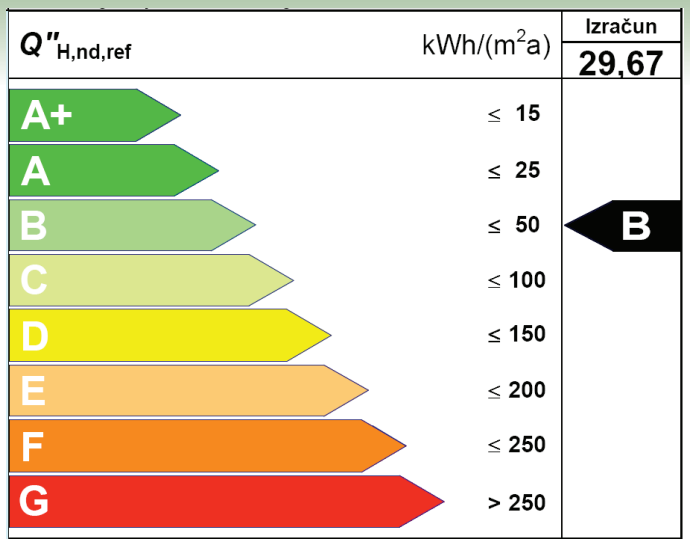
- obvezu vlasnika zgrade da prilikom izgradnje, prodaje ili iznajmljivanja zgrade predoči budućem vlasniku, odnosno potencijalnom kupcu ili najmoprimcu energetski certifikat kojemu rok valjanosti nije duži od deset godina;

- obvezu izdavanja i izlaganja energetskog certifikata ne starijeg od 10 godina, na jasno vidljivom mjestu, za zgrade javne namjene, ukupne korisne površine veće od 1000 m^2 koje koriste tijela javne vlasti i zgrade institucija koje pružaju javne usluge velikom broju ljudi (zgrade s velikim prometom ljudi).

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

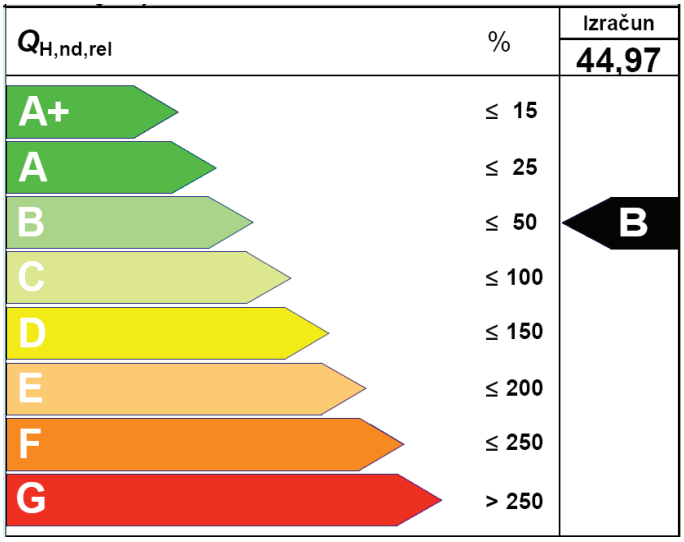
Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke. Referentni klimatski podaci određeni su posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja. Za gradove i mjesta koji imaju 2200 i više stupanj dana grijanja godišnje, energetske potrebe se proračunavaju prema referentnim klimatskim podacima za kontinentalnu Hrvatsku, pri čemu su referentni klimatski podaci uzeti za grad Karlovac. Za gradove i mjesta koji imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja godišnje, energetske potrebe se proračunavaju prema referentnim klimatskim podacima za primorsku Hrvatsku, pri čemu su referentni klimatski podaci uzeti za grad Šibenik.

Energetski razred grafički se prikazuje na energetskom certifikatu stambene zgrade strjelicom s podatkom o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m^2a) na sljedeći način:



Slika 1.4 Grafički prikaz energetskog razreda stambene zgrade

Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke za stambenu zgradu, $Q''_{H,nd,ref}$ (kWh/(m^{2}a)) jest godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, izražena po jedinici ploštine korisne površine zgrade.



Slika 1.5 Grafički prikaz energetskog razreda nestambene zgrade

Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke za nestambenu zgradu jest godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, izražena po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, $Q'_{H,nd,ref}$ (kWh/(m^{3}a)), te godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke, izražena po jedinici ploštine korisne površine zgrade, $Q''_{H,nd,ref}$ (kWh/(m^{2}a)). ***Relativna vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za nestambene zgrade***, $Q_{H,nd,rel}$ [%], jest omjer specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za referentne klimatske podatke, $Q'_{H,nd,ref}$ (kWh/(m^{3}a)) i dopuštene specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje, $Q'_{H,nd,dop}$ (kWh/(m^{3}a)), a izračunava se prema izrazu:

$$Q_{H,nd,rel} = Q'_{H,nd,ref} / Q'_{H,nd,dop} \times 100\ (\%).$$

1.2.3. Pravilnik o energetskim pregledima građevina NN 5/11 i veza s Pravilnikom o energetskom certificiranju zgrada

U Zakonu o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji („Narodne novine" br.152/08; u daljnjem tekstu: ZUKE) [8] energetski pregled definira se kao sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije zgrade ili skupine zgrada, tehnološkog procesa i/ili industrijskog postrojenja, privatnih ili javnih usluga, za utvrđivanje i određivanje isplativosti mogućnosti za uštede energije te za izvještavanje o nalazima.

Provođenje energetskih pregleda jedan je od ključnih elemenata sustavnog gospodarenja energijom. Člankom 19. ZUKE propisuju se:

- svrha i obuhvat energetskog pregleda:
  - Svrha energetskog pregleda je utvrđivanje isplativosti mogućnosti za smanjenje neposredne potrošnje energije građevine, izdavanje energetskog certifikata zgrade (u skladu s posebnim propisom) i utvrđivanje ostvarenih ušteda nakon primjene mjera energetske učinkovitosti
  - Energetski pregled se sastoji od prikupljanja podataka, mjerenja krajnje potrošnje energije građevine, procjene energetske učinkovitosti i isplativosti mogućnosti za uštede energije te izvješćivanja o nalazima;
- obveze naručitelja energetskog pregleda:
  - Naručitelj energetskog pregleda dužan je ovlaštenoj osobi za energetski pregled osigurati sve podatke, tehničku dokumentaciju građevine i drugu dokumentaciju te ostale uvjete za nesmetani energetski pregled građevine, u skladu s Pravilnikom o energetskim pregledima građevina
  - Naručitelj energetskog pregleda koji ima status obveznika gospodarenja energijom dužan je sažetak izvješća o energetskom pregledu dostaviti Ministarstvu i Fondu, te županiji ako županija nije ujedno i naručitelj energetskog pregleda, u roku od mjesec dana od preuzimanja izvješća;
- minimalni sadržaj izvješća o energetskom pregledu:
  - Izvješće o energetskom pregledu mora sadržavati najmanje podatke o osnovnoj potrošnji energije građevine s pokazateljima potrošnje, podatke o usklađenosti svojstava građevine s tehničkim propisima o energetskim svojstvima zgrada i drugim propisima o energetskoj učinkovitosti građevine, procjenu energetske učinkovitosti, odnosno pokazatelja energetske učinkovitosti, identifikaciju mjera za smanjenje potrošnje energije i poboljšanje energetske učinkovitosti, procjenu ušteda energije i postupke za utvrđivanje ušteda, izračun isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti i preporuke o provedbi mjera za gospodarenje energijom i poboljšanje energetske učinkovitosti.

Člankom 19. ZUKE nadalje se nalaže da se svi ostali detalji vezani uz način i obveze provođenja energetskih pregleda propišu pravilnikom kojega donosi ministar nadležan za energetiku u suradnji s ministrom nadležnim za zaštitu okoliša, prostorno uređenje i graditeljstvo.

Temeljem ovih zakonskih odredbi u siječnju 2011. godine na snagu je stupio **Pravilnik o energetskim pregledima građevina** (Narodne novine br.05/11; u daljnjem tekstu: Pravilnik). [14]

Ovaj Pravilnik propisuje način provođenja energetskih pregleda u svrhu gospodarenja energijom. Gospodarenje energijom obveza je javnog sektora u zgradama i javnoj rasvjeti, velikog potrošača energije za građevinu koju koristi za obavljanje svoje djelatnosti kao i korisnika sredstava Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost u skladu s člankom 18. ZUKE, a obuhvaća: (1) periodičko (najmanje na godišnjoj razini) analiziranje potrošnje energije, **(2) provođenje energetskih pregleda**, (3) donošenje programa energetske učinkovitosti, (4) provođenje mjere energetske učinkovitosti utvrđenih programom, (5) sustavno nadziranje potrošnje energije te (6) dostavljanje podataka Ministarstvu i Fondu o ukupnoj potrošnji energije, u skladu s pravilnikom o jedinstvenom informacijskom sustavu za energetsku učinkovitost.

Obveza provođenja energetskih pregleda Pravilnikom se propisuje za:

- javni sektor u zgradama koje koristi za obavljanje svoje djelatnosti ukupne korisne površine veće od 1.000 m^2 i javnoj rasvjeti;
- krajnje potrošače energije, izuzev potrošača iz javnog sektora, čija ukupna godišnja potrošnja prelazi 10.000 MWh (kategorija "veliki potrošač") i
- korisnike sredstava Fonda, ako je to specificirano ugovorom.

Granica površine javnih zgrada određena je na način da se obuhvate najveće zgrade te da se ostvari usklađivanje s propisima koji reguliraju energetsko certificiranje zgrada. Granica velikog potrošača određena je ekspertnom procjenom temeljenom

na nizu energetskih pregleda provedenih u industrijskim postrojenjima i komercijalnim uslugama kao i temeljem drugih raspoloživih statističkih podataka o potrošnji energije u Hrvatskoj. Granica je određena tako da se obvezom obuhvate najveći potrošači energije. Krajnji potrošači iz sektora industrije i komercijalnih usluga dužni su dostaviti izjavu o godišnjoj potrošnji energije Ministarstvu gospodarstva, rada i poduzetništva (u daljnjem tekstu: MINGORP) u roku dva mjeseca od dana stupanja na snagu Pravilnika. Temeljem tih izjava će MINGORP utvrditi listu velikih potrošača te će se dalje pratiti izvršavanje njihovih zakonski propisanih obveza.

Energetske preglede mogu provoditi osobe ovlaštene od MINGORP-a u skladu s **Pravilnikom o ovlaštenjima za energetske preglede građevina** (Narodne novine br. 05/11). [15] No, u svrhu povezivanja s već postojećim sustavom energetskih pregleda zgrada u svrhu certificiranja zgrada, energetske preglede javnih zgrada koje su i po ovom Pravilniku obvezne redovito provoditi energetske preglede u svrhu gospodarenja energijom, mogu provoditi i osobe ovlaštene od Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (u daljnjem tekstu: MZOPUG) za zgrade sa složenim tehničkim sustavima, uz uvjet da pregled i izvještavanje provode na način propisan ovim Pravilnikom. Ovlaštene osobe dužne su voditi evidenciju o provedenim energetskim pregledima građevina i čuvati izvješće o provedenom energetskom pregledu najmanje 10 godina. Također, ovlaštena osoba dužna je jednom godišnje, do kraja veljače za tekuću godinu, u elektroničkom obliku izvijestiti MINGORP, Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost i Državni inspektorat o provedenim energetskim pregledima i poslati im sažetke izvješća o provedenim energetskim pregledima.

Energetski pregled u smislu ovoga Pravilnika obveznici su dužni provoditi **svakih pet godina**. I ovdje se vodilo računa o preklapanju s energetskim pregledima zgrada u svrhu energetskog certificiranja. Ako je energetski pregled radi izdavanja energetskog certifikata zgrade obuhvatio analizu stvarne potrošnje energije, odnosno gospodarenja energijom u zgradi javnog sektora, onda se on smatra da je usklađen sa zahtjevima ovoga Pravilnika i ne treba ga se ponavljati. S obzirom da obveza izdavanja energetskog certifikata javne zgrade dolazi svakih 10 godina, periodika provođenja energetskih pregleda po jednom i drugom sustavu će se poklapati te treba voditi računa o tome da se uvijek izvršava usklađivanje kako vremensko tako i funkcionalno, u smislu koraka i detaljnosti provedbe energetskog pregleda te osoba koje te preglede provode. Primjer kronološke provedbe energetskih pregleda u razdoblju od 10 godina (za objekte koji imaju obvezu provedbe i u svrhu certificiranja i u svrhu gospodarenja energijom dan je na donjoj slici.

Slika 1.6 Primjer kronološke provedbe energetskog pregleda u zgradi javne namjene površine veće od 1.000 m²

Pravilnikom se propisuju vrste energetskih pregleda koji mogu biti:
- opći energetski pregled i
- detaljni energetski pregled.

Opći energetski pregled provodi se na razini cijele građevine, u sklopu njega se vrše mjerenja stvarnih veličina vezanih uz potrošnju energije u ograničenom opsegu te se procjenjuju potrebne investicije s približnom točnošću. Opći je energetski pregled dovoljno detaljan za identifikaciju svih mogućnosti za smanjenje potrošnje energije u razmatranoj građevini te za provedbu onih mjera koje imaju prihvatljiva razdoblja povrata investicije. Opći energetski pregled smatra se pregledom kojim se zadovoljava obveza gospodarenja energijom. Pravilnikom se, nadalje, detaljno propisuju koraci provedbe energetskog pregleda koji mora uključivati tri osnovne grupe aktivnosti:
1.pripremni dio energetskog pregleda koji uključuje obilazak lokacije i prikupljanje podataka;
2.analizu potrošnje energije i vode ovisno o djelatnosti naručitelja te prakse gospodarenja energijom;
3.utvrđivanje i vrednovanje mogućnosti za uštede i predlaganje pojedinačnih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti.
U prilozima Pravilniku daje se niz predložaka i pomoćnih materijala za provedbu energetskog pregleda i izradu konačnog izvješća, kao što su sadržaj izvješća o provedenom energetskom pregledu građevine, sadržaj sažetka izvješća o provedenom

energetskom pregledu građevine, obrazac upitnika za prikupljanje podataka o potrošnji energije i aktivnostima na lokaciji, sadržaj plana mjerenja koja prate detaljne energetske preglede građevine, izgled i sadržaj energetske i troškovne bilance, matrica za ocjenjivanje postojeće prakse gospodarenja energijom na analiziranoj lokaciji, izrazi za izračun ekonomskih pokazatelja ulaganja u poboljšanje energetske učinkovitosti građevina, vrijednosti koeficijenata potrebnih za izračun emisija CO_2 izgaranjem fosilnih goriva u Republici Hrvatskoj, vrijednosti koeficijenta koji povezuje potrošnju električne energije ili toplinske energije iz sustava daljinskog grijanja s odgovarajućim emisijama CO_2 u Republici Hrvatskoj.

Pravilnik je definirao i detaljni energetski pregled. Njime se dubinski analiziraju one mjere koje su u općem energetskom pregledu označene kao mjere s velikim potencijalom za energetske uštede, ali koje su tehnički i ekonomski složene. Ovim se pregledom analiziraju samo dijelovi postrojenja i rade detaljna mjerenja potrebna za ocjenu učinaka mjere energetske učinkovitosti. Visina investicije procjenjuje se s visokom razinom točnosti, jer upravo ovakav pregled prethodi samoj izvedbi projekta energetske učinkovitosti. Valja istaknuti da je ovakvo stupnjevanje energetskih pregleda u skladu sa svjetskom praksom, a iznimno je značajno zbog projekata koji se ugovaraju prema ostvarenom učinku (ESCO projekti).

U skladu s člancima 20. i 21. ZUKE, ovim se Pravilnikom također propisuje i obveza provođenja kontrolnih pregleda sustava za grijanje u zgradi s kotlom ukupne nazivne snage 20 kW i veće kao i za sustave klimatizacije u zgradi ukupne nazivne snage 12 kW i veće. Valja istaknuti da su ovi zahtjevi preuzeti iz Direktive o energetskim svojstvima zgrada („stara“ Direktiva 2002/91/EZ i „nova“ Direktiva 2010/31/EU). Svrha kontrolnih pregleda ovih sustava je utvrditi jesu li dimenzionirani, vođeni i održavani na način predviđen tehničkom dokumentacijom i preporukama proizvođača, utvrditi njihovu stvarnu energetsku učinkovitosti i dati preporuke za poboljšanja. Kontrolni pregledi ne podrazumijevaju održavanje (servis) ovih sustava, jer je obveza redovitog održavanja propisana odgovarajućim tehničkim propisima. Kontrolne preglede mogu provoditi osobe ovlaštene od MZOPUG-a ili MINGORP-a uz uvjet da su strojarske struke. Pravilnikom se propisuju koraci provedbe kontrolnog pregleda za svaki od ovih sustava te se u prilozima daje sadržaj izvješća. U skladu s preporukama europskih direktiva, a ponajprije zbog troškovne učinkovitosti sustava energetskih i kontrolnih pregleda, provedba kontrolnog pregleda treba se uskladiti s provedbom energetskog pregleda (bilo u svrhu gospodarenja energijom, bilo u svrhu izdavanja energetskog certifikata zgrade). Vremensko usklađivanje se postiže tako da je propisana učestalost provođenja kontrolnih pregleda pet godina, tako da kontrolni pregled *de facto* mora biti sastavni dio energetskog pregleda. Jedina su iznimka sustavi za grijanje s kotlovima većim od 100 kW koji predstavljaju mala ložišta prema propisima koji uređuju granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, za koje se propisuje obveza provođenja kontrolnog pregleda svake dvije godine.

Temeljem Zakona, inspekcijski nadzor nad provedbom ovog Pravilnika provodi Državni inspektorat.

Sve građevine koje prema ovom Pravilniku imaju obvezu provođenja energetskog pregleda i/ili kontrolnog pregleda sustava grijanja i klimatizacije, dužne su prvi pregled izvršiti u roku 2 godine od stupanja Pravilnika na snagu. Kako je Pravilnik stupio na snagu u siječnju 2011. godine, krajnji je rok za izvršavanje ove obveze siječanj 2013. godine.

U danim zakonskim okvirima, Pravilnikom se pokušalo dati najjednostavnije i troškovno najučinkovitije rješenje. Ipak, provedbu Pravilnika je potrebno pomno pratiti i uočene nedostatke ispravljati pravodobnim izmjenama i dopunama. Posebice se ovo odnosi na preklapanje sustava koje vode MINGORP[1] i MZOPUG[2], a tendencija svakako treba biti na objedinjavanju ovih sustava. Postojanje dvaju sustava i metodologija za provođenje energetskog pregleda svakako će dovesti do problema i preklapanja u praksi, no postojeći zakonski okvir nalaže upravo ovakvo rješenje. **U budućnosti je potrebno stvaranje jedinstvenog regulatornog okvira za djelatnost energetskih pregleda, bez obzira s kojom se svrhom provode, jer će se time dobiti na jednostavnosti, jasnoći i troškovnoj učinkovitosti sustava, kako za nadležna ministarstva, tako i za korisnike i izvođače energetskih pregleda.**

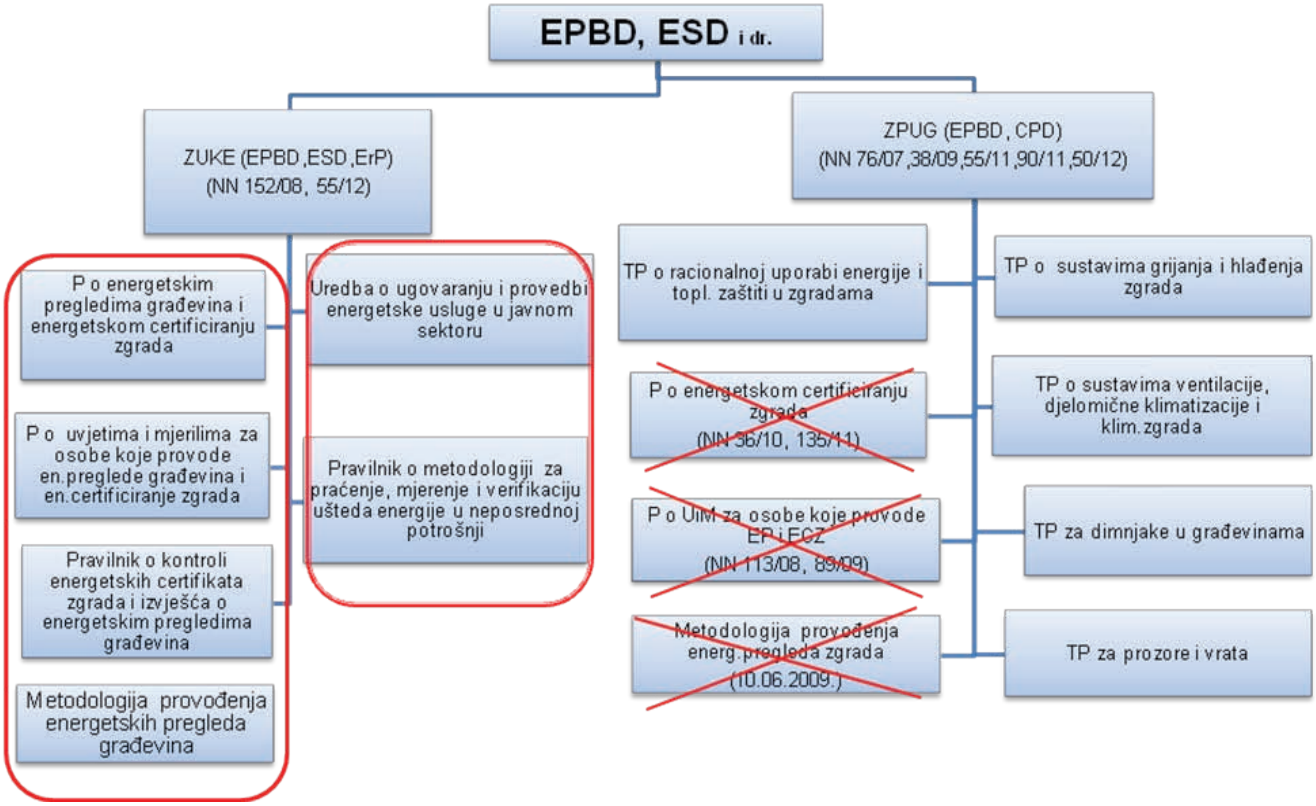
Do neophodnog usklađenja regulatornog okvira djelatnosti energetskog pregleda, preporuča se provoditi energetski pregled jedinstveno, zadovoljavajući oba zakonska okvira, kako bi se izbjeglo nepotrebno ponavljanje energetskog pregleda za istu građevinu, kada se radi o zgradama javne namjene.

1 *Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva*
2 *Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva*

1.3. NOVOSTI U ZAKONODAVNOM OKVIRU - IZMJENE, USKLAĐIVANJA I DOPUNE TIJEKOM 2012. GODINE

U prvoj polovici 2012. godine došlo je do nužnog usklađivanja regulative u području energetske učinkovitosti, donošenjem Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji, NN 55/12 [8]. Ovaj zakon sada postaje temeljni zakon za područje energetske učinkovitost koji obuhvaća između ostalog i područje energetskih pregleda zgrada i ostalih građevina i energetsko certificiranje zgrada. Temeljem ovoga Zakona usvojeni su sljedeći pravilnici i 1 uredba:

- Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada NN 81/12 [21];
- Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede građevina i energetsko certificiranje zgrada NN 81/12 [22];
- Pravilnik o kontroli energetskih certifikata zgrada i izvješća o energetskim pregledima građevina NN 81/12 [23];
- Pravilnik o metodologiji za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije u neposrednoj potrošnji NN 77/12 [25];
- Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru NN 69/12 [28].



Slika 1.7 Hrvatski zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti, novosti rujan 2012.

Napravljene su i neke ključne izmjene u postojećim pravilnicima, kako bi se potaknulo i pojednostavnilo provođenje projekata energetske obnove zgrada:

Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o jednostavnim građevinama i radovima NN 81/12 [24];
Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu obračuna površine i obujma u projektima zgrada NN 55/12 [26];
Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu utvrđivanja obujma građevine za obračun komunalnog doprinosa NN 55/12 [27].

1.3.1. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o učinkovitom korištenju energije u nepo srednoj potrošnji, NN 55/12

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji, NN 55/12 [8] temeljni je zakon za područje energetske učinkovitosti koji obuhvaća između ostalog i cjelovito područje energetskih pregleda zgrada i ostalih građevina i energetsko certificiranje zgrada.

Ovim se Zakonom uređuje područje učinkovitog korištenja energije u neposrednoj potrošnji, donošenje programa i planova za poboljšanje energetske učinkovitosti te njihovo provođenje, mjere energetske učinkovitosti, a posebno djelatnost energetskih usluga, energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada, obveze javnog sektora, energetskog subjekta i velikog potrošača te prava potrošača u primjeni mjera energetske učinkovitosti.

Ovim se Zakonom u zakonodavstvo Republike Hrvatske prenosi pravna stečevina Europske unije iz područja energetske učinkovitosti, a posebice Direktiva 2006/32/EZ o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama, Direktiva 2009/125/EZ o uspostavi okvira za postavljanje zahtjeva za ekološki dizajn proizvoda povezanih s energijom te Direktiva 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada u dijelu koji se odnosi na energetsko certificiranje zgrada i redovite preglede sustava grijanja i klimatizacije u zgradama.

U skladu sa Zakonom, opskrbljivač električnom energijom, toplinskom energijom i prirodnim plinom dužan je nadležnom Ministarstvu do kraja veljače tekuće godine dostaviti podatke o ukupnoj potrošnji energije svojih kupaca za prošlu godinu te prikaz strukture potrošnje energije svojih kupaca i to prema zemljopisnom rasporedu kupaca (po gradovima i po županijama), prema kategorijama kupca i ako je moguće po sektorima neposredne potrošnje (javni sektor, ostale usluge, industrija, kućanstva).

Javni sektor dužan je upravljati neposrednom potrošnjom energije u zgradi javnog sektora i javne rasvjete, na energetski učinkovit način. U ispunjenju ove obveze javni sektor:

1. imenuje pravnu ili fizičku osobu zaduženu za gospodarenje energijom;
2. redovito prati i najmanje jednom mjesečno unosi podatke o potrošnji energije i vode u zgradama u nacionalni informacijski sustav za gospodarenje energijom;
3. periodički, a najkasnije jednom godišnje analizira potrošnju energije;
4. provodi energetske preglede, u skladu s ovim Zakonom i posebnim propisom te pribavlja energetski certifikat zgrade javnog sektora;
5. donosi program energetske učinkovitosti u neposrednoj potrošnji energije;
6. provodi mjere energetske učinkovitosti u neposrednoj potrošnji energije utvrđene programom energetske učinkovitosti;
7. u zgradi, dijelu zgrade ili kompleksu zgrada čiji je ukupni godišnji trošak potrošnje energije i vode jednak ili veći od 300.000,00 kuna dužan je na svim mjernim mjestima potrošnje energije i vode ugraditi sustav daljinskog očitavanja potrošnje;
8. održava i rekonstruira javnu rasvjetu na način kojim se smanjuje potrošnja električne energije i ispunjavaju ostali uvjeti propisani Zakonom o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja i propisima koji iz njega proizlaze.

ENERGETSKI PREGLED GRAĐEVINE

Svrha je energetskog pregleda građevine utvrđivanje isplativosti mogućnosti za smanjenje potrošnje energije građevine, izdavanje energetskog certifikata zgrade i utvrđivanje ostvarenih ušteda nakon primjene mjera energetske učinkovitosti.
Vlasnik građevine koja podliježe obvezi redovitog provođenja energetskog pregleda dužan je ovlaštenoj osobi za energetski pregled osigurati sve podatke, tehničku dokumentaciju građevine i drugu dokumentaciju te ostale uvjete za nesmetani energetski pregled građevine, u skladu s pravilnikom o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada.

Energetski pregled sastoji se od prikupljanja podataka, mjerenja krajnje potrošnje energije građevine, potrebnih proračuna za ustanovljavanje energetskog svojstva zgrada, procjene energetske učinkovitosti i isplativosti mogućnosti za uštede energije te izvješćivanja o nalazima.

Izvješće o energetskom pregledu koji podnosi ovlaštena osoba za energetski pregled naročito sadrži:

1. podatke o osnovnoj potrošnji energije građevine s pokazateljima potrošnje;
2. podatke o usklađenosti svojstava građevine s tehničkim propisima o energetskim svojstvima zgrada i drugim propisima o energetskoj učinkovitosti krajnje potrošnje energije građevine;
3. procjenu energetske učinkovitosti, odnosno pokazatelja energetske učinkovitosti;
4. identifikaciju mjera za smanjenje potrošnje energije i poboljšanje energetske učinkovitosti;
5. procjenu ušteda energije i postupke za utvrđivanje ušteda;
6. izračun isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti;
7. preporuke o provedbi mjera za gospodarenje energijom i poboljšanje energetske učinkovitosti;
8. druge potrebne podatke.

Vlasnik građevine dužan je voditi evidenciju o provedenim energetskim pregledima i čuvati izvješće o energetskom pregledu najmanje 10 godina od dana uručenja izvješća.

Ministarstvo nadležno za poslove graditeljstva vodi registar:
– osoba ovlaštenih za energetski pregled i energetsko certificiranje;
– izdanih izvješća o provedenim energetskim pregledima građevina;
– izdanih energetskih certifikata zgrada;
– osoba ovlaštenih za kontrolu izvješća o energetskom pregledu i energetskog certifikata.
Izvješća o provedenim energetskim pregledima podliježu sustavu neovisne kontrole.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE

Investitor zgrade, odnosno njezinog dijela dužan je pribaviti energetski certifikat zgrade prije izdavanja uporabne dozvole, odnosno drugog akta za uporabu zgrade prema posebnom zakonu.
Vlasnik zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela dužan je imati energetski certifikat prije promjene vlasništva, iznajmljivanja, leasinga, odnosno davanja u zakup zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela.
Kupac, najmoprimac, odnosno zakupac zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela prije sklapanja ugovora o kupoprodaji, iznajmljivanju, odnosno zakupu ima pravo uvida u energetski certifikat.
Vlasnik zgrade javne namjene dužan je energetski certifikat zgrade izložiti na vidljivom mjestu u zgradi koje je lako dostupno svim posjetiteljima zgrade.
Izdani energetski certifikati podliježu sustavu neovisne kontrole.

OVLAŠTENJA

Energetski pregled građevine, energetsko certificiranje zgrada i kontrolu izvješća o energetskim pregledima i izdanih certifikata može obavljati samo fizička ili pravna osoba koja je ishodila ovlaštenje ministarstva nadležnog za poslove graditeljstva.
Ministarstvo nadležno za poslove graditeljstva vodi javni Registar ovlaštenih osoba u obliku elektroničke baze podataka u kome su upisane ovlaštene fizičke i pravne osobe.
Uvjete i mjerila za davanje ovlaštenja osobama za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada, te kontrolu izvješća o energetskim pregledima i izdanih energetskih certifikata, postupke izdavanja i oduzimanja ovlaštenja, postupanje i izuzeće ovlaštenih osoba, nadzor nad radom ovlaštenih osoba, registar ovlaštenih osoba te druga pitanja vezana uz ovlaštenja propisuje ministar nadležan za poslove graditeljstva pravilnikom.

ENERGETSKA USLUGA

Energetska usluga je djelatnost povezana s energetskim pregledima, projektiranjem, građenjem, stručnim nadzorom građenja, rekonstrukcijom, održavanjem građevine i/ili upravljanjem te nadzorom nad potrošnjom energije, a obavljaju je pravne i fizičke osobe na osnovi ugovora o energetskom učinku i/ili drugog odgovarajućeg ugovora, ovisno o predmetu, sadržaju i opsegu usluge.
Pružatelj energetske usluge može ponuditi mjeru za poboljšanje energetske učinkovitosti koja nije obuhvaćena predloženim mjerama u izvješću o provedenom energetskom pregledu za građevinu, ako izračunom isplativosti predložene mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti dokaže isplativosti iste.
Ugovorom o energetskom učinku pružatelj energetske usluge obvezuje se naručitelju usluge, djelomično ili u cijelosti vlastitim

sredstvima, izvesti radove na građevini kojima se postiže ušteda energije i/ili vode, a naručitelj se pružatelju energetske usluge obvezuje za to platiti naknadu sredstvima koja ostvari od uštede energije i/ili vode koja je posljedica izvedenih radova.
Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija provodi postupke javne nabave za energetsku uslugu u ime i za račun proračunskih i izvanproračunskih korisnika državnog proračuna. Ostali subjekti javnog sektora mogu ovlastiti Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija da u njihovo ime i račun provodi postupke javne nabave za energetsku uslugu. Kada provodi postupke javne nabave za energetsku uslugu, Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija smatra se središnjim tijelom za javnu nabavu u smislu propisa kojim je uređeno područje javne nabave. Subjekti u čije ime i račun Centra za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija provodi postupke javne nabave za energetsku uslugu nadoknađuju Centru troškove objave javne nabave.
Način ugovaranja energetske usluge, podrobnije obveze pružatelja i naručitelja, podrobniji sadržaj ugovora te proračunsko praćenje energetske usluge za naručitelja iz javnog sektora, propisuje Vlada uredbom, na prijedlog ministarstva nadležnog za poslove graditeljstva.
Za nepoštivanje odredbi ovoga Zakona predviđene su kazne u rasponu od 10.000 do 150.000 kuna.

1.3.2. Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada NN 81/12

Ovim Pravilnikom propisuje se provođenje energetskih pregleda građevina radi utvrđivanja energetskih svojstava i načina gospodarenja energijom u građevinama koje troše energiju i vodu, utvrđivanja mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti i njihovih isplativosti te provođenje energetskog certificiranja zgrada, a posebno se propisuje:

– zgrade javne namjene;
– obveza provođenja energetskog pregleda;
– godišnja granična vrijednost neposredne potrošnje energije građevine koja služi za određivanje kategorije velikog potrošača energije;
– obveza energetskog certificiranja zgrada i izuzeće od te obveze;
– obveza javnog izlaganja energetskog certifikata zgrade;
– obveze investitora, vlasnika i korisnika građevine kod provođenja energetskog pregleda građevine i energetskog certificiranja zgrade;
– postupak provođenja energetskog pregleda građevine;
– postupak provođenja energetskog certificiranja zgrade;
– način određivanja energetskog razreda zgrade;
– sadržaj i izgled energetskog certifikata zgrade;
– provođenje redovitog pregleda sustava grijanja i sustava hlađenja i klimatizacije;
– registar izvješća o provedenim energetskim pregledima građevina i energetskih certifikata zgrada;
– nadzor nad provedbom ovoga Pravilnika.

Energetski pregled građevine se obvezno provodi za:
– građevinu koju veliki potrošač koristi za obavljanje svoje djelatnosti;
– javnu rasvjetu (koja uključuje i javnu rasvjetu na cestama izvan naselja);
– zgrade javne namjene čija korisna (neto) površina prelazi 500 m^2, a od 9. srpnja 2015. čija korisna (neto) površina prelazi 250 m^2;
– postojeće zgrade ili dijelove zgrada koji čine samostalne uporabne cjeline i koje podliježu obvezi energetskog certificiranja zgrada;
– sustave grijanja u zgradama s kotlom na tekuće, plinovito gorivo ukupne nazivne snage 20 kW i veće;
– sustave hlađenja i klimatizacije u zgradama s jednim ili više uređaja za proizvodnju toplinske/rashladne energije ukupne nazivne snage 12 kW i veće.

Veliki potrošač je potrošač iz sektora industrije čija ukupna godišnja neposredna potrošnja energije u građevinama koje koristi za obavljanje svoje djelatnosti prelazi 10000 MWh.
Energetski pregled građevine obvezno se provodi jednom u pet godina od dana dostave posljednjeg izvješća o energetskom pregledu.

Energetski pregled građevine i energetsko certificiranje zgrade provodi osoba koja ima ovlaštenje Ministarstva prema posebnom propisu.

OBVEZA ENERGETSKOG CERTIFICIRANJA ZGRADA

Energetski certifikat mora imati zgrada javne namjene ili dio zgrade mješovite namjene koji se kao samostalna uporabna cjelina koristi za javnu namjenu ako ima ukupnu korisnu površinu veću od 500 m^2, a od 9. srpnja 2015. veću od 250 m^2 te svaka druga zgrada ili njezina samostalna uporabna cjelina koja se gradi, prodaje, iznajmljuje, daje na leasing ili daje u zakup.

Vrste zgrada u cjelini ili samostalnih uporabnih cjelina zgrada za koje se izdaje energetski certifikat, određene su prema pretežitoj namjeni korištenja i dijele se na:

A. stambene zgrade:
1. s jednim stanom i stambene zgrade u nizu s jednim stanom za koje se izrađuje jedan energetski certifikat;
2. s dva i više stana i zgrade za stanovanje zajednica (npr. domovi umirovljenika, đački, studentski, radnički, odnosno dječji domovi, zatvori, vojarne i slično) za koje se u pravilu izrađuje jedan zajednički certifikat, a može se izraditi i zasebni energetski certifikat.

B.1. nestambene zgrade:
1. uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene;
2. školske i fakultetske zgrade, vrtići i druge odgojne i obrazovne ustanove;
3. bolnice i ostale zgrade namijenjene zdravstveno-socijalnoj i rehabilitacijskoj svrsi;
4. hoteli i restorani i slične zgrade za kratkotrajni boravak (uključivo apartmani);
5. sportske građevine;
6. zgrade veleprodaje i maloprodaje (trgovački centri, zgrade s dućanima);
7. druge nestambene zgrade koje se griju na temperaturu +18°C ili višu (npr. zgrade za promet i komunikacije, terminali, postaje, zgrade za promet, pošte, telekomunikacijske zgrade, zgrade za kulturno-umjetničku djelatnost i zabavu, muzeji i knjižnice, i sl.)

B.2. ostale nestambene zgrade u kojima se koristi energija radi ostvarivanja određenih uvjeta kondicioniranja.

Izdavanje energetskog certifikata nije potrebno za:
1. nove zgrade, postojeće zgrade i samostalne uporabne cjeline zgrade u novim ili postojećim zgradama koje se prodaju, iznajmljuju, daju na leasing ili daju u zakup i koje imaju uporabnu korisnu površinu manju od 50 m^2;
2. zgrade koje imaju predviđeni vijek uporabe ograničen na dvije godine i manje;
3. privremene zgrade izgrađene u okviru pripremnih radova za potrebe organizacije gradilišta;
4. radionice, proizvodne hale, industrijske zgrade i druge gospodarske zgrade koje se, u skladu sa svojom namjenom, moraju držati otvorenima više od polovice radnog vremena ako nemaju ugrađene zračne zavjese;
5. jednostavne građevine utvrđene posebnim propisom;
6. postojeće zgrade ili njihove samostalne uporabne cjeline koje se prodaju ili se pravo vlasništva prenosi u stečajnom postupku u slučaju prisilne prodaje ili ovrhe;
7. postojeće zgrade ili njihove samostalne uporabne cjeline koje se prodaju ili iznajmljuju bračnom drugu ili članovima uže obitelji;
8. zgrade koje se ne griju ili se griju na temperaturu do +12 °C osim hladnjača.

OBVEZA JAVNOG IZLAGANJA ENERGETSKOG CERTIFIKATA ZGRADE

Zgrada javne namjene ili dio zgrade mješovite namjene koji se kao samostalna uporabna cjelina koristi za javnu namjenu ako ima ukupnu korisnu površinu veću od 500 m^2, a od 9. srpnja 2015. veću od 250 m^2, moraju imati energetski certifikat zgrade izložen na mjestu jasno vidljivom posjetiteljima zgrade.

Ako zgrada javne namjene iz stavka 1. ovoga članka ima više ulaza, tada se energetski certifikat izlaže na jasno vidljivom mjestu uz glavni ulaz zgrade. Energetski certifikat se izrađuje uvećan na format A3, zaštićen od eventualnih oštećenja i pričvršćen na siguran način. Javno se izlaže prva stranica energetskog certifikata koja sadrži osnovne podatke o zgradi i skalu energetskog

razreda, te treća stranica energetskog certifikata koja sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane kod postojećih zgrada, odnosno preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade kod novih zgrada.

OBVEZE INVESTITORA, VLASNIKA I KORISNIKA GRAĐEVINE KOD PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA GRAĐEVINE I ENERGETSKOG CERTIFICIRANJA ZGRADE

Investitor, odnosno vlasnik građevine i investitor, odnosno vlasnik zgrade ili njezine samostalne uporabne cjeline dužan je osigurati provođenje energetskog pregleda građevine i energetsko certificiranje zgrade, a poslove provođenja energetskog pregleda građevine i energetskog certificiranja zgrade povjeriti za to ovlaštenim osobama.

Investitor ili vlasnik dužan je ovlaštenoj osobi osigurati sve podatke, tehničku dokumentaciju građevine i drugu dokumentaciju te ostale uvjete za neometan rad, a osobito:

1. podatke o potrošnji svih oblika energije i vode u građevini za razdoblje od tri prethodne kalendarske godine putem računa od opskrbljivača ili na drugi način dogovoren s ovlaštenom osobom;
2. tehničku dokumentaciju građevine i tehničku dokumentaciju opreme ugrađene u sustavima koji su predmet pregleda;
3. izvješća o prethodno provedenim energetskim pregledima;
4. izvješća o redovitim pregledima i servisima u svrhu održavanja u skladu s tehničkim propisima;
5. izvješća o redovitim pregledima i servisima u svrhu održavanja ostalih tehničkih sustava;
6. slobodan pristup svim dijelovima građevine ili tehničkih sustava uz uvažavanje sigurnosnih uvjeta propisanih posebnim zakonom iz područja zaštite na radu i drugim posebnim propisima;
7. razgovor s osobljem u svrhu ocjene načina korištenja i gospodarenja energijom u građevini.

Opskrbljivači energijom i vodom dužni su podatke o opskrbi kojima raspolažu, a koje zatraži vlasnik građevine, bez naknade dostaviti u roku 30 dana od dana zaprimanja zahtjeva.
Investitor ili vlasnik zgrada javne namjene osim podataka, tehničke dokumentacije građevine i druge dokumentacije te ostalih uvjeta za neometan rad, dužan je osigurati arhitektonski snimak postojeće zgrade koja podliježe energetskom pregledu i certificiranju s evidentiranom korisnom površinom grijanog i/ili hlađenog dijela zgrade.
Korisnik građevine, odnosno zgrade ili njezinog dijela dužan je omogućiti ovlaštenim osobama provođenje energetskog pregleda građevine i/ili energetskog certificiranja zgrade i pristup u sve dijelove građevine.
Vlasnik zgrade dužan je prilikom prodaje, iznajmljivanja, leasinga ili davanja u zakup zgrade ili njezinog dijela koji je samostalna uporabna cjelina osigurati energetski certifikat te zgrade, odnosno njezinog dijela i dati ga na uvid potencijalnom kupcu, unajmljivaču ili zakupoprimcu.
Kod prodaje zgrade ili njezinog dijela koji je samostalna uporabna cjelina, energetski certifikat mora biti na uvidu prilikom sklapanja ugovora o kupoprodaji i njegov je sastavni dio.
Kada se oglasi za zgrade koje se prodaju, iznajmljuju, daju na leasing ili u zakup ili njihovi dijelovi koji su samostalna uporabna cjelina, objavljuju u medijima, tada se u oglasu mora navesti i energetski razred te zgrade ili njezine samostalne uporabne cjeline.

Investitor nove zgrade dužan je osigurati energetski certifikat prije početka njezine uporabe, odnosno puštanja u pogon.
Za zgrade čija građevinska (bruto) površina nije veća od 400 m^2 i zgrade za obavljanje isključivo poljoprivrednih djelatnosti čija građevinska (bruto) površina nije veća od 600 m^2, a koje podliježu obvezi energetskog certificiranja, investitor je prije početka uporabe zgrade, odnosno puštanja u pogon dužan energetski certifikat dostaviti tijelu koje je izdalo rješenje o uvjetima građenja zajedno sa završnim izvješćem nadzornog inženjera.

ENERGETSKI PREGLED GRAĐEVINE

Energetski pregled građevine sadrži naročito:
– pripremne radnje;
– prikupljanje svih potrebnih podataka i informacija o zgradama koji su nužni za provođenje postupka energetskog certificiranja zgrade i određivanja energetskog razreda zgrade;

– provođenje kontrolnih mjerenja prema potrebi;
– analizu potrošnje i troškova svih oblika energije, energenata i vode za razdoblje od tri prethodne kalendarske godine;
– prijedlog mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti građevina, odnosno za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane s proračunom povratnog razdoblja povrata investicija i izvore cijena za provođenje predloženih mjera;
– izvješće i zaključak s preporukama i redoslijedom provedbe ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti građevine, odnosno energetskih svojstava zgrade.

U postupku provođenja energetskog pregleda građevine provode se analize koje se odnose na:
1. način gospodarenja energijom u građevini;
2. toplinske karakteristike vanjske ovojnice;
3. sustav grijanja;
4. sustav hlađenja;
5. sustav ventilacije i klimatizacije;
6. sustav za pripremu potrošne tople vode;
7. sustav napajanja, razdiobe i potrošnje električne energije;
8. sustav električne rasvjete;
9. specifične podsustave (komprimirani zrak, elektromotorni pogoni i dr.);
10. sustav opskrbe vodom;
11. sustav mjerenja, regulacije i upravljanja;
12. alternativne sustave za opskrbu energijom.

ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADE

Svrha energetskog certifikata je pružanje informacija vlasnicima i korisnicima zgrada o energetskom svojstvu zgrade ili njezine samostalne uporabne cjeline i usporedba zgrada u odnosu na njihova energetska svojstva, učinkovitost njihovih energetskih sustava, te kvalitetu i svojstva ovojnice zgrade.

Energetsko certificiranje nove zgrade obvezno uključuje proračun energetskih potreba zgrade, proračun potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje i hlađenje za referentne klimatske podatke, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu energetskog certifikata. Energetski certifikat nove zgrade izdaje se temeljem podataka iz glavnog projekta u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu, završnog izvješća nadzornog inženjera o izvedbi građevine i pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine. Ako izvješće i/ili izjava ukazuju na odstupanja od glavnog projekta koja utječu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu, dodatni podaci za izradu energetskog certifikata utvrđuju se uvidom u relevantnu dokumentaciju na gradilištu, te po potrebi očevidom na zgradi.

Energetsko certificiranje postojeće zgrade obvezno uključuje energetski pregled građevine, proračun energetskih potreba zgrade, proračun potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje i hlađenje za referentne klimatske podatke, određivanje energetskog razreda zgrade i izradu energetskog certifikata. Proračun potrebne godišnje specifične toplinske energije za grijanje i hlađenje za referentne klimatske podatke za postojeće zgrade, provodi se prema režimu korištenja zgrade utvrđenom u Metodologiji. Provođenje energetskog pregleda zgrade i provođenje redovitih pregleda sustava grijanja i sustava hlađenja i klimatizacije u zgradi kada su te obveze propisane Zakonom i ovim Pravilnikom, usklađuju se s provođenjem energetskog pregleda zgrade radi izdavanja energetskog certifikata zgrade kad te obveze dospijevaju istodobno.
Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s tim da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski certifikat sadrži opće podatke o zgradi, energetski razred zgrade, podatke o osobi koja je izdala energetski certifikat, podatke o termotehničkim sustavima, klimatske podatke, podatke o potrebnoj energiji za referentne i stvarne klimatske podatke, objašnjenja tehničkih pojmova te popis primijenjenih propisa i normi. Energetski certifikat za postojeće zgrade obvezno sadrži i prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje se temelje na prethodno provedenom energetskom pregledu građevine. Energetski certifikat za nove zgrade sadrži preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade.

Rok važenja energetskog certifikata je 10 godina.
Izvješća o provedenim energetskim pregledima građevina i energetski certifikati zgrada podliježu neovisnoj kontroli koja se provodi na način utvrđen posebnim propisom.

ROKOVI PROVEDBE

Veliki potrošač mora provesti energetski pregled građevine u roku od dvije godine od dana stupanja na snagu Pravilnika. Javni sektor mora provesti energetski pregled javne rasvjete koja je u njegovoj nadležnosti u roku od dvije godine od dana stupanja na snagu Pravilnika. Nove zgrade prije uporabe, odnosno puštanja u pogon moraju imati energetski certifikat izrađen na način kako je propisano Pravilnikom. Postojeće zgrade ili njihove samostalne uporabne cjeline koje se prodaju, iznajmljuju, daju u leasing ili u zakup moraju imati važeći energetski certifikat, izdan na način sukladno odredbama ovoga Pravilnika, dostupan na uvid kupcu, najmoprimcu ili zakupcu prije sklapanja ugovora o kupoprodaji, iznajmljivanju, leasingu ili zakupu, najkasnije danom pristupanja Republike Hrvatske u članstvo Europske unije.

Zgrade javne namjene ili samostalne uporabne cjeline zgrada koje se koriste za javnu namjenu u zgradama mješovite namjene za koje je obvezno javno izlaganje energetskog certifikata, moraju imati izrađen i javno izložen energetski certifikat i to:
- Zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade korisne površine veće od 1000 m^2 moraju imati izdan i javno izložen energetski certifikat najkasnije do 31. prosinca 2012.
- Zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade korisne površine veće od 500 m^2 moraju imati izdan i javno izložen energetski certifikat najkasnije do 31. prosinca 2013.
- Zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade korisne površine veće od 250 m^2 moraju imati izdan i javno izložen energetski certifikat najkasnije do 31. prosinca 2015.

1.3.3. Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede građevina i energetsko certificiranje zgrada NN 81/12

Ovim se Pravilnikom propisuju:
- uvjeti i mjerila za izdavanje ovlaštenja osobama za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada;
- dokaze za fizičke i pravne osobe;
- postupanje, izuzeće, dužnost i odgovornost ovlaštenih osoba za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada;
- nadzor nad radom ovlaštenih osoba za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada;
- registar ovlaštenih osoba za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada;
- uvjeti za izdavanje suglasnosti za provođenje Programa izobrazbe;
- obveze nositelja programa izobrazbe;
- nadzor nad radom nositelja programa izobrazbe;
- registar nositelja programa izobrazbe;
- sadržaj i način provođenja programa izobrazbe.

Svrha ovoga Pravilnika je uspostava cjelovitog sustava ovlašćivanja osoba za provođenje energetskih pregleda građevina i energetsko certificiranje zgrada kao i programa izobrazbe osoba koje provode energetske preglede građevina i energetsko certificiranje zgrada.

U skladu s ovim Pravilnikom, zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom jesu stambene i nestambene zgrade građevinske (bruto) površine manje ili jednake 400 m^2 i koje su:
- s pojedinačnim uređajima za pripremu potrošne tople vode i koje nisu opremljene sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije;
- s lokalnim i centralnim izvorima topline za grijanje i pripremu potrošne tople vode bez posebnih sustava za povrat topline, s razdiobom toplinske energije jednim cirkulacijskim krugom bez korištenja alternativnih sustava;
- s pojedinačnim rashladnim uređajima;
- s lokalnim sustavima ventilacije bez dodatne obrade zraka i bez povrata topline.

Zgrade sa složenim tehničkim sustavom jesu sve ostale stambene i nestambene zgrade.

UVJETI I MJERILA ZA OSOBE KOJE PROVODE ENERGETSKE PREGLEDE GRAĐEVINA I/ILI ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA

Osobe koje provode energetske preglede građevina i/ili energetsko certificiranje zgrada moraju imati ovlaštenje Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja.

Ovlaštenje se izdaje za:
– provođenje energetskih pregleda i energetsko certificiranje zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom;
– energetsko certificiranje zgrada sa složenim tehničkim sustavom;
– provođenje energetskih pregleda zgrada sa složenim tehničkim sustavom i ostalih građevina i
– provođenje energetskih pregleda javne rasvjete.

Ovlaštenje za pravne osobe koje zapošljavaju fizičku osobu strojarske struke podrazumijeva i provođenje redovitih pregleda sustava za grijanje te sustava za hlađenje i klimatizaciju u zgradama. Ovlaštenje za fizičke osobe koje su strojarske struke podrazumijeva i provođenje redovitih pregleda sustava za grijanje te sustava za hlađenje i klimatizaciju u zgradama.

Fizičkoj osobi izdat će se ovlaštenje ako ispunjava sljedeće uvjete:
1. ima najmanje završen preddiplomski i/ili diplomski sveučilišni studij ili integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij kojim se stječe akademski naziv magistar inženjer tehničke struke: arhitektonske, građevinske, strojarske, elektrotehničke struke, odnosno koja ima završen specijalistički diplomski studij kojim se stječe stručni naziv stručni specijalist inženjer tehničke struke ako je tijekom cijeloga studija stekla najmanje 300 ECTS bodova ili koja je prema ranijim obrazovnim programima stekla akademski naziv diplomirani inženjer tehničke struke: arhitektonske, građevinske, strojarske, elektrotehničke struke;
2. ima najmanje pet godina radnog iskustva u struci na poslovima projektiranja, stručnog nadzora građenja, održavanja zgrada i ostalih građevina, ispitivanja građevinskog dijela zgrade vezano na uštedu energije i toplinsku zaštitu, ispitivanja funkcije energetskih sustava u zgradi, ispitivanja funkcije sustava automatskog reguliranja i upravljanja u zgradi, ispitivanja energetskih sustava u građevinama, ispitivanja energetskih i/ili procesnih postrojenja, obavljanja energetskih pregleda;
3. je uspješno završila program osposobljavanja propisan ovim Pravilnikom;
4. ima sklopljen ugovor o osiguranju od profesionalne odgovornosti;
5. protiv nje se ne vodi kazneni postupak zbog kaznenog djela koje se goni po službenoj dužnosti;
6. protiv nje nije izrečena pravomoćna osuđujuća presuda.

Za izdavanje ovlaštenja fizička osoba dodatno mora uspješno provesti praktični rad: energetski pregled zgrade i energetsko certificiranje zgrade s jednostavnim, odnosno složenim tehničkim sustavom.
Fizičkoj osobi koja ispunjava uvjete, a završila je program osposobljavanja modul 1 izdaje se ovlaštenje za provođenje energetskih pregleda i energetsko certificiranje zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom.
Iznimno ovlaštenje se izdaje i fizičkoj osobi koja je po ranijim obrazovnim programima stekla zvanje inženjera arhitektonske, građevinske, strojarske ili elektrotehničke struke (viša školska sprema) te koja ima najmanje deset godina radnog iskustva u struci.

Fizičkoj osobi koja ispunjava uvjete a završila je program osposobljavanja prema modulu 2 izdaje se ovlaštenje i za:
– provođenje energetskih pregleda zgrada sa složenim tehničkim sustavom i
– provođenje energetskih pregleda ostalih građevina.

Za provođenje energetskih pregleda u dijelu koji se odnosi na arhitektonske ili građevinske karakteristike zgrade u smislu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite fizička osoba mora biti arhitektonske ili građevinske struke.
Za provođenje energetskih pregleda u dijelu koji se odnosi na strojarski dio tehničkog sustava fizička osoba mora biti strojarske struke.
Za provođenje energetskih pregleda u dijelu koji se odnosi na elektrotehnički dio tehničkog sustava fizička osoba mora biti elektrotehničke struke.
Za provođenje energetskih pregleda u dijelu koji se odnosi na sustave automatskog reguliranja i upravljanja fizička osoba mora biti elektrotehničke ili strojarske struke.
Fizičkoj osobi koja ispunjava uvjete i koja je uspješno završila program osposobljavanja prema modulu 2 ako je elektrotehničke struke izdaje se ovlaštenje za provođenje energetskih pregleda javne rasvjete.

Pravnoj osobi izdaje se ovlaštenje ako:
1. je registrirana za: projektiranje, stručni nadzor građenja, tehničko savjetovanje, znanstveno-istraživačku djelatnost, arhitektonske djelatnosti i inženjerstvo, građevinarstvo, istraživanje i razvoj u tehničkim znanostima, znanstvene i stručne poslove u području energetike i slično;
2. ima stalno zaposlenu najmanje jednu fizičku osobu koja ispunjava uvjete;
3. ima sklopljen ugovor o osiguranju od profesionalne odgovornosti;
4. protiv nje i odgovorne osobe u pravnoj osobi se ne vodi kazneni postupak zbog kaznenog djela koje se goni po službenoj dužnosti;
5. protiv nje i protiv odgovorne osobe u pravnoj osobi nije izrečena pravomoćna osuđujuća presuda;

Za izdavanje ovlaštenja sve fizičke osobe koje će kao zaposlenici pravne osobe provoditi energetske preglede zgrada moraju uspješno provesti praktični rad.

Ovlaštena fizička osoba, imenovana osoba u pravnoj osobi i sve fizičke osobe koje provode energetske preglede građevine kao zaposlenici ovlaštene pravne osobe dužne su se redovito stručno usavršavati.
Stručno osposobljavanje i obvezno usavršavanje osoba koje provode energetske preglede građevina i/ili energetsko certificiranje zgrada provode pravne osobe koji imaju suglasnost Ministarstva za provedbu programa izobrazbe.
Za stručno osposobljavanje i godišnje usavršavanje ovlaštenih osoba koje provode energetske preglede građevina i/ili energetsko certificiranje zgrada utvrđuje se program izobrazbe koji sadrži program osposobljavanja i program usavršavanja.
Program osposobljavanja utvrđen je kroz modul 1 i modul 2. modul 1 i modul 2 utvrđuju se u trajanju po 40 sati svaki.
Program usavršavanja se utvrđuje u trajanju od 8 do 16 sati, ovisno o promjenama propisa u području energetske učinkovitosti građevina i/ili tehničko-tehnološkom i metodološkom napretku na tom području.

PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Danom stupanja na snagu ovoga Pravilnika prestaje važiti Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada (NN 113/08 i 89/09) i Pravilnik o ovlaštenjima za energetski pregled građevine (NN 05/11).
Ovlaštenja fizičkih i pravnih osoba vrijede do isteka ovlaštenja.
Po isteku važenja ovlaštenja fizičke i pravne osobe za izdavanje novoga ovlaštenja moraju ispuniti uvjete propisane ovim Pravilnikom.
Nositelji programa izobrazbe koji su dobili su suglasnost Ministarstva ili ministarstva nadležnog za poslove energetike dužni su u roku od šest mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika uskladiti program izobrazbe te tako usklađeni program izobrazbe dostaviti Ministarstvu.
Osobe koje su pohađale modul 1 ili modul 2 prema programu izobrazbe utvrđenom u Pravilniku o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada (»Narodne novine«, br. 113/08 i 89/09) mogu podnijeti zahtjev za ovlaštenje za provođenje energetskih pregleda i energetsko certificiranje zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom, odnosno za provođenje energetskih pregleda zgrada sa složenim tehničkim sustavom ako polože ispit u roku od 6 mjeseci od dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika.
Osobe koje su do dana stupanja na snagu ovoga Pravilnika položile ispit na modulu 1 ili modulu 2 prema Pravilniku o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada (»Narodne novine«, broj 113/08 i 89/09), mogu podnijeti zahtjev za ovlaštenje za energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom, za energetsko certificiranje zgrada sa složenim tehničkim sustavom, odnosno za energetske preglede zgrada sa složenim tehničkim sustavom prema uvjetima iz tog Pravilnika u roku od 3 godine od dana polaganja ispita.

1.3.4. Pravilnik o kontroli energetskih certifikata zgrada i izvješća o energetskim pregledima građevina NN 81/12

Ovim Pravilnikom propisuju se:
– uvjeti i mjerila za izdavanje i oduzimanje ovlaštenja za provođenje kontrole energetskih certifikata zgrada i kontrole izvješća o energetskim pregledima građevina;
– postupci za izdavanje i oduzimanje ovlaštenja osobama za provođenje kontrole;
– ponovno izdavanje ovlaštenja za provođenje kontrole;

– izmjene tijekom ovlaštenja;
– postupanje ovlaštenih osoba i izuzeće u obavljanju poslova;
– registar ovlaštenih osoba;
– odabir izvješća o energetskim pregledima građevina i energetskih certifikata za kontrolu;
– sadržaj kontrole;
– povjerenstvo za provjeru zahtjeva za izdavanje ovlaštenja za kontrolu;
– obveze investitora, vlasnika i korisnika građevine kod provođenja kontrole;
– obveze ovlaštenih osoba za provođenje energetskih pregleda građevina i ovlaštenih osoba za provođenje energetskog certificiranja zgrada kod provođenja kontrole;
– postupanje po negativnom izvješću o kontroli;
– naknade za obavljenu kontrolu;
– nadzor nad radom ovlaštenih osoba za kontrolu.

Pravilnikom se uspostavlja sustav neovisnih kontrola energetskih certifikata zgrada, izvješća o energetskim pregledima građevina i izvješća o pregledima sustava grijanja u zgradama i sustava hlađenja i klimatizacije u zgradama.

Ovlaštenje se izdaje za:
– provođenje kontrole izvješća o energetskim pregledima građevina;
– provođenje kontrole izdanih energetskih certifikata zgrada.

Ovlaštenje uključuje i kontrole izvješća o redovitim pregledima sustava grijanja i sustava hlađenja i klimatizacije u zgradama.

Uvjeti za izdavanje ovlaštenja za provođenje kontrole izvješća o energetskim pregledima građevine
Ovlaštenje za provođenje kontrole izvješća o energetskim pregledima građevine izdaje se pravnoj osobi koja:
– je ovlaštena za obavljanje energetskih pregleda građevine;
– u punom radnom vremenu na neodređeno vrijeme ima zaposlene najmanje tri osobe koje su završile programe izobrazbe i koje se redovito usavršavaju i koje imaju najmanje završen diplomski sveučilišni studij kojim se stječe akademski naziv magistar inženjer tehničke struke, ako su tijekom cijelog studija stekle najmanje 300 ECTS bodova ili koje su prema ranijim obrazovnim programima stekle akademski naziv diplomirani inženjer arhitekture, građevinarstva, strojarstva ili elektrotehnike;
– ima iskustvo u provođenju energetskih pregleda građevina najmanje 3 godine;
– provela je više od 20 energetskih pregleda građevina, od kojih je najmanje 5 energetskih pregleda na građevinama koje nisu zgrade.

Najmanje jedna od zaposlenih osoba mora biti arhitektonske struke ili građevinske struke, jedna strojarske struke i jedna elektrotehničke struke.

Uvjeti za izdavanje ovlaštenja za kontrolu energetskih certifikata zgrada
Ovlaštenje za provođenje kontrole energetskih certifikata zgrada izdaje se pravnoj osobi koja:
– je ovlaštena za energetsko certificiranje zgrada sa složenim tehničkim sustavom,
– u punom radnom vremenu na neodređeno radno vrijeme ima zaposlene najmanje tri osobe koje su završile Programe izobrazbe i koje se redovito usavršavaju i koje imaju najmanje završen diplomski sveučilišni studij kojim se stječe akademski naziv magistar inženjer tehničke struke ako su tijekom cijelog studija stekle najmanje 300 ECTS bodova ili koje su prema ranijim obrazovnim programima stekle akademski naziv diplomirani inženjer arhitekture, građevinarstva, strojarstva ili elektrotehnike,
– ima iskustvo u provođenju energetskog certificiranja zgrada sa složenim tehničkim sustavom najmanje 3 godine, te je izdala najmanje 20 energetskih certifikata zgrada sa složenim tehničkim sustavom.

Najmanje jedna od zaposlenih osoba mora biti arhitektonske struke ili građevinske struke, jedna strojarske struke i jedna elektrotehničke struke.

Odabir izvješća i energetskog certifikata za kontrolu
Ministarstvo provodi odabir izvješća o energetskim pregledima građevina i energetskih certifikata zgrada koja će se kontrolirati. Odabir se provodi na jedan od sljedećih načina:
– slučajnim odabirom od ukupnog broja provedenih energetskih pregleda građevina (izvješća o energetskim pregledima

građevina), odnosno izdanih energetskih certifikata zgrada;
– slučajnim odabirom od ukupnog broja izdanih energetskih certifikata zgrada određenog energetskog razreda, određene vrste i namjene zgrade;
– kontrola prema pritužbi.

Osim ovoga odabira Ministarstvo najmanje jednom u tri godine za svaku ovlaštenu osobu odabire najmanje jedno slučajno odabrano izvješće o provedenom energetskom pregledu građevine i najmanje jedan slučajno odabrani energetski certifikat i daje ga ovlaštenoj osobi na kontrolu.

Ovlaštena osoba kontrolira valjanost i potpunost ulaznih podataka i:
– ispravnost i točnost izvješća o energetskom pregledu građevine, proračuna i predloženih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti;
– ispravnost i točnost energetskog certifikata zgrade ili njezinog dijela, izračuna i predloženih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade ili njezinog dijela.

1.3.5. Pravilnik o metodologiji za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije u neposrednoj potrošnji NN 77/12

Ovim se Pravilnikom propisuje metodologija za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije u neposrednoj potrošnji ostvarenih energetskim uslugama i mjerama poboljšanja energetske učinkovitosti, u skladu s Direktivom 2006/32/EZ o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama.

Svrha ovoga Pravilnika je uspostava sustava za praćenje i ocjenjivanje uspješnosti provedbe politike energetske učinkovitosti i ostvarivanja ciljeva utvrđenih u Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske, Nacionalnom programu energetske učinkovitosti i Nacionalnom akcijskom planu energetske učinkovitosti.

Za ocjenu ostvarenja nacionalnog okvirnog cilja ušteda energije u neposrednoj potrošnji i određivanje učinaka pojedinačnih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti u jednoj godini koristi se računski model koji obuhvaća kombinaciju metoda odozgo-prema-dolje i metoda odozdo-prema-gore koje su utvrđene ovim Pravilnikom.

1.3.6. Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o jednostavnim građevinama i radovima NN 81/12

Pravilnikom se uvode sljedeće novosti vezano na radove na poboljšanju energetske učinkovitosti zgrada:

Bez akta kojim se odobrava građenje i lokacijske dozvole, a u skladu s glavnim projektom ili tipskim projektom za kojega je doneseno rješenje Zakona o prostornom uređenju i gradnji, može se graditi:

1. Pomoćna građevina koja se gradi na građevnoj čestici postojeće zgrade za potrebe te zgrade i to:
– cisterna za vodu i septička jama zapremine do 27 m^3;
– podzemni i nadzemni spremnik goriva zapremine do 10 m^3;
– bazen tlocrtne površine do 24 m^2 i dubine do 2 m;
– sustav sunčanih kolektora, odnosno fotonaponskih modula u svrhu proizvodnje toplinske, odnosno električne energije.
.....
Bez akta kojim se odobrava građenje i lokacijske dozvole, a u skladu s glavnim projektom ili tipskim projektom za kojega je doneseno rješenje na temelju Zakona o prostornom uređenju i gradnji, mogu se izvoditi radovi na:
.....
4. Postojećoj zgradi kojim se dodaju, obnavljaju ili zamjenjuju dijelovi zgrade koji su dio omotača grijanog ili hlađenog dijela zgrade ili su dio tehničkog sustava zgrade, kao što su:
– prozori, vrata ili prozirni elementi pročelja;
– toplinska izolacija podova, zidova, stropova, ravnih i kosih krovova;
– hidroizolacija;
– oprema, odnosno postrojenje za grijanje, hlađenje ili ventilaciju, te za automatsko upravljanje, regulaciju i daljinsko praćenje potrošnje energije ili vode;

– vodovod i kanalizacija;
– plinske instalacije.

5. Postojećoj zgradi kojim se postojeći sustav grijanja i zagrijavanja potrošne tople vode zamjenjuje sustavom koji je riješen iskorištavanjem toplinske energije tla primjenom dizalica topline čiji podzemni izmjenjivači topline ne prelaze na susjedne čestice.
6. Postojećoj zgradi kojim se postavlja sustav sunčanih kolektora, odnosno fotonaponskih modula u svrhu proizvodnje toplinske, odnosno električne energije.
7. Postojećim instalacijama javne rasvjete u svrhu poboljšanja njihove energetske učinkovitosti.
8. Postojećoj građevini kojim se postavlja oprema namijenjena punjenju elektromotornih vozila.

1.3.7. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu obračuna površine i obujma u projektima zgrada NN 55/12

Pravilnikom se uvode sljedeće novosti vezano na radove na poboljšanju energetske učinkovitosti zgrada:

U Pravilniku o načinu obračuna površine i obujma u projektima zgrada (»Narodne novine« br. 90/10 i 111/10) članak 9. mijenja se i glasi:

Obujam zgrade u projektima i snimkama zgrada obračunava se u skladu s posebnim propisom kojim je određen način utvrđivanja obujma građevine za obračun komunalnog doprinosa.

1.3.8. Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu utvrđivanja obujma građevine za obračun komunalnog doprinosa NN 55/12

Pravilnikom se uvode sljedeće novosti vezano na radove na poboljšanju energetske učinkovitosti zgrada:

U slučaju rekonstrukcije zgrade, odnosno zahvata na postojećoj zgradi predviđenih radi povećanja energetske učinkovitosti, u obujam građevine ne uračunava se:
– nova toplinska izolacija uključivo i završni slojevi (pročelja, krova i/ili drugih dijelova građevine) kojom se poboljšavaju energetska svojstva zgrade;
– kod rekonstrukcije ravnog krova u kosi ili zaobljeni krov, prostor ispod dijela kosog ili zaobljenog krova visine manje od 1,2 m (računavši od kote vanjske površine postojećeg ravnog krova do visine 1,2 m gornje kote vanjske površine projektiranog novog kosog ili zaobljenog krova).

1.3.9. Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru NN 69/12

Na prijedlog Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja, a temeljem članka 25. stavka 6. Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN152/2008 i 55/2012), Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 20. lipnja 2012. godine donijela Uredbu o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru.
Odredbe ove Uredbe odnose se na postupke ugovaranja energetske usluge u javnom sektoru, za naručitelje energetske usluge koji mogu biti proračunski i izvanproračunski korisnici državnog proračuna, jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave i Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicija te za pružatelje energetske usluge.

Prema Uredbi pružatelj energetske usluge obvezuje se osigurati energetsku uslugu naručitelju energetske usluge primjenom mjera poboljšanja energetske učinkovitosti, a naručitelj se obvezuje osigurati plaćanje usluga pružatelju, pri čemu se plaćanje usluga temelji na ostvarenim i verificiranim uštedama, a na način detaljnije uređen samim Ugovorom o energetskom učinku. Uredbom je propisan način financijskog knjiženja energetske usluge, na način da ugovaranje energetske usluge za naručitelja energetske usluge temeljem Ugovora o energetskom učinku nije proračunsko zaduživanje naručitelja.
Usvajanjem ove Uredbe su stvoreni preduvjeti za realizaciju programa energetske obnove zgrada javnog sektora, Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja.

LITERATURA

[1] Direktiva 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada / Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings (Official Journal L 001, 04/01/2003)
[2] 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 L 153, 18/06/2010)
[3] Direktiva 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama / Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC (*Official Journal L 114 , 27/04/2006 P. 0064 – 0085)*
[4] Direktive 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCILof 23 April 2009on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
[5] Akcijski plan za implementaciju EPBD u hrvatsko zakonodavstvo, Vlada Republike Hrvatske, ožujak/travanj 2008.
[6] Prijedlog 2. Nacionalnog akcijskog plana za energetsku učinkovitost (2.NAPEnU) Republike Hrvatske, MINGORP
[7] Zakon o prostornom uređenju i gradnji, (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12)
[8] Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08, 55/12)
[9] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada NN 110/08 i Tehnički propis o izmjeni Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 89/09
[10] Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada NN 110/08
[11] Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada NN 36/10, 135/11
[12] Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada NN 113/08 i Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada NN 89/09
[13] Metodologija provođenja energetskog pregleda zgrada, Energetski institut Hrvoje Požar, MZOPUG, lipanj 2009.
[14] Pravilnik o energetskim pregledima građevina, NN 5/11
[15] Pravilnik o ovlaštenjima za energetske preglede građevina NN 5/11
[16] HRN EN 13790:2008 - Energetska svojstva zgrada - Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora (ISO 13790:2008, EN ISO 13790:2008)
[17] Priručnik za energetsko certificiranje zgrada, UNDP, 2010.
[18] Vuk, B. (et.al.), (2010), Energija u Hrvatskoj: godišnji energetski pregled 2010., Zagreb, MINGORP, EIHP
[19] List of CEN standards to support the EPBD, http://www.buildup.eu
[20] REPUBLIKA HRVATSKA - DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU
[21] Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada NN 81/12
[22] Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede građevina i energetsko certificiranje zgrada NN 81/12
[23] Pravilnik o kontroli energetskih certifikata zgrada i izvješća o energetskim pregledima građevina NN 81/12
[24] Pravilnik o izmjenama i dopunama pravilnika o jednostavnim građevinama i radovima NN 81/12
[25] Pravilnik o metodologiji za praćenje, mjerenje i verifikaciju ušteda energije u neposrednoj potrošnji NN 77/12
[26] Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu obračuna površine i obujma u projektima zgrada NN 55/12
[27] Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o načinu utvrđivanja obujma građevine za obračun komunalnog doprinosa NN 55/12
[28] Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru NN 69/12
[29] http://www.mgipu.hr
[30] http://www.mingo.hr
[31] http://ec.europa.eu/
[32] http://www.buildup.eu

2. ENERGETSKI PREGLED

2.1. OPĆENITO O ENERGETSKOM PREGLEDU

Energetski pregled je postupak koji se provodi u cilju utvrđivanja energetskog stanja i identifikacije mjera za povećanje energetske učinkovitosti. Energetski pregled provodi se za zgradu, dio zgrade ili energetski sustav zgrade, ali i na razini naselja, grada ili županije.

Energetski pregled zgrade je dokumentirani postupak koji se provodi u cilju utvrđivanja energetskih svojstava zgrade i stupnja ispunjenosti tih svojstava u odnosu na referentne vrijednosti i sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane, a provodi ga ovlaštena osoba. [11]

Dvije su osnovne svrhe energetskog pregleda zgrada:
- analiza stanja i mogućnosti primjene mjera poboljšanja energetskih svojstava zgrade i povećanja energetske učinkovitosti;
- osnovni alat u određivanju razreda potrošnje energije u energetskoj certifikaciji zgrada.

Energetski pregledi [13] dijele se prema:
- opsegu i detaljnosti provedenog istraživanja;
- starosti zgrade;
- složenosti tehničkih sustava zgrade;
- namjeni zgrade i karakteristikama potrošnje energije.

Prema opsegu i detaljnosti provedenog istraživanja razlikujemo:

1.Preliminarni energetski pregled;
2.Detaljni energetski pregled.

Preliminarni energetski pregled zgrade uključuje kratki uvid u stanje energetskih svojstava zgrade, s ciljem utvrđivanja potencijala za povećanje energetske učinkovitosti, odnosno potrebe za provođenjem detaljnog energetskog pregleda. Za potrebe energetskog certificiranja zgrada potrebno je provesti detaljni energetski pregled. Detaljni energetski pregled uključuje detaljnu energetsku analizu svih građevinskih i tehničkih sustava u zgradi, u skladu s člankom 28 Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [11]. Ovisno o tome analizira li se postojeća ili nova zgrada, prema prikupljenim podacima ustanovljavaju se energetska svojstva zgrade. Predložene mjere za povećanje energetske učinkovitosti potrebno je klasificirati u kategorije prema energetskom, ekonomskom i ekološkom doprinosu, uz izračun jednostavnog razdoblja povrata ulaganja. Jednostavno razdoblje povrata je omjer procjene potrebnih ulaganja i godišnjih energetskih ušteda u kunama, uz cijenu energije u trenutku analize.

Prema starosti zgrade razlikujemo:

1.Energetske preglede novih zgrada;
2.Energetske preglede postojećih zgrada.

Za potrebe energetskog certificiranja zgrada provodi se detaljni energetski pregled novih i postojećih zgrada. Detaljni energetski pregled postojeće zgrade utvrdit će karakteristike potrošnje energije za postojeće rješenje i analizirati mogućnost povećanja energetske učinkovitosti svih građevinskih i energetskih tehničkih sustava te dati prijedlog za cjelovito energetski, ekonomski i ekološki isplativo rješenje.

Detaljni energetski pregled novih zgrada za potrebe energetskog certificiranja značajno je jednostavniji, koristi podatke iz projektne dokumentacije i ne uključuje mjere poboljšanja energetskih svojstava zgrade, već samo ustanovljava podatke potrebne za izradu energetskog certifikata i navodi preporuke vezano na korištenje zgrade i upravljanje energijom u zgradi. Energetski certifikat za novu zgradu izdaje se nakon što je zgrada izgrađena, uz dostavu završnog izvješća nadzornog inženjera, a prije tehničkog pregleda i izdavanja uporabne dozvole, te se prilaže zahtjevu za izdavanje uporabne dozvole.

Prema složenosti tehničkih sustava razlikujemo:

1.Energetski pregled zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom;
2.Energetski pregled zgrade sa složenim tehničkim sustavom.

Prema namjeni i karakteristikama potrošnje energije razlikujemo:

1.Energetski pregled stambenih zgrada;
2.Energetski pregled nestambenih zgrada.

Osnovna karakteristika energetskog pregleda stambene zgrade je prikupljanje podataka o zgradi i izračun godišnjih energetskih potreba za grijanje i potrošnu toplu vodu, prema HRN EN 13790:2008. Za stambene zgrade nije obvezno mjerenje niti prikupljanje podataka o potrošnji i troškovima za energiju, već se cijeli energetski pregled temelji na prikupljanju ulaznih podataka i izračunu. Opcionalno, ako postoje podaci, moguće je analizirati i potrošnju i troškove za energiju. U stambenim zgradama moguće je prema potrebi, provesti i određena mjerenja radi ustanovljavanja kvalitete izvedbe, kod novih zgrada, odnosno identifikacije problema i točnijeg utvrđivanja energetskih svojstava kod postojećih zgrada.

Kod energetskog pregleda nestambenih zgrada treba voditi računa o karakteristikama potrošnje energije zgrade određene namjene. Kao i kod stambenih zgrada, prikupljaju se potrebni ulazni podaci u svrhu ustanovljavanja energetskih svojstava zgrade, te se temeljem prikupljenih podataka provodi izračun godišnjih energetskih potreba za grijanje i potrošnu toplu vodu, prema HRN EN 13790:2008. [16] U nestambenim zgradama moguće je prema potrebi, provesti i određena mjerenja radi ustanovljavanja kvalitete izvedbe, kod novih zgrada, odnosno identifikacije problema i točnijeg utvrđivanja energetskih svojstava kod postojećih zgrada. Dodatno, za zgrade javne namjene analiziraju se i podaci o troškovima za energiju, kroz optimalno 36 mjeseci, zbog usklađivanja s obvezama navedenim u poglavlju 1.2.3. prema Ministarstvu gospodarstva, rada i poduzetništva.

U postupku provođenja energetskog pregleda analiziraju se toplinske karakteristike vanjske ovojnice zgrade i karakteristike tehničkih sustava s ciljem utvrđivanja učinkovitosti/neučinkovitosti potrošnje energije te donošenja zaključaka i preporuka za povećanje učinkovitosti. Energetskim pregledom se utvrđuje način korištenja energije te sustavi i mjesta na kojima su prisutni veliki gubici energije kako bi se odredile mjere za racionalno korištenje energije i povećanje energetske učinkovitosti.
Osnovni cilj energetskog pregleda zgrade je prikupljanjem i obradom podataka o tehničkim sustavima zgrade dobiti uvid u energetska svojstva zgrade obzirom na:

- građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite;
- energetska svojstva sustava za klimatizaciju, grijanje, hlađenje, ventilaciju i rasvjetu;
- zastupljenost i energetska svojstva pojedinih grupa trošila;
- strukturu upravljanja zgradom te pristup korisnika energetskoj problematici.

Na osnovu analize prikupljenih podataka odabiru se konkretne energetski, ekonomski i ekološki optimalne mjere energetske učinkovitosti za promatranu zgradu. Rezultati energetskog pregleda predstavljaju projektni zadatak za projektante i razradu mjera za provedbu.

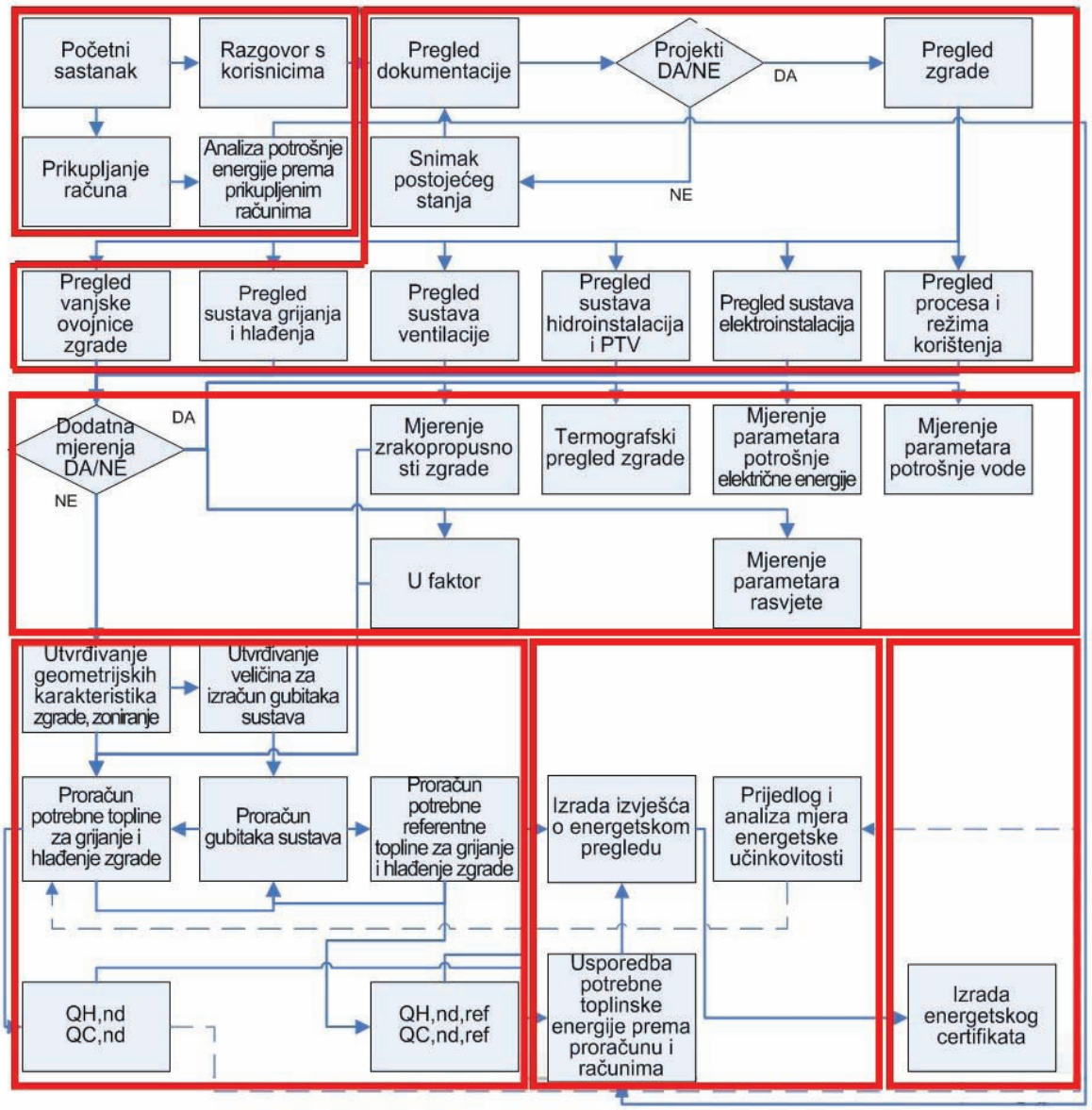
Energetski pregled zgrade obvezno uključuje:

1. analizu građevinskih karakteristika zgrade u smislu toplinske zaštite (analizu toplinskih karakteristika vanjske ovojnice zgrade);
2. analizu energetskih svojstava sustava grijanja i hlađenja;
3. analizu energetskih svojstava sustava klimatizacije i ventilacije;
4. analizu energetskih svojstava sustava za pripremu potrošne tople vode;
5. analizu energetskih svojstava sustava potrošnje električne energije – sustav elektroinstalacija, rasvjete, kućanskih aparata i drugih podsustava potrošnje električne energije;
6. analizu upravljanja svim tehničkim sustavima zgrade;
7. potrebna mjerenja gdje je to nužno za ustanovljavanje energetskog stanja i /ili svojstava;
8. analizu mogućnosti promjene izvora energije;

9. analizu mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije i učinkovitih sustava;
10. prijedlog ekonomski povoljnih mjera poboljšanja energetskih svojstava zgrade, ostvarive uštede, procjenu investicije i jednostavno razdoblje povrata;
11. izvješće s preporukama za optimalni zahvat i redoslijed prioritetnih mjera koje će se implementirati kroz jednu ili više faza.

Energetski pregled zgrade opcionalno može uključivati i druge radnje ovisno o namjeni i vrsti zgrade, kao npr. analizu potrošnje sanitarne vode i preporuke za smanjenje potrošnje sanitarne vode.
Za preciznije utvrđivanje postojećih energetskih svojstava zgrade i svih tehničkih sustava u zgradi, često je potrebno provesti određena mjerenja. Kada postoji opravdana sumnja u točnost ulaznih podataka potrebnih za izračun energetskih svojstava vanjske ovojnice i tehničkih sustava, mogu se provoditi mjerenja:

- toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu korištenjem infracrvene termografije (ICT), te mjerenje zrakopropusnosti (Blower Door Test), mjerenje toplinskog otpora;
- u sustavima klimatizacije, grijanja, hlađenja, ventilacije;
- elektroenergetskih parametara potrošnje električne energije – po trošilima ili podsustavima.



Slika 2.1 Shematski prikaz postupka provođenja detaljnog energetskog pregleda

Energetskim pregledom za potrebe energetskog certificiranja analiziraju se svi tehnički sustavi zgrade, a izračunava se godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ za stvarne i referentne klimatske uvjete koja se za sada obvezno unosi u energetski certifikat, dok je unos ostalih energetskih potreba opcionalan. U konačnosti, energetski certifikat bi trebao sadržavati podatke o ukupnoj primarnoj energiji E_{prim} (kWh/a), odnosno podatke o računski određenoj količini energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine, koja obuhvaća ukupnu primarnu energiju za grijanje, pripremu potrošne tople vode, hlađenje i rasvjetu, te energiju za pomoćne uređaje i regulaciju. Uz to trebaju biti iskazane i CO_2 emisije prema utrošku pojedinog izvora energije.

SADRŽAJ ENERGETSKOG PREGLEDA U SVRHU ENERGETSKOG CERTIFICIRANJA ZGRADA

SAŽETAK

1. UVOD

1.1 Svrha i cilj provođenja energetskog pregleda
1.2 Kratki opis klijenta
1.3 Kratki opis lokacije i namjene zgrade
1.4 Kratki opis korištenih energetskih sustava
1.5 Kratki opis karakterističnih energetskih podsustava
1.6 Kratki opis ugodnosti boravka u zgradi

2. ANALIZA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE I KARAKTERISTIKA UPRAVLJANJA POTROŠNJOM I TROŠKOVIMA ENERGIJE

2.1 Obilazak terena i prikupljanje potrebnih podataka
2.2 Opći dio – kratki opis karakteristika upravljanja potrošnjom i troškovima energije, odgovorne osobe, financiranje troškova za energiju, sustav odlučivanja o investicijama u održavanje zgrade, funkcioniranje sustava informiranja o potrošnji energije, motivacija za primjenu mjera energetske učinkovitosti
2.3 Analiza toplinskih karakteristika vanjske ovojnice zgrade
2.4 Analiza energetskih svojstava sustava grijanja prostora
2.5 Analiza energetskih svojstava sustava hlađenja prostora
2.6 Analiza energetskih svojstava sustava ventilacije i klimatizacije
2.7 Analiza energetskih svojstava sustava pripreme potrošne tople vode
2.8 Analiza energetskih svojstava sustava potrošnje električne energije – elektroinstalacije, rasvjeta, uređaji i ostala trošila
2.9 Analiza energetskih svojstava specifičnih podsustava (kuhinja, praonica i dr.)
2.10 Analiza potrošnje sanitarne vode (opcionalno)
2.11 Analiza sustava regulacije i upravljanja
2.12 Analiza energetskih svojstava sustava za proizvodnju toplinske i električne energije iz obnovljivih izvora energije (ukoliko takvi postoje na lokaciji)
2.13 Izračun potrebne toplinske energije za grijanje, u skladu s HRN EN 13790

3. PROVOĐENJE POTREBNIH MJERENJA (nije obvezno)

3.1 Analiza toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu korištenjem infracrvene termografije, mjerenje zrakopropusnosti (Blower Door Test), mjerenje toplinskog otpora
3.2 Potrebna mjerenja u sustavima klimatizacije, grijanja, hlađenja, ventilacije
3.3 Mjerenje elektroenergetskih parametara potrošnje električne energije – po trošilima ili podsustavima

4. ANALIZA TROŠKOVA ZA ENERGIJU I MODELIRANJE POTROŠNJE ENERGIJE (za nestambene zgrade javne namjene)

4.1 Troškovi za električnu energiju i karakteristike potrošnje
4.2 Troškovi za toplinsku energiju i karakteristike potrošnje
4.3 Troškovi za sanitarnu vodu i karakteristike potrošnje

5. ANALIZA I IZBOR MOGUĆIH MJERA POBOLJŠANJA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

5.1 Poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice
5.2 Poboljšanje energetskih svojstava sustava grijanja prostora
5.3 Poboljšanje energetskih svojstava sustava hlađenja prostora
5.4 Poboljšanje energetskih svojstava sustava ventilacije i klimatizacije
5.5 Poboljšanje energetskih svojstava sustava pripreme potrošne tople vode
5.6 Poboljšanje energetskih svojstava sustava potrošnje električne energije – elektroinstalacije, rasvjeta, uređaji i ostala trošila
1.7 Poboljšanje energetskih svojstava specifičnih podsustava
1.8 Analiza mogućnosti zamjene energenta ili korištenja obnovljivih izvora energije za proizvodnju toplinske i/ili električne energije
1.9 Poboljšanje sustava regulacije i upravljanja
1.10 Poboljšanje sustava opskrbe vodom i potrošnje (opcionalno)
1.11 Potrebni izračuni ušteda za odabrane mjere
1.12 Izračun potrebne toplinske energije za grijanje, u skladu s HRN EN 13790, prema optimalnoj kombinaciji mjera

6. ENERGETSKO, EKONOMSKO I EKOLOŠKO VREDNOVANJE PREDLOŽENIH MJERA

6.1 Organizacijsko edukacijske mjere, malih troškova
6.2 Mjere brzog povrata investicije i malih troškova prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, Prilog 4, točka 1.
6.3 Mjere dužeg povrata investicije i većih troškova prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, Prilog 4., točka 2.
6.4 Usporedba isplativih varijanti i ocjena složenosti provedbe

7. ZAVRŠNI IZVJEŠTAJ O ENERGETSKOM PREGLEDU S PREPORUKAMA I REDOSLIJEDOM PRIORITETNIH MJERA – PODLOGA ZA ENERGETSKI CERTIFIKAT

Uz energetski certifikat postojeće zgrade isporučuje se naručitelju i završni izvještaj o provedenom energetskom pregledu s detaljno razrađenim mjerama za povećanje energetske učinkovitosti, koje se ukratko navode na trećoj stranici energetskog certifikata. Za energetski pregled nove zgrade ne provodi se detaljni energetski pregled zgrade na lokaciji, već se analizira projektna dokumentacija i završno izvješće nadzornog inženjera, temeljem čega se izrađuje energetski certifikat. Energetski certifikat nove zgrade moguće je izraditi tek nakon što je zgrada sagrađena, a prije puštanja u pogon i izdavanja uporabne dozvole.

Za zaključak, potrebno je naglasiti:

- **Energetski certifikat nove zgrade** izdaje se nakon što je zgrada izgrađena, a prije puštanja u pogon i izdavanja uporabne dozvole.
- Obvezne podloge za izdavanje energetskog certifikata nove zgrade uključuju u tiskanom ili digitalnom obliku: kompletan glavni arhitektonski projekt s elaboratom uštede energije i toplinske zaštite u zgradama, karakteristične detalje izvedbe konstrukcija vanjske ovojnice zgrade, glavni projekt strojarskih instalacija te izvještaj nadzornog inženjera o usklađenosti glavnog i izvedbenog projekta, odnosno navedenim promjenama koje bi mogle utjecati na toplinsku zaštitu zgrade.
- **Energetski certifikat nove zgrade** ne sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade, već samo preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade.
- **Energetski certifikat nove zgrade** isporučuje se naručitelju u 2 primjerka, a za zgrade javne namjene 1. i 3. stranica energetskog certifikata isporučuju se uvećane na A3 format.

- **Energetski certifikat postojeće zgrade** izdaje se temeljem provedenog detaljnog energetskog pregleda ..i provedenog proračuna energetskih svojstava zgrade. Analiziraju se svi energetski sustavi zgrade i daju preporuke za smanjenje potrošnje toplinske i električne energije, te opcionalno vode, s ekonomskom, energetskom i ekološkom analizom ušteda.
- **Energetski certifikat postojeće zgrade** sadrži prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade, za sve tehničke sustave, a isporučuje se naručitelju u 2 primjerka, zajedno s elaboratom provedenog detaljnog energetskog pregleda. Za zgrade javne namjene 1. i 3. stranica energetskog certifikata isporučuju se uvećane na A3 format.

2.2. ENERGETSKI PREGLED PREMA PRAVILNICIMA

Energetski pregled u svrhu izdavanja energetskog certifikata je zakonska obveza proizašla iz EU Direktive 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada (EPBD) [1], koja je u hrvatsko zakonodavstvo implementirana temeljem Akcijskog plana za implementaciju [5] izrađenog u Ministarstvu zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG) i usvojenog u travnju 2008. godine, kroz Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11) [7] i Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08) [8] te putem niza tehničkih propisa i pravilnika.

Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada NN 36/10 [11], definirao je :

- obvezu vlasnika zgrade da prilikom izgradnje, prodaje ili iznajmljivanja zgrade predoči budućem vlasniku, odnosno potencijalnom kupcu ili najmoprimcu energetski certifikat kojemu rok valjanosti nije duži od deset godina;

- obvezu izdavanja i izlaganja energetskog certifikata ne starijeg od 10 godina, na jasno vidljivom mjestu, za zgrade javne namjene, ukupne korisne površine veće od 1000 m^2 koje koriste tijela javne vlasti i zgrade institucija koje pružaju javne usluge velikom broju ljudi (zgrade s velikim prometom ljudi).

Energetski pregled u svrhu gospodarenja energijom obveza je javnog sektora u zgradama i javnoj rasvjeti, velikog potrošača energije za građevinu koju koristi za obavljanje svoje djelatnosti. Ova je obveza proizašla iz EU Direktive 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama [3], koja je u hrvatsko zakonodavstvo implementirana kroz Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08) [8] te putem niza tehničkih propisa i pravilnika, u nadležnosti Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva. Direktiva obvezuje na postavljanje kvantitativnih ciljeva za poboljšanja energetske učinkovitosti u razdoblju od 2008. do 2016. To bi značilo da Hrvatska, tijekom toga osmogodišnjeg razdoblja treba smanjiti neposrednu potrošnju energije za 9 posto. Hrvatska također, do 2020., preuzima obvezu poznatu kao 3 puta 20 posto. Uz podmirenje 20 posto potreba potrošnje energije iz obnovljivih izvora energije i smanjenje emisije stakleničkih plinova za 20 posto, to uključuje i ostvarenje povećanja energetske učinkovitosti također za 20 posto.

Pravilnik o energetskim pregledima građevina NN 05/11 [14], definirao je način provođenja energetskih pregleda u svrhu gospodarenja energijom. Obveza provođenja energetskih pregleda Pravilnikom se propisuje za:

- javni sektor u zgradama koje koristi za obavljanje svoje djelatnosti ukupne korisne površine veće od 1.000 m^2 i javnoj rasvjeti;
- krajnje potrošače energije, izuzev potrošača iz javnog sektora, čija ukupna godišnja potrošnja prelazi 10.000 MWh (kategorija "veliki potrošač") i
- korisnike sredstava Fonda, ako je to specificirano ugovorom.

Energetski pregled u smislu ovog Pravilnika obveznici su dužni provoditi svakih pet godina.

Preklapanje obveza dviju navedenih direktiva, implementiranih kroz dva zakona i u nadležnosti dva ministarstva, rezultiralo je postojanjem dva različita sustava i dvije različite metodologije za provođenje energetskih pregleda.

Zato je nužno objedinjavanje i stvaranje jedinstvenog regulatornog okvira za djelatnost energetskih pregleda, bez obzira s kojom se svrhom provode, jer će se time dobiti na jednostavnosti, jasnoći i troškovnoj učinkovitosti sustava, kako za nadležna ministarstva, tako i za korisnike i izvođače energetskih pregleda.

Također je nužno usvajanje metodologije proračuna prema ukupnoj energetskoj potrošnji do primarne energije, kako bi se dobile referentne vrijednosti ušteda u CO_2 emisijama kroz mjere povećanja energetske učinkovitosti u zgradama.

LITERATURA

[1] Direktiva 2002/91/EC o energetskim svojstvima zgrada / Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings (Official Journal L 001, 04/01/2003)
[2] 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 L 153, 18/06/2010)
[3] Direktiva 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama / Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC (*Official Journal L 114 , 27/04/2006 P. 0064 – 0085)*
[4] Direktive 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCILof 23 April 2009on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
[5] Akcijski plan za implementaciju EPBD u hrvatsko zakonodavstvo, Vlada Republike Hrvatske, ožujak/travanj 2008.
[6] Prijedlog 2. Nacionalnog akcijskog plana za energetsku učinkovitost (2.NAPEnU) Republike Hrvatske, MINGORP
[7] Zakon o prostornom uređenju i gradnji, (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11)
[8] Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08)
[9] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada NN 110/08 i Tehnički propis o izmjeni Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 89/09
[10] Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada NN 110/08
[11] Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada NN 36/10, 135/11
[12] Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada NN 113/08 i Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada NN 89/09
[13] Metodologija provođenja energetskog pregleda zgrada, Energetski institut Hrvoje Požar, MZOPUG, lipanj 2009.
[14] Pravilnik o energetskim pregledima građevina, NN 5/11
[15] Pravilnik o ovlaštenjima za energetske preglede građevina NN 5/11
[16] HRN EN 13790:2008 - Energetska svojstva zgrada - Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora (ISO 13790:2008, EN ISO 13790:2008)
[17] Priručnik za energetsko certificiranje zgrada, UNDP, 2010
[18] Vuk, B. (et.al.), (2010), Energija u Hrvatskoj: godišnji energetski pregled 2010., Zagreb, MINGORP, EIHP
[19] List of CEN standards to support the EPBD, http://www.buildup.eu
[20] REPUBLIKA HRVATSKA - DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU
[21] http://www.mzopu.hr
[22] http://www.mingorp.hr
[23] http://ec.europa.eu/
[24] http://www.buildup.eu

3. UTVRĐIVANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

3.1. PRIKUPLJANJE PODATAKA I PROBLEMI U PRAKSI

Podaci za utvrđivanje energetskih svojstava zgrade prikupljaju se pregledom glavnog projekta nove zgrade, odnosno detaljnim energetskim pregledom za postojeće zgrade.

Kod novih zgrada, projektna dokumentacija izrađena prema zahtjevima Zakona o prostornom uređenju i gradnji [7], mora sadržavati sve potrebne podatke za izračun potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade, te se postupak prikupljanja podataka sastoji od:

1. Prikupljanje podataka za izradu energetskog certifikata zgrade pregledom glavnog projekta zgrade u dijelu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu uključuje najmanje: prikupljanje podataka iz proračuna fizikalnih svojstava zgrade glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje zgrade za stvarne klimatske podatke i iskaznice potrebne toplinske energije. Ujedno je potrebno prikupiti podatke o:
- lokaciji (mjesto, adresa, katastarska čestica,…);
- zgradi (starost, namjena, podjela zgrade u toplinske zone, geometrijske karakteristike zgrade, podatke o koeficijentu prolaska topline za određene građevne dijelove zgrade, podatak o koeficijentu transmisijskog toplinskog gubitka, uvjete održavanja zgrade u odnosu na ispunjenje zahtjeva racionalne uporabe energije i toplinske zaštite za projektirani vijek uporabe zgrade i dr.);
- korištenim meteorološkim parametrima;
- podatke o termotehničkim sustavima zgrade:
  - o načinu grijanja zgrade: lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor
  - o vrsti izvora energije za grijanje i pripremu potrošne tople vode
  - o načinu hlađenja: lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor
  - o vrsti izvora energije koji se koriste za hlađenje
  - o vrsti ventilacije: prirodna, prisilna bez ili s povratom topline
  - o vrsti i načinu korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije
  - o udjelu obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje
  - o dokaze o uporabi unutarnjih izvora topline iz tehnološkog procesa, ugrađenoj opremi i instalacijama i dr.

2. Pregled završnog izvješća nadzornog inženjera i izjave izvođača radi utvrđivanja mogućih odstupanja od projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu te po potrebi uvid u relevantnu dokumentaciju na gradilištu, odnosno očevid na zgradi ako su evidentirana odstupanja od projekta.

Problemi u prikupljanju podataka za nove zgrade nastaju iz niza razloga koji se mogu grupirati u nekoliko kategorija:
1.nepotpuna dokumentacija
2.pogreške u dijelu projekta koji se odnosi na racionalnu uporabu energije
3.odstupanje izvedenog stanja od projektne dokumentacije

Bilo koji od ovih razloga otežava ili čak onemogućava izdavanje energetskog certifikata za novu zgradu na način predviđen Odlukom o najvišim cijenama koštanja provođenja energetskog pregleda i izdavanja energetskih certifikata zgrada od 12.5.2010. godine, koja za postupak energetskog certificiranja postojeće zgrade predviđa pregled dokumentacije i po potrebi, očevid na zgradi.

Alternativno rješenje za nove zgrade u situaciji kada raspoloživa dokumentacija ne zadovoljava za postupak izdavanja energetskog certifikata nove zgrade predstavlja provođenje detaljnog energetskog pregleda i izdavanje energetskog certifikata postupkom za postojeće zgrade, koji uključuje:

Energetski pregled zgrade

1. energetski pregled vanjske ovojnice zgrade na kraju kojega je potrebno izvršiti proračun fizikalnih svojstava zgrade glede racionalne uporabe energije i toplinske zaštite i proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje zgrade za stvarne klimatske podatke;
2. energetski pregled sustava grijanja i hlađenja, sustava klimatizacije i ventilacije, i sustava za pripremu potrošne tople vode;
3. energetski pregled sustava elektroinstalacija i rasvjete, te drugih potrošača energije koji imaju značajan udjel u ukupnoj potrošnji energije zgrade ovisno o namjeni korištenja zgrade;
4. energetski pregled upravljanja svim tehničkim sustavima zgrade uključujući sustave s obnovljivim izvorima energije.

U postupku provođenja energetskog pregleda zgrade potrebno je prikupiti sljedeće podatke:

- raspoloživu projektnu dokumentaciju iz koje su vidljive toplinske karakteristike vanjske ovojnice te površine i raspored prostora, detalji građevnih dijelova vanjske ovojnice, orijentacija zgrade, opis elemenata vanjske ovojnice…;
- opće karakteristike zgrade kao što su npr. namjena, režim korištenja, broj korisnika, podatke o radu i opterećenju pojedinih sustava…;
- opće tehničke karakteristike uređaja i sustava potrošnje energije.

Ako ne postoji projektna dokumentacija zgrade potrebno je izraditi radne snimke, a dokaznicu mjera i ostale radne materijale temeljem kojih je analiza provedena, potrebno je priložiti uz završno izvješće.

Svi energetski pregledi završavaju izvještajem o provedenom pregledu te:

- prijedlogom mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane;
- preporukama za optimalni zahvat i redoslijedom prioritetnih mjera koje će se implementirati kroz jednu ili više faza, procjenom ostvarivih ušteda te procjenom razdoblja povrata investicije.

Vrednovanje radnji energetskog pregleda zgrade

Izvještaji svih energetskih pregleda završavaju energetskim, ekonomskim i ekološkim vrednovanjem predloženih mjera koje je potrebno cjelovito sagledati i uravnotežiti (obzirom na njihovu međuovisnost) i na tako predložene optimalne mjere, izračunati povrat uložene investicije.

Nepotpuna ili nepostojeća dokumentacija predstavlja značajan problem i kod novih i postojećih zgrada, te energetski pregled mora često biti popraćen potpunim ili parcijalnim snimkom postojećeg stanja zgrade koji nije sastavni dio energetskog pregleda, već je reguliran cjenikom usluga Hrvatske komore arhitekata, te dodatno naputkom za izradu arhitektonske snimke izvedenog stanja nezakonito izgrađene zgrade (http://www.arhitekti-hka.hr/hr/zakoni-propisi/naputci/arhitektonske-snimke/).

3.2. ZONIRANJE I PRIPREMA ZA PRORAČUN

Podjela zgrade u zone je nužna zbog ispravnog proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade, kao i određivanja potrebnog učina sustava grijanja i hlađenja. Pravilnikom o energetskom certificiranju zgrada [11] definirano je:

Zgrada s više zona je zgrada koja ima više dijelova za koje se mogu izraditi zasebni energetski certifikati. Zgrada s više zona je zgrada:

– koja se sastoji od dijelova koji čine zaokružene funkcionalne cjeline koje imaju različitu namjenu te imaju mogućnost odvojenih sustava grijanja i hlađenja (stambeni dio u nestambenoj zgradi), ili se razlikuju po unutarnjoj projektnoj temperaturi za više od 4° C;

– kod koje je 10% i više neto podne površine prostora zgrade u kojemu se održava kontrolirana temperatura u drugoj namjeni od osnovne namjene kada je ploština te neto podne površine u drugoj namjeni veća od 50 m2;

– kod koje dijelovi zgrade koji su zaokružene funkcionalne cjeline imaju različiti termotehnički sustav i/ili bitno različite režime korištenja termotehničkih sustava;

Iako Pravilnik dopušta izradu jednog certifikata, praksa je pokazala potrebu proračuna odvojeno po zonama, a time i odvojeno

izdavanje energetskog certifikata za svaku zonu. To se posebno odnosi na zgrade mješovite namjene, gdje je potrebno izdati energetski certifikat za stambenu, odnosno nestambenu zonu.

Zahtjevi za mikroklimatske uvjete određeni su prema namjeni prostora unutar zgrade, i razlikuju se u pogledu osvijetljenosti, dopuštenim koncentracijama štetnih plinova, magle i prašine, temperaturi i vlažnosti zraka, te mogućim dodatnim kriterijima (zračenje, brzina strujanja zraka itd.). Osnovni model prijenosa topline između prostora s različitim mikroklimatskim uvjetima unutar grijane ovojnice zgrade je transmisija kroz unutarnje pregradne konstrukcije, kao i ventilacija – strujanje zraka između prostora s različitim mikroklimatskim uvjetima zbog otvora ili reški u pregradnim konstrukcijama. Proračun koji bi u obzir uzeo potpunu podjelu prostora prateći građevinsku strukturu (fizički odvojena prostorija je ekvivalentna zoni) je neprovediv u praksi zbog velike količine ulaznih podataka, kao i velikog broja računskih operacija kojima se utvrđuje toplinska interakcija među zonama. Inžinjerska praksa dovela je do određivanja minimalnih razlika među unutarnjim mikroklimatskim uvjetima kako bi se prostori grupirali u veće cjeline – zone. Normom HRN EN 13790:2008 te tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [9], određeni su kriteriji po kojima se vrši podjela zgrade u toplinske zone.

Prostori unutar zgrade pripadaju istoj toplinskoj zoni ako:
- unutarnja se projektna temperatura grijanja prostora ne razlikuje za više od 4°K;
- su svi prostori hlađeni, ili se projektna temperatura hlađenja ne razlikuje za više od 4°K;
- su svi prostori grijani istim sustavom grijanja i istim sustavom hlađenja;
- postoji sustav ventilacije, najmanje 80% tlocrtne površine je opsluženo istim sustavom ventilacije (u tom se slučaju smatra da sustav ventilacije indirektno opslužuje i ostale prostore) – ovo je pravilo uvedeno da se izbjegne odvajanje malih prostora kao što su hodnici ili spremišta s odvojenim sustavima ventilacije u posebne zone;
- se broj izmjena zraka unutar 80% tlocrtne površine ne razlikuje za više od četiri puta, ili je vjerojatno da će vrata između pojedinačnih prostora često biti otvorena (npr. u dijelu prostora sustav ventilacije osigurava 0,5 izmjena zraka na sat, te 2 izmjene zraka na sat u drugom dijelu prostora – oba prostora mogu biti dio iste toplinske zone; ili kod veće razlike u broju izmjena zraka, ako se pretpostavlja da će vrata između prostora često biti otvorena, oba prostora mogu opet biti dio iste toplinske zone).

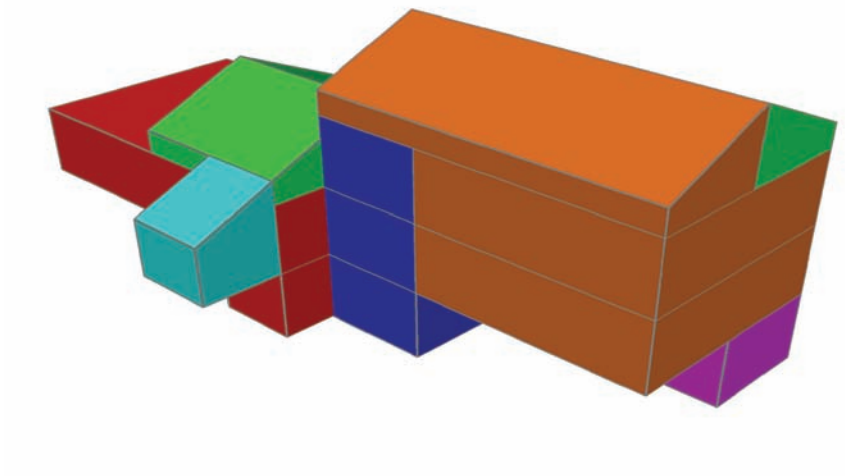
Ako ovi kriteriji nisu zadovoljeni, zgrada se dijeli u toplinske zone tako da su kriteriji ispunjeni za svaku zonu posebno. Moguće je i daljnje dijeljenje u zone kod različitog načina korištenja, unutarnjih dobitaka ili osvjetljenja. Ako se unutarnja projekta temperatura u različitim zonama ne razlikuje za više od 4°K, uzima se da kroz razdjelne konstrukcije među zonama nema prijenosa topline.

U proračunu potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje pojedine zone, parametri unutarnje projektne temperature, unutarnjih dobitaka, trajanja rada rasvjete ili ventilacije, broja izmjena zraka i drugi se određuju kao usrednjene vrijednosti prema korisnoj grijanog ili hlađenoj površini zone. Kod razlike projektne temperature manje od 4°K, kada se u prijenosu topline između zona računa samo prijenos topline izmjenom zraka između zona, potrebna energija za grijanje i hlađenje zgrade računa se kao suma potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zona. U slučaju proračuna svih prijenosa topline među zonama kod razlike temperature između zona veće od 4°K, računaju se prijenosi topline kod stvarne unutarnje temperature unutar zone, uključujući i utjecaj pregrijavanja zone. Ako se proračun energetskih svojstava vrši samo za dio zgrade, ploština razdjelnih konstrukcija kroz koje se ne računa prijenos topline ne uzima se u obzir kod izračuna oplošja grijanog dijela zgrade.

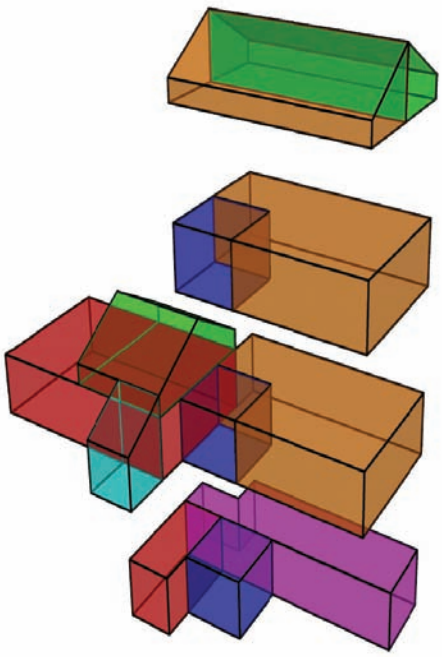
Toplinski gubici kroz negrijane prostorije računaju se prema normi HRN EN ISO 13789:2008. Posebni slučajevi negrijanih prostora – negrijani tavani, ili opći slučaj negrijanog prostora uz grijani prostor zgrade obrađeni su normom HRN EN ISO 6946:2008, kojom je omogućeno da se ovi slučajevi negrijanih prostora računaju kao dodatni toplinski otpor konstrukcija koje graniče prema negrijanom prostoru (proračun prema ovoj normi virtualno postavlja konstrukcije prema negrijanom prostoru u poziciju konstrukcija prema vanjskom zraku). Ovaj pristup je prihvatljiv samo kod jednostavnijih konfiguracija zgrada, u kojima ne dolazi do značajnije interakcije negrijanog i grijanog prostora, i negrijani prostor graniči samo s jednom zonom unutar grijanog volumena zgrade. Također, ako unutar negrijanog prostora postoje značajniji unutarnji izvori topline (kao u slučaju kotlovnica) ili dolazi do zahvata sunčeve energije, na ovaj način nije moguće izračunati doprinos tih izvora, kao što nije moguće ni dovoljno točno izračunati toplinske gubitke tehničkih sustava zgrade koji nastaju u ovim prostorima (tipičan primjer predstavlja cjevovod razvoda centralnog grijanja u negrijanom podrumu ispod grijanog prizemlja zgrade).

3.2.1. Primjer zoniranja zgrade

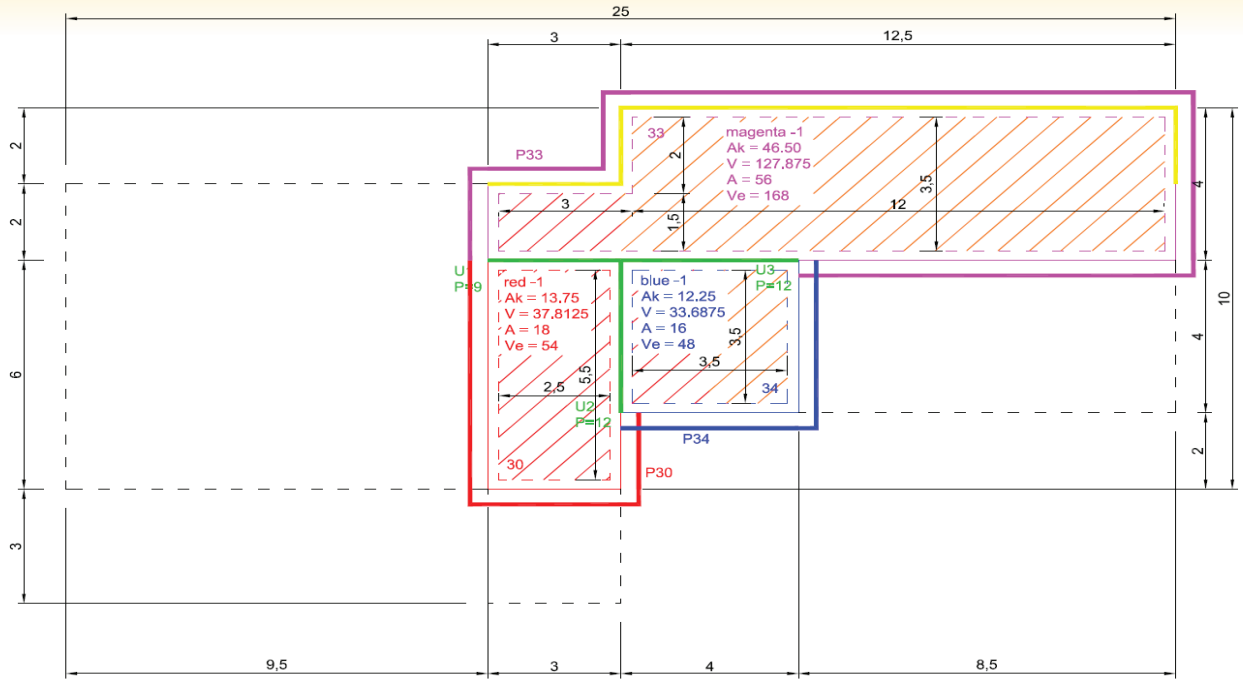
Na primjeru zgrade na slici ispod prikazani su principi zoniranja zgrade i podjele grijanih i negrijanih prostora.



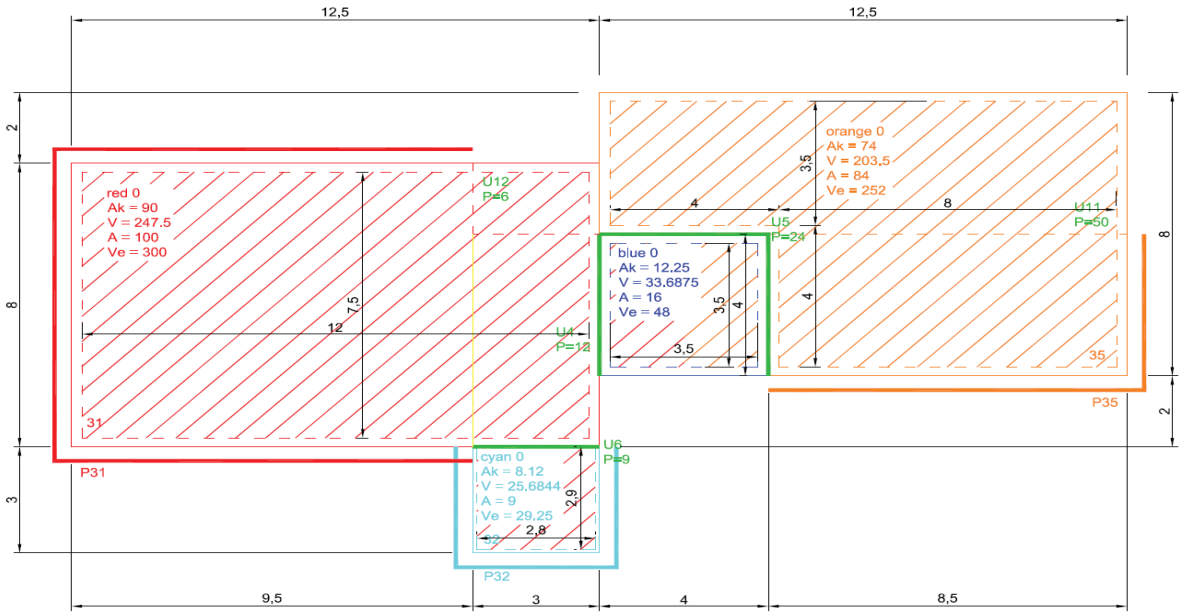
Slika 3.1 Perspektivni prikaz primjera zgrade



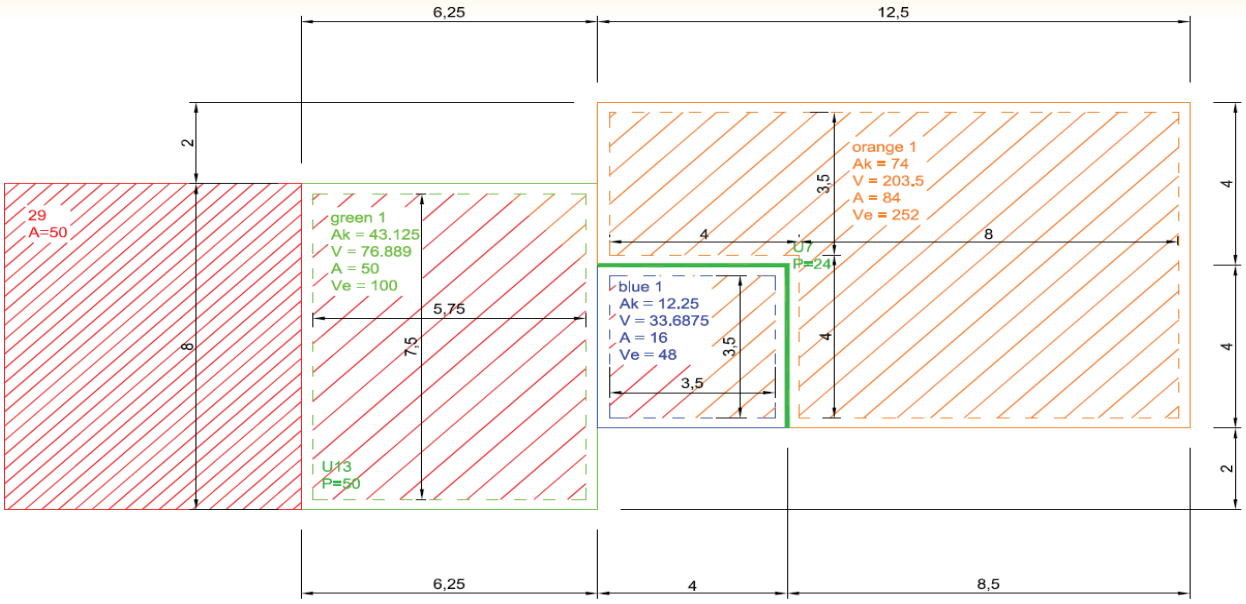
Slika 3.2 Perspektivni prikaz eksplodiranog modela primjera zgrade



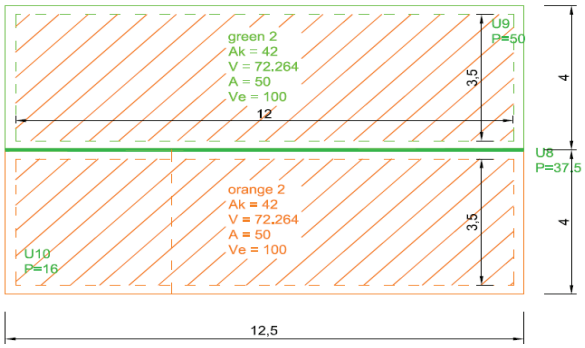
Slika 3.3 Tlocrt podruma



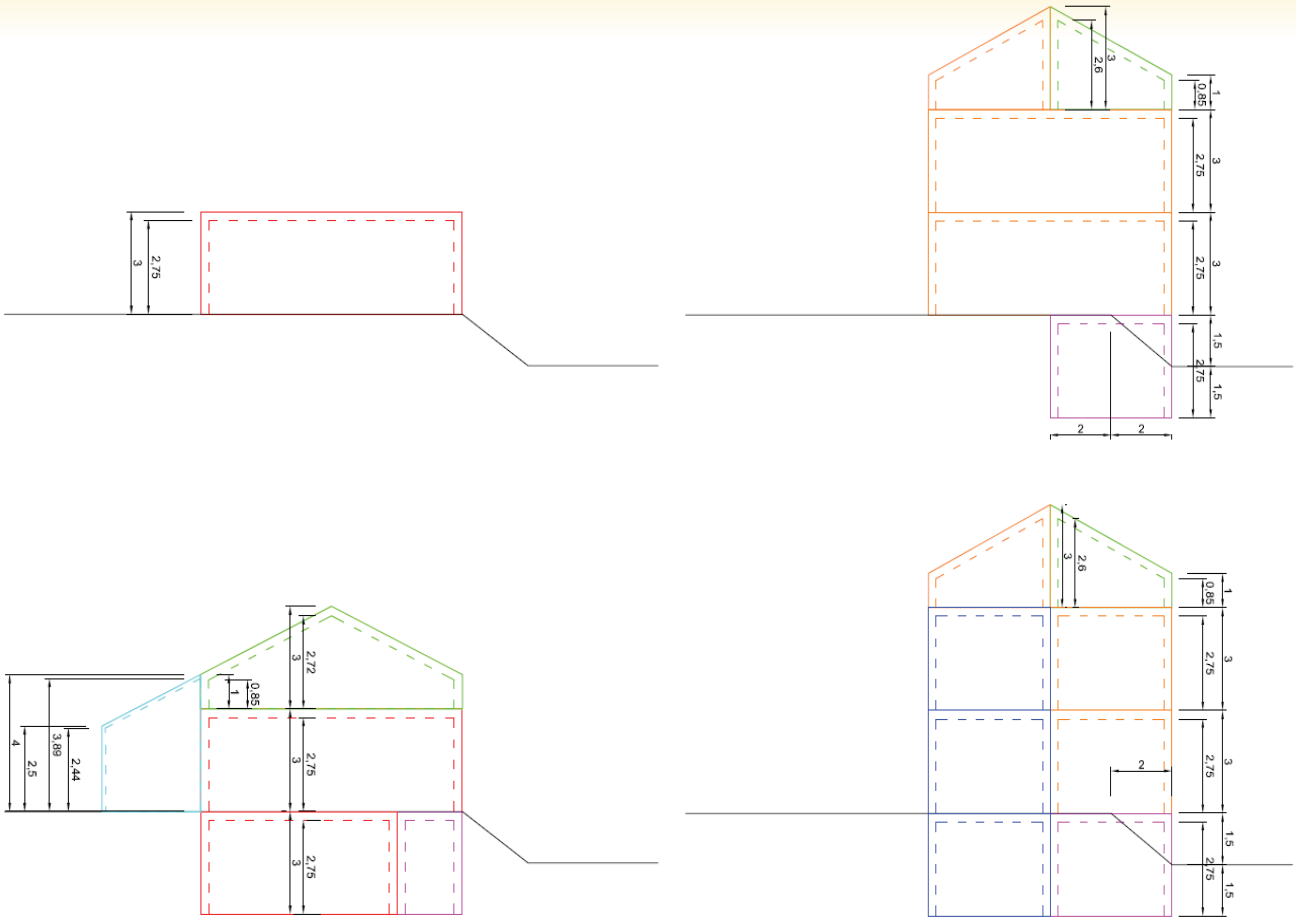
Slika 3.4 Tlocrt prizemlja



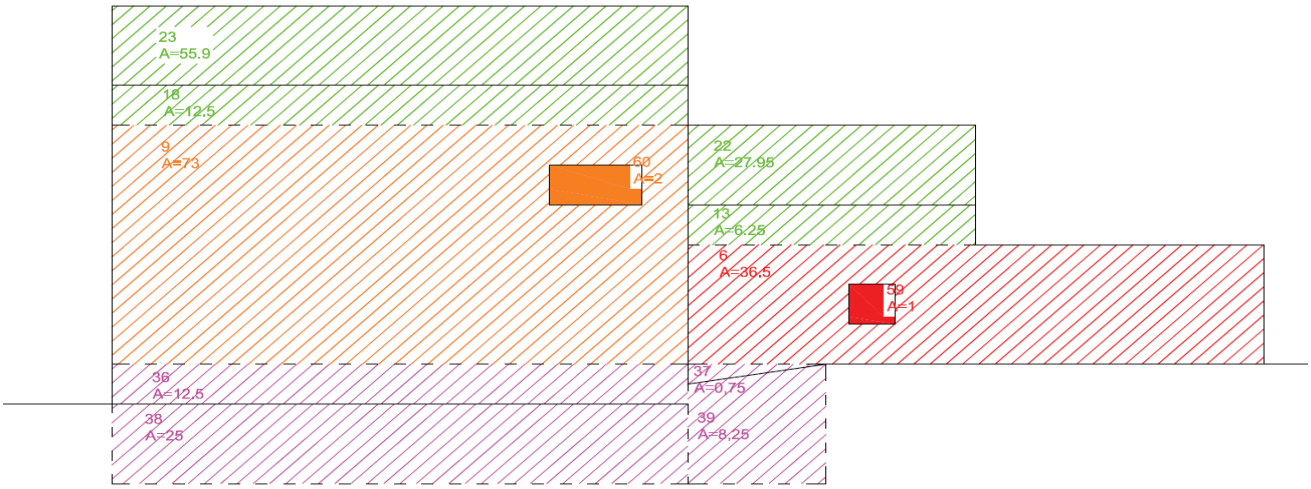
Slika 3.5 Tlocrt kata



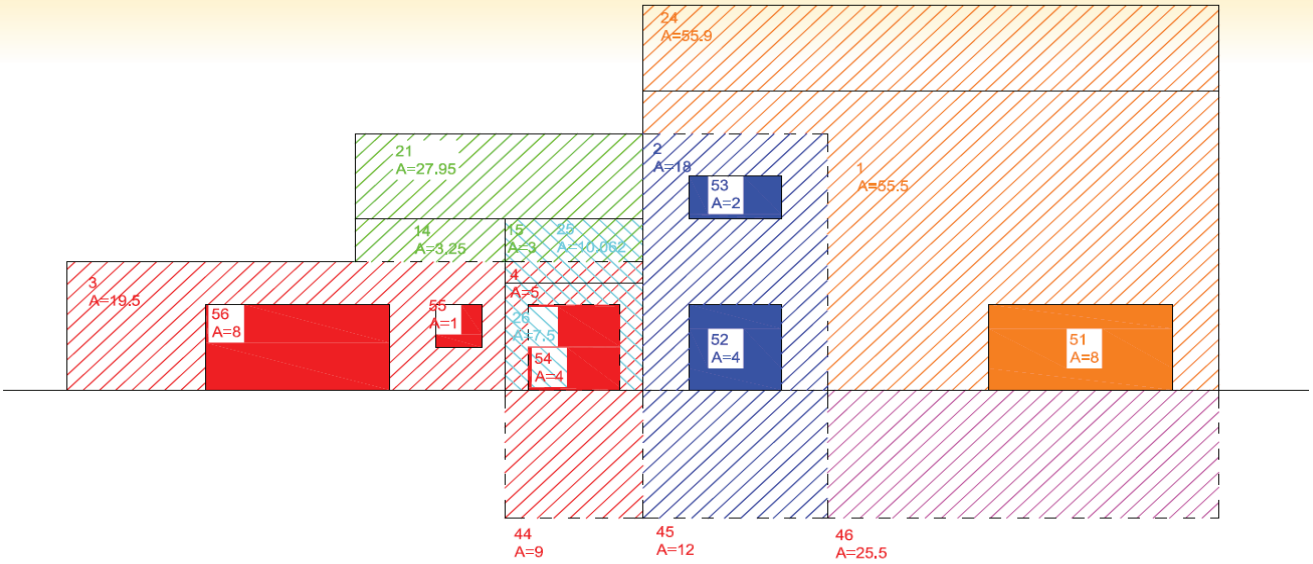
Slika 3.6 Tlocrt potkrovlja



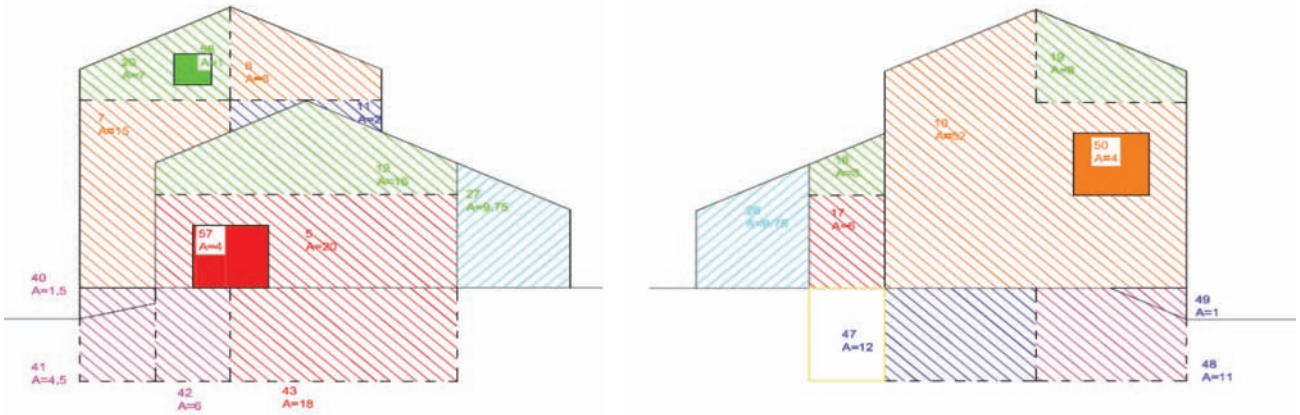
Slika 3.7 Presjeci 1 – 4



Slika 3.8 Sjeverno pročelje



Slika 3.9 Južno pročelje



Slika 3.10 Zapadno i istočno pročelje

Zamišljeni popis prostora u zgradi i odnosi između prostora odabrani su kako bi se pokazali mogući odnosi grijanih i negrijanih prostora, grijanih prostora različitih zona, kao i mogući odnosi toplinskih gubitaka prema tlu. Razlika između negrijanih prostora i negrijanih prostora temperature > 0°C naglašena je zbog određivanja maksimalnog dopuštenog koeficijenta prolaska topline prema TPRUETZZ-u , ali nema utjecaj na način izračuna toplinskih gubitaka prema negrijanim prostorima. Analizom prostora prema namjeni, sustavima grijanja i hlađenja i unutarnjim projektnim temperaturama moguće je ovu zgradu promatrati kao zgradu s dvije grijane zone – prvu zonu čini uredski prostor u prizemlju katu i dijelu potkrovlja korisne kondicionirane površine 190,00 m^2, dok drugu predstavlja stambeni prostor u prizemlju i podrumu zgrade korisne površine 103,75 m^2. Prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, zgrada je mješovite namjene jer je više od 10% tlocrtne površine u drugoj namjeni i ploština korisne površine u drugoj namjeni je veća od 50 m^2. Prema namjeni i primijenjenim termotehničkim sustavima (Tab. 3.1 Popis prostora u primjeru zgrade) zgradu je potrebno podijeliti u dvije zone (ORANGE i RED) za koje se izdaju odvojeni energetski certifikati.

Tab. 3.1 Popis prostora u primjeru zgrade

naziv prostorije	namjena	A_k [m²]	V [m³]	$\theta_{int,H}$ [°C]	$\theta_{int,C}$ [°C]	sustav grijanja	sustav hlađenja
red 0	stanovanje	90,00	247,50	20	-	A	-
red -1	stanovanje	13,75	37,81	20	-	A	-
orange 0	pojedinačni ured	74,00	203,50	20	26	B	C
orange 1	pojedinačni ured	74,00	203,50	20	26	B	C
orange 2	pojedinačni ured	42,00	72,25	20	26	B	C
green 1	negrijani prostor	43,13	76,89	-	-	-	-
green 2	negrijani prostor	42,00	72,26	-	-	-	-
cyan 0	negrijani prostor	8,12	25,68	-	-	-	-
blue 1	negrijani prostor temperature >0 °C	12,25	33,69	-	-	-	-
blue 0	negrijani prostor temperature >0 °C	12,25	33,69	-	-	-	-
blue -1	negrijani prostor temperature >0 °C	12,25	33,69	-	-	-	-
magenta -1	negrijani prostor	46,50	127,88	-	-	-	-

Negrijani prostori unutar zgrade mogu graničiti s više grijanih zona istodobno, kao i s drugim negrijanim prostorima. Normom HRN EN ISO 13789:2008 obrađen je proračun koeficijenta transmisijskog prolaska topline kroz negrijani prostor korištenjem faktora prilagodbe *b* koji umanjuje direktan koeficijent prolaska topline prema negrijanom prostoru za veličinu utjecaja negrijanog prostora, dok je koeficijent prolaska topline ventilacijom određen odnosom provjetravanja negrijanog prostora prema vanjskom zraku i negrijanog prema grijanom prostoru. Jednom određen koeficijent *b* odnosi se na gubitke svih grijanih prostora u kontaktu s tim negrijanim prostorom.

Podatke o geometrijskim karakteristikama zgrade potrebno je prikupljati na strukturiran način. Geometrijski odnosi među prostorima unutar zgrade pregledno se mogu pratiti na nacrtima, te unositi u tablicu ili neposredno u softver za proračun energetskih svojstava zgrade.

Tab. 3.2 Primjer tablice popisa konstrukcija

oznaka	prostor	graniči prema	vrsta konstrukcije	površina	orijentacija	nagib
1	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	25,50	S	90
2	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	10,50	E	90
3	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	18,75	N	90
4	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	4,50	W	90
5	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	9,00	N	90
6	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	6,00	W	90
7	magenta	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	1,50	E	90
8	magenta	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	18,75	N	90
9	magenta	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	1,50	W	90
10	magenta	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	46,50		180
11[1]	**magenta**	**red**	stropovi prema negrijanim prostorima	6,00		180
12	**magenta**	**red**	zidovi prema negrijanim prostorima	9,00	S	90
13	**magenta**	**orange**	stropovi prema negrijanim prostorima	50,00		180
14	blue	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	12,00	S	90
15	blue	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	12,00	E	90
16	blue	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	12,25		180

[3]crvenom bojom su označene konstrukcije vanjske ovojnice grijanog volumena zgrade.

oznaka	prostor	graniči prema	vrsta konstrukcije	površina	orijentacija	nagib
17	**blue**	**red**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	E	90
18	**red**	**0 teren**	zidovi prema tlu	6,00	E	90
19	**red**	**0 teren**	zidovi prema tlu	9,00	S	90
20	**red**	**0 teren**	zidovi prema tlu	18,00	W	90
21	**red**	**0 teren**	podovi na tlu	13,75		180
22	cyan	0 teren	konstrukcije u negrijanim prostorima	8,12		180
23	cyan	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	9,75	E	90
24	cyan	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	8,50	S	90
25	cyan	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	9,75	W	90
26	cyan	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	10,06	S	30
27	**cyan**	**red**	zidovi prema negrijanim prostorima	5,00	S	90
28	**cyan**	**red**	prozori	4,00	S	90
29	blue	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	8,00	S	90
30	blue	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	4,00	S	90
31	**blue**	**red**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	W	90
32	**blue**	**orange**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	N	90
33	**blue**	**orange**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	E	90
34	**orange**	**0 teren**	podovi na tlu	30,00		180
35	**red**	**0 teren**	podovi na tlu	69,38		180
36	**red**	**0 vanjski zrak**	ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora	50,00		0
37	red	orange	zidovi između grijanih radnih prostorija različitih korisnika	6,00	E	90
38	**red**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	19,50	S	90
39	**red**	**0 vanjski zrak**	prozori	8,00	S	90
40	**red**	**0 vanjski zrak**	prozori	1,00	S	90
41	**red**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	20,00	W	90
42	**red**	**0 vanjski zrak**	prozori	4,00	W	90
43	**red**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	36,50	N	90
44	**red**	**0 vanjski zrak**	prozori	1,00	N	90
45	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	6,00	W	90
46	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	37,50	N	90
47	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	24,00	E	90
48	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	17,50	S	90
49	**orange**	**0 vanjski zrak**	prozori	8,00	S	90
50	**red**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	6,00	E	90
51	**green 1**	**red**	stropovi prema tavanu	50,00		0
52	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	27,95	S	30
53	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	27,95	N	30
54	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	3,25	S	90
55	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	16,00	W	90
56	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	6,25	N	90
57	green 1	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	3,00	E	90
58	**green 1**	**orange**	zidovi prema tavanu	3,00	W	90
59	**blue**	**orange**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	N	90

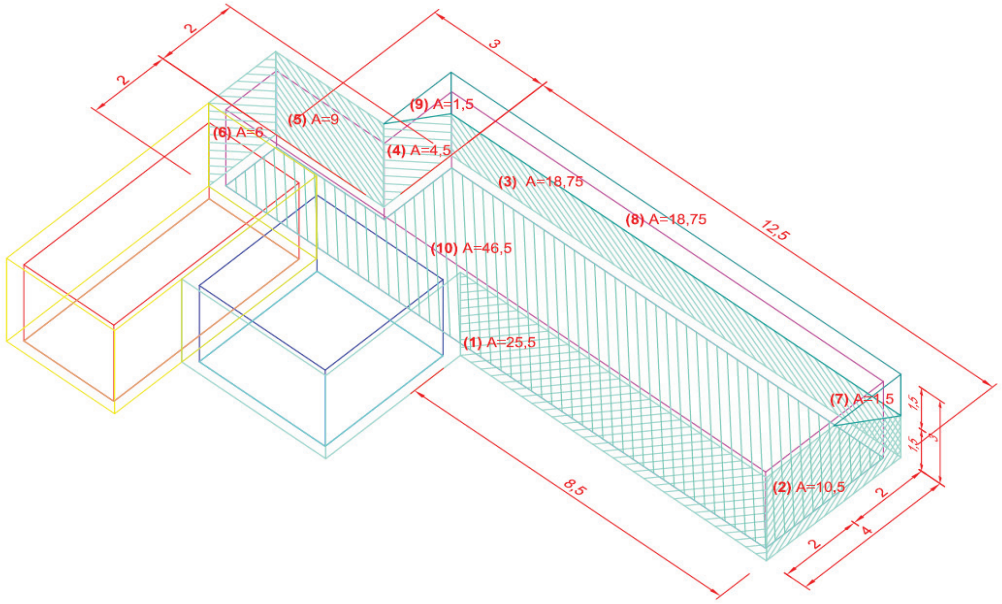
[3] *crvenom bojom su označene konstrukcije vanjske ovojnice grijanog volumena zgrade.*

oznaka	prostor	graniči prema	vrsta konstrukcije	površina	orijentacija	nagib
60	**blue**	**orange**	zidovi prema negrijanim prostorima	12,00	E	90
61	blue	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	10,00	S	90
62	blue	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	2,00	S	90
63	blue	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	2,00	W	90
64	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	9,00	W	90
65	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	35,50	N	90
66	**orange**	**0 vanjski zrak**	prozori	2,00	N	90
67	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	20,00	E	90
68	**orange**	**0 vanjski zrak**	prozori	4,00	E	90
69	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	25,50	S	90
70	**blue**	**orange**	stropovi prema negrijanim prostorima	16,00		0
71	**green 2**	**orange**	stropovi prema tavanu	50,00		0
72	green 2	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	7,00	W	90
73	green 2	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	1,00	W	90
74	green 2	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	12,50	N	90
75	green 2	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	8,00	E	90
76	green 2	0 vanjski zrak	konstrukcije u negrijanim prostorima	55,90	N	30
77	**green 2**	**orange**	zidovi prema tavanu	37,50	N	90
78	**orange**	**0 vanjski zrak**	ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora	55,90	S	30
79	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	8,00	E	90
80	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	12,50	S	90
81	**orange**	**0 vanjski zrak**	vanjski zidovi	8,00	W	90
ukupna površina konstrukcija				1293,76		
ukupna površina vanjske ovojnice				868,03		

[3]crvenom bojom su označene konstrukcije vanjske ovojnice grijanog volumena zgrade.

Uz površinu, podaci o orijentaciji i nagibu su obvezni za sve ostakljene konstrukcije vanjske ovojnice zgrade, a opcijski za neprozirne konstrukcije vanjske ovojnice za koje se ne računaju toplinski dobici i gubici zračenjem. Uz orijentaciju, nagib i površinu, za ostakljene konstrukcije potrebno je odrediti i koeficijente geometrijskog zasjenjenja za ljeto i zimu posredno putem kuta obzora, kuta nadstrešnice i kuta bočnog zaslona.

Specifičan pristup potreban je u pripremi podataka za proračun gubitaka topline prema tlu koji se računa prema normi HRN EN ISO 13370:2008 jer su tražene ulazne vrijednosti geometrijskih karakteristika svedene na neto površinu poda prema tlu, izloženi opseg poda, debjinu podrumskog zida te koeficijente prolaska topline poda i zida prema tlu. Vrijednosti moguće kompleksne geometrije konstrukcija prema podrumu potrebno je interpretirati na način da se omogući izračun prema normi.



Slika 3.11 Shema vanjske ovojnice dijela podruma

Na slici, Slika 3.11 Shema vanjske ovojnice dijela podruma, vidljivi su i označeni svi dijelovi vanjske ovojnice dijela podruma, iz čega je moguće direktno očitati ploštinu neto površine poda (A=46,5 m^2), kao i izloženi opseg poda P=32,0 m. Međutim, tražena vrijednost *z* (visina zida u tlu) i *h* (visina zida podruma iznad tla) određuje se kao srednja vrijednost svedena na izloženi opseg poda podruma. Na isti način potrebno je odrediti i srednju vrijednost koeficijenta prolaska topline zidova prema tlu i zidova podruma prema vanjskom zraku.

A=46,5 m^2
P=8,5+4+12,5+2,3+3=32,0 m

z'=1,5 m
A'(z)=25,5+10,5+1875+4,5+9+6=74,25
z=A'(z)/P=74,25/32=2,32 m

h'=1,5
A'(h)=1,5+18,75+1,5=21,75
h=A'(h)/P=21,75/32=0,68 m

B'=A/0,5P=2,91 m

3.3. METODE PRORAČUNA

Osnovni proračunski izraz za određivanje godišnje potrebne toplinske energije za grijanje prema EN ISO 13790 je:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}$$

$Q_{H,ht}$ – ukupni toplinski gubici zgrade u razdoblju grijanja prema vanjskom okolišu, kWh
$Q_{H,gn}$ – ukupni toplinski dobici zgrade u razdoblju grijanja, kWh
$\eta_{H,gn}$ – bezdimenzijski faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za grijanje.

Koeficijenti prolaska topline u svrhu ilustracije metode proračuna određeni su kao najviši dopušteni koeficijenti prolaska topline konstrukcija vanjske ovojnice. Na temelju geometrijskih podataka o zgradi i koeficijenata prolaska topline u tablici, Tab. 3.3 Koeficijenti prolaska topline konstrukcija, provodi se proračun potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade prema normi HRN EN ISO 13790:2008 odvojeno za svaku zonu.

Tab. 3.3 Koeficijenti prolaska topline konstrukcija

vrsta konstrukcije	UW/m²K	U (W/m²K)
zidovi prema negrijanim prostorima – garaži, tavanu	0,45	0,4
prozori	1,80	1,80
ravni i kosi krov iznad grijanog prostora	0,30	0,30
strop prema tavanu	0,30	0,30
strop iznad negrijanog prostora – garaže	0,30	0,30
zidovi i stropovi prema negrijanim prostorima temperature više od 0°C	0,50	0,50
zidovi prema tlu	0,50	0,50
podovi prema tlu	0,50	0,50
vrata s neprozirnim vratnim krilom	2,90	2,90
stropovi između stanova	1,40	1,40
zidovi između stanova	-	0,75
prozirni elementi u negrijanom prostoru	-	2,9
neprozirni građevni dijelovi u negrijanom prostoru	-	
vanjski zid prema tlu	-	3,66
pod na tlu	-	0,91
pod staklenika na tlu	-	4,66
vanjski zid	-	1,36
krov	-	5,26

Uz geometrijske podatke i koeficijente prolaska topline konstrukcija vanjske ovojnice te unutarnju projektnu temperaturu grijanja i hlađenja, definiranu namjenom prostora ili projektom, ulazne podatke proračuna čine podaci o zrakopropusnosti, odnosno broju izmjena zraka prirodnom i mehaničkom ventilacijom; vrijednost unutarnjih dobitaka; podaci o prekidnom grijanju prostora; meteorološki podaci odabrane meteorološke postaje i odgovarajuće referentne klime.

Odabrana meteorološka postaja primjera je Zagreb Grič, s referentnom klimom kontinentalne Hrvatske. Rezultati proračuna za zone i zgradu ukupno su dani u Tab. 3.4 Rezultati proračuna po zonama i za zgradu.

Tab. 3.4 Rezultati proračuna po zonama i za zgradu

rezultati proračuna za zgradu za stvarne klimatske podatke	red	orange	ukupno
A_k [m^2]	103,75	190,00	293,75
V_e [m^3]	354,00	604,00	958,00
$Q_{H,nd}$ [kWh(a)] / $Q_{H,nd\ ref}$ [kWh(a)]	10.984 / 12.008	15.255 / 16.750	26.239 / 28.758
$Q_{C,nd}$ [kWh(a)] / $Q_{C,nd\ ref}$ [kWh(a)]	0 / 0	300 / 262	300 / 262
$Q'_{H,nd}$ [kWh/m^3(a)] / $Q'_{H,nd\ ref}$ [kWh/m^3(a)]	stambena – ne računa se	25,26 / 27,73	27,39 / 30,02
$Q'_{H,nd,max}$ [kWh/m^3(a)]	stambena - ne računa se	27,40	28,63
$Q_{H,nd,rel}$	stambena – ne računa se	101,20	104,86
$Q''_{H,nd}$ [kWh/m^2(a)] / $Q''_{H,nd\ ref}$ [kWh/m^2(a)]	105,87 / 115,74	80,29 / 88,16	89,32 / 97,90
$Q''_{H,nd,max}$ [kWh/m^2(a)]	95,01	85,63	89,48
$Q'_{C,nd}$ [kWh/m^3(a)] / $Q'_{C,nd\ ref}$ [kWh/m^3(a)]	stambena - ne računa se	0,50 / 0,43	0,31 / 0,27
$Q''_{C,nd}$ [kWh/m^2(a)] / $Q''_{C,nd\ ref}$ [kWh/m^2(a)]	0 / 0	nestambena – ne računa se	1,02 / 0,89
Energetski razred	D	D	određuje se odvojeno po zonama

4. ANALIZA POTROŠNJE ENERGENATA

4.1. ULOGA GRAĐEVINSKIH KARAKTERISTIKA I VANJSKE OVOJNICE ZGRADE U POTROŠNJI ENERGENATA

Vanjska ovojnica zgrade i sastav pojedinih dijelova vanjske ovojnice imaju ključnu ulogu u smanjenju energetske potrošnje u zgradama. Primjena mjera povećanja energetske učinkovitosti u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije ne daje odgovarajuće rezultate, ako vanjska ovojnica i dalje ostvaruje velike toplinske gubitke, odnosno ako nema ili ima nedovoljnu toplinsku zaštitu. Osnovni pristup rješenju suvremenog energetskog koncepta zgrade, kako pri novogradnji tako i pri energetskoj obnovi zgrada mora biti usmjeren na tri bitna elementa:

- Smanjenje energetskih potreba povećanjem toplinske zaštite zgrada – niskoenergetski i gotovo nula energetski standard gradnje;
- Korištenje suvremenih učinkovitih energetskih sustava koji koriste principe rekuperacije otpadne topline, a kao energent koriste fosilna goriva;
- Korištenje obnovljivih izvora energije.

U takvom integralnom pristupu razmatranju energetike zgrada, prvi i osnovni uvjet za postizanje energetski učinkovitog rješenja je smanjenje toplinskih gubitaka povećanjem toplinske zaštite zgrada. Povećanjem toplinske zaštite cijele vanjske ovojnice zgrade ostvaruju se najveće energetske uštede uz niz dodatnih pogodnosti kao što su povećanje udobnosti, produljenje životnog vijeka zgrade i zaštita okoliša.

Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastalih kondenzacijom (vlagom), te pregrijavanja prostora ljeti. Posljedice su oštećenja konstrukcije, te neudobno i nezdravo stanovanje i rad. Zagrijavanje takvih prostora zahtijeva veću količinu energije što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanja prostora, ali i do većeg zagađenja okoliša. Zagađenje okoliša opet ima utjecaj na oštećenje građevina i na život i zdravlje ljudi. Dodatno treba naglasiti da što je viša razina toplinske zaštite, to je veća mogućnost izbora alternativnih energetski učinkovitih sustava opskrbe zgrade energijom, kao i korištenja obnovljivih izvora energije.

Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 40 do 80%. Toplinsku zaštitu vanjske ovojnice u pravilu treba izvoditi s vanjske zimi hladnije strane konstrukcije, te na svim površinama koje graniče s vanjskim ili negrijanim prostorom. Svaki zaboravljeni dio vanjske ovojnice koji ostane bez toplinske zaštite, potencijalni je toplinski most koji ostvaruje povećane toplinske gubitke i može uzrokovati građevinske štete. Dijelovi vanjske ovojnice koji se toplinski zaštićuju su:

- vanjski zid
- zid između grijanih prostora različitih korisnika
- zid prema negrijanom prostoru
- vanjski zid prema terenu
- pod na terenu
- međukatna konstrukcija koja odvaja prostore različitih korisnika
- strop prema negrijanom podrumu
- strop prema negrijanom tavanu
- ravni i kosi krov iznad grijanog prostora
- strop iznad vanjskog prostora
- prozori i vanjska vrata.

Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetski učinkovitih zgrada. Potrebna količina energije u zgradi ovisi o faktoru oblika zgrade, orijentaciji, sastavu konstrukcije i razini toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade, te o klimatskim uvjetima. Zahtjevi za visokom toplinskom zaštitom zgrada uvjetuju poseban pristup koncepciji konstruiranja detalja toplinske zaštite cijele vanjske ovojnice zgrade, s posebnim naglaskom na rješavanju detalja toplinskih mostova.

Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti λ. Koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) je količina topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine 1 m^2, debljine 1 m kod razlike temperature od 1 K. Toplinsko izolacijski materijali imaju vrlo malu vrijednost vodljivosti topline λ**:** najčešće 0,025 do 0,045 W/mK. Vrijednost koeficijenta λ različita je za različite materijale, a ovisi o gustoći, veličini i povezanosti pora i stanju vlažnosti materijala. Bolju toplinsku izolaciju postižemo ugradnjom materijala niske toplinske vodljivosti, odnosno visokog toplinskog otpora. Toplinski otpor materijala povećava se s obzirom na debljinu materijala.

Koeficijent prolaska topline U karakteristika je svakoga dijela građevne ovojnice koja graniči s vanjskim ili negrijanim prostorom, a predstavlja količinu topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m^2 površine kod razlike temperature od 1K, izraženo u W/m^2K. Koeficijent U je bitna karakteristika vanjskog elementa konstrukcije i igra veliku ulogu u analizi ukupnih toplinskih gubitaka (kWh/m^2), a time i potrošnji energije za grijanje. Što je koeficijent prolaska topline manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja.

Pri izboru materijala za toplinsku zaštitu treba osim toplinske vodljivosti uzeti u obzir i druge karakteristike materijala kao što su požarna otpornost, faktor otpora difuziji vodene pare, tlačna tvrdoća, stišljivost, trajnost, otpornost na vlagu i drugo. Na izbor materijala utječe i vrsta konstrukcije u koju ga ugrađujemo, tako da nije isto radi li se o izolaciji poda, podrumskog zida, nadzemnog zida, ravnog ili kosog krova.

Osim sastavom kontrukcije, vanjska ovojnica zgrade utječe na potrošnju energije i orijentacijom te odnosom površina oplošja i volumena, odnosno faktorom oblika zgrade. Ako planiramo gradnju zgrade s niskom ili gotovo nultom potrošnjom energije, osim povećane debljine toplinske izolacije važno je puno pažnje posvetiti orijentaciji, udjelu staklenih površina i povoljnom faktoru oblika zgrade. U skladu s time, preporuča se već u fazi projektnog zadatka i izrade idejnog rješenja voditi računa o sljedećem:

- Ostvariti povoljan faktor oblika zgrade, odnosno *f0=A/Ve;*
- Odrediti povoljnu orijentaciju zgrade kako bi se maksimalno iskoristili toplinski dobici i tako smanjile toplinske potrebe unutar zgrade;
- Kontrolirati ulazak toplinskog zračenja od Sunca kako bi se smanjile potrebe za rashladnom energijom;
- Omogućiti prirodnu ventilaciju prostora i noćno hlađenje;
- Koristiti toplinsku masu zgrade;
- Za staklene površine koje pokrivaju cijelo pročelje ostvariti maksimalni koeficijent prolaska topline U=1,40 W/m^2K, a za pune (neprozirne) dijelove vanjske ovojnice postići što niži koeficijent prolaska topline povećanjem debljine toplinske izolacije;
- Omogućiti maksimalan ulazak dnevnog osvjetljenja kako bi se smanjila potreba za električnom energijom;
- Definirati unutrašnju projektnu temperaturu u skladu s namjenom prostora.

Kvalitetnim definiranjem sastava vanjske ovojnice i povećanjem toplinske zaštite svih građevnih dijelova, otvara se mogućnost primjene visoko učinkovitih energetskih sustava u zgradi koji uključuju obnovljive izvore energije i alternativne sustave kao što su dizalice topline, kogeneracija i trigeneracija, sustavi daljinskog i blokovskog grijanja i hlađenja i drugo.

4.2. PRORAČUN POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE GRAĐEVINE

Gubici topline većine građevina (normirano toplinsko opterećenje) izražavaju se u W i određuju se za vanjsku projektnu temperaturu po normi HRN EN 12831 [1]. Sadrže gubitke transmisije i gubitke ventilacije. Transmisijski gubici odnose se na prijelaz topline kroz vanjsku ovojnicu građevine. Ventilacijski gubici uključuju gubitke prirodnom ventilacijom infiltracijom vanjskog zraka kroz ovojnicu zgrade te gubitke uslijed zagrijavanja zraka mehaničkom ventilacijom. Kako je namijenjen za određivanje nazivnih snaga uređaja termotehničkih sustava, odnosno za odabir opreme, proračun ne uzima u obzir dobitke topline uslijed sunčevog zračenja, niti unutarnje dobitke topline. Ovi gubici topline ne služe za određivanje godišnje potrošnje energije zgrade. Prikaz metodologije proračuna dan je u poglavlju 11.3 prvog dijela Priručnika za energetsko certificiranje zgrada.
Toplinski dobici građevina izračunavaju se kao suma vanjskog i unutarnjeg toplinskog opterećenja građevine prema smjernici VDI 2078 [2] i također se izražavaju u W. Vanjski dobici topline sastoje se iz prolaska topline kroz vanjske zidove, podove, stropove i ostakljene plohe, topline uslijed zračenja kroz ostakljene plohe i topline uslijed prirodne ventilacije. Unutarnji dobici su dobici od ljudi u prostoru, rasvjetnih tijela, strojeva i uređaja, prolazak topline iz susjednih prostorija, toplina od predmeta koji prolaze kroz prostor i pritom se hlade, te ostali dobici topline. Metodologija proračuna prikazana je također u prvom dijelu Priručnika za energetsko certificiranje zgrada, poglavlje 11.4.

Godišnja potrošnja energije za grijanje i hlađenje građevine izračunava se prema HRN EN ISO 13790 [3]. Prikaz metodologije proračuna dan je u poglavlju 11.5.2 prvoga dijela Priručnika za energetsko certificiranje zgrada.

Norma obuhvaća:
– proračun izmjene topline transmisijom i ventilacijom unutar dijela zgrade koji se grije ili hladi na konstantnu temperaturu;
– proračun utjecaja unutarnjih dobitaka topline kao i dobitaka topline od sunčeva zračenja na toplinsku bilancu;
– proračun godišnje potrebne (korisne) energije za grijanje i hlađenje;
– proračun potrebne energije za pogon uređaja za grijanje i hlađenje (konačna energija).

Zgrada može imati više zona s različitim postavkama temperatura, te može biti grijana i hlađena s prekidima. Podjela zgrade na proračunske zone vrši se za dijelove zgrade koji se razlikuju prema namjeni, prema vrsti i načinu uporabe termotehničkog sustava i ako se vrijednost unutarnje projektne temperature razlikuje za više od 4 K.

Norma opisuje tri različita pristupa proračunu potrošnje za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:
– kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti;
– kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti;
– dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim.
Novi algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje uključivati će dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata.

Za potrebe energetskog certificiranja može se koristiti kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Proračuni omogućuju određivanje potrebne topline za grijanje i hlađenje za svaki mjesec u godini, a godišnja potrošnja energije izračunava se kao suma mjesečnih vrijednosti.

Potrebni ulazni podaci su meteorološki podaci, unutarnji projektni parametri, podaci o dimenzijama i fizikalnim svojstvima građevine, podaci o sustavima u građevini.

Unutarnje temperature prostorija uzimaju se prema normi HRN EN ISO 13790, Dodatak G i prikazane su u tablici u nastavku.

Tab. 4.1 Postavne vrijednosti unutarnje temperature za razdoblja grijanja i hlađenja ovisno o namjeni zgrade [1]

Vrsta prostora	Unutarnja postavna vrijednost temperature zimi [°C]	Unutarnja postavna vrijednost temperature ljeti [°C]
Obiteljske kuće	20	26
Stambene zgrade	20	26
Uredi	20	26
Obrazovne zgrade	20	26
Bolnice	22	26
Restorani	20	26
Trgovine	20	26
Sportski objekti	18	26

Za stambene zgrade pretpostavlja se najčešće da je grijanje kontinuirano ili kvazikontinuirano (kada je razlika postavnih vrijednosti željene unutarnje temperature u normalnim razdobljima grijanja u odnosu na razdoblje reduciranog grijanja manja od 3°C). Potrebna toplinska energija za grijanje za kontinuirano grijanje računa se prema izrazu:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \text{ [J]}$$

gdje su

$Q_{H,ht}$ - ukupna izmijenjena toplina u razdoblju grijanja [J]
$Q_{H,nd,cont}$ - ukupna potrebna korisna energija za grijanje zone pri kontinuiranom grijanju [J]
$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u razdoblju grijanja [J]
$\eta_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka pri grijanju.

U slučaju izrazito nekontinuiranog pogona grijanja, primjerice kad je noću i vikendima znatno reducirana postavna vrijednost unutarnje temperature, potrebno je u obzir uzeti utjecaj nekontinuiranog grijanja kroz redukcijski faktor za nekontinuirano grijanje.

Ukupno izmijenjena toplina u režimu grijanja računa se kao

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \text{ [J]}$$

gdje su:

Q_{tr} - izmijenjena toplina transmisijom za proračunsku zonu [J]
Q_{ve} - izmijenjena toplina ventilacijom za proračunsku zonu [J]

Toplinski dobici proračunske zone za promatrano razdoblje (mjesec) u režimu grijanja izračunavaju se prema izrazu:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [J]}$$

gdje su:
Q_{int} - unutarnji toplinski dobici u proračunskom razdoblju [J]
Q_{sol} - toplinski dobici od sunčeva zračenja u proračunskom razdoblju [J]

Unutarnji toplinski dobci obuhvaćaju unutarnje toplinske izvore ili ponore i čine ih svi toplinski tokovi u proračunskoj zoni koji potječu iz unutarnjih izvora, osim onih toplinskih tokova kojima je izričita funkcija grijanje ili hlađenje te priprema potrošne tople vode.

Unutarnji toplinski dobici obuhvaćaju:
– toplinsku energiju zbog metabolizma ljudi koji borave u prostoru
– toplinsku energiju od rada raznih korisnikovih uređaja u prostoru
– toplinsku energiju od rasvjete
– toplinsku energiju predanu ili odanu od potrošne tople vode i otpadnih voda
– toplinsku energiju predanu ili odanu radom elemenata sustava grijanja, hlađenja i ventilacije (onaj dio gubitaka koji se može rekuperirati unutar zgrade)
– toplinsku energiju predanu ili odanu od raznih procesa i robe koja se unosi u prostor.

Pri proračunu toplinskih dobitaka od sunčeva zračenja u obzir se uzimaju prosječna gustoća toplinskog toka sunčevog zračenja, površina zone izložena sunčevom zračenju, faktor smanjenja zbog sjene.

Faktor iskorišenja toplinskih dobitaka pri grijanju je bezdimenzijski faktor koji definira koliki se udio toplinskih dobitaka iskorištava za grijanje. Računa se posebno za svaku proračunsku zonu i za svaki mjesec i funkcija je omjera toplinskih dobitaka i ukupne izmijenjene topline u režimu grijanja te toplinske inercije zgrade.
Godišnje potrebna energija za hlađenje kod kontinuiranog hlađenja računa se prema izrazu:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,gn} - \eta_{H,ls} \cdot Q_{C,ht} \text{ [J]}$$

gdje su

$Q_{C,ht}$ - ukupna izmijenjena toplina u razdoblju hlađenja [J]
$Q_{C,nd,cont}$ - ukupna potrebna korisna energija za hlađenje zone pri kontinuiranom hlađenju [J]
$Q_{C,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u razdoblju hlađenja [J]
$\eta_{C,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih gubitaka pri hlađenju.

U slučaju nekontinuiranog pogona hlađenja (kada je razlika postavnih vrijednosti unutarnje temperature u normalnim razdobljima hlađenja u odnosu na razdoblja reduciranog hlađenja nije veća od 3°C), potrebno je uzeti u obzir utjecaj nekontinuiranog hlađenja kroz redukcijski faktor za nekontinuirano hlađenje.
Ukupno izmijenjena toplina u režimu hlađenja računa se kao:

$$Q_{C,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \text{ [J]}$$

gdje su:

Q_{tr} - izmijenjena toplina transmisijom za proračunsku zonu [J]
Q_{ve} - izmijenjena toplina ventilacijom za proračunsku zonu [J]

Toplinski dobici proračunske zone za promatrano razdoblje (mjesec) u režimu hlađenja računaju se kao i u režimu grijanja prema izrazu:

$$Q_{C,gn} = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [J]}$$

gdje su:

Q_{int} - unutarnji toplinski dobici u proračunskom razdoblju [J]
Q_{sol} - toplinski dobici od sunčeva zračenja u proračunskom razdoblju [J]

Iskoristivost toplinskih dobitaka za hlađenje uzima se u obzir kroz bezdimenzijski faktor iskorištenja toplinskih dobitaka za hlađenje koji definira koliki se udio ukupnih toplinskih gubitaka iskorištava kao korisna energija za hlađenje.

4.3. POTROŠNJA ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZRAKA U KLIMATIZACIJI

Proračunom se određuje potreban protok zraka u zgradi, potrebna toplinska energija za ventilaciju zgrade, potrebna energija za grijanje i hlađenje, proračun pomoćne energije, proračun ukupno isporučene i primarne energije za grijanje i hlađenje. Proračun obuhvaća sljedeće podsustave:

– podsustav predaje toplinske energije u prostor, uključujući i regulaciju;
– podsustav razvoda prijenosnika topline i razvoda zraka, uključujući i regulaciju;
– podsustav proizvodnje toplinske energije, uključujući i spremnik i primarne cjevovode cirkulacije do generatora toplinske energije te regulaciju.

Konačni rezultat proračuna su toplinska energija i odgovarajuća primarna energija potrebne za namirenje zadane korisne toplinske energije.

Potrebna toplinska energija za ventilaciju i klimatizaciju zgrade može se iskazati kao:

- za razdoblje grijanja:

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,\inf} + Q_{Ve,win} + Q_{H,Ve,mech} \qquad \text{[kWh]}$$

- za razdoblje hlađenja:

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,\inf} + Q_{Ve,win} + Q_{C,Ve,mech} \qquad \text{[kWh]}$$

gdje su:

$Q_{Ve,inf}$ - potrebna toplinska energija radi infiltracije vanjskog zraka [kWh]
$Q_{Ve,win}$ - potrebna toplinska energija radi prozračivanja otvaranjem prozora [kWh]
$Q_{H,Ve,mech}$ - potrebna toplinska energija u sustavu grijanja, ventilacije i klimatizacije za zagrijavanje zraka [kWh]
$Q_{C,Ve,mech}$ - potrebna toplinska energija u sustavu grijanja, ventilacije i klimatizacije za hlađenje zraka

Proračun potrebne toplinske energije za zagrijavanje zraka provodi se na mjesečnoj ili satnoj razini. Radi specifičnosti procesa proračun potrebne toplinske energije za hlađenje zraka potrebno je provesti prema satnoj metodi za karakterističan dan u mjesecu i temeljem toga dobivene kumulativne vrijednosti potrebne toplinske energije za hlađenje zraka za karakterističan dan u pojedinom mjesecu, mogu se u ostatku proračuna koristiti za razdoblje u predmetnom mjesecu.

Ukupno trajanje sezone grijanja i hlađenja određuje se prema normi HRN EN ISO 13790.

Toplinska energija na ulazu u pojedini podsustav grijanja i hlađenja računa se kao suma toplinske energije na izlazu iz podsustava, vraćene pomoćne energije u podsustav i toplinskih gubitaka podsustava.

Količina protoka zraka u zgradama, tj. potreban broj izmjena zraka uzima se sukladno namjeni prostora prema normativima.

4.4. POTROŠNJA TOPLINSKE ENERGIJE ZA ZAGRIJAVANJE POTROŠNE VODE

Određivanje potrošnje toplinske energije za pripremu potrošne tople vode vrši se prema normi HRN EN 15316-3-1 [4]. Norma opisuje proračun potrebne toplinske energije za pripremu potrošne tople vode u zgradi na 4 načina:

– prema dnevnoj dinamici potrošnje;
– prema dnevnom utrošenom volumenu;
– prema površini zgrade;
– prema vrsti zgrade.

Stambene zgrade

Godišnja potrebna toplinska energija za pripremu tople vode računa se prema korisnoj površini objekta kao:
$Q_W = 12{,}5 \cdot A_k$ [kWh/a] za stambene zgrade s do 3 stambene jedinice, te kao
$Q_W = 16 \cdot A_k$ [kWh/a] za stambene zgrade s više od 3 stambene jedinice.

A_k predstavlja ploštinu korisne površine zgrade [m^2].

Nestambene zgrade

Dnevno potrebna toplinska energija za pripremu tople vode računa se prema izrazu:

$$Q_{W,d} = \rho_W \cdot c_W \cdot V_{W,d} \cdot (\vartheta_W - \vartheta_0) \qquad \text{[kWh/dan]}$$

gdje su:

ρ_W - gustoća vode [kg/m^3]
c_W - specifični toplinski kapacitet vode [kWh/kgK]
$V_{W,d}$ - potrebni dnevni volumen vode [m^3/dan]
ϑ_W - temperatura potrošne tople vode [°C]
ϑ_0 - temperatura hladne vode iz vodovoda [°C]

Dnevno potrebni volumen vode može se odrediti ovisno o vrsi i namjeni zgrade prema izrazu:

$$V_{W,d} = \frac{V_{W,f,d} \cdot f}{1000} \text{ [m}^3\text{/dan]}$$

gdje su:
$V_{W,f,d}$ - specifična dnevna potrošnja tople vode po jedinici proračuna,
f - jedinica proračuna može biti broj ljudi, pa se potrošnja iskazuje po osobi (gostu, pacijentu, stanaru i sl.) a može to biti npr. tlocrtna površina objekta pa se potrošnja iskazuje po m^2.

Specifične dnevne količine i temperature vode po vrstama objekata dane su u nastavku.

Tab. 4.2 Potrebna količina i temperatura vode prema vrsti objekta

Objekt	Količina vode	Temperatura
Bolnica	100...300 l/dan, krevet	60°C
Vojarna	30...50 l/dan,osoba	45°C
Ustanova	10...40 l/dan,osoba	45°C
Lječilište	200...400, pacijent	45°C
Prodajni centar	10...40 l/dan, osoba	
Škola (za 250 dana godišnje)		45°C
- bez tuševa	5...15 l/dan, učenik	45°C
- s tuševima	30...50 l/dan, učenik	45°C
Sportski teren s tuševima	50...70 l/dan, korisnik	45°C
Pekara	105...150 l/dan, djelatnik	45°C
	10...15 l/dan za čišćenje	45°C
- za proizvodnju	40...50 l/100kg brašna	70°C
Frizer	150...200 l/dan, osoba	45°C
Pivnica	250...300 l/100 l piva	60°C
Praonica	250...300 l/100 kg rublja	75°C
Mljekara	1...1,5 l/l mlijeka	75°C
	ili 4000...5000 l /dan	
Mesnica		
- bez proizvodnje	150..200 l/dan, osoba	45°C
- s proizvodnjom	400...500 l/dan	45°C

Mjesečne i godišnje potrebne količine toplinske energije za pripremu tople vode dobivaju se zbrajanjem dnevnih vrijednosti.

Gubici sustava grijanja i pripreme PTV-a

Kako bi se odredila potrebna konačna energija za pogon termotehničkog sustava, potrebno je izračunati gubitke energije samog sustava i pridodati ih potrebnoj korisnoj energiji za grijanje i pripremu potrošne tople vode. Energetski gubici sastoje se od gubitaka toplinske energije i energije potrebne za rad pomoćnih uređaja. Proračun započinje određivanjem potrebne korisne energije preko potrebne konačne energije pa do primarne energije. Proračun je strukturiran prema komponentama termotehničkog sustava (podsustav izmjene energije u prostoru, razvod, spremnik i proizvodnja energije).

Metoda proračuna gubitka sustava grijanja i sustava za pripremu potrošne tople vode temelji se na analizi sljedećih dijelova:
– energetska učinkovitost podsustava izmjene topline u prostoru uključujući regulaciju (npr. sustav ogrjevnih tijela);
– energetska učinkovitost podsustava razvoda (distribucije) uključujući regulaciju (npr. cjevovodi sustava razvoda radijatora);
– energetska učinkovitost podsustava spremnika (akumulacije) uključujući regulaciju (npr. sustav akumulacijskog spremnika tople vode);
– energetska učinkovitost podsustava proizvodnje energije uključujući regulaciju (npr. kotlovi, sustav sunčevih kolektora, dizalica topline, sustav kogeneracije).

Proračun se provodi u svrhu određivanja energetskih tokova u zgradi kako bi se izračunala isporučena i primarna energija zgrade za zadanu korisnu toplinsku energiju koju je potrebno isporučiti zgradi.

Proračun je moguće provesti na godišnjoj, sezonskoj, mjesečnoj ili dnevnoj razini, osim u slučaju solarnih sustava i dizalica topline kada se proračun može provesti jedino na razini mjeseca i sati tijekom godine.

Za termotehničke sustave grijanja gubici toplinske energije i potrebna pomoćna energija najčešće se računaju za podsustave izmjene topline u prostoru, podsustav razvoda i podsustav proizvodnje.

Za termotehničke sustave pripreme potrošne tople vode gubici toplinske energije i potrebna pomoćna energija računaju se za podsustave razvoda, spremnika, primarnog razvoda i proizvodnje.

Ukupni toplinski gubici dijele se na:
– iskoristive gubitke (toplinski gubici dijelova sustava koji se mogu vratiti u grijani prostor tijekom sezone grijanja i smanjiti toplinsku energiju);
– neiskoristive gubitke (toplinski gubici koji se mogu iskoristiti za grijanje prostora, a predstavljaju razliku ukupnih i iskoristivih toplinskih gubitaka);
– iskorištene gubitke (stvarno iskorišteni dio iskoristivih gubitaka);
– neiskorištene gubitke (neiskorišteni dio ukupnih gubitaka, predstavljaju razliku ukupnih i iskorištenih gubitaka).

Vraćena pomoćna energija je onaj dio energije potrebne za pogon pojedinog pomoćnog uređaja koja se direktno vraća radnom mediju i zraku za izgaranje. Preostali dio pomoćne energije predaje se okolini kao iskoristivi ili neiskoristivi toplinski gubitak.

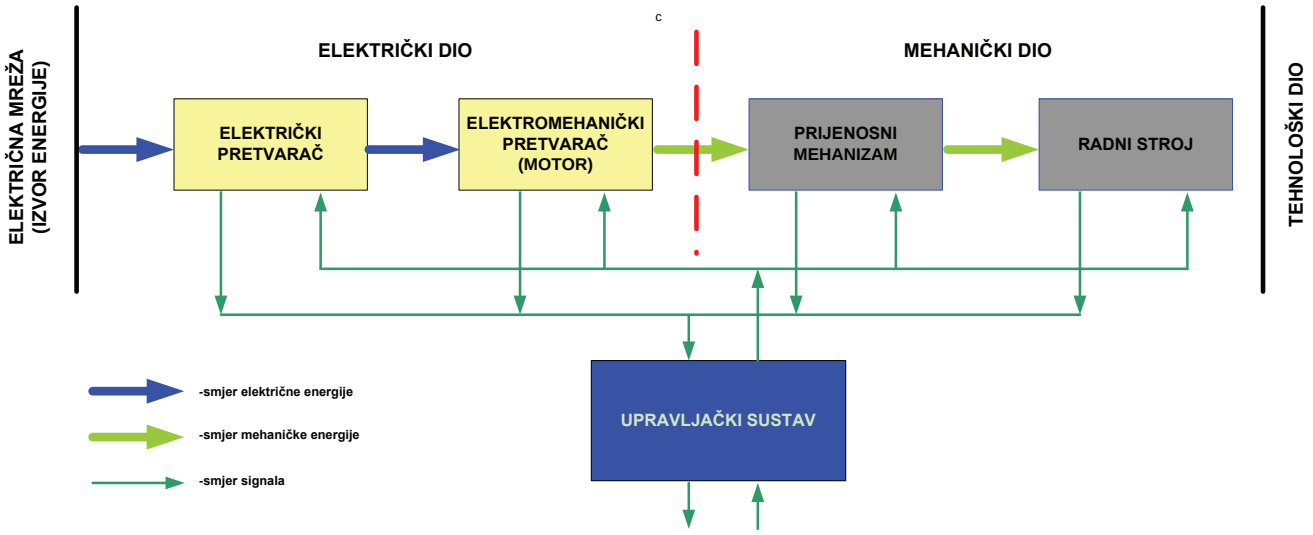
Za proračun gubitaka energije svakog podsustava može se koristiti različita razina detaljnosti proračuna u ovisnosti o suvremenim tehničkim spoznajama i dostupnim normama te potrebnoj razini točnosti određivanja energetskih gubitaka.

Detaljnija metodologija proračuna prikazana je u normi HRN EN 15316 te poglavlju 11.5.5. prvoga dijela Priručnika.

4.5. ANALIZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA ELEKTROMOTORNE POGONE

Mehanički rad osnova je svake proizvodne djelatnosti ljudskog društva. Strojevi za proizvodnju mehaničkog rada – motori – pokreću se, uglavnom, vodnom, toplinskom ili električnom energijom. Električni motori, povijesno su najmlađi među strojevima za proizvodnju mehaničkog rada. Elektromotori nadmašuju ostale davatelje rada zbog tri osnovne prednosti: visoka ekonomičnost (učinkovitost i do 98%), neposredna spremnost za pogon uz puno opterećenje te izvanredna prilagodljivost radnom mehanizmu.

Elektromotorni pogon - EMP (engl. Electrical drive) je elektromehanički sustav namijenjen za dovođenje i održavanje u gibanju radnih mehanizama i upravljanje njihovim mehaničkim gibanjem. U pravilu, EMP sastoji se od: elektromotora, radnog mehanizma, prijenosnog uređaja, pretvaračkog uređaja i upravljačkog uređaja. U najjednostavnijem slučaju EMP sadrži elektromotor, radni mehanizam i prekidački uređaj, upravljan ručno (ručni alati, kućanski aparati, ...).



Slika 4.1 Struktura suvremenog elektromotornog pogona

EMP neizostavni su dio gotovo svih termotehničkih instalacija, bilo kao pomoćnih sustava bilo kao osnovnih dijelova primarnih generatora toplinske i/ili rashladne energije. Kao pogonski uređaji kompresora, ventilatora i pumpi, najčešće se koriste trofazni, kavezni asinkroni motori, dok se za radne mehanizme manjih snaga koriste monofazni elektromotori.

Potrošnja električne energije EMP-a ovisi o nizu čimbenika, prvenstveno o električnoj snazi pogona i godišnjem broju sati rada. Budući da se razmatra potrošnja električne energije postojećih EMP-a, smatra se da su elementi pogona ispravno dimenzionirani. Značajna karakteristika EMP-a, koja utječe na ukupnu godišnju potrošnju električne energije, je ponašanje pogona pri parcijalnom opterećenju. Naime, zbog ušteda energije u EMP-ima posljednjih se godina intenzivno razvijaju i primjenjuju regulirani elektromotorni pogoni u svim područjima primjene. Postojeći neregulirani pogoni se postupno zamjenjuju reguliranim, gdje god je to ekonomski opravdano. Procjenjuje se da je danas (10 - 12%) svih EMP-a u svijetu reguliranog tipa.

4.5.1. Potrošnja električne energije za pogon pomoćnih sustava u sklopu sustava za ventilaciju zgrada

U ovim sustavima električna energija troši se za pogon pomoćnih uređaja i sustava, i to:
Sustava za obradu i distribuciju zraka
Sustava za distribuciju rashladne energije i toplinske energije.

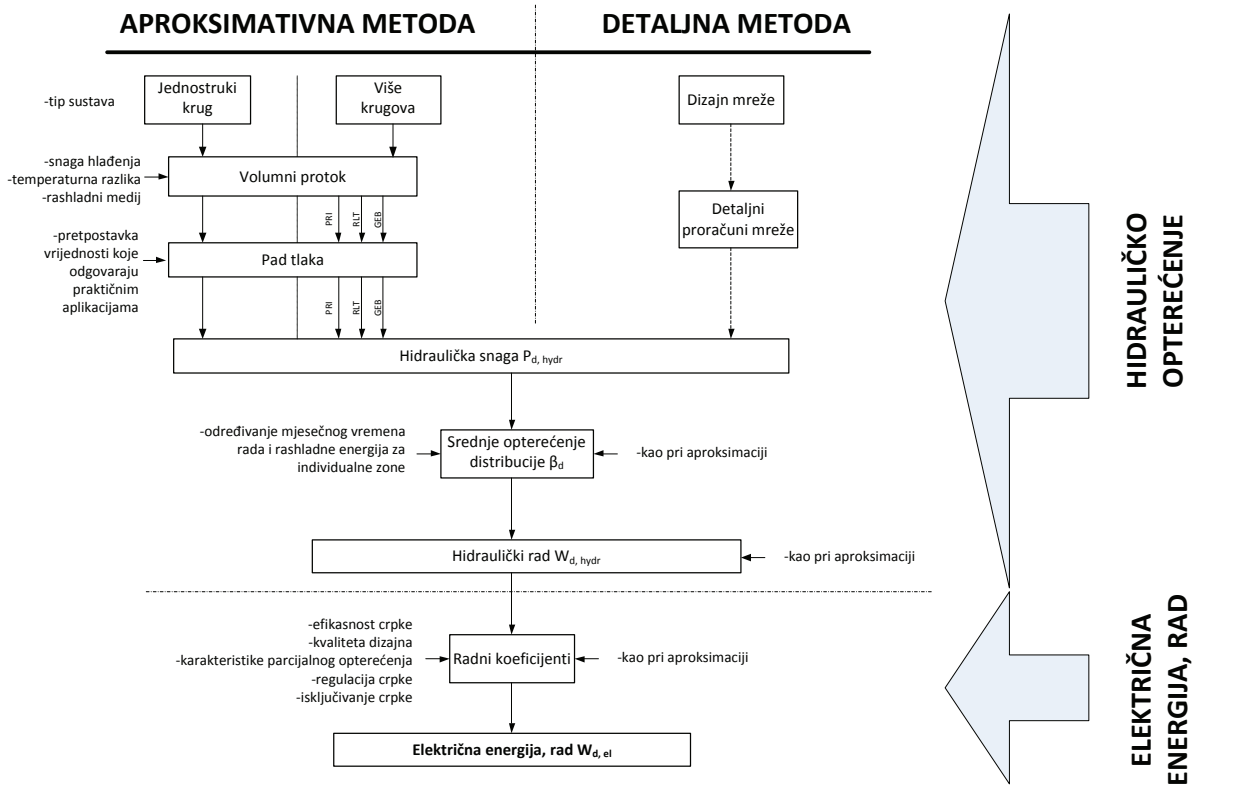
Razmatrani uređaji su ventilatori i pumpe, a potom i ostali pomoćni uređaji (aktuatori, ventili, regulatori i sl.). U tablici 4.3. dani su osnovni parametri potrebni za određivanje potreba električne energije u mrežama za distribuciju rashladne i hladne vode, za zgrade s klimatizacijskim sustavima.

Tab. 4.3 Osnovni parametri za proračun električne energije u mrežama za distribuciju rashladne i hladne vode

Parametar	Mreža za distribuciju hladne vode	Mreža za distribuciju rashladne vode
Rashladnik	Nazivni rashladni učinak ($\dot{Q}_{C,outg}$ $Q_{0,out}$) rashladnog uređaja	Nazivni učinak grijanja ($\dot{Q}_{C,outg}$ $Q_{c,out}$) rashladnog uređaja
		Stupanj djelovanja (EER) ili faktor hlađenja rashladnog uređaja
Regulacija	Razdioba dijela ($Q_{0,out}$ $\dot{Q}_{C,outg}$) na rashladne uređaje i djelomično isključenje pojedinačnih isparivača	Razdioba dijela ($\dot{Q}_{C,outg}$ $Q_{c,out}$) na rashladne uređaje i djelomično isključenje pojedinačnih kondenzatora
	Regulacija rashladnih uređaja pri parcijalnom opterećenju	Regulacija rashladnih uređaja pri parcijalnom opterećenju
	Uporaba sustava za pohranu rashladne energije	Regulacijska strategija rashladnog uređaja, te pumpe i ventilatora rashladnog tornja
	Minimalna količina vode, isparivač	Minimalna količina vode, kondenzator
Cijevna mreža	Temperaturna razlika ulaz/izlaz	Temperaturna razlika ulaz/izlaz
	Padovi tlaka - najduži put vode - presjeci cjevovoda - fitinzi i ventili, izmjenjivači topline - hidraulička prilagođenja (balansiranje)	Padovi tlaka - najduži put vode - presjeci cjevovoda - fitinzi i ventili, izmjenjivači topline - tip sustava (otvoreni ili zatvoreni)
	Hlađeni medij (npr. voda, glikol i td.)	Rashladni medij (npr. voda, glikol i td.)
Izbor pumpe	Kvaliteta projektnog rješenja	Kvaliteta projektnog rješenja
	Tip pumpe i učinkovitost	Tip pumpe i učinkovitost
	Uporaba reguliranih ili nereguliranih pumpi	Uporaba reguliranih ili nereguliranih pumpi
	Tip regulacije pumpe	Tip regulacije pumpe
Koncept distribucijskog razvoda[b]	Spajanje rashladnog uređaja na distribucijsku mrežu	Spajanje rashladnog uređaja na rashladni toranj
	Jednostruki krug ili dvostruki krug (s primarnim i sekundarnim krugovima)	
	Distribucija korisničkih krugova u skladu s rashladnim opterećenjem (granska ili zonska regulacija)	
	Stvaranje hidrauličke ravnoteže	
	Miješajuća ili količinska koncepcija regulacije	
Vrijeme rada / profili opterećenja	Trajanje rashladnog opterećenja zgrade	Broj sati rada rashladnog uređaja
	Gašenje pumpe u slučaju izostanka rashladnog opterećenja: -prema prostoru: GVK sustav i područja u zgradi -prema vremenu: sezonsko i noćno razdoblje te gašenje, odnosno smanjenje snage[c] vikendom	Gašenje pumpe u slučaju izostanka rashladnog opterećenja: -preko rashladnog uređaja Korištenje rashladnog tornja za hlađenje slobodnom konvekcijom
	Integracija s automatikom zgrade	Integracija s automatikom zgrade

Regulacija snage u distribucijskom krugu	Regulacija masenog protoka s -prolaznim prigušnim ventilima -troputnim mješajućim ventilima -regulacija pumpe	Regulacija masenog protoka s -dvoputnim prigušnim ventilima -regulacija pumpe
	Regulacija temperature miješajućim ventilima	Regulacija temperature miješajućim ventilima
	Interakcija između regulacije pumpe i opterećenja	Interakcija između regulacije rashladnog tornja i pumpe
Ostala pomoćna energija	Pumpe za: -ovlaživanje zraka -indirektno evaporativno hlađenje	Pumpe za raspršivanje vode
	Pumpe u KVS sustavima rekuperacije topline	Grijanje u sklopu zaštite od smrzavanja
	Sustavi za održavanje tlaka i odzračivanje	Priprema vode, dozirne pumpe
	Pumpe kondenzata	
	Elektromotorni ventili, elektrotermički ventili	
a Odstupanje radne točke od nazivne radne točke b Oblikovanje sustava utječe na potrebnu snagu pumpe, vrijeme rada i regulacijske karakteristike c Intermitentni pogon		

Potrebnu električnu energiju za pogon pumpi u sustavima distribucije rashladne i hladne vode moguće je odrediti na dva načina: pomoću detaljne metode proračuna i pomoću aproksimativne metode. Oba proračuna podijeljena su na dva potproblema – prvi, u kojemu se određuju hidrauličke potrebe sustava i drugi, u kojemu se određuje potreban rad, odnosno električna energija. Dijagram tijeka proračuna za obje metode prikazan je na slici 4.2.



Slika 4.2 Dijagram tijeka proračuna električne energije potrebne za rad elektromotornih pogona u sustavima distribucije rashladne i hladne vode

Proračunska metoda za određivanje električne energije mora uzeti u obzir distribucijske krugove svake pumpe u sustavu temeljem nazivnog rashladnog opterećenja za kalkulacijske zone u zgradi ili GVK sustavu. Proračuni moraju obuhvatiti snagu potrebnu za hlađenje, kao i vrijeme rada sustava, te rashladni učin za vrijeme njegova korištenja.

4.5.2. Potrošnja električne energije za pogon pomoćnih sustava u sklopu sustava za proizvodnju, distribuciju i odavanje toplinske energije u prostor

Pomoćna energija, u obliku električne energije, služi za pogon ventilatora kako bi se olakšala emisija topline (ventilokonvektor), ventila i regulacije. Kao i u prethodnom odlomku, potrebno je poznavati električnu snagu svakog uređaja te broj sati rada sustava u razmatranom razdoblju (dan, tjedan, mjesec, godina). Za neki prostor unutar građevine, ukupna potrošnja električne za pogon pomoćnih sustava, u razmatranom razdoblju, može se odrediti prema:

$$W_{el,pom} = W_{reg} + W_{pog} \quad [\text{kWh}]$$

Gdje W_{reg} označava ukupnu potrošnju električne energije za pogon sustava regulacije, a W_{pog} energiju za pogon ventilatora i dodatnih pumpi. Pojedinačne komponente potrošnje električne energije mogu se odrediti na sljedeći način:

$$W_{reg} = \frac{P_{reg} \cdot d \cdot 24}{1.000} \quad [\text{kWh}]$$

$$W_{pog} = \frac{\left(P_{vent} \cdot n_{vent} + P_{crp} \cdot n_{crp}\right) \cdot t_h}{1.000} \quad [\text{kWh}]$$

Oznake u gornjim izrazima imaju sljedeće značenje:

P_{reg} – električna snaga [W] uređaja za regulaciju
d – broj dana u razmatranom razdoblju
P_{vent} - električna snaga [W] ventilatora za razmatrani prostor
n_{vent} – broj ventilatora za razmatrani prostor
P_{crp} - električna snaga [W] pumpi za razmatrani prostor
n_{crp} – broj pumpi za razmatrani prostor.

Električna energija nužna je i za pogon uređaja za proizvodnju toplinske energije, te za njen razvod. Postupak određivanja ukupne količine električne energije za pogon sustava za proizvodnju i distribuciju toplinske energije istovjetan je onom prikazanom ranije (Potrošnja električne energije za pogon pomoćnih sustava u sklopu sustava za ventilaciju zgrada – sustavi za distribuciju rashladne i toplinske energije).

4.6. ANALIZA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA RASVJETU

Značaj kvalitetne umjetne rasvjete može se najbolje shvatiti, ako se prihvati činjenica da čovjek gotovo 80% informacija iz okoline usvaja vidom. Ispravno koncipiranje, projektiranje, izvođenje, korištenje te održavanje sustava električne rasvjete može biti odgovorno kako za visok stupanj osjećaja komfora u radnom ili rezidencijalnom prostoru, tako i za osjećaj nezadovoljstva pa čak i određenih bolesnih stanja u pojedinaca koji u takvim prostorima borave tijekom dužeg razdoblja.

Tab. 4.4 Primjeri različitih razina rasvijetljenosti

	Rasvijetljenost [lx]
Operacijski stol	20.000-120.000
Sunčani ljetni dan	60.000-100.000
Oblačan ljetni dan	20.000
Oblačan zimski dan	3.000
Dobro osvijetljeno radno mjesto	500-750
Pješačka zona	5-100
Noć s punim mjesecom	0,25

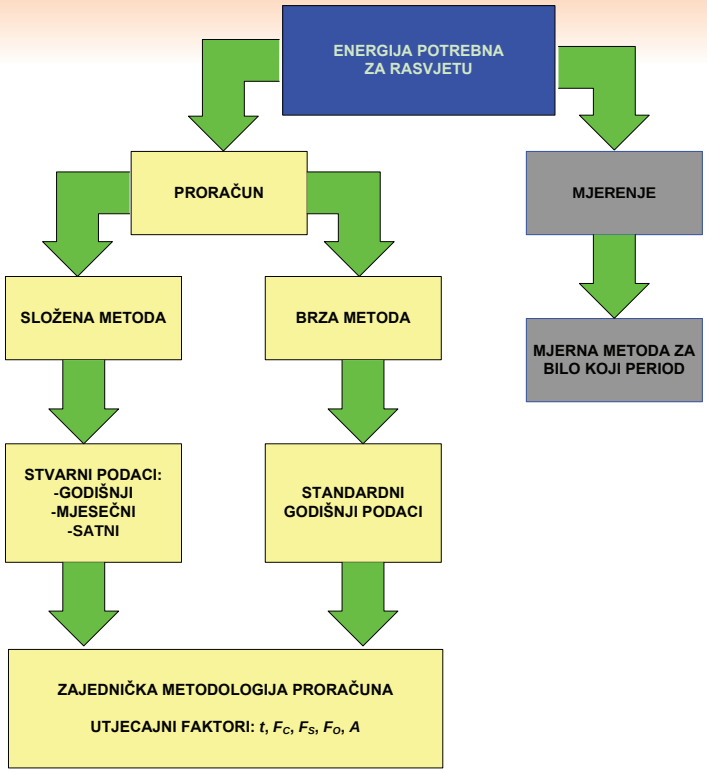
Izvori svjetlosti – žarulje, doživjele su niz promjena i usavršavanja od kada je prvi put zasvijetlila prva žarulja s ugljenom niti (Edison 1879.). Razvijeni su novi, visokoučinkoviti izvori svjetlosti, kao npr. LED žarulje s izrazito niskim stupnjem potrošnje električne energije. Svjetlosna iskoristivost predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja za ocjenu ekonomičnosti rasvjetnog sustava, a definirana je kao omjer svjetlosnog toka izvora Φ [lm] i uložene električne snage P [W]:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}\left[\frac{\mathrm{lm}}{\mathrm{W}}\right]$$

Izvori svjetlosti najčešće se dijele s obzirom na način generiranja svjetlosti, načelno, postoje dva osnovna tipa stvaranja svjetlosti:

- Inkandescencija (žarulje sa žarnom niti)
- Luminiscencija (žarulje na izboj).

Europska norma EN 15193 [5] usvojena je radi stvaranja općih konvencija i procedura za procjenu potrebne energije za rasvjetu u zgradarstvu i za analizu energetske učinkovitosti, uz definiranje graničnih vrijednosti energije nužne za napajanje rasvjete. Pri tome se poštuju dosadašnja pravila i procedure proračuna osvijetljenosti površina, ovisno o njihovoj namjeni u smislu dobre inženjerske prakse. Ova norma daje mjernu i računsku metodu za procjenu iznosa energije koja se troši za rasvjetu unutar zgrade za određeno razdoblje i određuje numerički indikator godišnjih potreba električne energije za rasvjetu (LENI faktor), izražen po jedinici korisne površine zgrade, a koji se koristi u svrhu certificiranja zgrada.



Slika 4.3 Načini određivanja potrebne energije za rasvjetu

Proračun potrebne električne energije za rasvjetu može se izvršiti po tzv.„složenoj“ i„brzoj“ metodi. Složena metoda je značajno kompleksnija od brze, uvažava stvarne karakteristike pojedinih prostora i zona u zgradi s obzirom na dostupnost i učinkovito iskorištavanje danjeg svjetla. Općenito, složena metoda daje niže vrijednosti faktora LENI, odnosno niže specifične potrebe za električnom energijom za rad sustava umjetne rasvjete. Obje metode podrazumijevaju točno određivanje broja rasvjetnih tijela, njihove energetske karakteristike, način upravljanja i regulacije rasvjete, održavanje rasvjetnog sustava, korištenje dnevnog svjetla te što preciznije određivanje ukupnog vremena rada rasvjetnog sustava. Također, oba pristupa uvažavaju tzv. parazitsku potrošnju električne energije u sustavima rasvjete, koja se troši za napajanje sustava upravljanja rasvjetom (dopunjavanje sustava sigurnosne rasvjete, potrošnja sustava predspojnih naprava u pripremnom režimu rada i sl.). Navedena potrošnja predstavlja određene „tehničke gubitke“ električne energije u sustavima rasvjete, na koje se, u većini slučajeva, ne može utjecati.

Numerički indikator potrošnje električne energije za rasvjetu zgrade definiran je sljedećom jednadžbom:

$$LENI_{racunato} = \frac{W_{ukupno}}{A} \left[kWh / \left(m^2 a \right) \right]$$

Indikator LENI pokazuje koliko određena zona, prostorija ili zgrada, ukupne površine A [m^2] troši električne energije za ostvarivanje funkcije umjetne rasvjete W_{ukupno} [kWh]. S obzirom da je rezultat specifična vrijednost, odnosno energija je izražena po korisnoj površini prostora, LENI indikator omogućuje direktnu usporedbu objekata različite veličine, ali slične namjene, tablica 4.5.

Tab. 4.5 Referentne vrijednosti i kriteriji pri projektiranju rasvjete, prema IEC 15193

				P_N	t_D	t_N	F_C		F_O		F_D		LENI		LENI	
													Granične vrijednosti		Granične vrijednosti	
	Razred kvalitete	Nužna rasvjeta kWh/(m²a)	Sustav kontrole rasvjete kWh/(m²a)	W/m²	h	h	Bez kontrole konstantne osvijetljenosti	Uz kontrolu konstantne osvijetljenosti	Ručno	Auto	Ručno	Auto	Ručno	Auto	Ručno	Auto
													kWh/(m²a)		kWh/(m²a)	
Poslovne zgrade	*	1	5	15	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	42,1	35,3	38,3	32,2
	**	1	5	20	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	54,6	45,5	49,6	41,4
	***	1	5	25	2250	250	1	0,9	1	0,9	1	0,9	67,1	55,8	60,8	50,6
Obrazovne zgrade	*	1	5	15	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	34,9	27,0	31,9	24,8
	**	1	5	20	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	44,9	34,4	40,9	31,4
	***	1	5	25	1800	200	1	0,9	1	0,9	1	0,8	54,9	41,8	49,9	38,1
Bolnice	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	70,6	55,9	63,9	50,7
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	115,6	91,1	104,4	82,3
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	0,9	0,8	1	0,8	160,6	125,3	144,9	114,0
Hoteli	*	1	5	10	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	38,1	38,1	34,6	34,6
	**	1	5	20	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	72,1	72,1	65,1	65,1
	***	1	5	30	3000	2000	1	0,9	0,7	0,7	1	1	108,1	108,1	97,6	97,6
Restorani	*	1	5	10	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	29,6	-	27,1	-
	**	1	5	25	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	67,1	-	60,8	-
	***	1	5	35	1250	1250	1	0,9	1	1	1	-	92,1	-	83,3	-
Sportski objekti	*	1	5	10	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,7	39,7	37,9
	**	1	5	20	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	79,7	75,7	72,1
	***	1	5	30	2000	2000	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	117,7	111,7	106,3
Prodajni centri	*	1	5	15	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	78,1	-	70,6	-
	**	1	5	25	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	128,1	-	115,6	-
	***	1	5	35	3000	2000	1	0,9	1	1	1	-	178,1	-	160,6	-
Tvornice	*	1	5	10	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	43,7	41,2	39,7	37,5
	**	1	5	20	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	83,7	78,7	75,7	71,2
	***	1	5	30	2500	1500	1	0,9	1	1	1	0,9	123,7	116,2	111,7	115,0

Ukupna energija W_{reg} odnosi se na zbroj tzv. korisne energije (energije za ostvarivanje funkcije rasvjete) i parazitske energije (za napajanje sustava sigurnosne rasvjete i kontrolnih sustava rasvjete kada rasvjeta nije u funkciji). Iskustveni podaci navode vrijednost 1 kWh/m^2 korisne površine za procjenu parazitske energije koja se troši za napajanje sustava sigurnosne rasvjete (ako postoji) te 5 kWh/m^2 za napajanje predspojnih naprava u pripremnom režimu rada.

4.7. DEFINIRANJE REFERENTNE POTROŠNJE ENERGIJE I VODE

Uštede na energiji i vodi ostvarene primjenom mjera poboljšanja energetske učinkovitosti dobro je prikazivati koristeći referentne pokazatelje potrošnje. Određivanje referentne potrošnje nužno je i za definiranje ciljeva poboljšanja energetske učinkovitosti. Definiranje referentne potrošnje, na prvi pogled jednostavan zadatak, nije uvijek jednostavno provesti.

Potrošnja energije i vode mijenja se tijekom vremena ovisno o utjecajnim parametrima okoline (temperatura, vlaga, sunčevo zračenje...) i djelovanju korisnika (radno vrijeme, broj prisutnih ljudi, njihovo ponašanje, promjene u kapacitetu proizvodnje u proizvodnim pogonima...). Karakteristične promjene potrošnje mogu se prepoznati unutar različitih razdoblja (sat, dan, mjesec, sezona grijanja ili hlađenja, godina).

Kod mjerenih podataka potrošne energije pojavljuju se i odstupanja između različitih godina uvjetovana različitim klimatskim utjecajima, ali nisu rijetka niti odstupanja u potrošnji vode kao posljedica promjenjivog broja korisnika ili promjene njihova ponašanja uslijed drugih utjecaja.

Objašnjenje načina definiranja referentne potrošnje dano je u Priručniku za provedbu energetskih pregleda zgrade [6] koga je izdao UNDP, pa će se ovdje ukratko rezimirati tamo prikazani pristup. Prema [6] kao referentna vrijednost u iskazivanju referentne potrošnje energije i vode najčešće se uzima prosjek niza zadnjih godina u kojima nije bilo poremećaja u opskrbi i potrošnji. Navodi se da je pokazatelj potrošnje omjer količine energije ili vode utrošene za aktivnosti na lokaciji i mjerljivog rezultata te aktivnosti

$$PP(t) = \frac{E(t)}{A(t)}$$

gdje je

$PP(t)$ - pokazatelj potrošnje u nekom vremenu *t* (kod energije je to kWh ili J za neku jediničnu aktivnost, proizvodnju površinu ili volumen prostora, dok je kod potrošnje vode to obično m^3 za neku jediničnu aktivnost, proizvodnju ili površinu prostora)
$E(t)$ - potrošnja u nekom vremenu *t* (kod energije je to kWh ili J dok je kod potrošnje vode to obično m^3)
$A(t)$ - rezultat aktivnosti na lokaciji u vremenu *t* iskazan preko prikladne mjerne jedinice. Npr. za edukacijsku instituciju to može biti broj održanih predavanja, za zgradu nekoga tijela lokalne ili regionalne uprave aktivnost se može prikazati kroz zbroj djelatnika koji su bili na poslu kroz sve radne dane analiziranog mjeseca, to može biti proizvodnja određenog proizvoda u komadima, tonama i sl. Umjesto aktivnosti kao vremenski promjenjive varijable može se uvesti i odgovarajuća površina ili volumen prostora u kojemu se aktivnost odvija.

Potrošnja energije trebala bi na predvidiv način pratiti promjene razine aktivnosti. Ako se dobivene vrijednosti pokazatelja potrošnje žele uspoređivati kroz godine, treba ih je korigirati s obzirom na klimatsko podneblje u kojemu se objekt nalazi. Kod grijanja se uobičajeno umjesto aktivnosti koriste volumen (ili tlocrtna površina) grijanog prostora pa se dobiva pokazatelj potrošnje energije za grijanje po jedinici volumena (ili tlocrtne površine). Dakle, referentni pokazatelj godišnje potrošnje energije za grijanje računa se prema izrazu:

$$PP_{god} = \frac{E_{god}}{V \cdot Sd} \quad [\mathrm{kWh/(m^3 \cdot Sd)}]$$

gdje je

PP_{god} - pokazatelj potrošnje energije tijekom godine [kWh/(m^3 ·Sd)]
E_{god} - godišnja potrošnja energije [kWh]

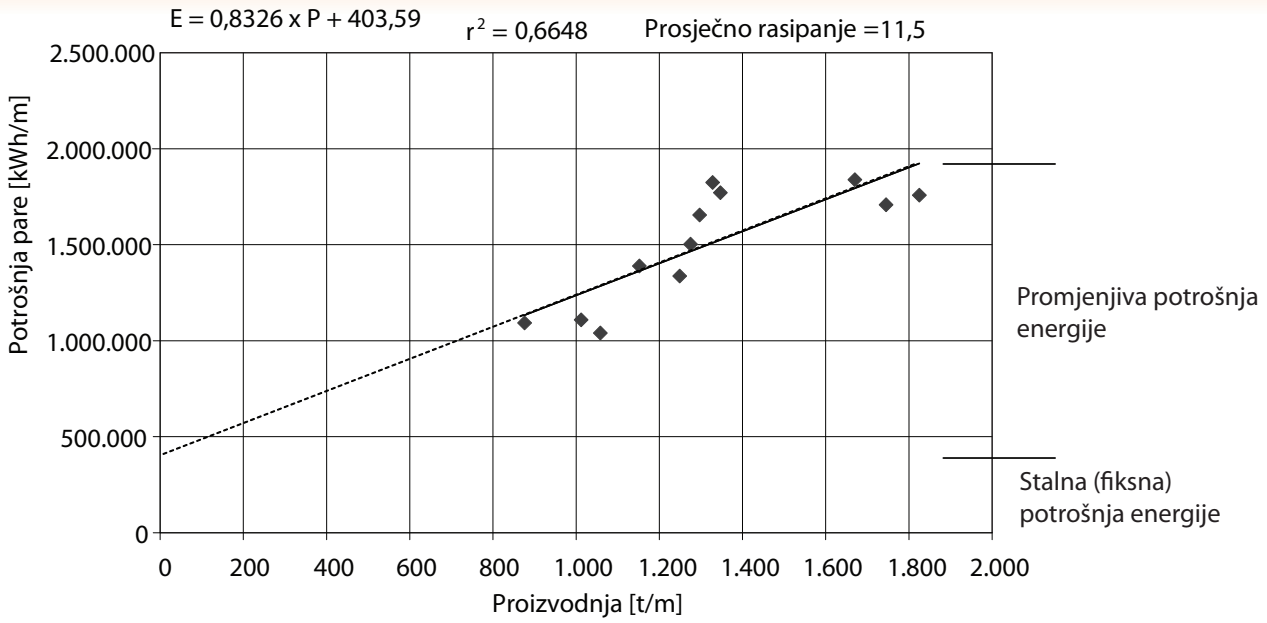
V - volumen grijanog prostora [m^3]. Umjesto volumena moguće je koristiti i tlocrtnu površinu *A* [m^2]
Sd – broj stupanj dana grijanja za referentnu godinu, razmatranu lokaciju i odabranu granicu grijanja (dostupan u Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [7]

Pokazatelji za potrošnju sanitarne tople vode (vezani su za potrošnju energije i vode) dani su u poglavlju 4.4. ovoga Priručnika. Mjerenje potrošnje sanitarne tople vode uobičajeno se ne provodi, tako da je kod definiranja referentne potrošnje energije za grijanje sanitarne tople vode potrebno kombinirati mjerenja ukupne potrošnje hladne vode koja se uvijek provode i podatke iz poglavlja 4.4. kako bi se odredio udio sanitarne tople vode u ukupnoj potrošnji.

Moguće je kod analize tehničkih sustava zgrade definirati i druge referentne vrijednosti, kao što su npr. referentni stupnjevi djelovanja opreme i uređaja (stupanj djelovanja kotla, faktor hlađenja rashladnog uređaja u referentnim uvjetima rada, faktor grijanja dizalice topline u referentnim uvjetima rada, sezonski prosjeci faktora grijanja ili hlađenja, učinkovitost toplinskih izmjenjivača i sl.). O dijelu takvih referentnih vrijednosti bilo je govora na više mjesta u prvom dijelu priručnika za energetsko certificiranje zgrada, a podaci se mogu naći u nizu normi, tehničkih propisa, priručnika i sl. Ovdje se neće ponavljati, ali o njihovim vrijednostima svakako ovisi potrošnja primarne energije.

U [6] se navodi važnost statističke analize mjernih podataka kod definiranja referentne potrošnje. Dan je primjer u kojemu se raspoložive podatke o potrošnji energije u ovisnosti o varijabli koja na nju utječe, prikazuje grafički u dijagramu raspršenja (engl. scatter diagram) i tablično na način kao što je to prikazano na slici 4.4. U dijagramu je raspršenja vremenska domena zadana implicitno kroz svaku točku u prikazu. Kombiniranje grafičkog i tabličnog prikaza ovisnosti potrošnje energije o aktivnosti na lokaciji, omogućava jednostavno povezivanje sve tri sastavnice, potrošnje energije, aktivnosti na lokaciji i vremenske domene. Koeficijent korelacije *r* daje informaciju o tome koliko je jaka funkcijska veza između potrošnje i aktivnosti . Što je vrijednost *r* bliža 1, ovisnost je jača. Vrijednost prosječnog rasipanja uobičajeno služi kao pokazatelj koliko je dobra, odnosno loša praksa gospodarenja energijom u nekoj zgradi. Niža vrijednost prosječnog rasipanja (manje od 3%) uobičajeno znači da u analiziranoj zgradi postoji dobra praksa gospodarenja energijom dok veće vrijednosti npr. 11,5% (kao u primjeru na slici 4.4.) ukazuju na mogućnost značajnih poboljšanja efikasnosti potrošnje energije. Kako se radi o kvantitativnom pokazatelju mogući su slučajevi da je dobivena vrijednost prosječnog rasipanja relativno mala, recimo ispod 2%, a da se nakon analize utvrdi kako je praksa gospodarenja energijom u zgradi loša te kako postoje značajni potencijali za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije. Ovakvi slučajevi se javljaju kada aktivnosti značajno variraju kroz godinu dok je potrošnja energije gotovo konstanta. U ovom će slučaju iako u zgradi postoji dosta prostora za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije prosječno rasipanje imati relativno malu vrijednost.

Grafički prikaz ovisnosti potrošnje energije o aktivnosti na lokaciji– dijagram raspršenja



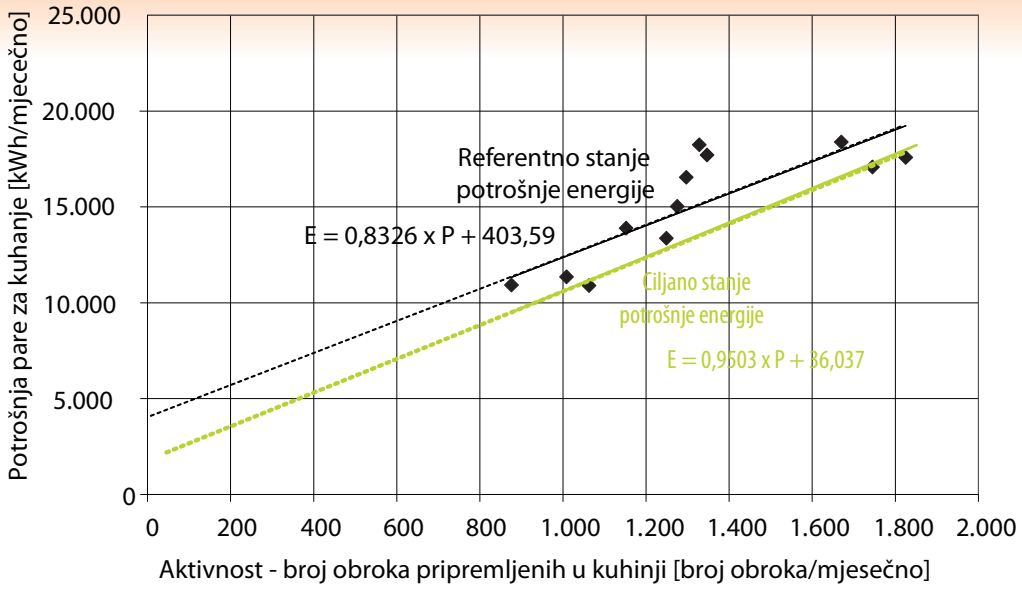
Tablični prikaz ovisnosti potrošnje energije o proizvodnji

Mjesec	Potrošnja pare [kWh]	Ostvarena proizvodnja [t]	Pokazatelj potrošnje [kWh/t]
Siječanj	17.890	1.345	13
Veljača	15.830	1.653	10
Ožujak	17.560	1.812	10
Travanj	17.430	1.720	10
Svibanj	15.450	1.287	12
Lipanj	15.400	1.317	12
Srpanj	13.550	1.090	12
Kolovoz	11.110	1.012	11
Rujan	15.600	905	17
Listopad	16.20.0	1.316	12
Studeni	14.300	1.178	12
Prosinac	15.870	1.396	11
Ukupno	186.190	16.031	12

Slika 4.4 Primjer prikaza ovisnosti korištenog energenta o aktivnosti na lokaciji [6]

Referentni pokazatelji potrošnje energije definirani na gore opisani način omogućavaju procjenu ušteda u budućnosti, neovisno o karakteru pojedine ogrjevne sezone te promjeni razine aktivnosti ili volumena (površine) grijanog prostora.

Određivanje referentne potrošnje nužno je i za definiranje ciljeva programa poboljšanja energetske učinkovitosti. Naime, kad je određeno tzv. referentno stanje (engl. baseline), odnosno referentna potrošnja, može se odrediti i ciljano stanje (engl. target line), odnosno ciljana potrošnja (slika 4.5). Poznavanjem ciljanog stanja moguće je kontrolirati provedbu i učinke mjere energetske učinkovitosti koje će se provoditi, te prilagođavati provedbu mjera u skladu s potrebama temeljem jasnih podataka o odstupanjima.



Slika 4.5 Primjer određivanja ciljanog stanja potrošnje energije [6]

4.8. FAKTORI PRETVORBE PRIMARNE ENERGIJE

Potrošnja neobnovljive primarne energije je ona koja daje informaciju o emisijama CO_2 i stvarnim učincima mjera energetske učinkovitosti. Iz toga razloga je izračun potrošnje primarne energije uključen i u sve relevantne propise, pa i u prvu verziju pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [8].

Prema EPBD-u II traži se da se energetska svojstva zgrade moraju izraziti na transparentan način i obuhvatiti pokazatelj energetskih svojstava i brojčani pokazatelj uporabe primarne energije, na temelju faktora primarne energije po energentu koji se mogu temeljiti na nacionalnim ili regionalnim godišnjim procijenjenim prosječnim vrijednostima za proizvodnju na licu mjesta.

Ti faktori još uvijek nisu doneseni na nacionalnoj razini za RH, niti postoji obveza upisivanja podatka o potrošnji primarne energije u energetske certifikate. Zato se ovdje za sada navode samo dva izvora dosad korištenih podataka i to HRN EN 15603 [9] i stari pravilnik o energetskom certificiranju zgrada o kojemu se govorilo i u poglavlju 11.5.14 prvoga dijela Priručnika za enegetsko certificiranje zgrada. Do donošenja nacionalnih faktora pretvorbe preporučeno je korištenje vrijednosti iz Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [8] prikazanih u tablici 4.7.

Tab. 4.6 Informativni faktori iz norme HRN EN 15603:2008 [9]

Energent	Faktor pretvorbe primarne energije f_p		CO_2 koeficijent emisije K
	Neobnovljivo	Ukupno	[kg/MWh]
Loživo ulje	1,35	1,35	330
Prirodni plin	1,36	1,36	277
Antracit	1,19	1,19	394
Lignit	1,4	1,4	433
Ugljen	1,53	1,53	467
Blanjevina	0,06	1,06	4
Cjepanice	0,09	1,09	14
Bukovo drvo	0,07	1,07	13
Crnogorično drvo	0,1	1,1	20
Električna energija iz hidroelektrana	0,5	1,5	7
Električna energija iz nuklearnih elektrana	2,8	2,8	16
Električna energija iz termoelektrana na ugljen	4,05	4,05	1340
Električna energija (kombinacija svih izvora UCPTE)	3,14	3,31	617

Napomena:
Ovi faktori uključuju energiju za izgradnju sustava za transformaciju i prijenos energije potrebne za transformaciju primarne energije i njenu isporuku
Sustavi grijanja u građevinama -- Postupak proračuna normiranoga toplinskog opterećenja

Tab. 4.7 Faktori primarne energije iz pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [8]

	Izvor energije		Faktor primarne energije
PRIMARNA ENERGIJA E_{prim} [kWh/a]	Gorivo	Lako loživo ulje	1,1
		Prirodni plin	1,1
		Ukapljeni plin	1,1
		Kameni ugljen	1,1
		Mrki ugljen	1,2
		Drvo	0,2
	Lokalna/daljinska toplina iz TO-TE	Fosilno gorivo	0,7
		Obnovljivo gorivo	0
	Lokalna/daljinska toplina iz kotlovnice/toplane	Fosilno gorivo	1,3
		Obnovljivo gorivo	0,1
	Električna energija		3,0 (2,0 pri korištenju akumulacijskih sustava grijanja)

LITERATURA

[1] HZN: HRN EN 12831 Sustavi grijanja u građevinama -- Postupak proračuna normiranoga toplinskog opterećenja
[2] VDI 2078 Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln), VDI 1996-07
[3] HZN: HRN EN ISO 13790 Energijska svojstva zgrada -- Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora
[4] HZN: HRN EN 15316-3-1 Sustavi grijanja u zgradama -- Metoda proračuna energijskih zahtjeva i učinkovitosti sustava -- Dio 3-1: Sustavi za pripremu potrošne tople vode, pokazatelji potreba prema izljevnome mjestu
[5] HZN: HRN EN 15193 Energijska svojstva zgrade -- Energijski zahtjevi za rasvjetu
[6] Morvaj, Z., Sučić, B., Zanki, V., Čačić, G.: Priručnik za provedbu energetskih pregleda zgrada, UNDP, Zagreb 2010
[7] Tehnički propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, NN 110-08
[8] EN 15603 Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings

5. MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI – MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI (OPIS MJERA S PRIMJEROM IZRAČUNA ENERGIJE, TROŠKOVA I ISPLATIVOSTI)

5.1. SUSTAVNI PRISTUP RAZMATRANJU ENERGETSKOG KONCEPTA ZGRADA I ENERGETSKOJ OBNOVI ZGRADA

Odabir energetski, ekološki i ekonomski optimalnog energetskog sustava zgrade, podrazumijevajući i fiziku zgrade i energetske procese koji se odvijaju u njoj, kao i korištenih energenta, ima ključnu ulogu u kasnijoj eksploataciji zgrade, kako u pogledu troškova tako i utjecaja na čovjekov okoliš. Zbog dugog životnog vijeka zgrada, suvremene energetske koncepte zgrada treba temeljiti na integralnom pristupu koji uključuje visoku razinu toplinske zaštite i korištenje obnovljivih izvora energije i alternativnih energetskih sustava u zgradama. Integralni pristup traži multidisciplinarnu suradnju svih sudionika u projektiranju i gradnji, zbog velike međuovisnosti ugrađenih sustava. Integralni pristup primijenjen u najranijoj fazi projektiranja daje ekonomski povoljne rezultate, uz visoku razinu energetske učinkovitosti, a otvara nove kreativne potencijale i može postati pokretačka snaga za stvaranje nove ekološki osviještene gradnje.

Energetska obnova zgrada predstavlja najveći potencijal za energetske uštede na postojećim zgradama, a istovremeno je prilika za njihovo temeljito osuvremenjivanje. Projekti energetske obnove vraćaju uložene investicije uštedama, s dodatnom prednošću povećanja kvalitete života i udobnosti boravka u zgradama kao i sigurnosti, te pouzdanosti energetskih sustava. Projekti energetske obnove započinju energetskim pregledom, izradom energetskog koncepta i koncepta financiranja. Nakon osiguranja financiranja slijedi izrada cjelovite projektne dokumentacije, izbor izvođača radova i izvođenje radova, a projekt u konačnici završava mjerenjem i verifikacijom ušteda te izradom energetskog certifikata zgrade.

Veliki potencijal, ali istovremeno i jedini način ostvarenja preuzetih ciljeva smanjenja energetske potrošnje u Republici Hrvatskoj je integralni i sustavni pristup energetskoj obnovi postojećih zgrada uz značajno povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada. U prijedlogu 2. Nacionalnog akcijskog plana za energetsku učinkovitost (2.NAPEnU) Republike Hrvatske, naglasak je stavljen upravo na sustavnu energetsku obnovu postojećeg sektora zgrada na gotovo nula energetski standard, kao i poticanje gradnje novih gotovo nula energetskih zgrada.

Tab. 5.1 Projekcija mogućih ušteda konačne energije do 2020. u sektoru zgradarstva provedbom preporučenih mjera povećanja energetske učinkovitosti, Izvor: EIHP

Ukupne uštede konačne energije	2010.	2015.	2020.
STAMBENE ZGRADE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	1,522	1,506	1,493
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,260	0,954
energetska obnova 3% postojećih stambenih zgrada god.	0,000	6,154	12,793
povećanje broja stambenih zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,036	0,064
UKUPNO STAMBENE PJ	**1,522**	**7,957**	15,304
ZGRADE JAVNE NAMJENE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	0,144	0,142	0,140
energetska obnova javnih zgrada do 2010. godine	0,009	0,009	0,009
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,055	0,203
energetska obnova 3% postojećih javnih zgrada god.	0,000	0,419	0,991
povećanje broja javnih zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,011	0,020
UKUPNO ZGRADE JAVNE NAMJENE PJ	**0,153**	**0,637**	**1,363**
NESTAMBENE ZGRADE KOMERCIJALNE NAMJENE			
donošenje propisa za novogradnju 2006. godine	0,492	0,486	0,479
novi propisi za novogradnju u 2012., 2015. i 2018.	0,000	0,187	0,694
energetska obnova 3% postojećih komercijalnih zgrada god.	0,000	1,178	2,722
povećanje broja komercij. zgrada s gotovo nultom potrošnjom	0,000	0,039	0,069
UKUPNO NESTAMBENE ZGRADE KOMERCIJALNE NAMJENE PJ	**0,492**	**1,890**	**3,963**
SVEUKUPNO PJ	**2,167**	**10,484**	**20,630**

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, popisa stanovništva 2001., te podacima o ukupno izdanim građevinskim dozvolama i izgrađenim zgradama u razdoblju 2001.-2010. u Republici Hrvatskoj je u 2010. evidentirano ukupno 149,38 milijuna četvornih metara korisne površine stambenih zgrada. Ukupna kvadratura nestambenih zgrada procijenjena je prema energetskoj bilanci Hrvatske i podacima o broju izdanih građevinskih dozvola i izgrađenoj površini u razdoblju 1994.-2010., te iznosi u 2010. 43,38 milijuna četvornih metara korisne površine. Od toga je oko 9,58 milijuna četvornih metara korisne površine zgrada javne namjene, ili oko 22% ukupne površine nestambenih zgrada, ili oko 5% ukupne površine zgrada. Pretpostavlja se da će se energetska obnova zgrada temeljiti prvenstveno na zgradama građenim prije 1987. godine, s prosječnom potrošnjom toplinske energije za grijanje 200-250 kWh/m^2. Uz pretpostavku da se svake godine obnovi 3% površine zgrada, odnosno oko 5 milijuna m^2 te da se specifična godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje smanji s prosječnih 200-250 kWh/m^2 na 25-50 kWh/m^2, uz doprinos gradnje 10 % novih zgrada godišnje u gotovo nul energetskom standardu, i strožu zakonsku regulativu, ostvarile bi se uštede finalne energije u 2020. oko 20,60 PJ, čime bi se približili nacionalnom cilju od 22,76 PJ energetskih ušteda u 2020. godini. Postavljeni ciljevi su izrazito ambiciozni i teško ostvarivi bez sustavnog i kontinuiranog pristupa provedbi i bez osiguravanja snažnih mehanizama financiranja. Potrebno je razviti jasne modele energetske obnove zgrada prema namjeni, tipologiji i starosti zgrade. Zgrade javne namjene svakako primjerom trebaju prve pokazati isplativost ulaganja u energetsku obnovu, no isto tako treba imati na umu da zgrade javne namjene predstavljaju svega 5 posto ukupnog sektora zgrada. Zato je ključno razviti modele i mehanizme financiranja i pokretanja energetske obnove u stambenom i komercijalnom sektoru zgrada. Pri tome treba voditi računa da se obnova mora temeljiti na integralnom i cjelovitom pristupu kako bi se postigli očekivani rezultati energetskih ušteda, a istovremeno kvalitetno osuvremenile postojeće zgrade i prilagodile današnjim uvjetima gradnje i standardu života.

Koncepti novih gotovo nula energetskih zgrada više ne predstavljaju daleku budućnost, već realno rješenje za smanjenje ukupne energetske potrošnje i emisije stakleničkih plinova. Gotovo nula energetske zgrade su zgrade koje imaju visoka energetska svojstva, a gotovo nulta ili vrlo mala količina energije koju koriste najvećim dijelom treba biti pokrivena iz obnovljivih izvora te proizvedena na licu mjesta ili u blizini. Regulativa Europske unije propisuje da sve novoizgrađene zgrade javne namjene od 2018. moraju biti gotovo nula energetske, a sve ostale tipologije zgrada gotovo nula energetske od 2020. Smjernice za nove zgrade odnose se i na postojeće zgrade ako im predstoji značajna renovacija, stoga u slučaju da je tehnički, funkcionalno i ekonomski moguće, i one moraju zadovoljiti spomenute kriterije. Iste zakonske smjernice Republika Hrvatska uključila je u svoju regulativu Zakonom o učinkovitom korištenju energije, te Zakonom o prostornom uređenju i gradnji.

Republika Hrvatska će ubrzo morati uspostaviti ciljeve za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada i nacionalnim planovima definirati realizaciju tih ciljeva. Razvoj tehnologija i širenje tržišta gotovo nula energetskih zgrada trebalo bi dovesti i do smanjenja razlike ulaganja u nula energetske zgrade do 2021. Ključne akcije koje je potrebno pokrenuti na nacionalnoj razini kako bi se ciljevi smanjenja energetske potrošnje i CO_2 emisija mogli ostvariti su:

1. interdisciplinarni pristup i uključivanje svih relevantnih stručnjaka u formiranje jasnog i poticajnog zakonodavnog okruženja koje će objediniti područja energije, graditeljstva i zaštite okoliša;
2. uspostava nacionalnih smjernica koje uključuju lokalne uvjete za poticanje i jačanje proizvodnje i tržišta energetski učinkovitih materijala i sustava;
3. definiranje termina gotovo nula energetske zgrade, razvoj metodologije na referentnim zgradama i uspostava ciljeve za povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada u novogradnji i obnovi;
4. provođenje ciljeva za povećanje broja novih gotovo nula energetskih zgrada i sustavne energetske obnove na razinu gotovo nula energetskih zgrada.

5.2. UVOĐENJE SUSTAVNOG GOSPODARENJA ENERGIJOM (SGE-a)

Troškovi za energiju postaju sve veća stavka u svakodnevnom poslovanju i održavanju objekata bilo da se radi o zgradama ili industrijskim postrojenjima, međutim svijest o mogućnostima za primjenu mjera energetske učinkovitosti te stvarne aktivnosti povezane sa smanjenjem potrošnje energije još uvijek nisu na zadovoljavajućoj razini. Šestogodišnja iskustva UNDP tima, stečena na provedbi projekta Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj, pokazuju da je zanemarivi broj pravnih osoba koji imaju točne podatke o svojim nekretninama i o potrošnji energenata. To se naročito odnosi na javni sektor, bilo da se radi o gradovima, županijama, općinama, ministarstvima ili javnim tvrtkama. Podaci govore da se gospodarenje energijom ne provodi na objektima, što onda zasigurno ne može voditi ka gospodarenju energijom na razini pravne osobe koja u svom vlasništvu ima veći ili manji broj objekata za koje plaća energente.
Prepreke za primjenu mjera energetske učinkovitosti u javnom sektoru iznimno su velike. Među najznačajnijima su: naslijeđeni stav da su troškovi za energiju stalni i nepromjenjivi, nedostatak motivacije zaposlenika za ostvarenje ušteda energije, nemogućnost preusmjeravanja proračunskih sredstava u projekte energetske učinkovitosti, nepostojanje organizacijske strukture koja će uključivati osobe zadužene za gospodarenje energijom. Kako bi došlo do pozitivnih promjena u javnom sektoru, UNDP je razvio metodologiju sustavnog gospodarenja energijom koja se uspostavlja u gradovima, županijama i ministarstvima kroz nacionalni projekt „Sustavno gospodarenje energijom u gradovima i županijama“ od 2006. godine i program Vlade RH „Dovesti svoju kuću u red“ od 2008. godine. Na temelju dobrih iskustava, stečenih kroz ova dva programa, te obvezama koje je Hrvatska trebala ispuniti prema EU direktivama u Zakonu o učinkovitom korištenju energijom u neposrednoj potrošnji (NN152/08), javni sektor postaje obveznik gospodarenja energijom (čl. 18) prema kojem mora prikupljati podatke o potrošnji energije, analizirati potrošnju energije, provoditi energetske preglede te provoditi mjere energetske učinkovitosti. Izmjenama i dopunama istoga zakona (NN55/12) obveze javnog sektora dopunjene su s obvezom o nominiranju pravne ili fizičke osobe koja je zadužena za gospodarenje energijom te definiraju obvezu daljinskog očitanja potrošnje energije za velike potrošače (vidi poglavlje 1.3.1.).
Sustavno gospodarenje energijom ima za cilj kontinuiranu provedbu mjera energetske učinkovitosti i održivo upravljanje resursima čiji je krajnji rezultat smanjenje potrošnje energije, smanjenje emisije stakleničkih plinova te smanjenje financijskih troškova za energente. Neophodno uključuje nominirane ljude za provedbu aktivnosti, definirane procedure i znanja te informatičku infrastrukturu.
Sustavno gospodariti energijom znači pratiti potrošnju energije na unaprijed definiran način tako da u svakom trenutku znamo odgovore na sljedeća pitanja:

GDJE trošimo energiju? – Objekti poput uredskih zgrada, bolnica, vojarni, fakulteta, policijskih postaja, škola, vrtića i sl.

KAKO trošimo energiju? – Sustavi: grijanja, hlađenja, ventilacije, rasvjete, pripreme hrane i sl.

KOJE energente trošimo? – Električna energija, plin, loživo ulje, drvo, toplinsku energiju, a u energente ubrajamo i vodu.

KOLIKO energije trošimo? – Koliko kWh električne i toplinske energije, litara loživog ulja, m^3 plina i drugo te koliki su troškovi za te energente.

TKO je zadužen za gospodarenje energijom? – EE tim na razini pravne osobe, a tehničko osoblje i domari na razini objekta.

KAKO gospodariti energijom? – Tjednim i mjesečnim praćenjem i analizom potrošnje energije kroz informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE), planiranjem i realizacijom mjera energetske učinkovitosti te stalnim educiranjem i motiviranjem EE tima i zaposlenih

Dobiti odgovore na ova pitanja nije lako pa je potrebno više godina kako bi se u određenoj instituciji, tj. gradu, županiji ili ministarstvu uspostavila ova metodologija. Aktivnosti koje je potrebno provesti su: priprema institucije, uspostava registra koja se odvija paralelno sa sustavom educiranja, provedba energetskih pregleda i certificiranja zgrada, provedba EE mjera te informiranje odgovornih, zaposlenih i javnosti o postignutim uštedama (Slika 5)

Slika 5.1 *Aktivnosti prilikom uspostave SGE-a*

1) Pripremne aktivnosti za donošenje odluke o uspostavi SGE-a

Kako bi se sustavno gospodarenje energijom uspostavilo u nekoj instituciji nužno je:

- Upoznati odgovorne osobe s razlozima za primjenu, ciljevima te očekivanim rezultatima;
- Usvajanje dokumenta na razini organizacije (npr. pismo namjere) kojima su jasno propisane aktivnosti i odgovornost za provedbu;
- Osnivanje EE tima koji će u ime institucije voditi i koordinirati aktivnosti u svim fazama;
- Osiguravanje potrebnih podataka za uspostavljanje registra zgrada (popis zgrada s pripadajućim osnovnim podacima).

2) Uspostava registra svih objekata

Nakon prikupljanja popisa objekata, organizira se obilazak i prikupljanje podataka za svaki objekt pri čemu se ispunjavaju obrasci koje sadrže opće podatke o objektu, podatke o konstrukciji građevine i energetskim potrošačima, kao i podatke o potrošnji energenata u posljednje tri godine. Prikupljeni podaci se unose u računalni program - Informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE) internetom. ISGE je računalni program koji je dostupan za korištenje javnom sektoru, tj. gradovima, županijama i ministarstvima. Praćenjem potrošnje na mjesečnoj i tjednoj razini omogućava se uvid u stanje te analiza potrošnje energije. Na ovaj se način stvara središnje mjesto s kojega se može pristupiti informacijama o potrošnji energije u svim objektima, čime se omogućavaju analize za svaki objekt pojedinačno te ukupno za sve objekte, tj. instituciju.
U budućnosti se očekuje veća primjena daljinskog očitanja potrošnje energije kojim se proces očitanja i praćenja potrošnje energije u potpunosti automatizira. Mjera daljinskog očitanja provodi se tako da se na objektu instalira mjerna i komunikacijska infrastruktura, koja omogućava povezivanje objekta s informacijskim sustavom za gospodarenje energijom. Izmjenama i dopunama Zakona o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN55/12) obvezna je ugradnja sustava daljinskog očitanja potrošnje energije u zgrade ili komplekse zgrada čija je potrošnja energije veća od 300.000 kn.

3) Edukacija

Jedna od nužnih aktivnosti prilikom uvođenja sustavnog gospodarenja energijom je edukacija. Potrebno je educirati kako odgovorne osobe, tako i tehničke osobe na razini institucije i na razini svakoga objekta. Pored tehničkog osoblja koje je zaduženo za upravljanje sustavima te provođenje mjera energetske učinkovitosti, potrebno je povećati svijest svih zaposlenih kako bi promjenom svog ponašanja u duhu racionalnog korištenja energije doprinijeli smanjenju ukupne potrošnji energije u objektu.

Slika 5.2 Edukacijska radionica za djelatnike institucija pod Ministarstvom zdravstva i socijalne skrbi, Zagreb, ožujak 2009.

4) Provođenje energetskih pregleda i energetsko certificiranje zgrada

Energetski pregledi i energetsko certificiranje moraju biti u službi provedbe mjera energetske učinkovitosti. Analiza potrošnje energije koju je potrebno napraviti prilikom prikupljanja podataka za registar, daje nam indikatore prema kojim se mogu odrediti prioritetne zgrade za provedbu energetskih pregleda koje će pokazati koje mjere imaju najbrži povrat investicije i kojim redom bi ih trebalo provoditi.

5) Provedba EE mjera

Neke od mjera za povećanje energetske učinkovitosti koje mogu smanjiti potrošnju energije i do 10% ne zahtijevaju dodatne investicije, a zovemo ih „besplatne EE mjere". Neke od njih su promjena ponašanja zaposlenih, promjena režima rada uređaja i sustava te uvođenje gospodarenja energijom. Cilj je provesti sve besplatne mjere te nakon toga pristupiti planskoj provedbi EE mjera koje zahtijevaju određena početna ulaganja.

6) Informiranje odgovornih, zaposlenih i javnosti

Za provedbu mjera energetske učinkovitosti i ostvarenja maksimalnih ušteda, nužna je i promjena ponašanja zaposlenih. Informiranjem odgovornih osoba kako i svih zaposlenih o postignutim uštedama te planovima za provedbu novih mjera, omogućava se sinergijsko djelovanje tehnologije i ljudi. O postignutim uštedama poželjno je informirati javnost.

S obzirom da se energija svakodnevno troši, sustavi nadograđuju i imaju određeni životni vijek, namjena objekta mijenja ili se mijenjaju režimi rada, sustavno gospodarenje energijom podrazumijeva kontinuirano provođenje navedenih aktivnosti što uključuje i redovitu izradu programa i planova energetske učinkovitosti.

5.3. MOGUĆNOST ZAMJENE ENERGENATA

U Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada navode se sljedeće mjere poboljšanja energetske učinkovitosti:

– poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije;
– zamjenu ili poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti;
– zamjenu ili poboljšanje sustava klimatizacije i povećanje učinkovitosti;
– zamjenu ili poboljšanje sustava pripreme tople vode;
– promjenu izvora energije gdje je to ekonomski i ekološki isplativo;
– uvođenje obnovljivih izvora energije (sunčeva, geotermalna, biomasa i dr.);
– poboljšanje učinkovitosti sustava elektroinstalacija i kućanskih uređaja;
– racionalno korištenje vode;
– upravljanje energetikom općenito.

Među navedenim mjerama spominje se i promjena izvora energije, što uključuje i zamjenu energenta. Zamjenu energenta treba razmatrati kao moguću mjeru za ostvarenje financijskih ušteda i eventualno smanjenje emisija CO_2.
Kod eventualnog predlaganja mjere treba temeljem izračunate godišnje potrebe za toplinskom energijom provesti proračun potrošnje analiziranih energenata, te uzimajući u obzir sve troškove eventualne rekonstrukcije dati prijedlog najboljeg rješenja. Važno je pritom voditi računa o mogućim promjenama cijena energenata u razdoblju koje će se razmatrati što je teško prognozirati.

Obično zamjena energenta zahtijeva i zamjenu sustava proizvodnje toplinske energije, a ponekad i zamjenu sustava distribucije topline (npr. u slučaju uvođenja kondenzacijskih kotlova na prirodni plin ili u slučaju primjene niskotemperaturnih dizalica topline). Primjena plina kao goriva vezana je sa sigurnosnim zahtjevima. Pored razmatranja troškova energenta treba voditi računa i o potrebnoj investiciji za prilagodbu sustava grijanja za korištenje drugog izvora topline ili energenta, te eventualnim troškovima projektiranja i ishođenja potrebnih dozvola.

Potrebno je provesti što točniji proračun mogućih ušteda i isplativosti primijenjene mjere zamjene energenta, sve temeljem dostupnih informacija i iskustvenih pokazatelja sa sličnih instalacija.

U Hrvatskoj se grijanje građevina najčešće provodi korištenjem prirodnog i ukapljenog naftnog plina, loživog ulja, električne energije i ogrjevnog drva. Električna energija može se koristiti za elektrootporno grijanje ili za pogon kompresijskih dizalica topline. Grijanje dizalicama topline predstavlja kombinaciju korištenja obnovljivih i konvencionalnih izvora energije. Plin i loživo ulje često se koriste za grijanje kućanstava.

U nastavku su prikazani rezultati proračuna ukupnih troškova grijanja (uključivo troškove energenta, investicije i održavanja) za grijanje obiteljskih kuća površine 150 m^2 u Zagrebu i Splitu. Kuće su toplinski izolirane u skladu s HRN U.J5.600 (propis iz 1987. godine). Za kuću u Zagrebu učinak grijanja iznosi 14,1 kW kod projektne temperature vanjskog zraka -15°C, a za kuću u Splitu 9,6 kW kod projektne temperature vanjskog zraka -4°C. Godišnja potrošnja energije kuće u Zagrebu je 23850 kWh, a kuće u Splitu 12656 kWh, u oba slučaja s temperaturom početka grijanja (granicom grijanja) 15°C. Za pripremu potrošne vode za četveročlanu obitelj na obje lokacije troši se po 4754 kWh (dnevna potrošnja 80 litara tople vode temperature 45°C po osobi). Gubici topline podsustava proizvodnje i distribucije topline su radi jednostavnosti proračuna zanemareni.

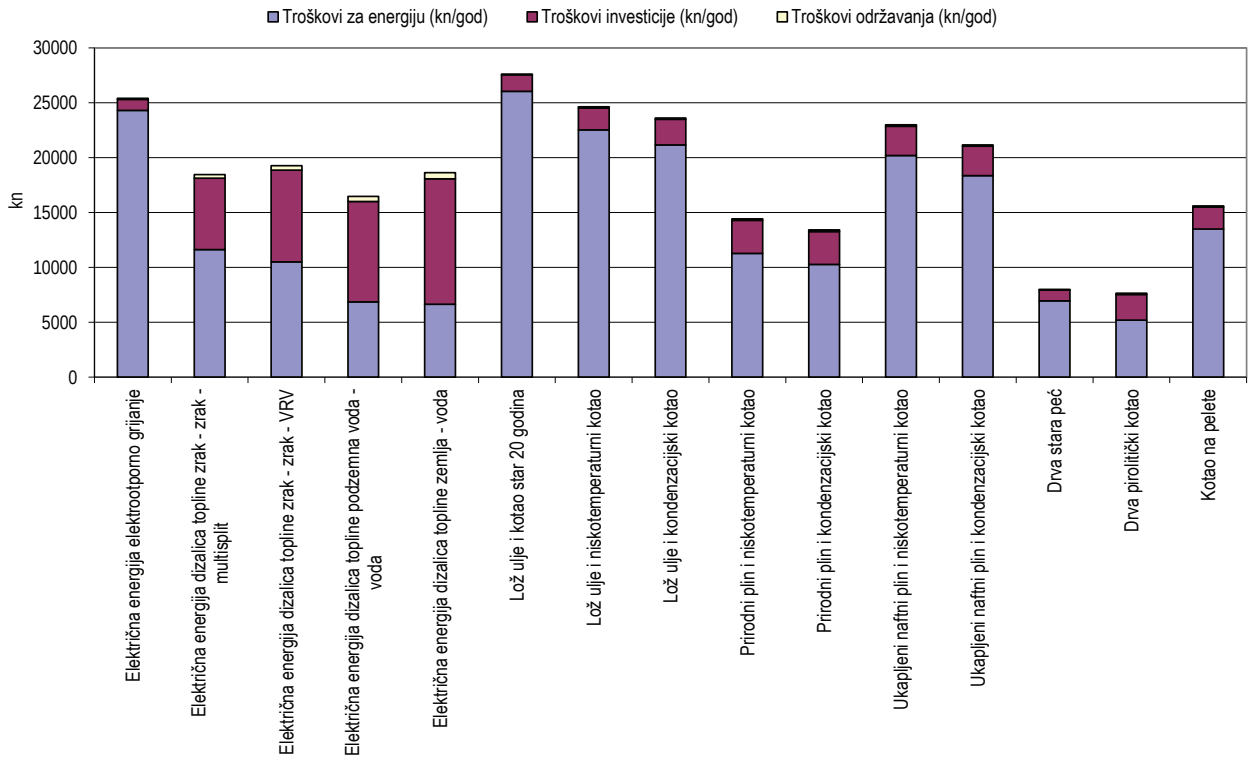
Proračun je izrađen u okviru izrade tipskih mjera za povećanje energetske učinkovitosti u kućanstvima [1], u dijelu koji se odnosi na grijanje. U okviru svake pojedine tipske mjere nalazi se opis mjere, proračun ušteda (izraženih u novčanim jedinicama, jedinicama mase ili volumena goriva, jedinicama energije i emisijama CO_2), procjena investicije i rok razmatranja, te rok povrata investicije. Radni listovi tipskih mjera sadrže i grafičke prikaze sa shemama spajanja, krivuljama karakteristika uređaja i sl., specifikacije radova i opreme potrebnih za provedbu mjere, proceduru za provođenje mjere, opis postupka i razdoblja održavanja. U radnom listu 3.11 [1] dan je prikaz karakteristika različitih sustava za distribuciju topline (radijatori, ventilokonvektori, podni i zidni paneli) i usporedba potrebnih količina i odgovarajućih troškova dobave i ugradnje.

Kako su cijene energenata prikazanih u tipskim mjerama [1] (radni list 3.12) porasle, proveden je za potrebe ovoga teksta novi proračun s cijenama energenata iz kolovoza 2012. godine, prikazanim u donjoj tablici.

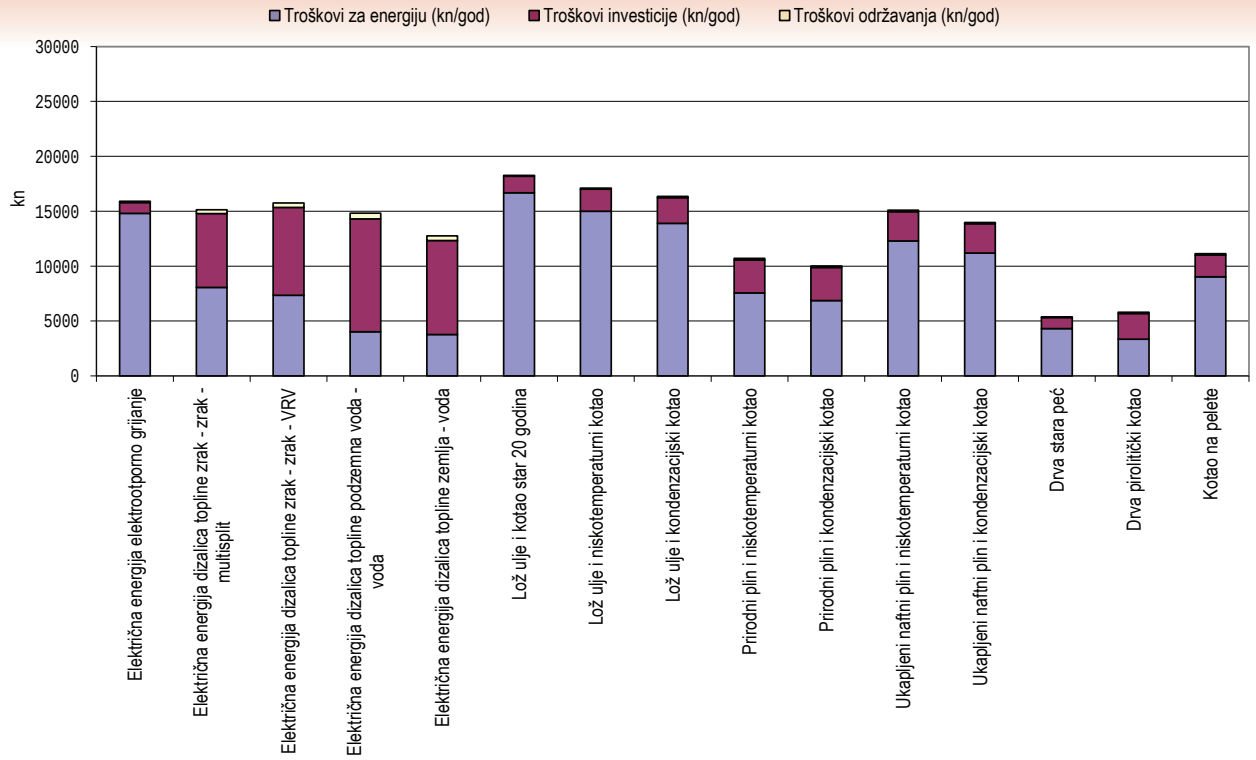
Tab. 5.2 Cijene energenata za Zagreb i Split (stanje u kolovozu 2012. godine)

	Cijena s PDV-om		
	Zagreb	Split	
Loživo ulje	7,14	7,14	kn/l
Električna energija VT	1,14	1,14	kn/kWh
Električna energija NT	0,56	0,56	kn/kWh
Električna energija - srednja cijena	0,85	0,85	kn/kWh
Zemni plin	3,61	3,97*	kn/m^3
UNP	8,22	8,22	kn/kg
Drvo cjepanice	330	330	kn/m^3
Peleti	1,75	1,75	kn/kg

**cijenu zemnog plina za Split definirala je Vlada RH prema distributeru EVN Croatia Plin i iznosi 10% više u odnosu na cijenu plina u ostatku Hrvatske*



Slika 5.3 Struktura i iznos ukupnih troškova grijanja i pripreme potrošne vode za obiteljsku kuću površine 150 m^2 u Zagrebu



Slika 5.4 Struktura i iznos ukupnih troškova grijanja i pripreme potrošne vode za obiteljsku kuću površine 150 m² u Splitu

Iz gornjih slika je vidljivo da je ogrjevno drvo trenutno najjeftiniji energent, a kotlovi i peći na drva su relativno jeftini, tako da su ukupni troškovi kod ovoga načina grijanja najniži. Naravno, treba voditi računa o tome da korištenje takvih kotlova i peći zahtijeva velik rad korisnika oko opsluživanja (priprema, skladištenje i loženje drva, odnošenje pepela, čišćenje i sl.) te nije pogodno i nikako se ne bi moglo preporučiti kao moguća alternativa drugim energentima za velik broj korisnika.

Korištenje prirodnog plina putem plinskih kotlova (niskotemperaturnih ili kondenzacijskih) je ekonomski povoljno i tehnički relativno lako provedivo za postojeće instalacije distribucije topline. Važno je kod primjene plinskih kotlova voditi računa o propisima, vezanim za takve kotlovnice ako se radi o učincima većim od 50 kW. Iako su troškovi energenta nešto viši nego li je to slučaj kod primjene dizalica topline, troškovi instaliranja su niži, pa je ukupni trošak takvog energenta također niži nego li je to slučaj kod primjene dizalica topline.

Ako u građevini postoji potreba za hlađenjem, onda su dizalice topline najpovoljnije rješenje, jer se istim sustavom rješava i grijanje i hlađenje. Investicijski troškovi su visoki jer je tu potrebna zamjena radijatorskog srednjotemperaturnog sustava distribucije topline niskotemperaturnim sustavima distribucije topline, a za dizalicu topline potrebno je osigurati toplinski izvor, što je također povezano s troškovima. Ovisno o svojstvima izvora i medija putem kojega se toplina distribuira u prostor (voda ili zrak, vrsta ogrjevno - rashladnog tijela) variraju i sezonski faktori grijanja.

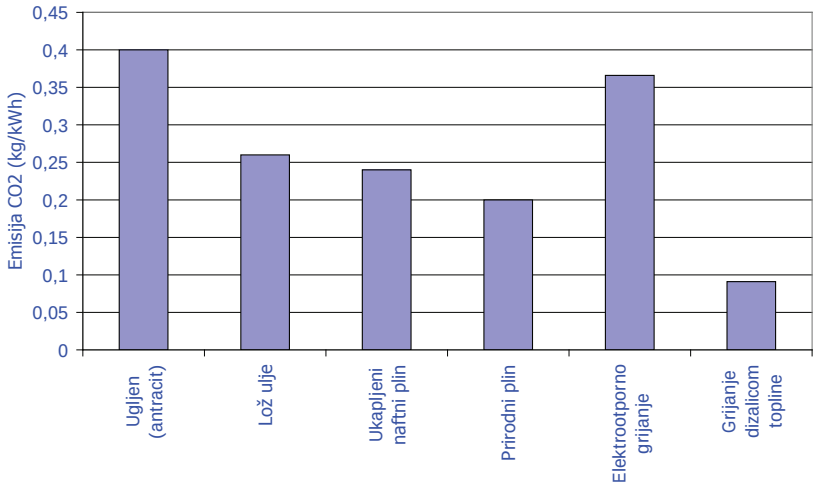
Ukapljeni naftni plin i loživo ulje su skupi energenti i unatoč niskom ulaganju u takve sustave, poželjno je predložiti njihovu zamjenu drugim energentima s odgovarajućim sustavima ako su dostupni.

Elektrootporno grijanje, tamo gdje postoji, treba u svakom slučaju predložiti za zamjenu jer je osim cijene neprihvatljivo i s gledišta utjecaja na okoliš. Poznato je također da po odredbama Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama Čl. 11 koji stupa na snagu 31. prosinca 2015. godine nije dopušteno koristiti sustave elektrootpornog grijanja za grijanje zgrada.

Utjecaj na okoliš

Izgaranjem goriva u atmosferu se emitiraju plinovi izgaranja, među kojima su ugljikov dioksid CO_2, sumporni dioksid SO_2 i dušični oksidi. Pojedina vrsta goriva sadrži određenu količinu ugljika koji se pretvara u ugljikov dioksid, a na ukupnu emisiju utječe učinkovitost sustava grijanja, jer se, ovisno o njoj mijenja količina utrošenog goriva. U proizvodnji električne energije u

Hrvatskoj udio hidroelektrana, termoelektrana i nuklearne elektrane, je takav da je emisija CO_2 kod primjene elektrootpornog grijanja oko 0,366 kg/kWh. Korištenjem dizalice topline, ovisno o vrsti i temperaturi toplinskog izvora i temperaturi u sustavu grijanja emisije se smanjuju, a prosječna vrijednost prikazana je na slici 5.5. Drvo kao energent proizvodi oko 0,18 kg CO_2 za 1 kWh toplinske energije , međutim kako drvo u svojemu životnom vijeku apsorbira CO_2, ono se smatra neutralnim gorivom s obzirom na emisiju CO_2. Od ostalih zagađivača izgaranjem loživog ulja emitira se oko 20 g/kWh ugljikovog monoksida CO, oko 90 g/kWh dušičnih oksida NOx, te oko 150 g/kWh sumporovog dioksida SO_2. Pri izgaranju plina emitira se oko 18 g/kWh ugljikovog monoksida CO, oko 50 g/kWh dušičnih oksida NOx, dok nema emisije sumporovog dioksida. Usporedba emisija CO_2 dana je za različite sustave grijanja na slici 5.5.



Slika 5.5 Orijentacijske vrijednosti emisije CO_2 za različita goriva i sustave grijanja

LITERATURA:

[1] Tipske mjere za povećanje energetske učinkovitosti u kućanstvima: http://www.energetska-efikasnost.undp.hr/hio/publikacije/informativno-edukativne-brosure, UNDP – Projekt Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, Zagreb, 2009.

5.4. VANJSKA OVOJNICA

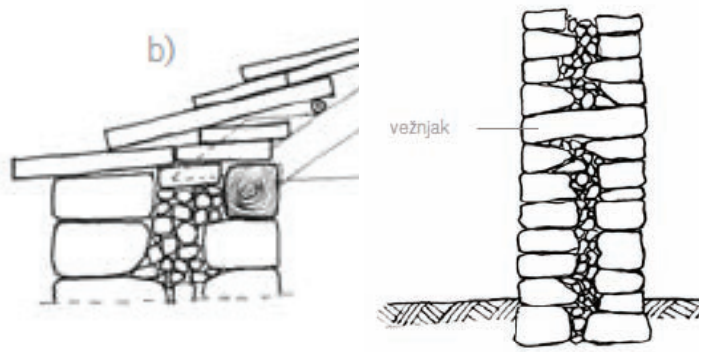
Zgradu primarno karakterizira njena vanjska ovojnica – udjelom u ukupnoj vrijednosti zgrade kao i dominantnom ulogom u postizanju određene razine energetske potrošnje uz nepromijenjene uvjete korištenja prostora unutar zgrade. Utjecaj loše vanjske ovojnice zgrade moguće je parcijalno kompenzirati drugim sredstvima, ali temeljna karakteristika zgrade – potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje time se neće značajno promijeniti. Iz toga proizlazi potreba za izuzetnom pažnjom u primjeni mjera povećanja energetske učinkovitosti kod energetske obnove zgrada, kao i kod gradnje novih zgrada. Svako dodatno ulaganje u toplinsku zaštitu vanjske ovojnice može rezultirati višestrukim prednostima pri korištenju i održavanju zgrade u budućnosti.

5.4.1. Vanjski zidovi

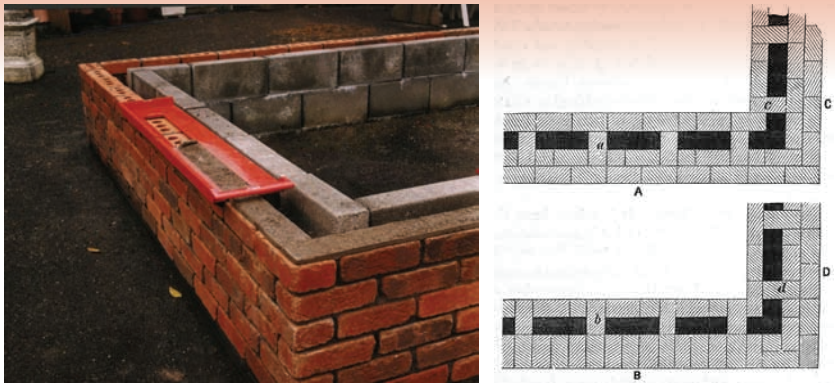
Zidovi čine u prosjeku najveći pojedinačni element vanjske ovojnice zgrade. Zidovi u pravilu ispunjavaju niz funkcija – od očiglednih, materijalnih - ograđuju prostor, nose konstrukciju krova, sprječavaju infiltraciju zraka, buke, gubitak topline, pa do nematerijalnih preko kojih prepoznajemo karakter zgrade, htijenja graditelja i arhitekata, mogućnosti izvođača i uopće povijesni i društveni trenutak u kojemu je baš takvom zgradom zadovoljena jedna od primarnih ljudskih potreba – potreba za skloništem od nevremena.

U svim razdobljima do suvremenog doba sastav konstrukcija je funkcija estetskih i konstruktivnih kriterija, te kriterija održivosti (ako održivost promatramo kroz sposobnost graditelja da izborom materijala postigne osnovni cilj – dovršetak gradnje s raspoloživim resursima). S povećanjem svijesti o održivosti u ukupnom trajanju zgrade, potrošnja energije za ostvarivanje toplinske udobnosti u zgradi pridodala je ostalim kriterijima i energetsku učinkovitost vanjskih zidova, odnosno potrebu za postizanjem određene razine toplinske zaštite vanjskim zidovima. Tradicijski materijali tek uvjetno mogu ostvariti te zahtjeve, najčešće uz značajno povećanu količinu materijala koja nije proporcionalna ostvarenim poboljšanjima.

Provođenje topline kroz konstrukciju zida sprječavamo prekidom homogene konstrukcije zida materijalima manje toplinske vodljivosti – toplinskim izolatorima. U povijesti se taj prijenos često onemogućavao prekidanjem homogenog sastava izvedbom šupljina unutar konstrukcije zida, koje su mogle biti kontinuirane, ili samo na dijelu površine zida. Najjednostavniji primjer su dvostruki zidovi od opeke sa zračnom šupljinom, ili dvostruki kameni zid velike debljine, često ispunjen nabačajem kamena ili šute s velikim udjelom zračnih šupljina u sastavu ispune. Suvremeni toplinsko izolacijski materijali na napredniji način vrše tu ulogu, stvarajući niz vrlo malenih šupljina ispunjenih zrakom ili plinovima manje toplinske vodljivosti, čime se smanjuje utjecaj konvekcije unutar šupljine zida.



Slika 5.6 Dvostruki kameni zid



Slika 5.7 Dvostruki zid od opeke sa zračnom šupljinom

Slika 5.8 Primjena refleksivne folije

Toplinsku izolaciju vanjskog zida, u pravilu, treba izvoditi dodavanjem novog toplinsko izolacijskog sloja s vanjske strane zida, a iznimno s unutarnje strane zida. Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane zida nepovoljna je s građevinsko-fizikalnog stajališta, a često je i skuplja zbog potrebe dodatnog rješavanja problema difuzije vodene pare, strožih zahtjeva u pogledu sigurnosti protiv požara, gubitka korisnog prostora i dr. Postava toplinske izolacije s unutarnje strane zida je fizikalno lošija, jer iako postižemo poboljšanje izolacijske vrijednosti zida, značajno mijenjamo toplinski tijek u zidu i osnovni nosivi zid postaje hladniji. Zbog toga posebnu pažnju treba posvetiti izvedbi parne brane kako bi se izbjeglo nastajanje kondenzata i pojava plijesni. Također, toplinski treba izolirati i dio pregrada koje se spajaju s vanjskim zidom. Sanacija postojećeg vanjskog zida, izvedbom izolacije s unutarnje strane, izvodi se iznimno kod zgrada pod spomeničkom zaštitom, kada se žele izbjeći promjene na vanjskom pročelju zgrade zbog njezine povijesne vrijednosti.
Kod izvedbe toplinsko izolacijskog sloja s vanjske strane zida moguća su dva rješenja završnog sloja koji štiti toplinsko izolacijski sloj i ostatak zida od vanjskih atmosferskih utjecaja. Prvo rješenje karakterizira izvedba vanjskog zaštitnog sloja punoplošnim lijepljenjem na toplinsko izolacijski sloj (tzv. ETICS sustav). Kod drugog rješenja zaštitni je sloj u obliku pojedinačnih elemenata učvršćenih na odgovarajuću podkonstrukciju na način da između zaštitne obloge i sloja toplinske izolacije ostane sloj zraka koji se ventilira prema van (tzv. ventilirana fasada). Djelotvorni toplinsko izolacijski sloj završava slojem za provjetravanje kroz koji zrak treba cirkulirati i isušivati vlagu.

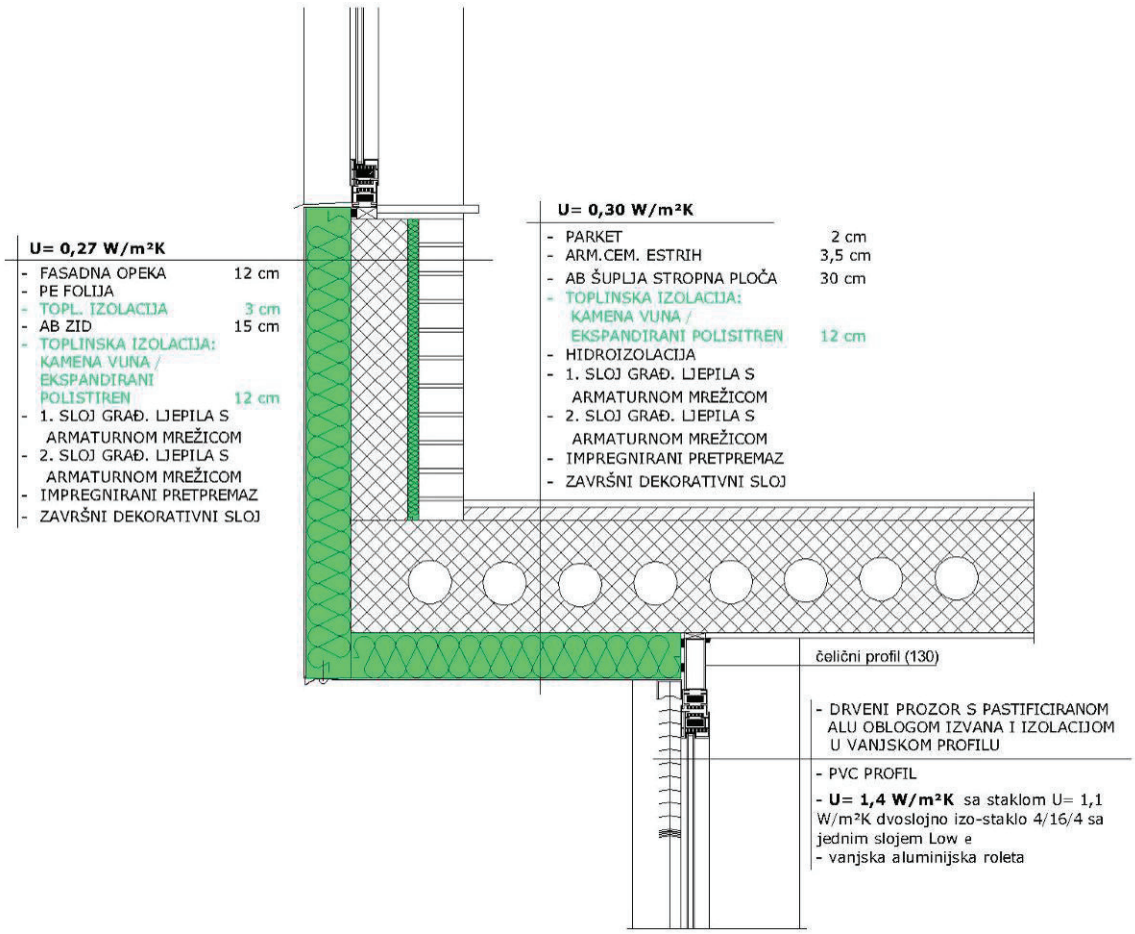
Ovisno o vrsti žbuke fasade mogu biti tankoslojne i debeloslojne. Toplinsko izolacijski materijal se lijepi za podlogu polimerno-cementnim ljepilom, a po potrebi (ploče obvezno, lamele po potrebi), dodatno učvršćuje mehaničkim spojnicama, pričvrsnicama ili tiplama. Ploče ili lamele postavljaju se s horizontalnim pomakom u odnosu na prethodni red, a uglove i otvore je potrebno pažljivo obraditi kao i cjelokupnu vanjsku površinu tako da se nanosi polimerno-cementno ljepilo i utiskuje tekstilno-staklena mrežica (alkalno otporna). Ponovno se zaglađuje polimerno-cementnim ljepilom. Nakon sušenja nanosi se impregnirajući premaz kako bi se ujednačila upojnost površine.

Kao završni sloj za tankoslojni sustav koriste se silikatni, silikonski, silikonsko-silikatni ili akrilatni završni sloj minimalne debljine zrna 1,5-4,00 mm. Kod debeloslojnog sustava koristi se mineralna žbuka debljine 15 mm i završno dekorativni sloj debljine do

5 mm. Potrebno je nanijeti cementni špric kao vezivni sloj između toplinsko izolacijskog materijala i lagane mineralne žbuke.

Industrija građevinskih materijala nudi mnogo varijanti cjelovitih sustava ovih dvaju načina toplinske izolacije zidova, pri čemu za oba rješenja debljina toplinsko izolacijskog sloja ne bi trebala biti manja od 10 do 12 cm, čime bi se vrijednost koeficijenta prolaska topline U_{zida} smanjila na 0,25 do 0,35 W/m^{2}K. Za niskoenergetske i pasivne kuće debljine toplinske izolacije trebaju biti i znatno veće, ovisno naravno o klimatskim uvjetima i željenoj razini energetske potrošnje.

Na primjeru mjere poboljšanja toplinske zaštite na postojećem zidu, ostvaruje se koeficijent prolaska topline U =0,27 – 0,30 W/m^{2}K. Kod ove mjere bitno je povezivanje toplinske zaštite zida s toplinskom zaštitom ostalih konstrukcija na način da se izbjegnu prekidi u toplinskoj izolaciji, odnosno toplinski mostovi. Ovisno o drugim mjerama i korištenom energentu, ova mjera najčešće ima razdoblje povrata ulaganja 7 do 10 godina.



Slika 5.9 Toplinska izolacija vanjskog zida i konzolnog istaka

Slika 5.10 Izvedba toplinske izolacije vanjskog zida nisko energetske zgrade U =0,15 W/m²K.

5.4.2. Sanacija ili zamjena prozora

Prozori i ostakljene konstrukcije pročelja su najdinamičniji element vanjske ovojnice u izmjeni energije s okolišem zgrade – zbog velikih koeficijenata prolaska topline u odnosu na ostale konstrukcije, kao i činjenice da su prozori dio vanjske ovojnice predviđen za prirodno prozračivanje. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke, na gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem te na gubitke radijacijom (zračenjem). Gubici kroz prozore kod starih zgrada često su deset i više puta veći od onih kroz zidove, pa je jasno koliku važnost igra energetska učinkovitost prozora u ukupnim energetskim potrebama zgrada. U skladu s Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno U =1,80 W/m²K. Dok se na starim zgradama koeficijent U prozora kreće oko 3,00-3,50 W/m²K i više (gubici topline kroz takav prozor iznose prosječno 240-280 kWh/m² godišnje), europska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od 1,40-1,80 W/m²K. Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između 0,80-1,40 W/m²K. Preporuka za gradnju suvremene energetski učinkovite zgrade je koristiti prozore s koeficijentom U < 1,40 W/m²K.

Zahtjevi Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama u pogledu zrakopropusnosti su takvi da je pri razlici tlakova od 50Pa potrebno osigurati najmanje 0,2 izmjene zraka u satu u vrijeme kad se zgrada ne koristi, odnosno 0,5 izmjena zraka u vrijeme korištenja zgrade. Ovaj broj izmjena zraka osigurava se primarno prirodnom ventilacijom kroz otvore i infiltracijom kroz konstrukcije vanjske ovojnice. Kod energetskih pregleda postojećih zgrada ocjena zrakopropusnosti bez mjerenja predstavlja značajan problem, jer kontrola zrakopropusnosti mjerenjem nije obvezna danas kao ni u prethodnim razdobljima. Dodatno, stvarna razina zrakopropusnosti u normalnim uvjetima korištenja razlikuje se od traženih vrijednosti kod veće razlike tlakova. Mogućnost ocjene postoji, ali značajno ovisi o ponašanju korisnika i ukupnoj razini prirodnog provjetravanja. Detaljni proračun prirodnog provjetravanja je preopsežan u okvirima energetskih pregleda i energetskog certificiranja zgrada, te je prihvatljiv pristup u korištenju minimalnih vrijednosti izmjena zraka u korištenju zgrade prema regulativi važećoj u razdoblju gradnje.

Poboljšanje energetskih svojstava zgrade rekonstrukcijom prozora moguće je postići nizom mjera, koje se mogu svesti na nekoliko zajedničkih elemenata:
1.smanjenje koeficijenta prolaska topline ostakljenja
2.smanjenje koeficijenta prolaska topline profila
3.smanjenje linijskih toplinskih mostova uzrokovanih načinom ugradnje prozora
4.smanjenje zrakopropusnosti prozora
5.ugradnja pomične zaštite prozora (rolete)
6.zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim (preporuka U<1,40 W/m²K).

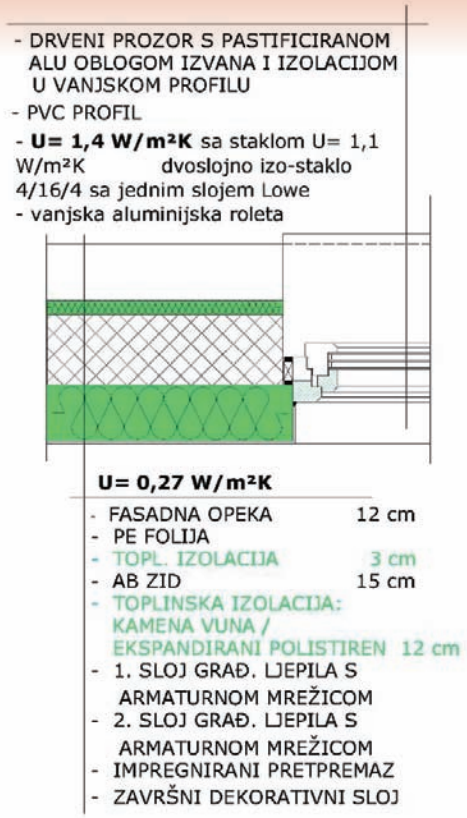
Proračun ostvarivih ušteda zamjenom prozora provodi se prema normi HRN EN ISO 13790:2008, pri čemu se ušteda utvrđuje razlikom potrebne toplinske energije za grijanje prije i poslije zamjene prozora. Prilikom ocjene uštede ostvarive zamjenom prozora, konzervativni pristup kojim se smanjenje zrakopropusnosti zgrada ne uključuje kao nužna posljedica zamjene prozora daje pouzdaniji rezultat, jer na ukupne toplinske gubitke prirodnim prozračivanjem kroz prozore veći utjecaj ima ponašanje korisnika (prozračivanje otvaranjem prozora) od infiltracije vanjskog zraka kroz reške prozora i ostakljenih konstrukcija.

Uz smanjenje toplinskih gubitaka kroz prozore koji su rezultat nižih koeficijenata prolaska topline prozora, važan učinak u ukupnom smanjenju potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade može imati smanjeni zahvat sunčevog zračenja kroz prozore. Na zahvat sunčevog zračenja direktno utječe faktor prolaska zračenja kroz ostakljenje $g_\perp$ koji daje postotak toplinskog zračenja koje prodire kroz ostakljenje u smjeru okomitom na ravninu ostakljenja. Koeficijent $g_\perp$ daju proizvođači ostakljenja za svaku staklenu ploču, ili za kombinaciju ostakljenja (dvostruko izo staklo, trostruko izo staklo, trostruko LowE ostakljenje...). Ako nisu dostupni podaci proizvođača, mogu se koristiti empirijski podaci prema kojima se za svaku ploču jednostrukog ili višestrukog ostakljenja debljine 4 mm koeficijent propuštanja zračenja smanjuje za približno 10% u odnosu na neometani prolazak zračenja, te dodatnih 5-8% za za svaki niskoemisivni premaz, što bi u slučaju trostrukog niskoemisivnog ostakljenja s dva premaza dalo ukupan koeficijent prolaska zračenja od 0,54 (100-3x10-2x8), ili 0,62 do 0,65 za trostruko ostakljenje s jednim niskoemisivnim premazom.
Zamjenom prozora se najčešće utječe na poboljšanje svih karakteristika prozora što je najbolji, ali i najskuplji način poboljšanja jer je vezan s nizom nužnih građevinskih zahvata koji prate ugradnju prozora (obrada špaleta, zamjena prozorskih klupčica, popravak toplinske izolacije i završne obrade pročelja itd.). Prije zamjene prozora, potrebno je razmotriti ostale mogućnosti poboljšanja kojima se može postići zadovoljavajuća kvaliteta – proporcionalna kvaliteti ostalih konstrukcija vanjske ovojnice zgrade.

Mjere sanacije postojećih prozora uključuju
- stolarski popravak
  - popravak dotrajalih dijelova konstrukcije
  - popravak okova
  - ugradnja brtvi
- zamjena ostakljenja
- izvedba folija za smanjenje $g_\perp$koeficijenta
- izvedba pomične zaštite od osunčanja
- toplinska izolacija kutije za rolete.

Smanjenje apsorpcije toplinskog zračenja kroz prozore moguće je provesti smanjenjem koeficijenta apsorpcije zračenja staklenih ploča, odnosno kombinacije staklenih ploča – zamjenom ostakljenja ili postavljanjem zatamnjenih folija na ostakljenje, ili izvedbom pomične zaštite od osunčanja. Smanjenje apsorpcije zračenja zamjenom ostakljenja ili postavom folija je osjetljiva mjera, jer podjednako smanjuje i solarne dobitke u zimskom razdoblju i povećava potrebnu toplinsku energiju za grijanje, kao i potrebnu energiju za rasvjetu jer se smanjuje dostupnost prirodne rasvjete u prostoru. Izvedba pomične zaštite je bitno kvalitetniji zahvat jer ne utječe na ponašanje zgrade u zimskom razdoblju, ali može biti neprovedivo u određenim uvjetima iz tehničkih ili oblikovnih razloga.

Novi prozori kvalitetnih toplinskih karakteristika imaju minimalno dvostruko izo staklo 4+16+4 (6) mm i koeficijent prolaska topline stakla U=1,1 W/m^{2}K, šupljina između stakala ispunjena je plemenitim plinom, a s unutarnje strane stakla je LOW$_e$ premaz (za smanjenje toplinskih gubitaka). Kvalitetni prozorski profili imaju prekinuti toplinski most u profilu, a okvir može biti: drveni, drvo-aluminij s i bez toplinske izolacije, pvc, pvc-aluminij ili aluminijski. Cijena ugradnje kvalitetnog energetski učinkovitog prozora iznosi od 1.000 do 3.000 kn/m^2 prozora. Vrijeme povrata ulaganja značajno ovisi o udjelu ostakljenih ploha u površini pročelja, te može iznositi i više od 20 godina. No u kombinaciji s drugim mjerama poboljšanja energetske učinkovitosti, zamjena prozora postaje ekonomski isplativa.



Slika 5. 11 Ispravna pozicija ugradnje prozora

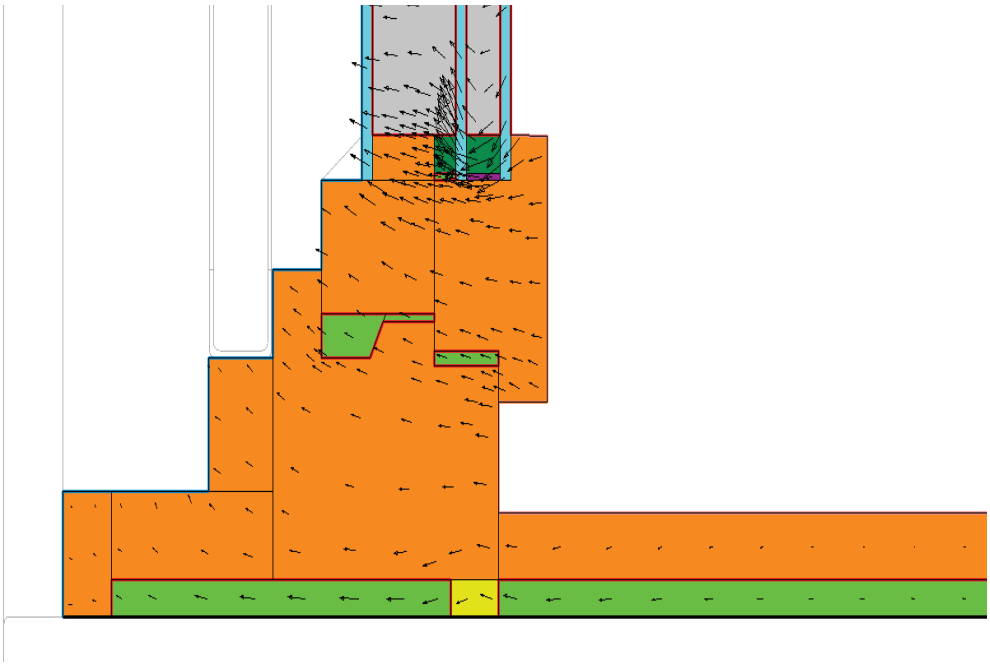
Način ugradnje prozora i njegova pozicija u zidu u odnosu na toplinsku izolaciju imaju važnu ulogu u eliminaciji toplinskih mostova.

Slika 5.12 Detalj ugradnje prozora - brtvene trake za smanjenje zrakopropusnosti

Veliki dio zgrada javne namjene predstavljaju zgrade koje su dio zaštićene graditeljske baštine. Zaštita i očuvanje graditeljske baštine obveza je utemeljena na zakonskim odredbama, kao i na osjećaju odgovornosti svake zajednice da svoja kulturna dobra njeguje i čuva. S obzirom da su u skladu s najnovijom zakonskom regulativom, sve zgrade, pa tako i zgrade graditeljske baštine, obveznici provedbe energetskih pregleda i energetskog certificiranja zgrada, potrebno je razviti jasne modele i smjernice za povećanje energetske učinkovitosti pri obnovi zgrada koje su dio graditeljske kulturne baštine. Pri tome treba voditi računa da se obnova mora temeljiti na integralnom i cjelovitom pristupu kako bi se postigli očekivani rezultati energetskih ušteda, a istovremeno kvalitetno osuvremenile postojeće zgrade i prilagodile današnjim uvjetima gradnje i standardu života.

Graditeljska kulturna baština izložena je trajnim utjecajima i pritiscima modernizacije te je zbog svoje materijalne strukture osobito osjetljiva i sklona propadanju. Graditeljsku baštinu ugrožavaju i neodgovarajući građevinski zahvati, koji ne uvažavaju konzervatorske uvjete i često se izvode bez stručno verificirane konzervatorske i tehničke dokumentacije. Iz toga je razloga potreba za jasnim smjernicama u području povećanja energetske učinkovitosti pri obnovi ovog osjetljivog fonda zgrada izuzetno velika. Kako će energetska obnova zgrada u idućih 20 godina biti najveći dio građevinskih aktivnosti u RH, nužno je razviti smjernice za obnovu zgrada graditeljske baštine u svrhu povećanja energetske učinkovitosti i nužnog osuvremenjivanja, a uz poštivanje konzervatorskih uvjeta. Metoda obnove uz povećanje energetske učinkovitosti mora integrirati prirodne potencijale, inovativne principe i suvremene energetske koncepte. Jedan od načina poboljšanja energetskih svojstava prozora na zgradama pod zaštitom je zamjena unutarnjeg prozorskog krila (kod dvostrukih prozora ili prozora "krilo na krilo"). Takva mjera ne utječe na oblikovanje vanjskog pročelja zgrade, a značajno doprinosi smanjenju toplinskih gubitaka i povećanju energetske učinkovitosti.

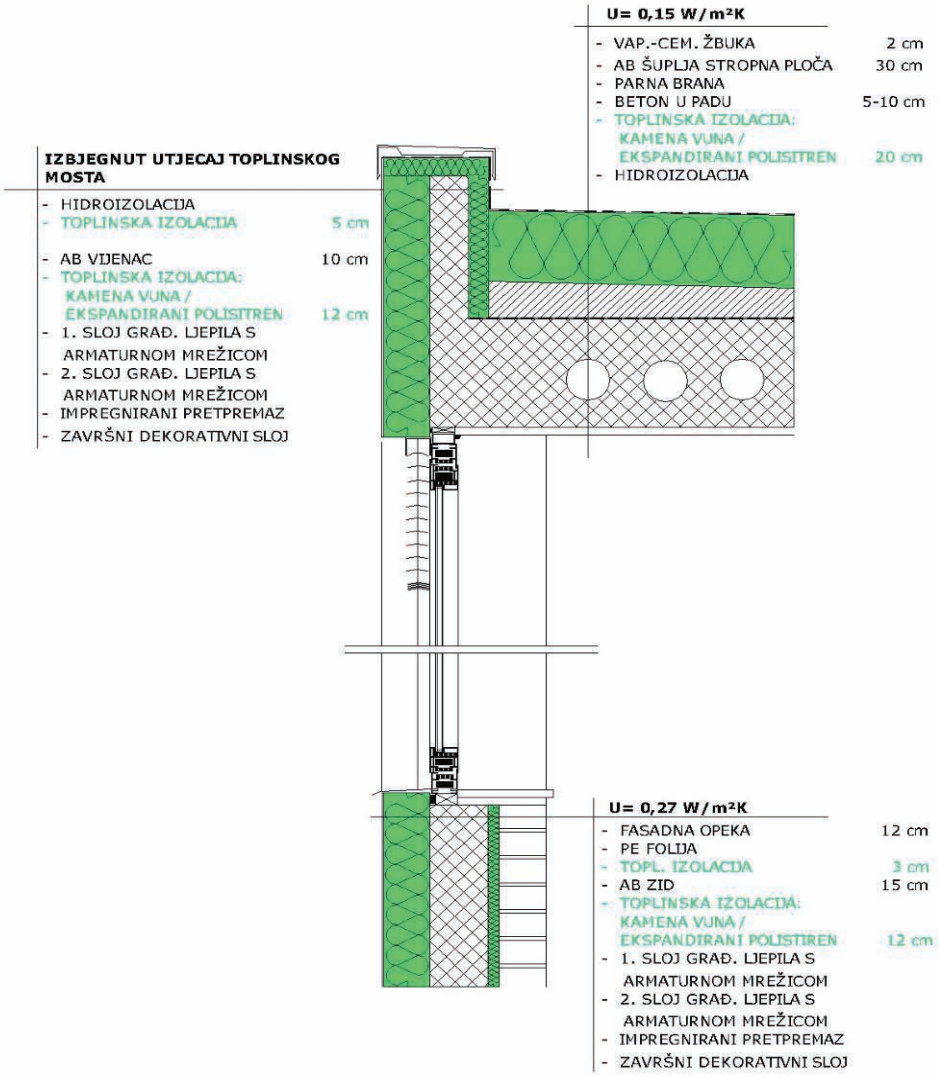
Rekonstrukcijom prozora s izvedbom dodatnog ostakljenja izo staklom 4/12Ar/c4 postiže se ukupno ostakljenje prozora 4//31//4/12Ar/c4, i poboljšanje postojećeg koeficijenta prolaska topline ostakljenja U_g=2,80 W/m^{2}K na 1,18 W/m^{2}K. Na ovaj način rekonstruiran prozor postiže vrijednost Uw=1,24 W/m^{2}K, što je bolje od velikog dijela novih prozora prisutnih na tržištu.



Slika 5.13 Zamjena ostakljenja - rekonstrukcija unutarnjeg krila prozora

5.4.3. Krovovi – ravni i kosi

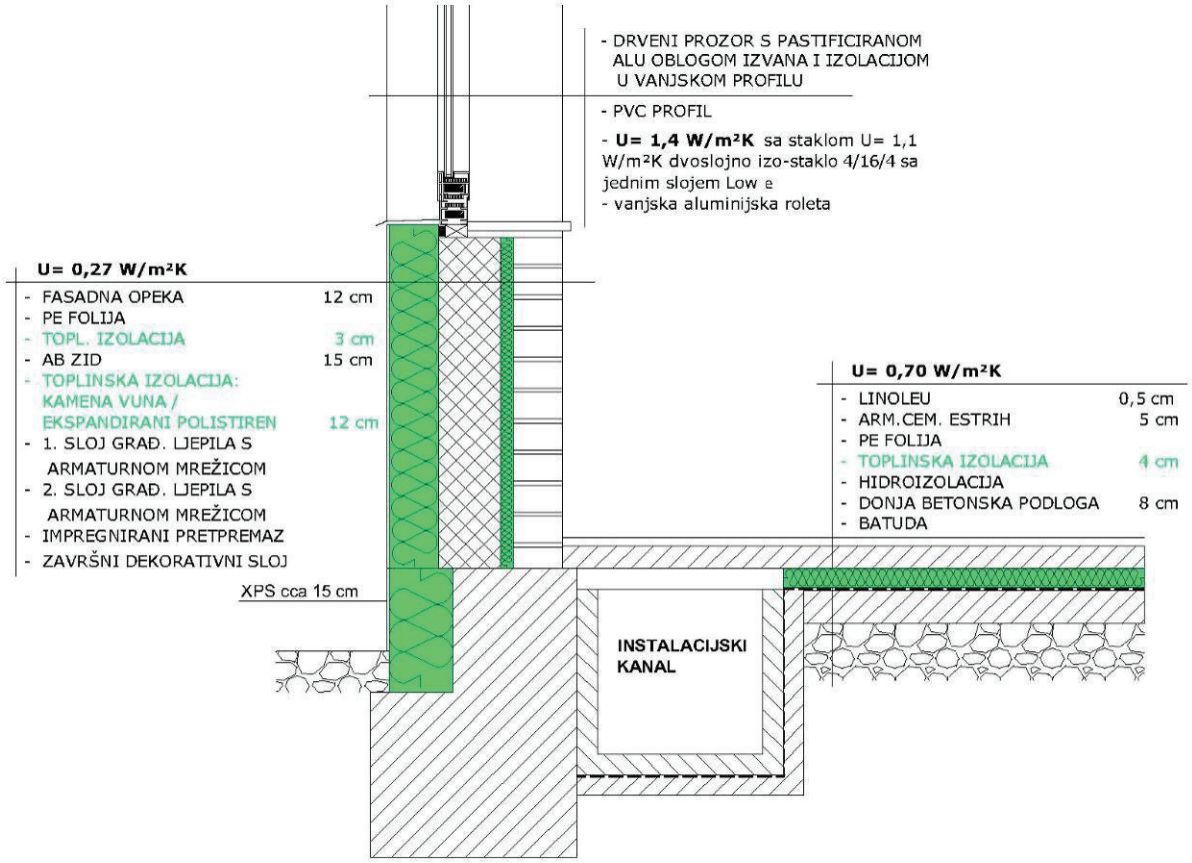
U ukupnoj energetskoj bilanci zgrade toplinski gubici kroz krov iznose 10 do 20 posto. Ulaganje u toplinsku izolaciju krova ili stropa prema negrijanom tavanu je najisplativije ulaganje s najkraćim vremenom povrata investicije. Često je rekonstrukcija postojećeg krova nužna zbog dotrajalosti pokrova ili procurijevanja. Dodatna toplinska zaštita tada je nužna i jednostavno provediva mjera s brzim razdobljem povrata ulaganja. Kod izvedbe toplinske izolacije kosih ili ravnih krovova nužno je pravilno izvesti spojeve sa zidnom izolacijom, kako bi se izbjegli toplinski mostovi.



Slika 5.14 Toplinska izolacija krova i smanjenje utjecaja toplinskog mosta

5.4.4. Podovi i konstrukcije prema negrijanim prostorima

Podovi i konstrukcije prema negrijanim prostorima specifične su konstrukcije koje je svakako preporučljivo dodatno toplinski izolirati. No često to kod postojećih zgrada, naročito kod podova na tlu zahtijeva velike i skupe građevinske zahvate kao što su promjene podnih obloga, problemi s visinama otvora i slično. Stoga se kod izvedenih objekata izolacija poda na tlu ne razmatra kao ekonomski isplativa varijanta u odnosu na uštede koje se postižu. Međutim u slučaju da se planira detaljna rekonstrukcija poda na tlu, s kompletnom zamjenom podnih obloga i unutarnje stolarije svakako se preporuča i izvedba sloja odgovarajuće toplinske izolacije. Ako se ne izvodi toplinska izolacija poda na tlu, posebno je važno izvesti toplinsku zaštitu temelja ili nadtemeljnog zida, kako bi se smanjio utjecaj toplinskog mosta. Toplinska izolacija podova prema negrijanim ili vanjskim prostorima jednostavna je za izvedbu i svakako se preporuča kao ekonomski povoljna varijanta smanjenja toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu zgrade.



Slika 5.15 Toplinska izolacija vanjskog zida prema tlu

5.4.5. Sanacije toplinskih mostova

Zbog manjeg otpora toplinskoj propustljivosti, nego tipični presjek pregrade, temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na preostaloj površini, što povećava potencijalnu opasnost kondenziranja vodene pare na ovim mjestima. Najbolji način izbjegavanja toplinskih mostova je postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane cijele vanjske ovojnice, bez prekida te dobro brtvljenje reški i spojeva.

Povećani protok topline na mjestima toplinskog mosta u odnosu na osnovnu konstrukciju, izaziva prvenstveno povećane toplinske gubitke. Zbog lokalno povećanih toplinskih gubitaka, temperatura unutarnje plohe konstrukcije je u zimskom razdoblju niža od ostale konstrukcije, te proračun difuzije vodene pare kroz konstrukciju, izvršen za osnovnu konstrukciju, ne odgovara stvarnom stanju konstrukcije. Toplinski mostovi uzrokuju:

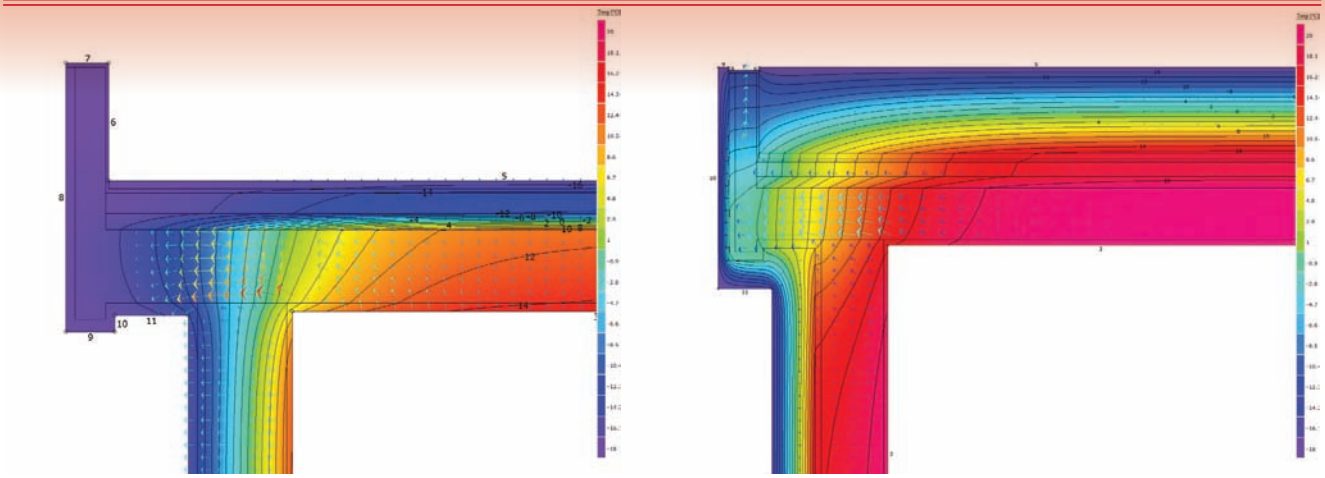
- povećane gubitke topline
- pojavu kondenzacije na unutarnjoj površini konstrukcije
- pojavu kondenzacije unutar konstrukcije
- nepredvidivi tok topline i temperature unutar konstrukcije.

Posljedice jakih toplinskih mostova uzrokuju:
- oštećenja konstrukcije uslijed pojave vlage i rasta gljivica na mjestima tipičnih toplinskih mostova;
- degradaciju materijala konstrukcije zbog pojave vlage;
- narušavanje bitnih zahtjeva za građevine (mehanička stabilnost);
- mehanička oštećenja konstrukcije zbog smrzavanja.

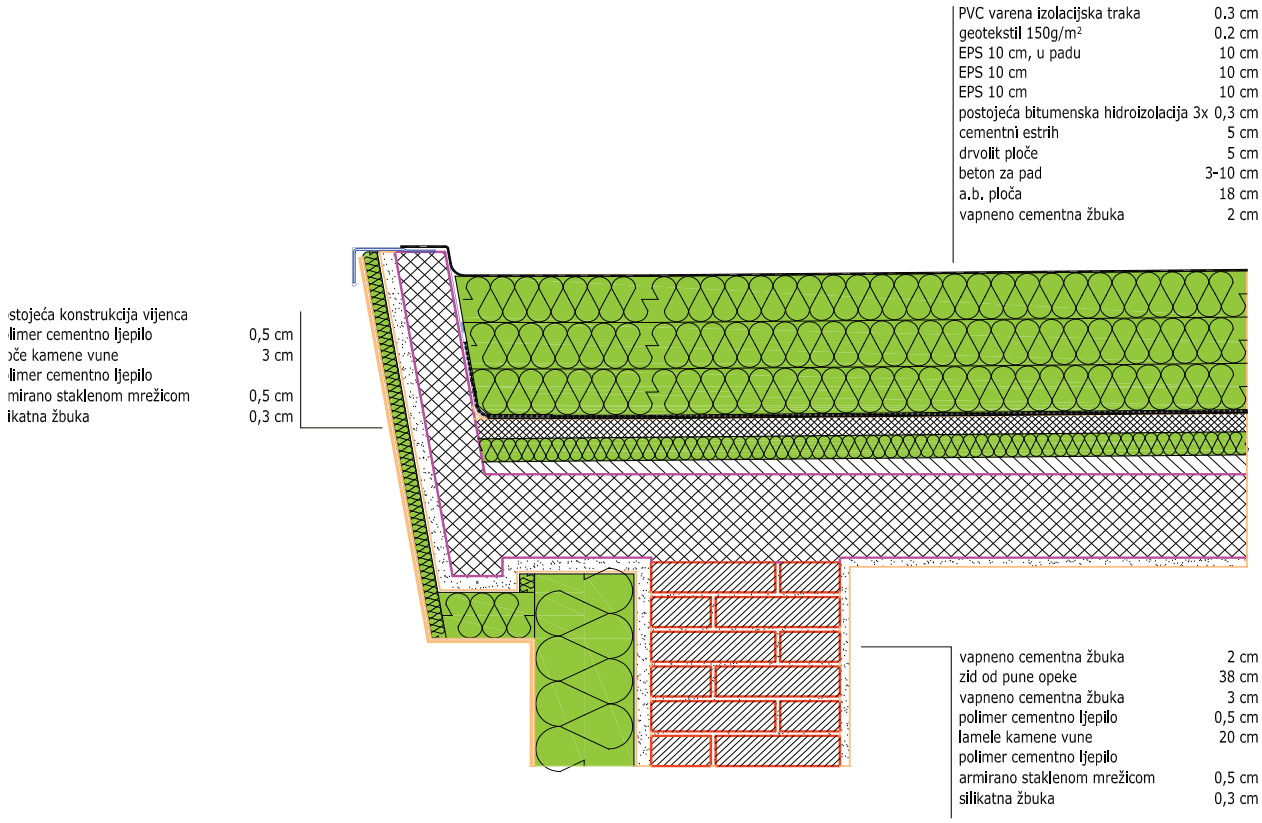
Konstrukcijska rješenja za smanjenje utjecaja toplinskih mostova kreću primarno od izbjegavanja pojave toplinskih mostova, o čemu je potrebno voditi brigu već u ranim fazama projektiranja zgrade. Svi detalji potencijalnih mjesta pojave toplinskih mostova trebaju biti adekvatno riješeni. Što je zgrada bolje toplinski izolirana i ostvaruje manje toplinske gubitke, to je utjecaj toplinskih mostova na povećanje ukupnih toplinskih gubitaka, ako oni nisu dobro riješeni, veći.

Kod energetske obnove postojećih zgrada i izvedbe dodatne toplinske izolacije potrebno je voditi računa da pri tome ne bude prekida u toplinskoj izolaciji, što može uzrokovati značajne toplinske mostove. Također, toplinski mostovi će doći do izražaja ako se izvede samo dio toplinske zaštite vanjske ovojnice, a ostanak ostane toplinski nezaštićen. Određeni dijelovi konstrukcije često su vrlo problematični kod naknadne izvedbe toplinske izolacije, npr. betonski istaci balkona, krovnih vijenaca i slično, te je jedna od mogućih mjera sanacija toplinskog mosta i njihovo uklanjanje te izvedba novih točkasto ovješenih konzolnih konstrukcija.

Slika 5.16 Primjer sanacije toplinskih mostova kod betonskih konstrukcija balkona pri energetskoj obnovi zgrade



Slika 5.17 Toplinski most na spoju vanjskog zida i ravnog krova prije i nakon sanacije



Slika 5.18 Izolirani toplinski most vijenca zgrade

5.5. SUSTAVI GRIJANJA PROSTORA

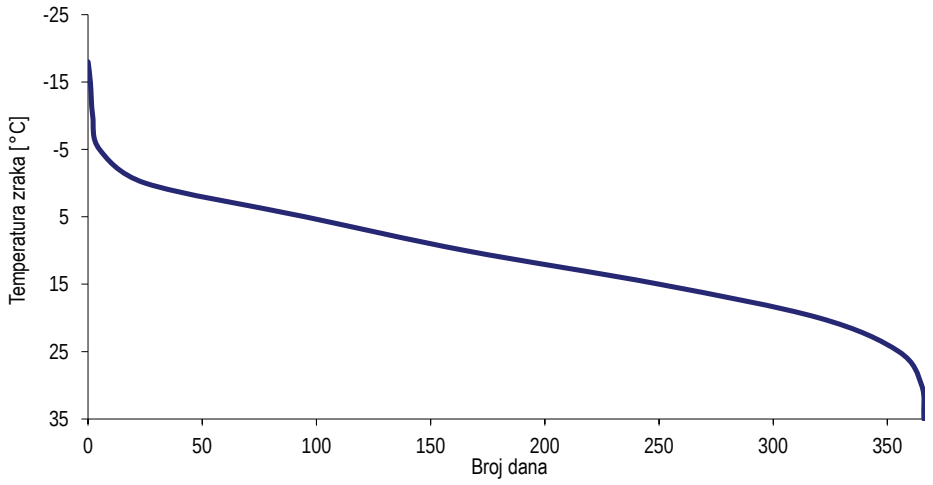
5.5.1. Kotlovi (zamjena standardnog kotla kondenzacijskim)

U odnosu na druge kotlove, kondenzacijski kotlovi omogućavaju značajno povećanje iskoristivosti topline sadržane u gorivu. Ovakav tip kotla radi s izrazito niskom temperaturom izlaznih plinova koja je oko 3 do 10°C viša od temperature povratne vode u kotlu i ovisno o tome, kondenzira se manji ili veći dio vodene pare sadržane u izlaznim dimnim plinovima. Toplina kondenzacije vode iz dimnih plinova prenosi se kotlovskoj vodi i tako ne izlazi kroz dimnjak.

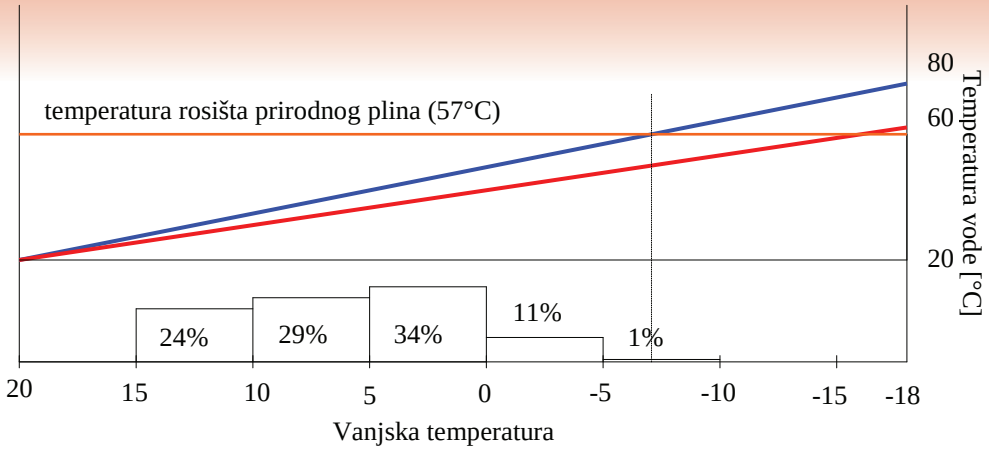
Zamjena standardnih kotlova kondenzacijskim prikazana je na primjeru zgrade Ministarstva financija Republike Hrvatske na adresi Katančićeva ulica br. 5 u Zagrebu [1]. U podrumu objekta smještena je postojeća uljno-plinska toplovodna kotlovnica s tri kotla po 523 kW i toplinskom stanicom. Kotlovnica je priključena na gradsku plinsku mrežu niskotlačnim plinovodom. Za rad kotlovnice koristi se isključivo plin, a loživo ulje je predviđeno kao rezervni energent.

Nominalni toplinski učinak za grijanje je oko 635 kW, dok je ukupni učinak instaliranih radijatora 845 kW. Postojeći kapacitet kotlovnice je 1.570 kW, a instalirana su 3 kotla svaki kapaciteta po 523 kW, loženi pretlačnim plinsko-uljnim plamenicima. Kotlovnica je u skladu s praksom iz vremena njene gradnje značajno predimenzionirana. Način korištenja je takav da se u rad uključuju svi kotlovi, bez obzira na moguće parcijalno opterećenje sustava grijanja.
Projektom rekonstrukcije plinske kotlovnice predviđa se prelazak na plin s primjenom kondenzacijskih kotlova. Predviđena je instalacija dva toplovodna plinska kondenzacijska kotla svaki toplinskog učina 502 kW ložena prirodnim plinom. Grijanje objekata je toplovodnim sustavom s temperaturama 80/60°C uz kliznu regulaciju polazne temperature prema vanjskoj temperaturi zraka. Time je ukupni učinak kotlovnice donekle usklađen s instaliranim učinkom radijatora, što je prvi preduvjet za ekonomično korištenje. Kotlovi su loženi atmosferskim plamenicima opremljenim pripadnim plinskim rampama i uređajima za upravljanje, regulaciju i kontrolu plamena. Radom kotla upravlja kotlovska automatika.

Kod korištenja prirodnog plina granicu za korištenje topline sadržane u dimnim plinovima predstavlja temperatura 57°C i ako je temperatura povratnog voda niža od 57°C moguće je iskorištenje topline kondenzacije. To znači da je u sustavima niskotemperaturnog grijanja uvijek moguće koristiti toplinu dimnih plinova dok je kod primjerice sustava 80/60°C koji je predviđen u ovome objektu, toplinu kondenzacije u potpunosti moguće koristiti kod vanjskih temperatura viših od -7°C. Kod korištenja loživog ulja granica kondenzacije je niža (47°C), pa je mogućnost korištenja topline kondenzacije manja. Kako se toplina kondenzacije za razmatrani sustav može koristiti djelomično u rasponu temperatura između -17 i -7°C, a u potpunosti iznad -7°C, potrebno je još utvrditi i udjele topline koja se proizvodi na temperaturama nižim od -7°C. U cilju utvrđivanja ovoga podatka, konstruirana je krivulja učestalosti temperatura (stupanj dan krivulja) za predmetnu lokaciju, prikazana na slici 5.19. Korištenjem podataka iz stupanj dan krivulje na slici, ukupna potrošnja topline je raspoređena u temperaturne intervale .



Slika 5.19 Krivulja učestalosti temperatura za lokaciju Zagreb



Slika 5.20 Granica iskorištenja topline kondenzacije dimnih plinova kod korištenja prirodnog plina i temperaturni raspored potrebne topline za grijanje objekta

Iz slike 5.20 vidljivo je da se praktički sva potrebna toplina može proizvesti uz potpuno korištenje topline kondenzacije.

Pri proračunu potrebna toplina za grijanje, korištena je potrošnja toplinske energije za grijanje objekta, dobivena prema propisu DIN 2067 (starije izdanje 1985).

Tab. 5.3 Mjesečno potrebna toplina za grijanje na primjeru zgrade Ministarstva financija

Mjesec	Potrebna toplina za grijanje [kWh]
Siječanj	115.084,6
Veljača	90.087,7
Ožujak	74.952,5
Travanj	46.833,4
Svibanj	0,0
Lipanj	0,0
Srpanj	0,0
Kolovoz	0,0
Rujan	0,0
Listopad	47.804,4
Studeni	77.674,9
Prosinac	106.231,9
Godišnje	558.669,4

Analiza troškova grijanja standardnim kotlovima

U nastavku je provedena analiza godišnjih troškova za grijanje objekta za slučaj kada bi se objekt grijao pomoću tri standardna kotla s održavanjem konstantne temperature vode, zajedničkog učinka 1.569 kW. Proračun se provodi za svaki mjesec sezone grijanja, tj. od siječnja do travnja i od listopada do prosinca.
Kod kotla s konstantnom temperaturom kotlovske vode srednji stupanj iskorištenja izračunava se za svaki pojedini mjesec kao

$$\eta_m = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) \cdot q_b + 1}$$

gdje je: η_k normni stupanj iskorištenja kotla (usvojena vrijednost 85%), b vrijeme pripravnosti kotla (usvojeno 16 h dnevno), b_{vk} broj sati potpune iskoristivosti kotla (izračunava se kao kvocijent potrošnje energije i raspoloživog učinka kotla), q_b faktor gubitaka kotla kod pripravnosti (usvojen s vrijednošću 0,0025 za kotao godine proizvodnje iza 1980., učinka 523 kW) .

Potrošnja plina u m³ određena je izrazom $B = \frac{Q}{\eta \cdot H_d}$

gdje je Q potrebna toplina za grijanje objekta u kWh, η_m srednji stupanj iskorištenja, H_d donja ogrjevna moć plina u kWh/m³ (H_d =9,2606 kWh/m³).
Rezultati proračuna stupnja iskorištenja kotla, stupnja iskorištenja i potrošnje plina dani su u tablici 5.4.

Tab. 5.4 Potrošnja plina za postojeće stanje (3 standardna kotla)

Mjesec	Sd	Proračunski broj sati rada [h]	Potrebna toplina [kWh]	Broj sati pogonske pripravnosti [h]	Stvarni broj sati rada plamenika učinka 1569 kW [h]	η [%]	Potrošnja plina [m³]
Siječanj	604,50	181,81	115.084,56	496,00	73,30	0,84	14.831,16
Veljača	473,20	142,32	90.087,70	448,00	57,38	0,84	11.639,56
Ožujak	393,70	118,41	74.952,51	496,00	47,74	0,83	9.745,52
Travanj	246,00	73,99	46.833,42	480,00	29,83	0,82	6.174,21
Listopad	251,10	75,52	47.804,35	496,00	30,45	0,82	6.305,23
Studeni	408,00	122,71	77.674,94	480,00	49,47	0,83	10.082,53
Prosinac	558,00	167,82	106.231,90	496,00	67,66	0,84	13.709,33
Godišnje:	**2934,50**	**882,57**	**558.669,37**	**3.392,00**	**355,84**	**0,83**	**72.487,53**

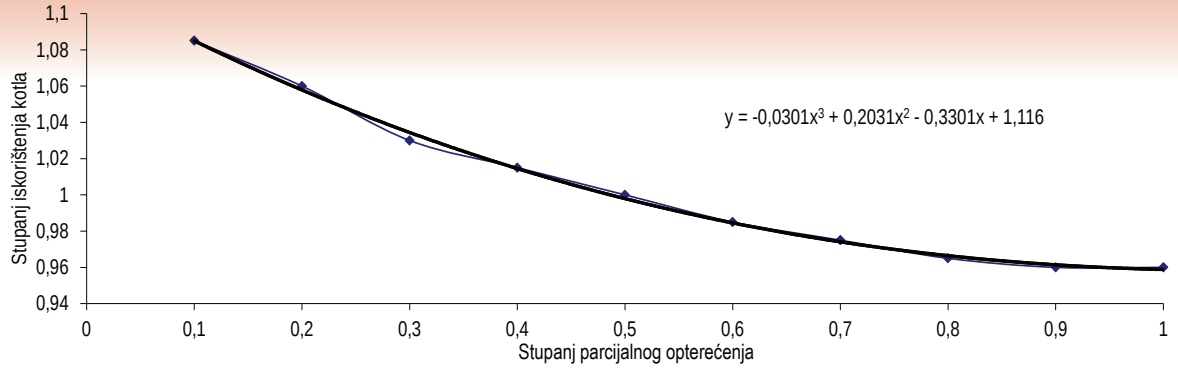
Analiza troškova grijanja kondenzacijskim kotlovima

U nastavku je provedena analiza godišnjih troškova za grijanje objekta za slučaj korištenja dva kondenzacijska kotla, svaki učina 502 kW.
Proračun se provodi za svaki mjesec sezone grijanja, tj. od siječnja do travnja i od listopada do prosinca. Kod viših vanjskih temperatura potreban učinak kotla je niži i on radi pri djelomičnom opterećenju. Pritom je niža i potrebna temperatura vode u polaznom vodu grijanja.
Stupanj parcijalnog opterećenja kotla $\dot{Q}/\dot{Q}_n$ ovisi o omjeru razlike temperatura prostora i okoline i razlike temperature prostora i projektne temperature okoline, pa je određen izrazom:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_n} = \frac{t_p - t_{a,m}}{t_p - t_{a,\min}}$$

U gornjem je izrazu t_p temperatura prostorije (t_p=20°C), $t_{a,m}$ srednja mjesečna temperature, $t_{a,min}$ vanjska projektna temperatura ($t_{a,min}$=-18°C).

Korištenjem podataka proizvođača dobiven je korelacijski polinom koji povezuje ovisnost stupnja iskorištenja kotla o stupnju parcijalnog opterećenja kotla i na kraju je određena potrošnja plina.



Slika 5.21 Ovisnost stupnja iskorištenja kotla o stupnju parcijalnog opterećenja za kondenzacijski kotao

Tab. 5.5 Potrošnja plina za grijanje kondenzacijskim kotlovima

Mjesec	Vanjska temperatura [°C]	Potrebna toplina [kWh]	Stupanj parcijalnog opterećenja [%]	Stupanj iskorištenja [%]	Potrošnja plina [m³]
Siječanj	0,50	115.084,56	0,51	0,96	12.952,34
Veljača	3,10	90.087,70	0,44	0,98	9.897,00
Ožujak	7,30	74.952,51	0,33	1,02	7.957,16
Travanj	11,80	46.833,42	0,22	1,05	4.810,85
Listopad	11,90	47.804,35	0,21	1,05	4.907,10
Studeni	6,40	77.674,94	0,36	1,01	8.303,72
Prosinac	2,00	106.231,90	0,47	0,97	11.786,51
Godišnje:	**11,50**	**558.669,37**	**-**	**1,01**	**60.614,68**

Primjenom kondenzacijskih kotlova učinka 2 x 502 kW koji su obrađeni u analiziranom projektu, moguća ušteda goriva u odnosu na postojeće stanje je 72.487 – 60.614 = 11.873 m³ prirodnog plina godišnje. Iskazano kroz cijenu plina (2,446 kn/m³), to rezultira financijskom uštedom na nabavi goriva (plina) od 29.041 kn godišnje.

Ovakvo smanjenje potrošnje plina ima za rezultat i smanjenje emisije CO_2. Smanjenje emisije CO_2 izračunato je s vrijednošću emisije od 1,9 kg/m³ goriva. Za navedeni slučaj ono iznosi 22.558 kg godišnje.

5.5.2. Radijatori – ugradnja radijatorskih termostatskih ventila

Ušteda toplinske energije ugradnjom termostatskih radijatorskih ventila prikazana je na primjeru objekta Zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“, smještenog na adresi Mirogojska cesta 16 u Zagrebu, za koji je proveden energetski pregled [2]. U kompleksu su svi radijatori, osim tek manjeg dijela novougrađenih, izvedeni bez radijatorskih prigušnica za regulaciju protoka na povratnom vodu tople vode, te bez termostatskih ventila na polaznom vodu. Ovakva izvedba ima značajne posljedice na potrošnju energije, s obzirom da korisnici često „reguliraju“ pregrijavanje otvaranjem prozora. Uvidom na objektu su utvrđene visoke temperature 22 – 23°C u većem broju prostorija, čak i u vrijeme relativno niskih vanjskih temperatura Procjena je da bi se ugradnjom termostatskih ventila i prigušnica na radijatore uštedjelo oko 15% sadašnje potrošnje energije za grijanje zgrada. Već samo smanjenje prosječne temperature za 1°C, rezultira uštedom od oko 8% prema rezultatima računalnog programa kojim su provedeni proračuni potrošnje energije za grijanje građevina.

Predviđena je obnova mreže radijatora ugradnjom termostatskih ventila i prigušnica za balansiranje mreže pri kojoj je potrebno provesti sljedeće: pražnjenje ukupne cijevne mreže u objektu, demontažu svih radijatora otpajanjem holendera, rezanje dijela

cjevovoda uz radijator, dobavu i ugradnju ventila 1/2" s termostatskom glavom uz svaki radijator, dobavu i ugradnju prigušnica 1/2" uz svaki radijator, dobavu cca. 0,5 m cijevi 1/2", prilagodbu postojećem cjevovodu i i ugradnju zavarivanjem na postojeći cjevovod, ponovno punjenje i tlačnu probu ukupne cijevne mreže u objektu te funkcionalnu probu i balansiranje.
Cijena navedenih radova po jednom radijatoru je 800 kn. Ukupno je ugrađeno 307 radijatora, pa ukupna cijena investicije u ugradnju termostatskih ventila i prigušnica iznosi 245.600 kn.
Mjesečne i godišnje potrošnje topline, kao i uštede u iznosu 15% prikazane su u nastavku.

Tab. 5.6 Mjesečna i godišnja potreba topline za grijanje i uštede ugradnjom termostatskih ventila

Mjesec	Potrebna toplina za grijanje [kWh]	Ušteda [kWh]
Siječanj	181.300	27.195
Veljača	130.556	19.583
Ožujak	85.986	12.898
Travanj	31.499	4.725
Svibanj	2.037	306
Lipanj	0	0
Srpanj	0	0
Kolovoz	0	0
Rujan	945	142
Listopad	39.365	5.905
Studeni	107.636	16.145
Prosinac	167.127	25.069
Godišnje:	**746.452**	**111.968**

LITERATURA

[1] Pavković, B. et al.: Energetska studija Analiza utjecaja na okoliš nadogradnje plinske kotlovnice Ministarstva financija u Zagrebu kroz smanjenu potrošnju plina, UNDP Hrvatska, Zagreb, 2009.

[2] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija i izvješće o energetskom pregledu za Zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar" u Zagrebu, Tehnički fakultet u Rijeci, 2009.

5.6. RASHLADNI UREĐAJI I DIZALICE TOPLINE

5.6.1. Uvođenje dizalica topline

5.6.1.1. Zrak – zrak (VRF) na primjeru Umjetničke škole Luke Sorkočevića u Dubrovniku

Primjer ugradnje VRF sustava zrak – zrak za grijanje i hlađenje objekta prikazan je na primjeru Umjetničke škole Luke Sorkočevića u Dubrovniku za koju je provedena energetska studija isplativosti u gradnje sustava [1]. U postojećem stanju objekt se grije radijatorskim grijanjem pri čemu se topla voda grije u kotlovima ne električnu energiju. Postavljeni su elektrokotlovi ukupnog učinka 128 kW. Za potrebe hlađenja postavljen je manji broj split uređaja čiji ukupni učinak nije dovoljan za hlađenje cijele građevine.

Slika 5.22 Toplovodna kotlovnica

Ocjena potrošnje electične energije i mogućih ušteda radom VRF sustava provedena je satnom simulacijom rada sustava. Potrebna energija za grijanje i hlađenje prikazana je u nastavku. Potrebna toplina za zagrijavanje objekta prikazana u tablici ne predstavlja i utrošenu električnu energiju za rad kotlova jer je za izračunavanje potrošnje potrebno pribrojiti još i gubitke sustava distribucije toplinske energije.

Tab. 5.7 Proračunska potrebna energija za grijanje i hlađenje objekta

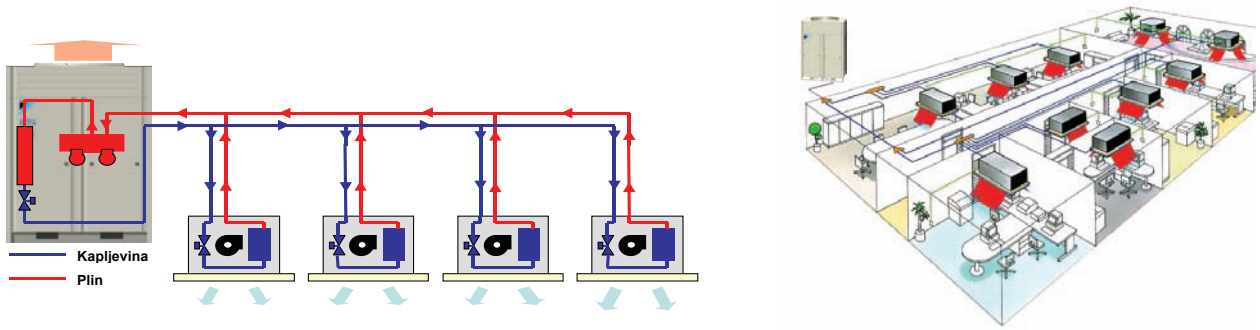
Mjesec	Energija za grijanje [kWh]	Energija za hlađenje [kWh]
Siječanj	24555	-
Veljača	24326	-
Ožujak	21878	-
Travanj	14205	-
Svibanj	-	15.536
Lipanj	-	17.943
Srpanj	-	22.093
Kolovoz	-	21.004
Rujan	-	15.863
Listopad	10782	-
Studeni	20059	-
Prosinac	22403	-
Ukupno	**138.209**	**92.438**

Potrošnja električne energije kao i maksimalna angažirana snaga po mjesecima za postojeće stanje termotehničkih instalacija - proizvodnju toplinske energije električnim kotlovima (uz uvaženu iskoristivost sustava η=0,95) prikazani su tablično u nastavku. Maksimalna angažirana snaga određena je prema maksimalnom ogrjevnom učinku koji se pojavljuje u određenom mjesecu.

Tab. 5.8 Proračunska potrošnja električne energije i maksimalna angažirana snaga za grijanje – postojeće stanje

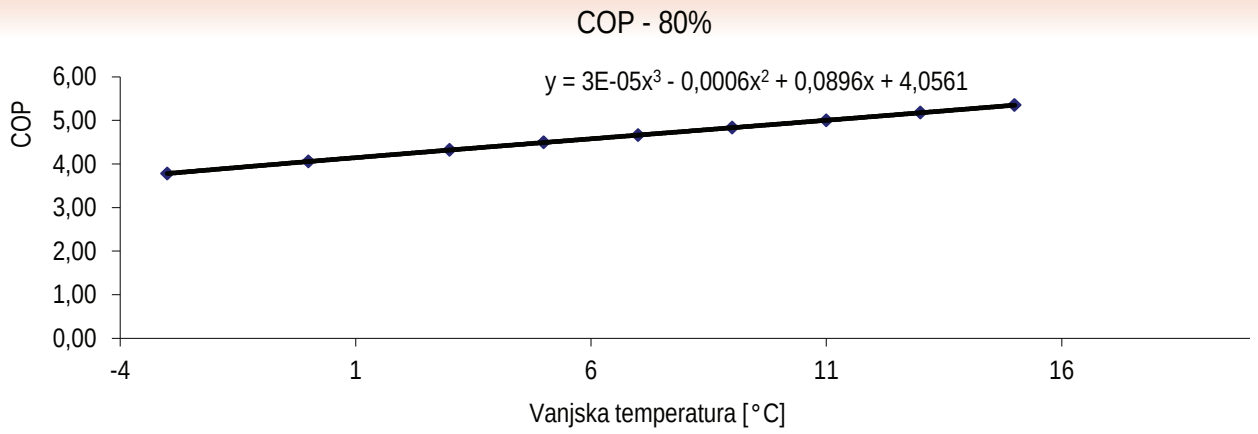
Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija VT kWh]	Električna energija NT [kWh]	Električna energija ukupno [kWh]	Ukupno troškovi [kn]
Siječanj	128	19.933	5.850	25.783	23.097
Veljača	128	19.101	6.441	25.542	22.786
Ožujak	122	17.126	5.846	22.972	21.007
Travanj	110	10.616	4.299	14.915	15.830
Svibanj	-	-	-	-	-
Lipanj	-	-	-	-	-
Srpanj	-	-	-	-	-
Kolovoz	-	-	-	-	-
Rujan	-	-	-	-	-
Listopad	119	7.704	3.618	11.322	14.658
Studeni	128	14.995	6.068	21.063	20.296
Prosinac	128	17.120	6.403	23.523	21.626
Godišnje		**106.596**	**38.523**	**145.119**	**139.301**

Proračunski godišnji trošak za zagrijavanje objekta električnim kotlovima iznosi 139.301 kn i u odnosu na tu vrijednost će se računati uštede na toplinskoj energiji.



Slika 5.23 VRF sustav

Potrošnja električne energije za rad VRF sustava za potrebe grijanja simuliran je pomoću korelacijskih polinoma koji iskazuju COP uređaja (omjer proizvedene topline i utrošene električne energije za rad uređaja) izrađenih za 9 stupnjeva opterećenja: 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, 110%, 120% i 130%. Vrijednosti opterećenja većih od 100% kod rada VRF uređaja slijede iz tvorničkih podataka proizvođača i odnose se na slučaj kad inverter napaja motor kompresora s frekvencijom većom od 50 Hz, a mogu se ostvariti upravo zbog načina regulacije promjenom broja okretaja. Pomoću korelacijskih polinoma dobivena je ovisnost faktora grijanja (COP) o temperaturi vanjskog zraka.



Slika 5.24 Korelacijski polinom ovisnosti faktora grijanje o temperaturi vanjskog zraka pri opterećenju 80%

Satno opterećenje VRF sustava određeno je omjerom trenutne vrijednosti potrebnog učinka za grijanje i ogrjevnog učinka svih VRF sustava predviđenih projektom grijanja.
U ovisnosti o satnoj vrijednosti vanjske temperature i stupnju opterećenja rada uređaja određen je faktor grijanja VRF uređaja (COP) preko kojeg je dobivena trenutna potrošnja električne energije [kW] prema izrazu:

$$\dot{P}_{el} = \frac{\dot{Q}}{COP}$$

gdje je $\dot{P}_{el}$ snaga za pogone kompresora [kW], $\dot{Q}$ potrebni učin za grijanje [kW] a COP faktor grijanja.
Rekapitulacija potrošnje električne energije po mjesecima kao i maksimalna angažirana prikazani su u tablici 5.9.

Tab. 5.9 Potrošnja električne energije, maksimalna angažirana snaga i troškovi za grijanje VRF uređajima

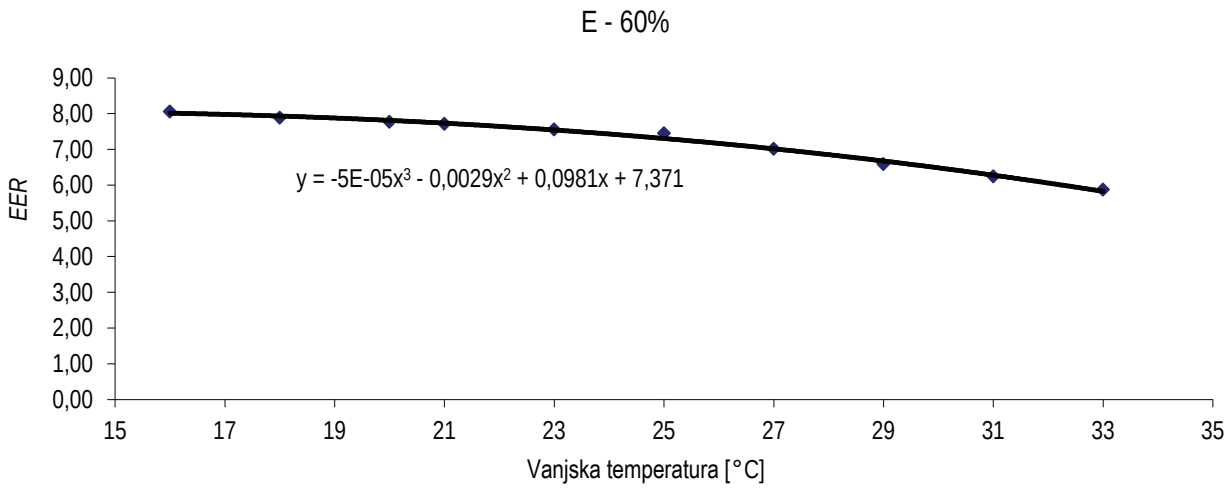
Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija [kWh]	Troškovi za grijanje [kn]
Siječanj	35	5.389	5.484
Veljača	35	5.162	5.260
Ožujak	29	4.452	4.452
Travanj	24	2.785	3.197
Svibanj	-	-	0
Lipanj	-	-	0
Srpanj	-	-	0
Kolovoz	-	-	0
Rujan	-	-	0
Listopad	26	2.117	3.053
Studeni	32	4.112	4.461
Prosinac	41	4.842	5.527
Godišnje		28.858	31.435

Primjenom VRF sustava godišnje se na električnoj energiji za grijanje štedi: (106.596 + 38.523) – (20.929 + 7.929) = 116.261 kWh električne energije

Ukupna potrošnja električne energije za grijanje VRF sustavom je 28.858 kWh, a proizvodi se 145.119 kWh toplinske energije, pa je sezonski COP 5,02.
Iz navedenoga vidi se da bi se primjenom VRF sustava za grijanje zgrade godišnje moglo godišnje uštediti 139.301 – 31.435 = 107.866 kune. Cijena dobave i ugradnje VRF sustava procijenjena je na približno 700.000 kn te se investicija isplati već za 6,5 godina.

Ugradnjom VRF sustava bit će omogućeno potpuno hlađenje objekta te će u nastavku biti prikazan i proračun potrošnje električne energije za hlađenje zgrade kao i očekivani trošak za hlađenje zgrade.

Za proračun potrošnje električne energije VRF sustava u režimu hlađenja korišteni su također korelacijski polinomi koji iskazuju EER uređaja (omjer proizvedene energije hlađenja i ukupno utrošene električne energije za rad uređaja) izrađeni za parcijalna opterećenja. Pomoću korelacijskih polinoma dobivena je ovisnost faktora hlađenja (EER) o temperaturi vanjskog zraka.



Slika 5.25 Korelacijski polinom ovisnosti faktora hlađenja o temperaturi vanjskog zraka pri opterećenju 60%

Stupanj opterećenja rada VRF sustava određen je za svaki sat omjerom vrijednosti potrebnog rashladnog učinka i rashladnog učinka svih VRF sustava predviđenih projektom grijanja.

U ovisnosti o satnoj vrijednosti vanjske temperature i stupnju opterećenja rada uređaja određen je faktor hlađenja VRF uređaja (EER) putem kojega je dobivena trenutna potrošnja električne energije prema izrazu:

$$\dot{P}_{el} = \frac{\dot{Q}_0}{EER} \quad [\text{kW}]$$

gdje je $\dot{P}_{el}$ snaga za pogon kompresora [kW], $\dot{Q}_0$ potrebni učin za hlađenje [kW] a EER faktor hlađenja.

Rekapitulacija potrošnje električne energije po mjesecima kao i maksimalna angažirana prikazani su u tablici 5.10.

Ukupna potrošnja električne energije za rad kompresora u režimu hlađenja je 9.426 kWh, a pri tome se proizvodi 68.444 kWh energije potrebne za hlađenje zgrade, pa je sezonska vrijednost ESEER 7,2.

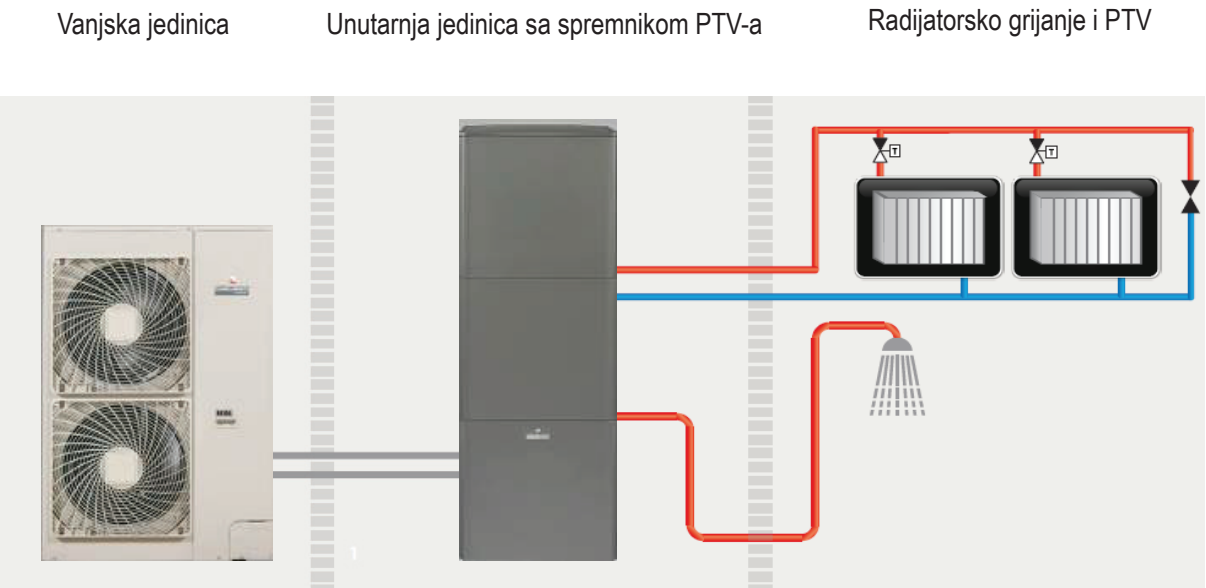
Iz tablice 5.10 vidi se da se godišnji trošak tijekom sezone hlađenja predviđa na 8.967 kuna. Toliko se očekuje da će korisnik imati povećane troškove zbog hlađenja, uz postizanje neusporedivo više razine komfora nego li je to bio slučaj do sada.

Tab. 5.10 Potrošnja električne energije, maksimalna angažirana snaga i pogonski troškovi za hlađenje VRF sustavom

Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija [kWh]	Troškovi za hlađenje [kn]
Siječanj	-	-	0
Veljača	-	-	0
Ožujak	-	-	0
Travanj	-	-	0
Svibanj	8	2.080	1.794
Lipanj	11	2.500	2.176
Srpanj	10	1.359	1.494
Kolovoz	11	1.334	1.575
Rujan	10	2.152	1.928
Listopad	-	-	0
Studeni	-	-	0
Prosinac	-	-	0
Godišnje	**50**	**9.426**	**8.967**

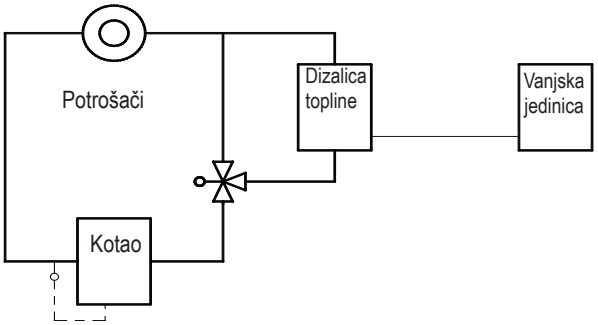
5.6.1.2. Uvođenje dizalice topline u bivalentni sustav na primjeru dječjeg vrtića u Pagu

U nastavku je prikazana usporedba potrošnje energije i troškova za grijanje objekta i pripremu PTV na primjeru objekta dječjeg vrtića u Pagu, za koji je pri izradi energetskog certifikata u studiji i izvješću o pregledu [2] predložena ugradnja dizalice topline. U postojećem stanju zgrada se grije sustavom radijatorskog grijanja pri čemu se toplinska energija proizvodi električnim kotlovima. Analizirana je isplativost ugradnje niskotemperaturne dizalice topline zrak – voda koja bi uz postojeće kotlove grijala zgradu. Ovo je jedan od mogućih načina sanacije termotehničkih sustava postojećih zgrada u kojima se zbog različitih razloga ne želi mijenjati već ugrađeni sustav distribucije topline.



Slika 5.26 Predviđeni sustav s mogućnošću pripreme potrošne tople vode i grijanja

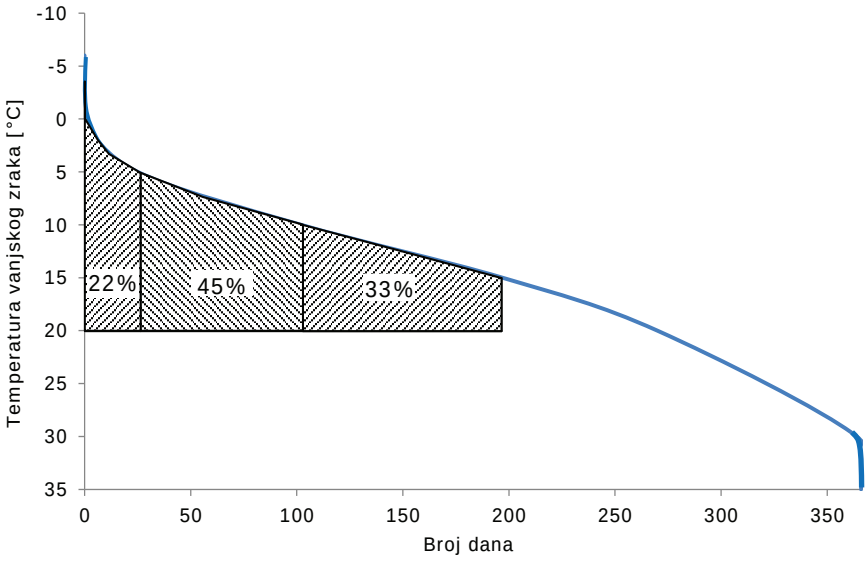
Pri analizi je predviđeno temeljno grijanje dizalicom topline u cijelom rasponu vanjskih temperatura dok bi se pri nižim temperaturama, kod kojih postoji veća potreba za ogrjevnim učinkom, nedostajuća toplina nadoknađivala radom postojećih električnih kotlova. Dizalica topline ugrađuje se u povratni vod radijatorskog grijanja prema slici 5.27.



Slika 5.27 Prijedlog spajanja bivalentno paralelnog sustava grijanja dizalicom topline zrak – voda i električnim toplovodnim kotlom

Dizalice topline su nešto nižeg učinka grijanja od potrebnog učinka za grijanje zgrade dobivenog proračunom, pa kod niskih vanjskih temperatura ne mogu u potpunosti zadovoljiti potrebu za toplinom zgrade. Da bi se osigurala potrebna polazna tempratura vode, za koju je iskustvom utvrđeno da nikad ne treba biti veća od 60°C, provodi se dogrijavanje kotlom. Termostat kotla ugođen je na temperaturu 60°C.

Za promatranu referentnu lokaciju kreirana je temeljem podataka meteorološke službe krivulja učestalosti temperatura (stupanj – dan krivulja). Za raspone temperatura od 0°C do 5°C, od 5°C do 10°C i od 10°C do 15°C, određen je udio potrebnih toplina za grijanje u ukupno potrebnoj toplini, što je prikazano na slici 5.28.



Slika 5.28 Krivulja učestalosti temperatura za lokaciju Zadar

Tako je za grijanje između 0°C i 5°C potrebno 22% od ukupne topline za grijanje objekta, između 5°C i 10°C 45% a između 10 i 15°C 33% ukupne topline. Iako je vanjska projektna temperatura za referentnu lokaciju -6°C, kreiranjem krivulje učestalosti vanjskih temperatura zraka pokazalo se da su temperature ispod 0°C za promatranu lokaciju iznimno rijetke te je upravo zbog

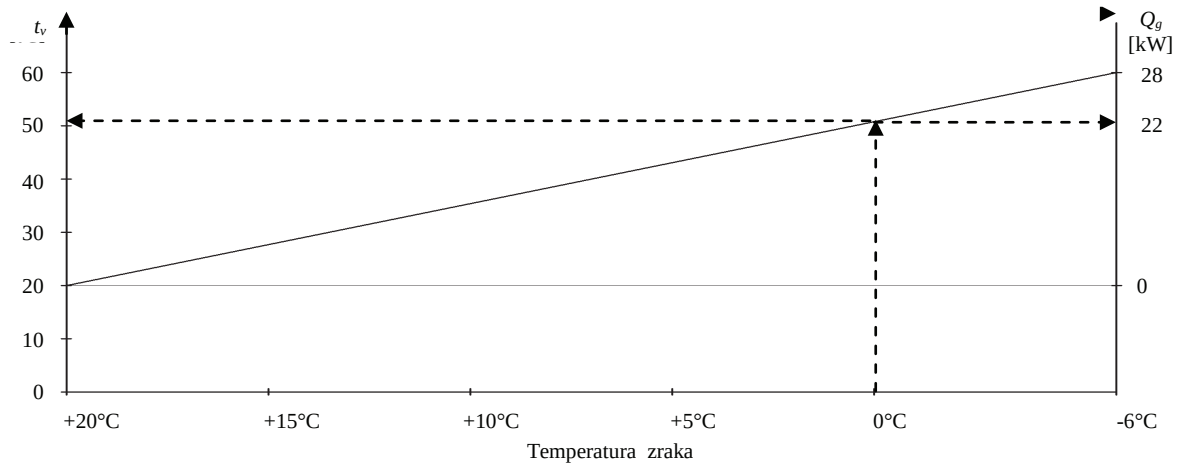
toga tijekom cijele sezone grijanja grijanje moguće sa sniženom temperaturom vode u polaznom vodu.
Proračunska godišnja potrebna toplina za grijanje vrtića iznosi 43.645 kWh, a raspodjela po navedenim temperaturnim intervalima je prikazanau tablici 5.11.

Tab. 5.11 Potrebna toplina za grijanje vrtića

Raspon temperatura [°C]	Udio	Toplina [kWh]
0 - 5	0,22	9.602
5 – 10	0,45	19.640
10 – 15	0,33	14.403

U prostorijama vrtića instalirani su pločasti radijatori koji pri temperaturi vode 60/50°C te temperaturi zraka u prostoru 20°C imaju učinak 25 kW što otprilike odgovara učinku kotlova 28 kW čime se u potpunosti pokrivaju toplinski gubici zgrade. Za instalirane radijatore proveden je proračun učinka pri temperaturi vode 55/50 °C i temperaturi zraka 20°C te ukupni učinak iznosi 21,1 kW.

Slika 5.29 prikazuje ovisnost potrebnog ogrjevnog učinka i polazne temperature vode temperaturi okolnog zraka. Pri temperaturi okolnog zraka od 0°C temperatura vode u polaznom vodu iznosi 51°C dok je potrebni učinak za grijanje zgrade 22 kW. Ogrjevni učinak koji predviđena dizalica topline (nazivnog učinka 16 kW može dati pri temperaturi 0°C i temperaturi vode od 50°C) iznosi 14,4 kW što znači da su dvije dizalice topline sasvim dostatne za osiguranje potrebnog učinka grijanja od 22 kW pri vanjskoj temperaturi 0°C.



Slika 5.29 Krivulja ovisnosti potrebnog učinka temperature vode u polaznom vodu o temperaturi vanjskog zraka

Prosječni faktori grijanja COP za dizalicu topline izračunati su temeljem ogrjevnog učinka i potrebne snage iz kataloga proizvođača. Faktor grijanja predstavlja proizvedenu toplinu [kWh] dizalice topline pri utrošku 1 kWh električne energije za rad kompresora i ventilatora. Iz tablice 5.12 vidi se da se kod viših vanjskih temperatura postižu vrlo povoljni faktori grijanja COP.

Tab. 5.12 Faktori grijanja dizalice topline zrak - voda

Raspon temperatura [°C]	Ogrjevni učinak [kW]	Potrebna snaga [kW]	Faktor grijanja COP
0 – 5	14,43	6,09	2,4
5 – 10	15,47	4,17	3,7
10 – 15	17,34	3,36	5,2

Potrošnja električne energije za grijanje kao i godišnji trošak izračunati su s cijenom električne energije u višoj tarifi od 0,63 kn/kWh jer se zgrada grije uglavnom tijekom dana, tj. za trajanja više tarife.

Tab. 5.13 Potrošnja električne energije za grijanje dizalicom topline

Raspon temperatura [°C]	Toplina [kWh]	Faktor grijanja COP	Potrošnja električne energije [kWh]	Trošak [kn]
0 – 5	9.602	2,4	4.052	2.553
5 – 10	19.640	3,7	5.294	3.335
10 – 15	14.403	5,2	2.791	1.758
Ukupno			**13.233**	**8.337**

Uz navedeni godišnji trošak od 8.337 kn potrebno je dodati i trošak za angažiranu snagu a to je 2 x 6 kW za dizalice topline i dodatnih 8 kW za dogrijavanje kotlom (pri rekonstrukciji sustava grijanja trebalo bi limitirati snagu grijača na 8 kW). Godišnji trošak za angažiranu snagu iznosi ((2 x 6) + 8) x 5 mj. x 82,48 kn/kW,mj. = 8.248 kn.

Ukupni godišnji pogonski trošak za grijanje zgrade dizalicom topline iznosi 15.895 kuna.

U postojećem stanju zgrada se grije elektrokotlom te trošak za energiju iznosi 43.645 kWh x 0,63 kn/kWh = 27.496 kuna. Uz to trošak za angažiranu snagu iznosi 28 kW x 5 mj. x 82,48 kn/kW,mj. = 11.547 kn. Ukupni godišnji pogonski trošak za grijanje objekta elektrokotlom iznosi 39.044 kn.
Godišnje bi se grijanjem zgrade dizalicom topline moglo uštedjeti 39.044 – 15.895 = 23.149 kn.

Ušteda na električnoj energiji grijanjem objekta dizalicom topline iznosi 43.645 – 13.233 = 31.508 kWh
U analiziranom slučaju ugrađena dizalica topline koristila bi se i za pripremu potrošne tople vode. U postojećem stanju topla voda se zagrijava u elektrobojlerima postavljenim po objektu. Ukupno je postavljeno 5 bojlera, svaki s grijalicom snage 2 kW pa ukupna snaga za grijanje potrošne tople vode iznosi 10 kW. Godišnja proračunska energija za zagrijavanje PTV iznosi 14.857 kWh. Budući da se voda uglavnom zagrijava tijekom niže tarife, trošak električne energije u postojećem stanju izračunat je s cijenom 0,31 kn/kWh te iznosi 9.360 kn. Uz to se za snagu godišnje izdvaja 10 x 12 mj. x 82,48 kn/kW,mj. = 9.898 kn. Ukupni godišnji trošak je 19.258 kn.

Ako bi se ova količina topline proizvela radom dizalice topline uz srednji godišnji faktor grijanja COP 3,5 za slučaj pripreme potrošne tople vode kod srednje godišnje vanjske temperature 14,7°C, godišnja potrošnja električne energije bila bi 4.245 kWh što uz cijenu od 0,31 kn/kwh iznosi 1.316 kn godišnje, dok bi se za angažiranu snagu izdvajalo (2 x 6 kW.) x 7 mj. x 82,48 kn/kW,mj. = 6.928 kn. Plaćanje angažirane snage za rad dizalice topline u preostalih 5 mjeseci uključeno je u proračunu troškova za grijanje zgrade dizalicom topline. Tako se grijanjem PTV dizalicom topline godišnje može uštediti 19.258 – 8.244 = 11.013 kn, pri čemu je ušteda na električnoj energiji 14.857 – 4.245 = 10.612 kWh.

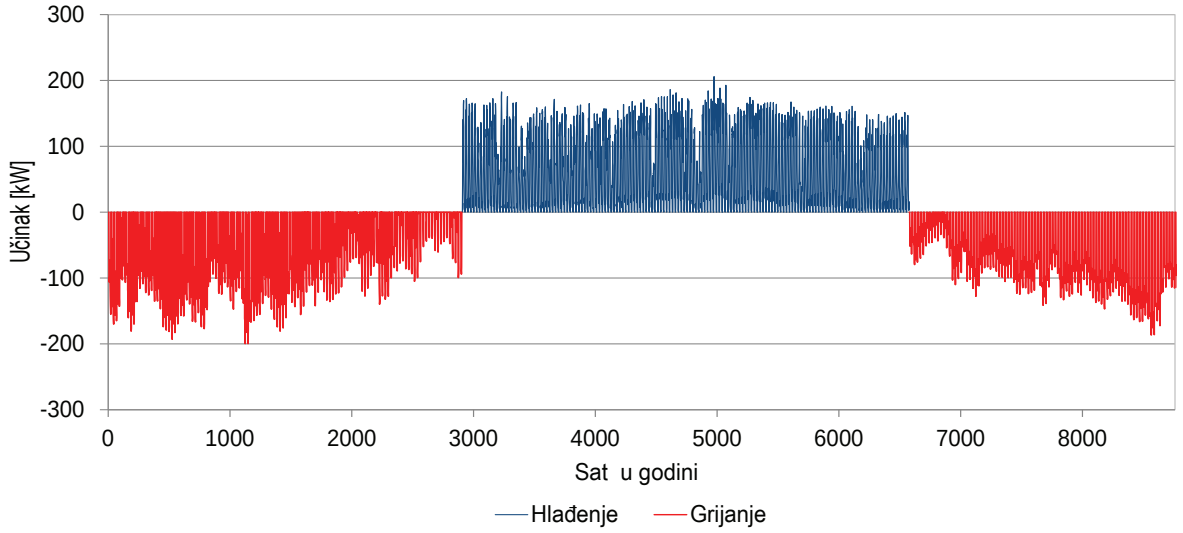
Ukupna godišnja ušteda primjenom dizalice topline za grijane zgrade i pripremu potrošne tople vode iznosi 23.149 + 11.013 = 34.162 kn. Ukupne uštede na električnoj energiji primjenom dizalice topline za grijanje zgrade i potrošne tople vode iznose 31.508 + 10.612 = 42.120 kWh. Investicija za ugradnju dvije niskotemperaturne dizalice topline zajedno sa spremnikom za pripremu potrošne tople vode kao i svime potrebnim za spajanje na postojeći sustav, procjenjuje se na 120.000 kuna.

5.6.2. Sustavi grijanja i hlađenja uredskih prostora na primjeru poslovne zgrade u Rijeci

Analiza grijanja i hlađenja uredskih prostora provedena je na primjeru zgrade Novog lista u Rijeci za koji su izrađene dvije energetske studije [3] i [4], te je temeljem dobivenih rezultata provedena simulacija za varijante prikazane u nastavku. Analizirano je i međusobno uspoređeno 6 koncepata sustava grijanja i hlađenja zgrade kako je navedeno:

a) Standardni plinski kotao za grijanje i kompresijski rashladni uređaj u izvedbi zrak/voda (sustav grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima);
b) Kompresijska dizalica topline u izvedbi zrak/voda za grijanje i hlađenje zgrade (sustav grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima);
c) Kompresijska dizalica topline u izvedbi zrak/voda za grijanje i hlađenje zgrade (panelna grijanja i hlađenja);
d) Standardni plinski kotao za grijanje i kompresijski rashladni uređaj u izvedbi voda/voda (sustav grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima);
e) Apsorpcijski rashladni uređaj (LiBr-voda) za grijanje hlađenje zgrade;
f) Apsorpcijska dizalica topline (NH_3 – voda) za grijanje i hlađenje zgrade.

Za dobivanje potrebnih učinaka kao i potrošnje energije za grijanje i hlađenje objekta provedena je simulacija po satima. Kod simulacije su usvojeni dnevni rasporedi vremena rada u zgradi, temeljem čega je određen tijek dnevnog opterećenja rashladnog sustava uslijed unutarnjih izvora topline: prisutnih ljudi, rasvjete i uređaja kao što su računala i sl. Izmjena topline s okolinom izračunata je temeljem temperatura koje je potrebno održavati u prostoru uz uvažavanje stanja vanjskog zraka, utjecaja sunčevog zračenja i konvekcije na povećanje vanjske temperature u blizini osunčanih ploha, te toplinske akumulacije zidova (fazni pomak temperaturnih promjena u unutrašnjosti zidova u odnosu na promjenu vanjske temperature, smanjenje amplitude unutarnjih promjena u odnosu na promjene temperature vanjskog zraka). Također je uzet u obzir i prolazak sunčevog zračenja kroz prozore i staklene plohe, te konvektivni prolazak topline kroz prozore. Prikaz satnih vrijednosti dobitaka i gubitaka topline dan je na slici 5.30. Prikazane vrijednosti ustvari predstavljaju potreban učinak za grijanje ili hlađenje svih prostora, uvažavajući odabrani režim rada i djelovanje sustava regulacije. Dobici topline ucrtani su s pozitivnim, a gubici topline s negativnim vrijednostima.



Slika 5.30 Godišnja promjena ogrjevnog i rashladnog opterećenja uredskih prostora zgrade

Potrebni učinak za grijanje zgrade iznosi 200 kW dok je potrebni rashladni učinak 206 kW. Pri procjenama godišnjih troškova za grijanje računato je s cijenom prirodnog plina od 4,62 kn/m^{3,} dok su kod ocjene troška za električnu energiju korištene cijene za tarifnu skupinu poduzetništvo, niski napon 400 V, crveni tarifni model. Cijena u nižoj tarifi je 0,53 kn/kWh, cijena u višoj tarifi je 0,66 kn/kWh, dok je mjesečna naknada za angažiranu snagu 97,92 kn/kW.

5.6.2.1. Standardni plinski kotao za grijanje i kompresijski rashladni uređaj u izvedbi zrak/voda (sustav grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima)

Analiza godišnjih troškova za grijanje zgrade za slučaj kada bi se zgrada grijala pomoću standardnog kotla s održavanjem konstantne temperature vode, učinka 200 kW. Proračun je provoden za svaki mjesec sezone grijanja, tj. od siječnja do travnja i od listopada do prosinca. Satni stupanj djelovanja kotla računa se prema izrazu:

$$\eta_m = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b}{b_{vk}} - 1\right) \cdot q_b + 1}$$

gdje su:

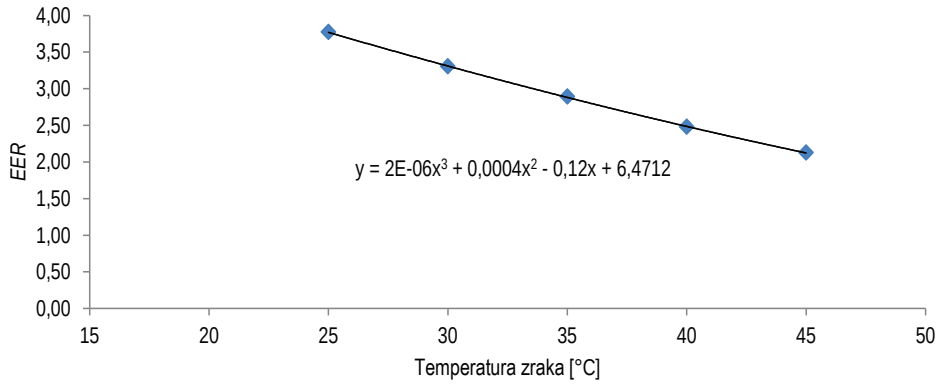
η_k stupanj djelovanja kotla kod nominalnog opterećenja ($\eta_k = 0{,}92$)
b vrijeme pripravnosti za pogon
b_{vk} vrijeme rada plamenika
q_b faktor gubitaka kotla kod pripravnosti ($q_b = 0{,}5\ \%$).

Na ovakav način dobivene su satne vrijednosti potrošnje prirodnog plina za grijanje kotlovima.

Potrošnja plina u m^3 određena je izrazom $B = \frac{Q}{\eta \cdot H_d}$

gdje je Q potrebna toplina za grijanje objekta u kWh, η satni stupanj djelovanja kotla, H_d donja ogrjevna moć plina u kWh/m^3 (H_d =9,2606 kWh/m^3).

Za potrebe hlađenja prostora odabran je kompresijski rashladni uređaj u izvedbi zrak/voda učinka 213 kW kod temperature rashladne vode 7/12°C, temperature vanjskog zraka 32°C i relativne vlažnosti vanjskog zraka 40%. Prema podacima proizvođača određen je korelacijski polinom koji prikazuje ovisnost faktora hlađenja EER rashladnog uređaja o vanjskoj temperaturi zraka, pri temperaturi rashladne vode od 7°C, jer je hlađenje objekta predviđeno ventilatorskim konvektorima u sustavu 7/12°C.



Slika 5.31 Ovisnost faktora hlađenja EER rashadnog uređaja o vanjskoj temperaturi zraka

Rezultati proračuna i potrošnja plina za grijanje kao i potrošnja električne energije za hlađenje dani su u tablicama 5.14 i 5.15.

Tab. 5.14 Potrošnja za grijanje standardnim plinskim kotlom

Mjesec	Potrošnja plina [m³]	Trošak za grijanje [kn]
Siječanj	5.454	25.196
Veljača	4.439	20.509
Ožujak	3.398	15.698
Travanj	1.758	8.124
Svibanj	0	0
Lipanj	0	0
Srpanj	0	0
Kolovoz	0	0
Rujan	0	0
Listopad	2.941	13.588
Studeni	4.940	22.821
Prosinac	6.712	31.012
Godišnje:	**29.642**	**136.947**

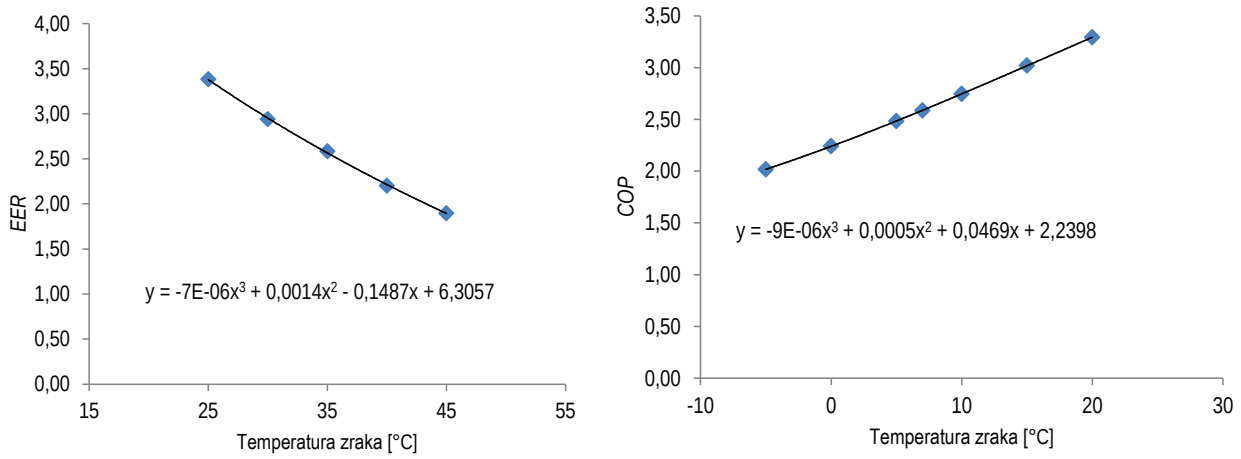
Tab. 5.15 Potrošnja električne energije

Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija VT [kWh]	Električna energija NT [kWh]	Angažirana snaga [kn]	Električna energija VT [kn]	Električna energija NT [kn]	Trošak za hlađenje [kn]
Siječanj	0	0	0	0	0	0	0
Veljača	0	0	0	0	0	0	0
Ožujak	0	0	0	0	0	0	0
Travanj	0	0	0	0	0	0	0
Svibanj	43	8.411	1.135	4.253	5.552	602	10.406
Lipanj	44	8.984	1.761	4.345	5.930	933	11.208
Srpanj	52	10.910	2.298	5.072	7.200	1.218	13.490
Kolovoz	51	11.106	1.814	5.036	7.330	962	13.328
Rujan	44	8.291	932	4.344	5.472	494	10.310
Listopad	0	0	0	0	0	0	0
Studeni	0	0	0	0	0	0	0
Prosinac	0	0	0	0	0	0	0
Godišnje:		**7.939**	**47.702**	**23.050**	**31.484**	**4.208**	**58.742**

Ukupni pogonski troškovi za grijanje i hlađenje uredske zgrade u analiziranoj varijanti iznose 195.688 kuna.

5.6.2.2. Kompresijska dizalica topline u izvedbi zrak/voda za grijanje i hlađenje objekta (sustav grijanja i hlađenja ventilokonvektorima)

U odnosu na prethodnu varijantu grijanje objekta predviđeno je kompresijskom dizalicom topline zrak/voda za grijanje i hlađenje zgrade ventilatorskim konvektorima.
Za odabrani uređaj kreirani su korelacijski polinomi ovisnosti faktora grijanja i faktora hlađenja o temperaturi vanjskog zraka, slika 5.32. Iz potrošnje ogrjevne i rashladne energije zgrade i tako dobivenih satnih vrijednosti faktora grijanja i hlađenja, određene su potrošnje električne energije za grijanje i hlađenje objekta.



Slika 5.32 Ovisnost faktora hlađenja (EER) i faktora grijanja (COP) o temperaturi vanjskog zraka

Rekapitulacija rezultata proračuna potrošnje električne enrgije za grijanje i hlađenje prikazana je za sve mjesece u godini u tablici 5.16.

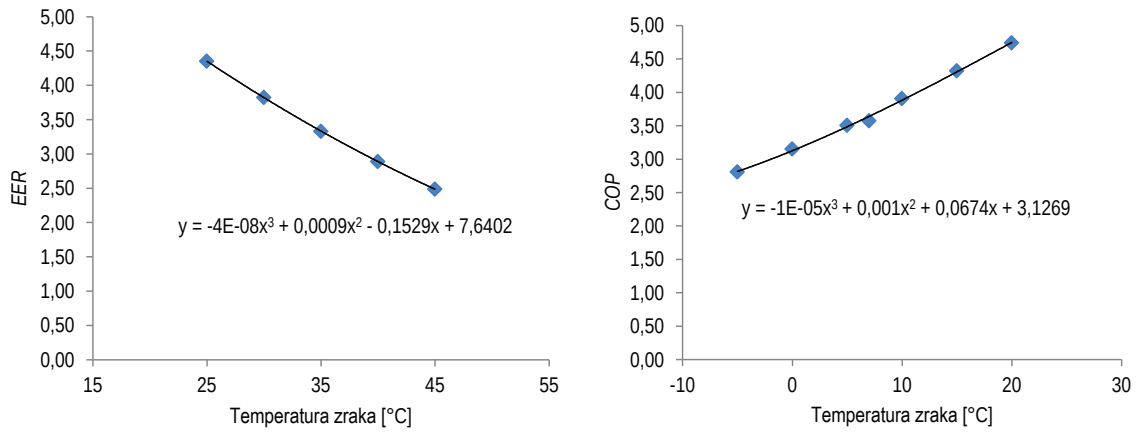
Tab. 5.16 Potrošnja i troškovi electične energije za grijanje i hlađenje zgrade

Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija VT [kWh]	Električna energija NT [kWh]	Angažirana snaga [kn]	Električna energija VT [kn]	Električna energija NT [kn]	Ukupni trošak [kn]
Siječanj	86	15.222	3.470	8.415	10.047	1.839	20.300
Veljača	94	12.185	2.972	9.244	8.042	1.575	18.862
Ožujak	65	8.665	2.163	6.333	5.719	1.146	13.198
Travanj	56	4.263	1.014	5.515	2.813	537	8.866
Svibanj	48	1.241	9.264	4.714	819	4.910	10.443
Lipanj	50	1.944	9.977	4.883	1.283	5.288	11.454
Srpanj	58	2.555	12.194	5.724	1.686	6.463	13.873
Kolovoz	58	2.012	12.393	5.667	1.328	6.568	13.563
Rujan	50	1.024	9.181	4.872	676	4.866	10.413
Listopad	49	7.136	1.327	4.815	4.710	703	10.228
Studeni	56	13.141	2.165	5.439	8.673	1.148	15.259
Prosinac	84	19.365	3.067	8.223	12.781	1.625	22.630
Godišnje:		**88.753**	**69.186**	**73.844**	**58.577**	**36.669**	**169.090**

Ukupni pogonski troškovi za grijanje i hlađenje uredske zgrade u analiziranoj varijanti iznose 169.090 kuna.

5.6.2.3. Kompresijska dizalica topline u izvedbi zrak/voda za grijanje i hlađenje zgrade (panelna grijanja i hlađenja)

U odnosu na prethodnu varijantu predviđeno je panelno (podno i stropno) grijanje i hlađenje zgrade, uz korištenje kompresijske dizalice topline zrak/voda. Polazne temperature kod podnih i stropnih hlađenja (16 do 19°C) su više u usporedbi s temperaturama kod hlađenja ventilatorskim konvektorima (uobičajeno polaz/povrat 7/12°C). Kako faktor grijanja (omjer proizvedene ogrjevne energije i utrošenog rada) i faktor hlađenja (omjer proizvedene rashladne energije i utrošenog rada) ovise o temperaturama u procesu i veći su što je manja razlika između temperature isparivanja i kondenzacije, to će dizalice topline i u režimu grijanja i u režimu hlađenja raditi učinkovitije u kombinaciji s podnim i stropnim grijanjima i hlađenjima nego u slučaju primjene ventilatorskih konvektora.
I u ovoj varijanti kreirani su korelacijski polinomi ovisnosti faktora grijanja i faktora hlađenja o temperaturi vanjskog zraka iz kojih je u nastavku izračunata potrošnja električne energije za grijanje i hlađenje objekta, slika 5.31. Faktor hlađenja prikazan je za temperaturu rashladne vode od 15°C dok je faktor grijanja prikazan za temperaturu vode od 35°C.



Slika 5.33 Ovisnost faktora hlađenja (EER) i faktora grijanja (COP) o temperaturi vanjskog zraka

Tab. 5.17 Potrošnja električne energije za grijanje i hlađenje zgrade

Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija VT [kWh]	Električna energija NT [kWh]	Angažirana snaga [kn]	Električna energija VT [kn]	Električna energija NT [kn]	Ukupni trošak [kn]
Siječanj	62	10.845	2.475	6.027	7.158	1.312	14.496
Veljača	68	8.676	2.119	6.629	5.726	1.123	13.478
Ožujak	46	6.141	1.535	4.514	4.053	814	9.380
Travanj	40	3.004	715	3.931	1.983	379	6.293
Svibanj	37	7.228	975	3.654	4.771	517	8.942
Lipanj	38	7.709	1.512	3.709	5.088	802	9.599
Srpanj	44	9.338	1.973	4.299	6.163	1.045	11.507
Kolovoz	44	9.516	1.558	4.292	6.281	826	11.399
Rujan	38	7.119	800	3.716	4.698	424	8.839
Listopad	35	5.005	934	3.420	3.303	495	7.219
Studeni	40	9.288	1.534	3.870	6.130	813	10.813
Prosinac	60	13.771	2.184	5.892	9.089	1.158	16.138
Godišnje:		**97.640**	**18.315**	**53.953**	**64.442**	**9.707**	**128.102**

Ukupni pogonski troškovi za površinsko grijanje i hlađenje uredske zgrade dizalicom topline zrak/voda u analiziranoj varijanti iznose 169.090 kuna.

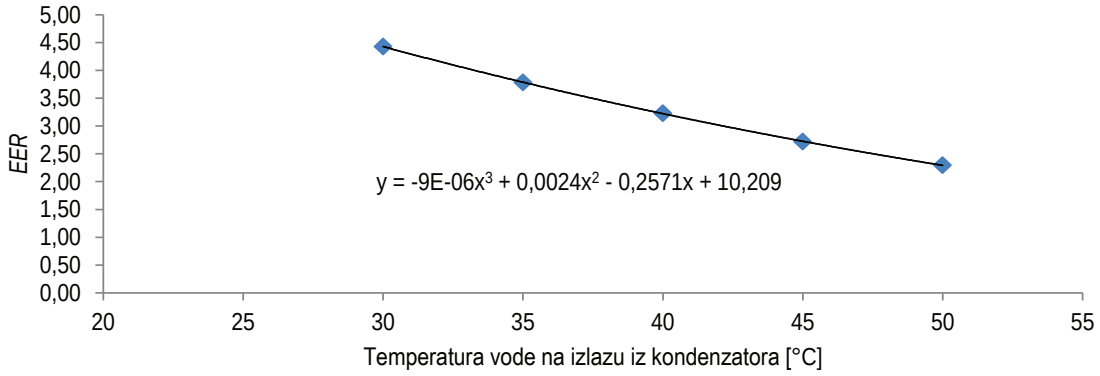
5.6.2.4. Standardni plinski kotao za grijanje i kompresijski rashladni uređaj u izvedbi voda/voda (sustav grijanja i hlađenja ventilatorskim konvektorima)

U varijanti je analizirano grijanje objekta standardnim plinskim kotlom kao u prvoj varijanti dok je hlađenje objekta predviđeno kompresijskim rashladnim uređajem voda/voda čiji je kondenzator hlađen vodom iz rashladnog tornja. Odabran je kompresijski rashladni uređaj voda/voda koji pri temperaturi hlađene vode 7°C i temperaturi vode na izlazu iz kondenzatora 29°C ostvaruje učinak od 217 kW.

Potrošnja plina za grijanje standardnim kotlom provedena je na način kako je prikazano u varijanti a. Rezultati proračuna potrošnje plina i troškovi za plin prikazani su tablicom 5.18.

Tab. 5.18 Potrošnja za grijanje standardnim plinskim kotlom

Mjesec	Potrošnja plina [m³]	Trošak za grijanje [kn]
Siječanj	5.454	25.196
Veljača	4.439	20.509
Ožujak	3.398	15.698
Travanj	1.758	8.124
Svibanj	0	0
Lipanj	0	0
Srpanj	0	0
Kolovoz	0	0
Rujan	0	0
Listopad	2.941	13.588
Studeni	4.940	22.821
Prosinac	6.712	31.012
Godišnje:	**29.642**	**136.947**



Slika 5.34 Ovisnost faktora hlađenja o temperaturi vode na izlazu iz kondenzatora

Rashladna voda na tornju može se teoretski ohladiti do temperature vlažnog termometra. Za prikazani primjer je usvojeno da je izlazna temperatura 2°C više od temperature vlažnog termometra. U proračunu su za svaki sat, temeljem temperature i vlažnosti vanjskog zraka. izračunate temperature vlažnog termometra, izračunata izlazna temperatura vode iz rashladnog

tornja, usvojeno je ugrijavanje vode u kondenzatoru od 5°C i temeljem toga određena izlazna temperatura vode iz kondenzatora potrebna za određivanje EER-a.

U proračunu su uzeti u obzir i troškovi vode koju je potrebno nadoknaditi zbog njene potrošnje uslijed ishlapljivanja. Potrošnja vode izračunava se prema izrazu:

$$G = \frac{Q_k \cdot 3600}{r \cdot 1000} \cdot 1.1 \quad [m^3]$$

gdje je Q_k toplina kondenzacije [kW] a r toplina isparavanja vode (2500 kJ/kg).

Tab. 5.19 Potrošnja električne energije za hlađenje zgrade

Mjesec	Angažirana snaga [kW]	Električna energija VT [kWh]	Električna energija NT [kWh]	Angažirana snaga [kn]	Električna energija VT [kn]	Električna energija NT [kn]	Trošak za hlađenje [kn]
Siječanj	0	0	0	0	0	0	0
Veljača	0	0	0	0	0	0	0
Ožujak	0	0	0	0	0	0	0
Travanj	0	0	0	0	0	0	0
Svibanj	31	903	6.320	3.009	596	3.350	6.955
Lipanj	33	1.289	6.521	3.277	851	3.456	7.584
Srpanj	39	1.649	8.001	3.847	1.088	4.241	9.176
Kolovoz	39	1.309	8.060	3.859	864	4.272	8.995
Rujan	32	711	6.076	3.170	470	3.221	6.860
Listopad	0	0	0	0	0	0	0
Studeni	0	0	0	0	0	0	0
Prosinac	0	0	0	0	0	0	0
Godišnje:	**0**	**5.861**	**34.979**	**17.163**	**3.868**	**18.539**	**39.570**

Tab. 5.20 Potrošnja i troškovi vode za pogon

Mjesec	Voda [m³]	Voda [kn]
Siječanj	0	0
Veljača	0	0
Ožujak	0	0
Travanj	0	0
Svibanj	79	892
Lipanj	83	931
Srpanj	95	1.072
Kolovoz	95	1.067
Rujan	73	820
Listopad	0	0
Studeni	0	0
Prosinac	0	0
Godišnje:	**424**	**4.783**

Ukupni pogonski troškovi za grijanje i hlađenje uredske zgrade u analiziranoj varijanti iznose 136.947 + 39.570 + 4.783 = 181.300 kuna. U cijenu nisu ključeni dodatni troškovi kemikalija za pripremu vode.

5.6.2.5. Apsorpcijski rashladni uređaj na LiBr za grijanje i hlađenje objekta

Za hlađenje je odabran dvostupanjski apsorpcijski rashladni uređaj koji radi sa smjesom litijevog bromida i vode. Odabrani uređaj je rashladnog učinka 233 kW pri temperaturi rashladne vode 7°C i pri projektnoj vrijednosti vanjske temperature i vlažnosti zraka.. Uređaj je pogonjen prirodnim plinom i toplinski omjer hlađenja iznosi ζ=1,35. Ovaj toplinski omjer predstavlja omjer uložene toplinske energije i dobivene rashladne energije. Budući da je uređaj opremljen plinskim plamenikom, tijekom sezone grijanje može raditi kao plinski kotao.
Zbog mogućih problema s kristalizacijom LiBr kod viših vanjskih temperatura, otpadnu toplinu s kondenzatora i apsorbera nije moguće odbacivati suhim hladnjacima, već je za to odabran rashladni toranj. Potrošnja rashladne vode izračunata je kao za varijantu d.

Rezultati proračuna prikazani su u tablicama 5.21 i 5.22.

Tab. 5.21 Potrošnja plina za grijanje

Mjesec	Potrošnja plina [m³]	Trošak za grijanje [kn]
Siječanj	5.454	25.196
Veljača	4.439	20.509
Ožujak	3.398	15.698
Travanj	1.758	8.124
Svibanj	0	0
Lipanj	0	0
Srpanj	0	0
Kolovoz	0	0
Rujan	0	0
Listopad	2.941	13.588
Studeni	4.940	22.821
Prosinac	6.712	31.012
Godišnje:	**29.642**	**136.947**

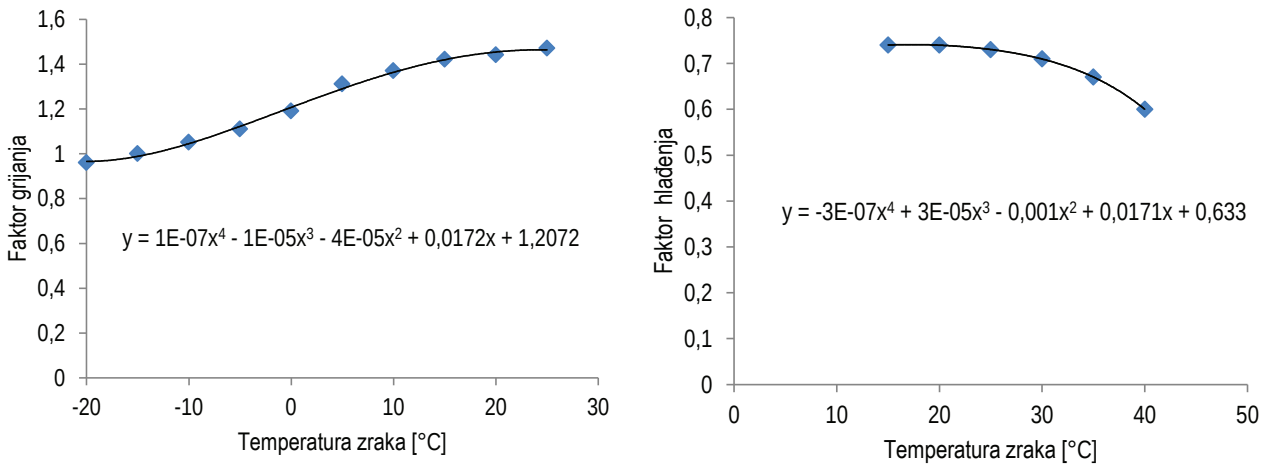
Tab. 5.22 Potrošnja plina za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja

Mjesec	Potrošnja plina [m³]	Potrošnja vode na rashladnom tornju [m³]	Trošak za plin [kn]	Trošak za vodu [kn]
Siječanj	0	0	0	0
Veljača	0	0	0	0
Ožujak	0	0	0	0
Travanj	0	0	0	0
Svibanj	3.420	118	15.801	1.329
Lipanj	3.548	122	16.391	1.378
Srpanj	4.031	139	18.624	1.566
Kolovoz	4.033	139	18.631	1.567
Rujan	3.133	108	14.474	1.217
Listopad	0	0	0	0
Studeni	0	0	0	0
Prosinac	0	0	0	0
Godišnje:	**18.165**	**626**	**83.922**	**7.057**

Ukupni pogonski troškovi za grijanje i hlađenje uredske zgrade apsorpcijskim rashladnim uređajem na litijev bromid u analiziranoj varijanti iznose 227.925 kuna.

5.6.2.6. Apsorpcijska dizalica topline (NH_3 – voda) za grijanje i hlađenje objekta

U ovoj varijanti odabrana je apsorpcijska dizalica topline koja radi sa smjesom amonijak – voda, a pogonjena je prirodnim plinom. Predviđeno je korištenje 13 uređaja rashladnog učinka 16,9 kW čime je instalirani rashladni učinak 219 kW. Ogrjevni učinak jednog uređaja iznosi 35 kW.
Temeljem podataka proizvođača izrađeni su korelacijski polinomi koji opisuju ovisnost faktora grijanja i faktora hlađenja (toplinskih omjera) o temperaturi vanjskog zraka i prikazani su na slici 5.35.



Slika 5.35 Korelacijski polinomi ovisnosti faktora grijanja i faktora hlađenja ADT o temperaturi vanjskog zraka

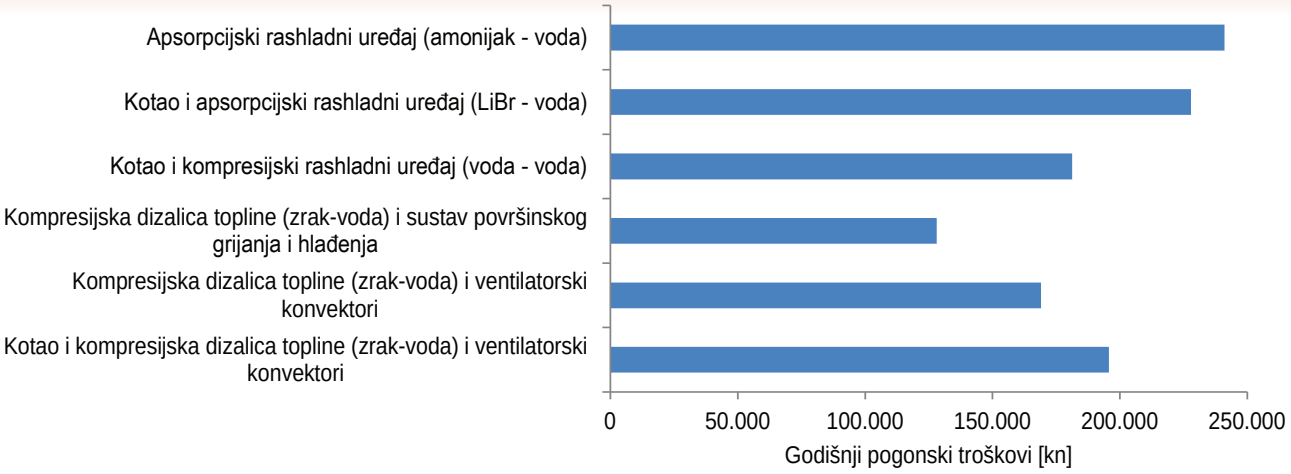
Potrošnja plina za grijanje i hlađenje objekta ovakvim sustavom prikazana je tablicom 5.23.

Tab. 5.23 Potrošnja plina za pogon apsorpcijske dizalice topline

Mjesec	Potrošnja plina za grijanje [m³]	Potrošnja plina za hlađenje [m³]	Trošak za plin [kn]
Siječanj	17.943	0	17.943
Veljača	14.575	0	14.575
Ožujak	10.702	0	10.702
Travanj	5.359	0	5.359
Svibanj	0	28.106	28.106
Lipanj	0	28.698	28.698
Srpanj	0	32.065	32.065
Kolovoz	0	32.232	32.232
Rujan	0	25.484	25.484
Listopad	8.777	0	8.777
Studeni	15.332	0	15.332
Prosinac	21.762	0	21.762
Godišnje:	**94.451**	**146.584**	**241.036**

Ukupni pogonski troškovi za grijanje i hlađenje uredske zgrade apsorpcijskom dizalicom topline amonijak – voda u analiziranoj varijanti iznose 258.492 kuna.

5.6.2.7. Usporedba analiziranih sustava grijanja i hlađenja

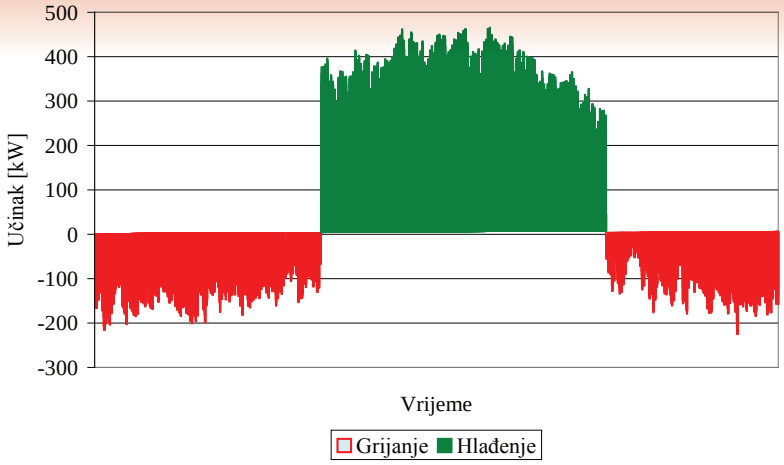


Slika 5.36 Usporedba godišnjih pogonskih troškova analiziranih sustava grijanja i hlađenja

5.6.3. Panelna grijanja i hlađenja – primjer uštede godišnjih troškova grijanja i hlađenja dizalicom topline s panelnim grijanjima

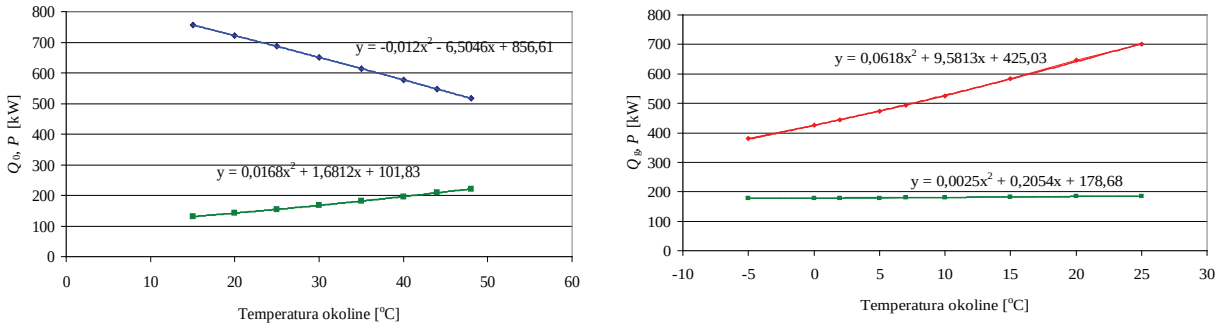
Primjena dizalica topline moguća je i s podnim i stropnim grijanjima i hlađenjima, kao i s ventilatorskim konvektorima, koji danas predstavljaju vrlo često rješenje kod odabira sustava distribucije toplinskog, odnosno rashladnog učinka. Polazna temperatura medija za prijenos topline kod podnih i stropnih grijanja (30 do 35°C) je viša nego kod grijanja ventilatorskim konvektorima (uobičajeno polaz/povrat 50/40°C). Polazne temperature kod podnih i stropnih hlađenja (16 do 19°C) su više u usporedbi s temperaturama kod hlađenja ventilatorskim konvektorima (uobičajeno polaz/povrat 7/12°C). Kako faktor grijanja (omjer proizvedene ogrjevne energije i utrošenog rada) i faktor hlađenja (omjer proizvedene rashladne energije i utrošenog rada) ovise o temperaturama u procesu i veći su što je manja razlika između temperature isparivanja i kondenzacije, to će dizalice topline i u režimu grijanja i u režimu hlađenja raditi učinkovitije u kombinaciji s podnim i stropnim grijanjima i hlađenjima nego u slučaju primjene ventilatorskih konvektora. Kao primjer će se prikazati proračuni za ocjenu potrošnje energije za grijanje i hlađenje jedne uredske građevine na lokaciji sjevernog Jadrana.

Kod simulacije su usvojeni dnevni rasporedi vremena rada u građevini i temeljem čega je određen tijek dnevnog opterećenja rashladnog sustava uslijed unutarnjih izvora topline: prisutnih ljudi, rasvjete i uređaja kao što su računala i sl. Izmjena topline s okolinom izračunata je temeljem temperatura koje je potrebno održavati u prostoru uz uvažavanje stanja vanjskog zraka, utjecaja sunčevog zračenja i konvekcije na povećanje vanjske temperature u blizini osunčanih ploha, te toplinske akumulacije zidova (fazni pomak temperaturnih promjena u unutrašnjosti zidova u odnosu na promjenu vanjske temperature, smanjenje amplitude unutarnjih promjena u odnosu na promjene temperature vanjskog zraka). Također je uzet u obzir i prolazak sunčevog zračenja kroz prozore i staklene plohe, te konvektivni prolazak topline kroz prozore. Prikaz satnih vrijednosti dobitaka i gubitaka topline dan je na slikama. Prikazane vrijednosti ustvari predstavljaju potreban učinak za grijanje ili hlađenje svih prostora, uvažavajući odabrani režim rada i djelovanje sustava regulacije. Dobici topline ucrtani su kao pozitivne, a gubici topline kao negativne vrijednosti.

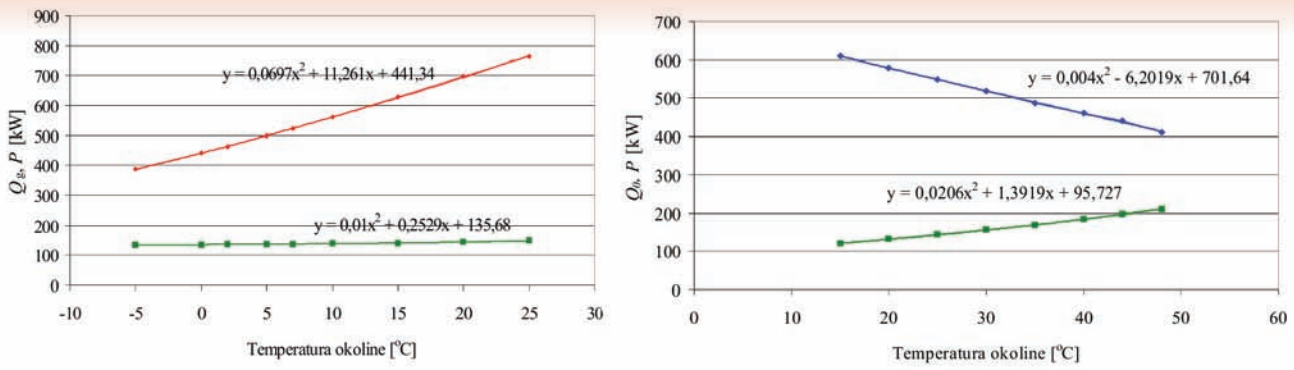


Slika 5.37 Godišnji hod ogrjevnog i rashladnog opterećenja uredske zgrade

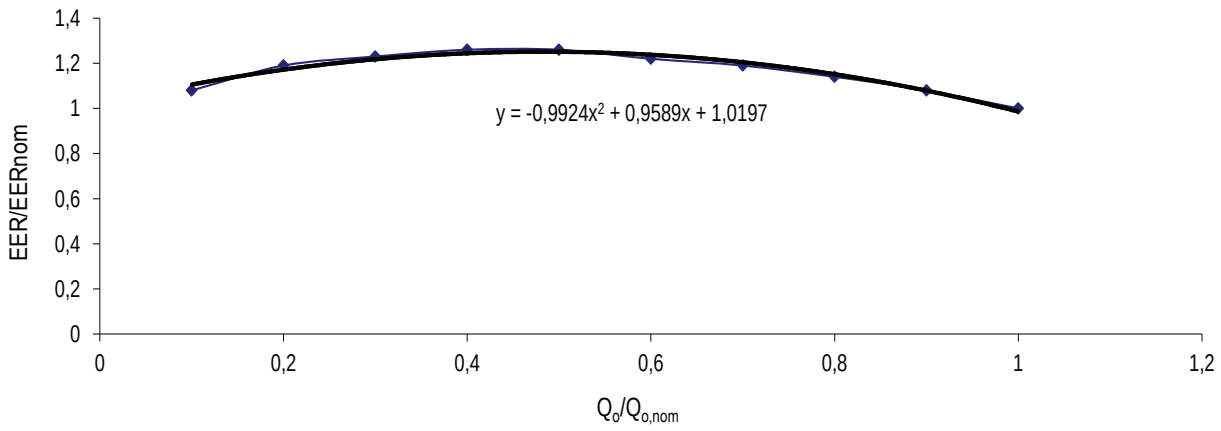
Temeljem podataka jednog od proizvođača određene su karakteristične krivulje odabranih dizalica topline kod hlađenja s polaznom temperaturom hladne vode 7°C i grijanja s polaznom temperaturom tople vode 50°C, što odgovara sustavu distribucije topline ventilatorskim konvektorima. Kod podnih ili stropnih grijanja i hlađenja usvojene su polazne temperature od 15°C u hlađenju i 35°C u grijanju. Karakteristike odabrane dizalice topline za uredsku građevinu prikazane su na slikama 5.38 i 5.39. Krivulje odabranog uređaja za hotel nisu prikazane jer se razlikuju samo po učincima. Podaci dani u krivuljama opisani su interpolacijskim polinomima, prikazanim na dijagramima, koji su korišteni u proračunu. Kako se dizalica topline odabire za najnepovoljniji slučaj u grijanju i hlađenju, njezin učinak je uvijek veći od potrebnog ogrjevnog, odnosno rashladnog učinka za građevinu. Kod dizalica topline koje imaju kontinuiranu ili stupnjevanu regulaciju učinka to je povoljno, jer se kod parcijalnih opterećenja ostvaruje bolja energetska učinkovitost. Kod proračuna potrošnje energije dizalice topline u grijanju i hlađenju uzet je u obzir i utjecaj parcijalnog opterećenja na faktor hlađenja i faktor grijanja.



Slika 5.38 Učinak i pogonska snaga odabrane dizalice topline uredske građevine kod polaznih temperatura 7°C u hlađenju (lijevo) i 50°C u grijanju (desno)



Slika 5.39 Karakteristike odabrane dizalice topline uredske građevine kod polaznih temperatura 15°C u hlađenju (lijevo) i 35°C u grijanju (desno)



Slika 5.40 Promjene učinkovitosti kod parcijalnih opterećenja u odnosu na puno opterećenje

Rezultati simulacije hlađenja sumirani po mjesecima za uredsku građevinu su sljedeći: dok je isporučena energija hlađenja ista za oba slučaja i iznosi 616.565 kWh, potrošnja električne energije je kod sustava podnog ili stropnog hlađenja (polazna temperatura 15°C) 108.706 kWh, što je za 14,6% niže od potrošnje električne energije za hlađenje sa sustavom ventilatorskih konvektora (polazna temperatura 7°C) koja iznosi 127.407 kWh godišnje.

I kod grijanja se ostvaruje manja potrošnja električne energije primjenom površinskih grijanja umjesto ventilatorskih konvektora. Isporučena energija grijanja ista je za oba slučaja i iznosi 311.550 kWh (radi se o uredima sa značajnim unutarnjim izvorima topline, pa je ova potrošnja nešto niža od uobičajene potrošnje sličnih građevina). Potrošnja električne energije je kod sustava podnog ili stropnog grijanja (polazna temperatura 35°C) 72.340 kWh, što je za 27,2% niže od potrošnje energije za grijanje sa sustavom ventilatorskih konvektora (polazna temperatura 50°C) koja iznosi 99.355 kWh godišnje.

5.7. SUSTAVI DISTRIBUCIJE OGRJEVNE I RASHLADNE ENERGIJE

5.7.1. Pad tlaka u cjevovodima

Kako je već u prvom dijelu Priručnika navedeno, pravilna distribucija ogrjevnog medija je od velikog značaja za energetsku učinkovitost. Fluid ide tamo gdje su otpori manji, pa ako mreža nije balansirana, kroz neke će ogranke (uglavnom one bliže kotlovnici, odnosno pumpi) protok biti povećan, a kroz neke nedostatan. Time će u dijelovima cjevovoda s povećanim protokom ohlađivanje vode na ogrjevnim tijelima biti manje, a nadtemperatura prema prostoriji veća. Bez regulacijskog sustava to rezultira pregrijavanjem prostorija. Isti se problem pojavljuje i onda kada je glavna cirkulacijska pumpa predimenzionirana, najčešće iz razloga što serviseri koji ne poznaju problematiku strujanja misle da se zamjenom slabije pumpe jačom taj problem može riješiti. Tada se i potrošnja energije za rad pumpe poveća, što također utječe na energetsku učinkovitost, a problem pravilne distribucije se ne riješi.

Pravilan put kod rješavanja ovoga problema je ugradnja ventila za balansirranje protoka na ogranke cjevovoda i ugradnja radijatorskih prigušnica na radijatore.

U prvom dijelu Priručnika dani su i izrazi za izračunavanje protoka i otpora strujanja fluida kroz cjevovod. Oni se ovdje navode još jednom. Ukupni otpori strujanja se računaju po izrazu:

$$\Delta p = R + Z = \rho \frac{w^2}{2}\left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \varsigma\right) \text{ [Pa]}$$

Koeficijenti lokalnih otpora ς za koljena, ogranke cjevovoda, armaturu i elemente sustava grijanja mogu se pronaći u tablicama u različitim priručnicima. Primjeri su dani u tablicama u prvom dijelu Priručnika.

Otpori trenja mogu se izračunati i po izrazu:

$$R = r \cdot l \text{ [Pa]}$$

gdje je r jedinični otpor koji se može očitati iz tablica ili izračunati po izrazu:

$$r = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{w^2}{2} \text{ [Pa/m]}$$

Ovdje je potrebno poznavati koeficijent trenja l, koji se može odrediti za bilo koji medij za koji se izračuna Reynoldsova značajka $\mathrm{Re} = \frac{w\,d}{\nu}$ i relativna hrapavost $\frac{e}{d}$. Kod turbulentnog strujanja u cijevi (kod $\mathrm{Re} = \frac{w\,d}{\nu} > 2300 - 3000$) koeficijent trenja može se odrediti pomoću Colebrookeove jednadžbe u kojoj se rješenje za λ može naći grafoanalitičkim ili iterativnim postupkom.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2{,}0 \lg\left(\frac{e/d}{3{,}71} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}}\right)$$

Problem kod izračunavanja strujanja u mreži s nametnutom razlikom tlaka uslijed rada pumpe je u tome što su za proračun padova tlaka u pojedinim dionicama potrebni protoci koje tek trebamo odrediti. Koeficijent trenja λ je također implicitno sadržan u izrazu za njegovo izračunavanje. Tu je još i ovisnost raspoložive razlike tlaka koju može ostvariti cirkulacijska pumpa o protoku u instalaciji. Iz navedenih razloga ovaj problem može se najlakše riješiti korištenjem odgovarajućih računalnih programa o čemu će biti riječi u nastavku.

Jedan od dostupnih softvera za određivanje protoka i otpora strujanja kroz cjevovod u kojemu se pumpom ostvaruje razlika tlaka potrebna za citkulaciju vode (u skladu s radnim karakteristikama pumpe i cjevovoda), je softver FATHOM 5.0. Za pronalazak rješenja program koristi standardni matrični postupak. Postupak je poznat pod nazivom H-jednadžbena metoda, gdje se piezometrična visina (*HGL*) rješava u svakom čvoru istovremeno, osiguravajući očuvanje mase. Istovremeno se rješavaju gubici u cijevima s obzirom na trenutne protoke.

Piezometrična visina je definirana izrazom :

$$HGL = \frac{p}{\rho g} + z$$

dok se očuvanje mase u svakom čvoru postiže sljedećim izrazom (primijenjenom na čvoru *i*):

$$\sum_{j=1}^{n} \dot{M}_{ij} = 0$$

gdje je $\dot{M}_{ij}$ maseni protok kroz cijev koja spaja čvor *i* čvor *j*. U konačnici se u svakom čvoru rješava sljedeći algebarski izraz (primijenjenom na čvoru *i*):

$$\sum_{j=1}^{n} \left(\frac{p_{tot,i} - p_{tot,j} + \rho g \left(z_i - z_j \right)}{R_{ij}} \right)^{0.5}$$

gdje je:

$$R_{ij} = \left(\lambda_{ij} \frac{L_{ij}}{D_{ij}} + \varsigma_{ij} \right) \frac{1}{2 \rho A_{ij}^2}$$

dok je totalni ili zastojni tlak definiran sljedećim izrazom:

$$p_{tot} = p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

Primjenjujući gornji izraz na svaki čvor stvara se sustav jednadžbi čije su nepoznanice totalni tlakovi u promatranim čvorovima.

Program za rješavanje ovakvog sustava jednadžbi koristi Newton-Raphsonovu metodu kojom se nova vrijednost svake nepoznanice određuje korekcijom prethodne vrijednosti nepoznanice, a za korekciju se rješenja koristi prva derivacija promjene funkcije.

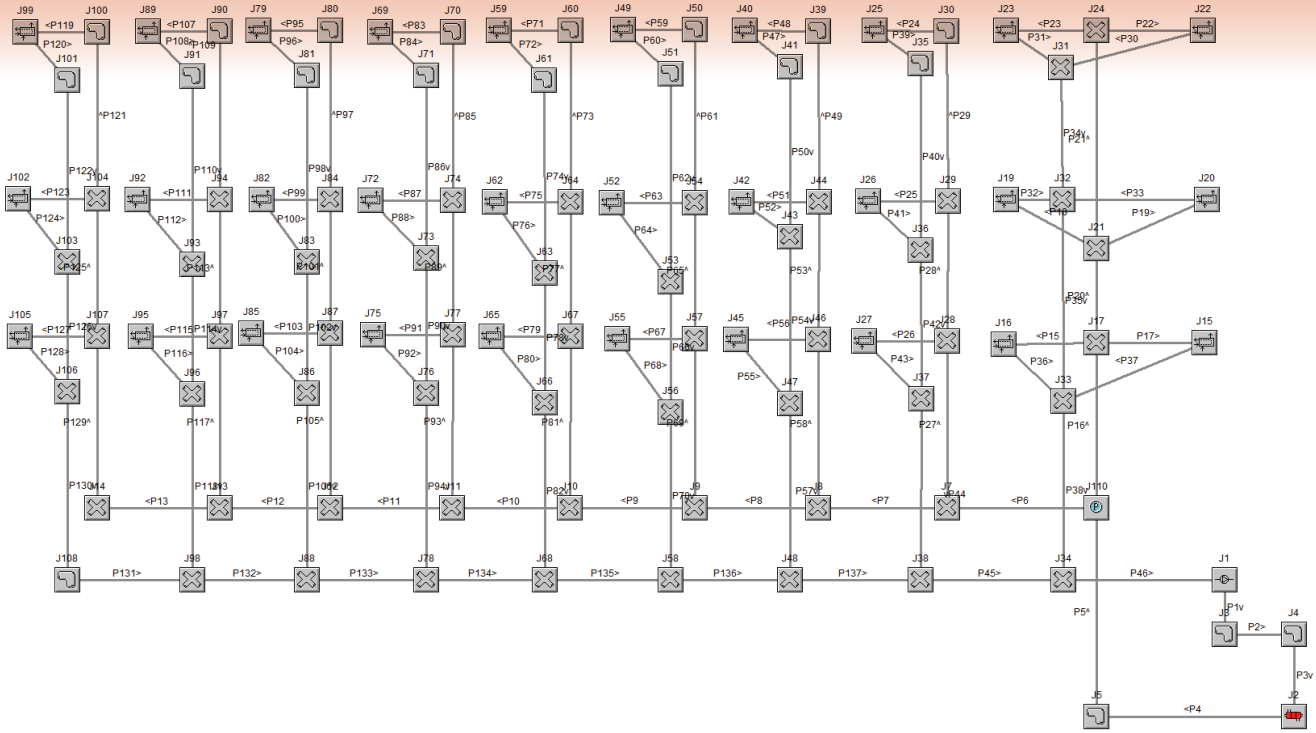
Program koristi relaksaciju kako bi se usporila konvergencija rješenja, ali i ostvario bitan utjecaj na stabilnost rješenja. Nova vrijednost masenog protoka, primjenom relaksacije, računa se koristeći sljedeći izraz:

$$\overset{*}{M}_{novi} = r \left(\overset{*}{M}_{novi} - \overset{*}{M}_{stari} \right) + \overset{*}{M}_{stari}$$

gdje je *r* faktor relaksacije.

5.7.2. Primjer rezultata proračuna protoka kod ugradnje pumpi različitih snaga u cjevovod bez ventila za balansiranje protoka

Na primjeru stambene zgrade u Rijeci prikazana je problematika distribucije vode po mreži centralnog grijanja, tj. potreba za balansiranjem cijevne mreže. Na slici 5.41 prikazan je sustav centralnog grijanja koji se sastoji od pumpe, izmjenjivača topline i cijevnog razvoda s ukupno 9 usponskih vertikala kojima se topla voda distribuira do potrošača na etažama.



Slika 5.41 Shematski prikaz cijevnog sustava

Temperaturni režim u sustavu centralnog grijanja je 80/60°C. Proračunski protoci, učinci po vertikalama kao i proračunske dimenzije cjevovoda prikazane su tablicom 5.24.

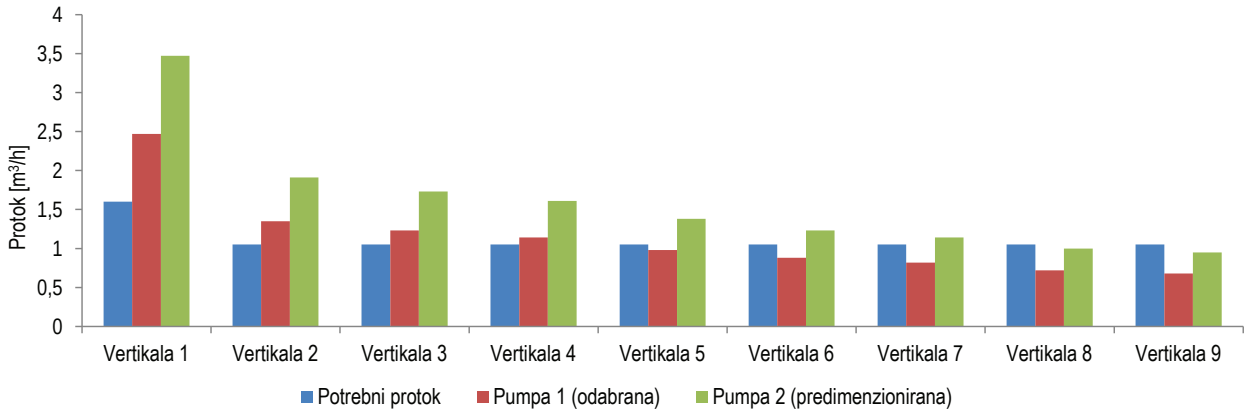
Tab. 5.24 Proračunski protoci, učinci po vertikalama i proračunske dimenzije cjevovoda

Vertikala	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
Učin [kW]	24	24	24	24	24	24	24	24	36
Proračunski protok [m³/h]	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,6
Dimenzija	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32	DN32

Za ukupni protok u sustavu u iznosu od 10 m³/h i proračunati pad tlaka u sustavu u iznosu od 43,8 kPa odabrana je odgovarajuća pumpa. Distribucije po vertikalama dobivene simulacijskim programom prikazane su u tablici 5.25. Dobivene vrijednosti pokazuju da vertikale koje su bliže pumpi dobivaju veći dio protoka, dok one udaljenije dobivaju manje nego je potrebno pa je i ostvareni učinak manji. Evidentno je da je sustavu potrebno balansiranje protoka po vertikalama. U praksi se često pribjegava rješenju problema zamjenom odabrane pumpe jačom, a u nastavku su prikazane distribucije po vertikalama i za taj slučaj. Niti u slučaju ugradnje jače pumpe neće se moći postići projektirana distribucija protoka po vertikalama, većina vertikala dobit će protok veći nego je potreban a pri tome će se povećati i potrošnja energije za pogon pumpe. U prvom slučaju ugrađena je pumpa snage 0,25 kW dok je drugom slučaju ugrađena jača pumpa snage 0,55 kW. Uz dnevni pogon od 16h i prosječno trajanje sezone grijanja od 180 dana godišnje, prva pumpa godišnje troši 720 kWh električne energije dok je potrošnja druge pumpe 1584 kWh.

Tab. 5.25 Potrebni i ostvareni protoci po vertikalama temeljem simulacije za dvije različite pumpe

Vertikala	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Ukupno
Potrebni protok [m³/h]	1,6	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	10
Pumpa 1 (odabrana)	2,47	1,35	1,23	1,14	0,98	0,88	0,82	0,72	0,68	10,3
Pumpa 2 (predimenzionirana)	3,47	1,91	1,73	1,61	1,38	1,23	1,14	1	0,95	14,48



Slika 5.42 Usporedni prikaz distribucije po vertikalama za projektni slučaj, slučaj bez balansiranja i slučaj s predimenzionranom pumpom

5.7.3. Cjevovodi - toplinska izolacija

Kod sustava distribucije topline ili sustava grijanja sanitarne tople vode treba odrediti gubitke topline koji sudjeluju u energetskoj bilanci zgrade. Za sada te gubitke nije obvezno iskazivati u certifikatu, ali njihovo poznavanje je potrebno kod ocjene energetske učinkovitosti cjelokupnih sustava grijanja prostora i sanitarne tople vode. Iz toga razloga u nastavku je prikazan način proračuna tih gubitaka.

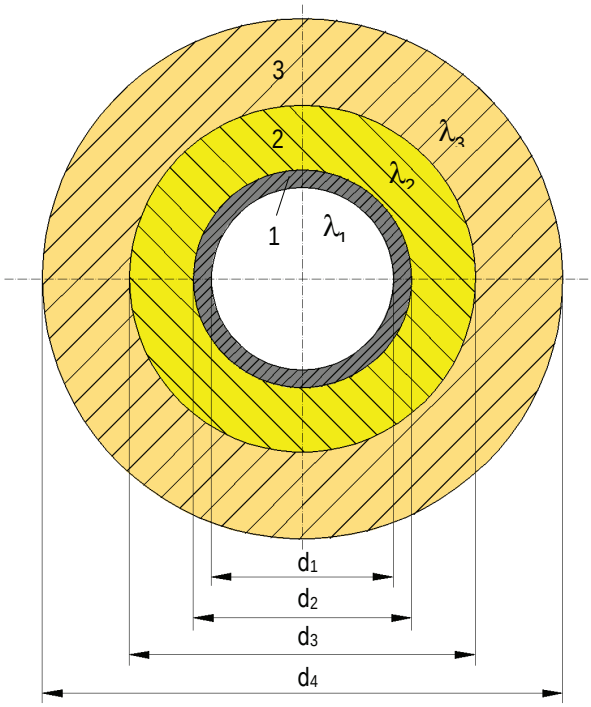
Toplinski gubici izoliranog cjevovoda s dva sloja izolacije kakav je prikazan na slici 5.43 određuje se pomoću izraza:

$$\dot{Q} = \frac{l\pi \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a)}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1} \cdot \ln\frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \cdot \ln\frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln\frac{d_4}{d_3} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_3}}$$

gdje je:

l duljina cjevovoda [m]
ϑ_i temperatura medija koji struji unutar cijevi [°C]
ϑ_a temperatura zraka okoline [°C]
d_1 unutarnji promjer cijevi [m]
d_2 vanjski promjer cijevi [m]
d_3 vanjski promjer prvog sloja izolacije [m]
d_4 vanjski promjer drugog sloja izolacije [m]
λ_1 toplinska provodnost za cijev
λ_2 toplinska provodnost za prvi sloj izolacije
λ_3 toplinska provodnost za drugi sloj izolacije
α_i koeficijent prijelaza topline s unutarnje strane cijevi
α_a koeficijent prijelaza topline s vanjske strane izolacije.

Kod primjene samo jednog sloja izolacije, iz nazivnika je potrebno ispustiti član $\frac{1}{2\lambda_3} \cdot \ln\frac{d_4}{d_3}$.



Slika 5.43 Cijev izolirana s dva sloja izolacije

Budući da vrijedi $\dot{Q} = \alpha_a \cdot d_3 \cdot \pi \cdot l \cdot (\vartheta_s - \vartheta_a)$ gdje je θ_s temperatura vanjske stjenke cijevi, temperatura stjenke izolirane cijevi izračunata je pomoću izraza:

$$\vartheta_s = \vartheta_a + \frac{\dot{Q}}{\alpha_a \cdot d_4 \cdot \pi \cdot l}$$

Toplinski gubici zračenjem izračunavaju se prema izrazu:

$$\dot{Q} = C_{12} \cdot A \cdot \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4$$

gdje su:

$$C_{12} = \varepsilon_1 \cdot \sigma$$

σ konstanta zračenja crnog tijela: $\sigma = 5{,}67 \left[\mathrm{W/m^2(100K)^4}\right]$
ε_1 emisijski omjer zračenja; $\varepsilon_1 = 0{,}92$
T_1 temperatura površine vanjskog sloja izolacije [K]
T_2 temperatura okoline [K]
A površina plašta cijevi po dužnom metru [m²/m]

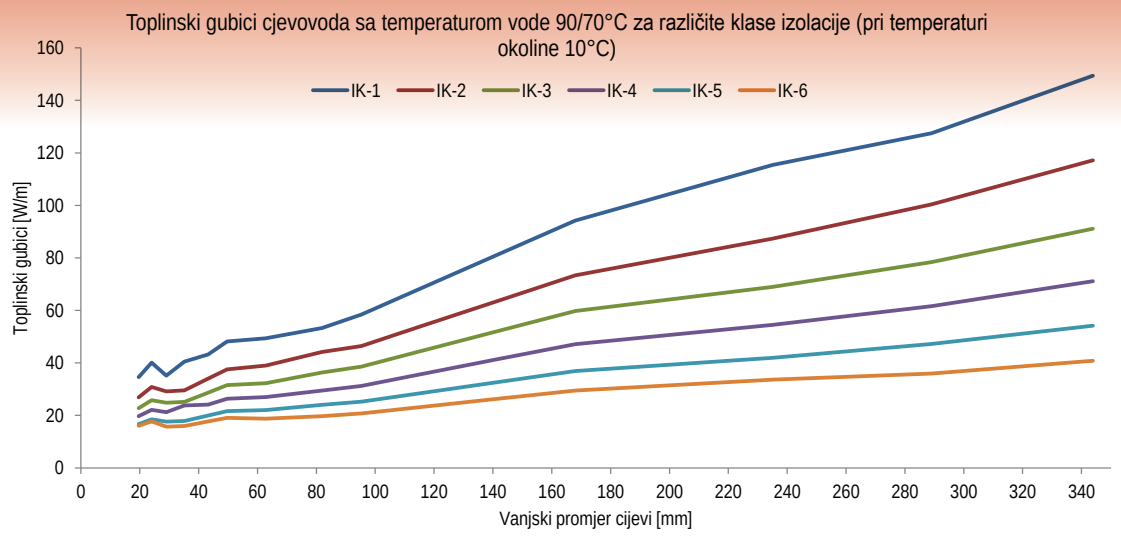
Potrebna debljina izolacije određuje se iz tablice 5.26 u ovisnosti o promjeru cijevi i dopuštenim toplinskim gubicima. Toplinski gubici transmisijom i zračenjem izračunati su za različite nazivne promjere cijevi za svih 6 klasa izolacije cijevi. Dijagramski prikaz gubitaka topline dan je na slikama 5.44 – 5.46. Pogodan je za brzo određivanje.

Tab. 5.26 Potrebna debljina izolacije ovisno o promjeru cijevi d_1, toplinskoj provodnosti materijala toplinske izolacije λ, linearnom transmisijskom koeficijentu UL za cijevi i izolacijskim klasama (HRN EN 12828) [23]

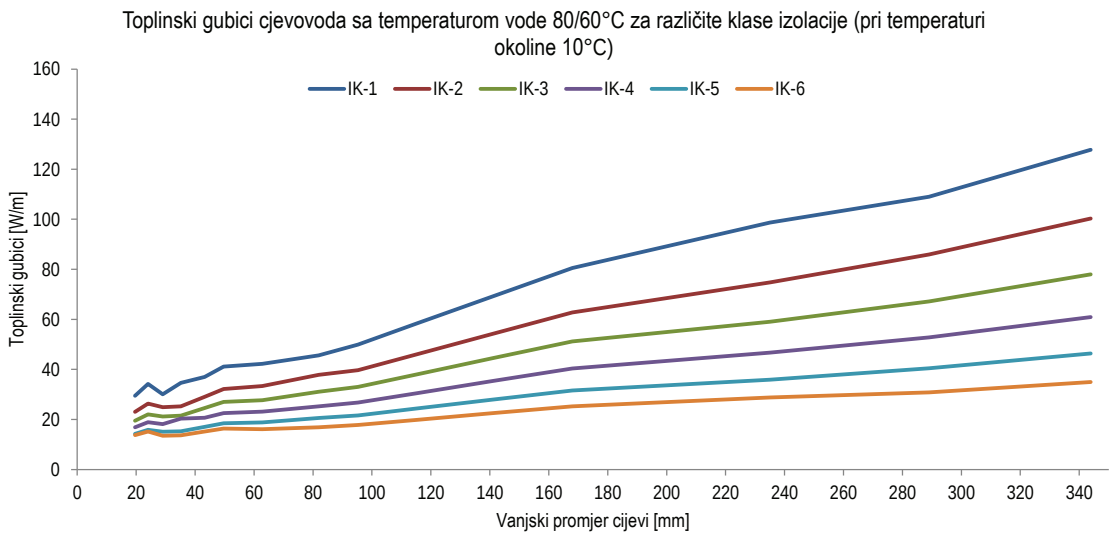
Vanjski promjer cijevi d_1 [mm]	Potrebna debljina izolacije u [mm]									
	IZOLACIJSKA KLASA 1					IZOLACIJSKA KLASA 2				
	U_L	λ [W/mK]				U_L	λ [W/mK]			
	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,25	1	3	6	11	0,23	2	5	8	14
20	0,29	5	7	11	16	0,25	7	12	19	27
30	0,32	8	12	17	23	0,28	11	17	25	36
40	0,35	10	14	20	28	0,3	14	21	30	472
60	0,42	12	18	26	37	0,36	17	26	37	50
80	0,48	14	22	31	41	0,41	20	29	41	54
100	0,55	15	23	32	44	0,46	22	32	43	57
200	0,88	19	26	35	46	0,72	27	37	49	62
300	1,21	21	29	39	50	0,98	28	39	51	64
Ravna ploha	-1,17	22	30	37	45	0,88	31	41	51	62

Vanjski promjer cijevi d_1 [mm]	Potrebna debljina izolacije u [mm]									
	IZOLACIJSKA KLASA 3					IZOLACIJSKA KLASA 4				
	U_L	λ [W/mK]				U_L	λ [W/mK]			
	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,2	4	7	13	20	0,18	6	11	19	31
20	0,22	10	17	26	38	0,19	13	23	36	56
30	0,24	14	23	35	50	0,21	19	31	49	72
40	0,26	18	28	41	58	0,22	24	38	58	84
60	0,3	23	35	50	69	0,25	30	47	70	99
80	0,34	26	39	55	74	0,28	35	54	77	107
100	0,38	29	42	59	78	0,31	38	58	82	112
200	0,58	35	50	66	85	0,46	47	68	92	120
300	0,78	38	53	69	86	0,61	51	72	95	122
Ravna ploha	-0,66	42	56	70	84	0,49	58	77	96	116

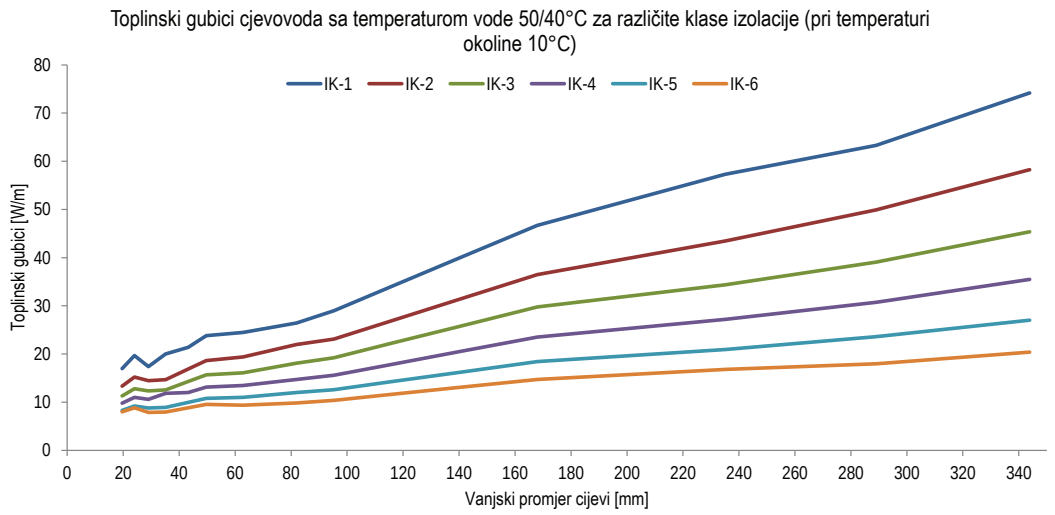
Vanjski promjer cijevi d_1 [mm]	Potrebna debljina izolacije u [mm]									
	IZOLACIJSKA KLASA 5					IZOLACIJSKA KLASA 6				
	U_L	λ [W/mK]				U_L	λ [W/mK]			
	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06	[W/mK]	0,03	0,04	0,05	0,06
10	0,15	9	17	29	49	0,13	13	22	40	62
20	0,16	18	33	54	86	0,14	25	36	70	110
30	0,17	16	45	71	111	0,14	35	57	94	148
40	0,18	32	54	85	128	0,15	43	68	110	156
60	0,21	41	67	102	150	0,17	60	90	138	210
80	0,23	48	76	113	162	0,18	70	108	155	240
100	0,25	53	82	120	169	0,2	75	115	165	260
200	0,36	65	97	134	178	0,28	83	133	180	280
300	0,47	71	102	137	178	0,36	89	149	223	290
Ravna ploha	-0,35	82	110	137	165	0,22	133	177	222	266



Slika 5.44Toplinski gubici izoliranih cjevovoda temperature 90/70°C



Slika 5.45 Toplinski gubici izoliranih cjevovoda temperature 80/60°C



Slika 5.46 Toplinski gubici izoliranih cjevovoda temperature 50/40°C

LITERATURA

[1] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija za Umjetničku školu Luke Sorkočevića u Dubrovniku, Gemeinschaft fűr Internationale Zusammenarbeit GIZ, Zagreb 2011.
[2] Pavković, B. et al.: Izvješće o provedenom energetskom pregledu, energetska studija i energetski certifikat za dječji vrtić Paški mališani u Pagu, Tehnički fakultet u Rijeci 2012.
[3] Pavković, B. et al.: Odabir strojarskih termotehničkih instalacija kotlovnice i rashladne stanice „Novi List", Tehnički fakultet u Rijeci, 2008.
[4] Pavković, B. et al.: Analiza primjene trigeneracijskog sustava za tiskaru Novog Lista u Rijeci, Tehnički fakultet u Rijeci, 2011.

5.8. ELEKTRIČNA ENERGIJA

5.8.1. Zamjena rasvjetnih tijela

Postojeći sustavi električne rasvjete, osobito ako su izvedeni s rasvjetnim armaturama u kojima su kao izvori svjetlosti upotrijebljene žarulje sa žarnom niti, značajan su potencijal za smanjenje godišnje potrošnje električne energije, odnosno povećanje energetske učinkovitosti. Jednostavnom zamjenom žarulja sa žarnom niti suvremenim fluokompaktnim žaruljama, postiže se značajna godišnja ušteda na električnoj energiji uz istodobno smanjenje angažirane snage.
Zamjenom postojećih žarulja sa žarnom niti snage 60 W i 100 W ekvivalentnim fluokompaktnim žaruljama snage 11 W, odnosno 21 W postiže se ušteda, u prvom slučaju od 49 W, odnosno 79 W po žarulji. Fluokompaktne žarulje u odnosu na one sa žarnom niti imaju bolju svjetlosnu iskoristivost (70-90 lm/W) za razliku od žarulja sa žarnom niti (9-17 lm/W). Uz navedene prednosti, fluokompaktne žarulje karakterizira i duži životni vijek u odnosu na standardne, 15.000 sati u odnosu na 1.000 radnih sati, čime se postižu i znatne uštede po pitanju troškova održavanja.

Potrošnja električne energije postojećeg sustava rasvjete sa žarnom niti, uvažavajući faktor istodobnosti i godišnji broj sati rada sustava električne rasvjete, računat će se prema sljedećem izrazu:

$$W_{uk\_žarna\_nit} = \sum_{i=1}^{n} i \cdot t \cdot P_i \cdot n_i$$

oznake u gornjem izrazu imaju redom sljedeće značenje:

$W_{uk\_žarna\_nit}$ [Wh] – ukupna godišnja potrošnja el. en. rasvjete sa žarnom niti
I [-] – faktor istodobnosti za sustav električne rasvjete
t [h] – godišnji broj sati rada sustava električne rasvjete
P_i [W] – snaga i-te skupine žarulja sa žarnom niti
n_i [-] – broj žarulja u i-toj skupini.

Zamjenom svih žarulja sa žarnom niti odgovarajućim fluokompaktnim žaruljama te primjenom gornjeg izraza, uz uvrštavanje snaga odgovarajućih, zamjenskih fluokompaktnih žarulja dobiva se nova vrijednost potrošnje električne energije:

$$W_{uk\_štedna} = \sum_{i=1}^{n} i \cdot t \cdot P_i \cdot n_i$$

Ušteda koja se pritom ostvaruje jednaka je razlici izračunatih energija:

$$W_{ušteda} = W_{uk\_žarna\_nit} - W_{uk\_štedna}$$

Cijena električne energije, potrebna da bi odredili novčani ekvivalent uštedi u kWh, određuje se temeljem podataka o potrošnji u višoj, odnosno nižoj dnevnoj tarifnoj stavci i važećim cijenama električne energije:

$$C_{god\_en} = W_{ušteda} \cdot c_{el.en.}$$

Dodatna ušteda proizlazi iz pozitivnog utjecaja smanjenja ukupne snage električnog sustava rasvjete, čime se smanjuje ukupna vršna snaga zgrade. U naknadi za vršnu snagu uračunavaju se troškovi angažiranja električne snage s računa naknade za električnu energiju i mrežarinu.

Godišnja ušteda u vršnoj snazi, uz gornje pretpostavke, iznosi:

$$C_{god\_snaga} = \Delta P \cdot c_{el.snage.} \cdot 12$$

Ukupne uštede zamjenom žarulja sa žarnom niti fluokompaktnima iznosi:

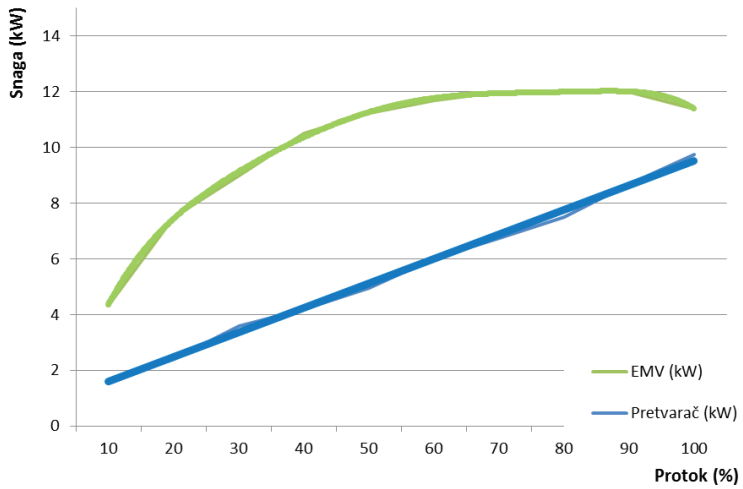
$$C_{god\_ukupno} = C_{god\_en} + C_{god\_snaga}$$

Tab. 5.27 Primjer 1 – Zamjena žarulja sa žarnom niti fluokompaktnima

<table>
<tr><th>Naziv mjere</th><th>Zamjena izvora svjetlosti u postojećim rasvjetnim armaturama</th></tr>
<tr><td>Opis mjere</td><td>Bolnički kompleks 16.900 m^2. Postojeće žarulje sa žarnom niti zamjenjuju se suvremenim fluokompaktnim žaruljama.
<u>Ulazni podaci:</u>
Broj i pojedinačna snaga žarulja sa žarnom niti i zamjenskih fluokompaktnih n=1.813
Faktor istodobnosti za sustav električne rasvjete i=0,2
Godišnji broj sati rada sustava rasvjete t=5.000 h
Prosječna cijena električne energije (energija, mrežarina, naknade, ...) c=0,527 kn/kWh</td></tr>
<tr><td>Uštede</td><td>Investicija, godišnje uštede, povrat investicije
<table>
<tr><td>Smanjenje električne snage</td><td>sa 18,356 kW na 3,702 kW</td></tr>
<tr><td>Ukupna električna energija godišnje</td><td>91.780 kWh (žarna nit)
18.510 kWh (fluokompaktne)</td></tr>
<tr><td>Godišnje uštede na električnoj snazi</td><td>14.503,00 kn
14,654 kW</td></tr>
<tr><td>Godišnje uštede električne energije</td><td>38.613,00 kn
73.270 kWh</td></tr>
<tr><td>Godišnji troškovi</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Investicija</td><td>108.780,00 kn</td></tr>
<tr><td>Rok povrata investicije</td><td>2,05 god</td></tr>
<tr><td>Životni vijek EE mjere**</td><td>7,5 god</td></tr>
<tr><td>Uštede u životnom vijeku*</td><td>292.138,00 kn
550 MWh</td></tr>
</table>
* proračun s cijenama energenata na dan 15.10.2011.
** računato je s prosječnim godišnjim trajanjem rada sustava rasvjete od 5.000 h i deklariranim životnim vijekom fluokompaktnih žarulja od 15.000 h</td></tr>
</table>

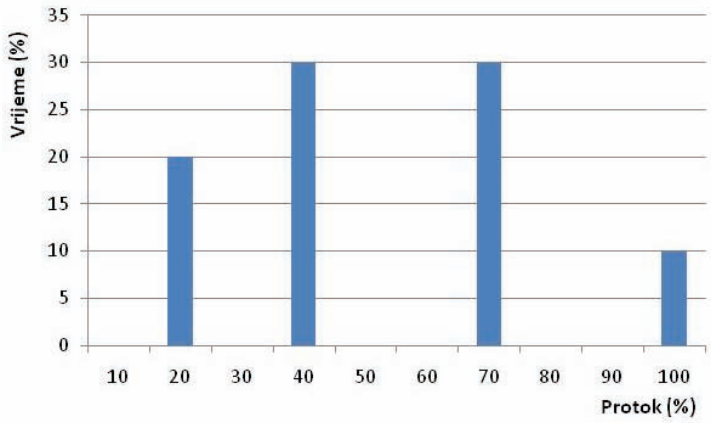
5.8.2. Modernizacija elektromotornih pogona

Elektromotorne pogone u sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije karakterizira visok godišnji broj sati rada te posljedično velika potrošnja električne energije. Poznato je, da se značajan dio energije gubi u instalacijama ventilatora/pumpi/kompresora, ako nisu ispravno odabrani. Korištenjem konvencionalne regulacije motornog pogona, protokom plinova/zraka/tekućina upravlja se prigušivanjem pomoću žaluzina/ventila, dok se motor pogoni nazivnom brzinom. Pritom se značajan dio energije gubi u žaluzinama/ventilu, u nekim slučajevima gubici su reda veličine 25-30% od nazivne snage motora.
S obzirom na značajan broj elektromotornih pogona trenutno u funkciji, kojima se bliži kraj radnog vijeka, uputno je razmotriti primjenu reguliranih elektromotornih pogona, pomoću sklopova učinske elektronike – frekventnih pretvarača.
Frekventni pretvarači omogućuju uštedu električne energije na način da u svakom trenutku, zahtjevima pogona, prilagođavaju brzinu vrtnje elektromotora. Naime, snaga u pogonima centrifugalnih pumpi i ventilatora raste s trećom potencijom brzine vrtnje pa su jasne posljedice na smanjenje opterećenja pojne mreže smanjenjem brzine vrtnje pogona. Drugi važan aspekt upotrebe frekvencijskih pretvarača je ravnomjerniji rad stroja, jer frekventni pretvarači omogućuju tzv. meko upuštanje i zaustavljanje motora, čime se izbjegavaju mehanički i električni udarci na mehaničke dijelove postrojenja i električnu mrežu.
Tzv. V/f regulacijom, frekventni pretvarač regulira brzinu vrtnje elektromotora, a time i protoka te ujedno nestaje potreba za žaluzinama/ventilima.



Slika 5.47 Karakteristične krivulje snaga-protok za regulaciju elektromotornim ventilom i regulaciju frekventnim pretvaračem

Tab. 5.28 Primjer 1 – Zamjena nereguliranog EMP-a s reguliranim

Naziv mjere	Zamjena nereguliranog elektromotornog pogona s reguliranim elektromotornim pogonom
Opis mjere	Za hotelski objekt od cca. 10.000 m^2 potrebno je predvidjeti rekonstrukciju elektromotornog pogona glavnih cirkulacijskih pumpi za grijanje i pripremu potrošne tople vode. Zbog lošeg stanja postojećih pumpi, predlaže se zamjena postojećih pumpi pumpama koje imaju ugrađen frekventni pretvarač, čime će se značajno smanjiti budući godišnji troškovi za električnu energiju. Pretpostavka za ugradnju frekventno reguliranih elektromotora pumpi je ugradnja prolaznih regulacijskih ventila na potrošačima toplinske energije. Ulazni podaci: Električna snaga pumpe: 12,0 kW Godišnja karakteristika protoka pumpe:  Godišnji broj sati rada sustava *t*=7.000 h Prosječna cijena električne energije (energija, mrežarina, naknade, ...) *c*=0,527 kn/kWh
Uštede	

Ukupna godišnja potrošnja električne energije prije uvođenja mjere	61.035,00 kWh
Ukupna godišnja potrošnja električne energije nakon uvođenja mjere	30.810,00 kWh
Godišnje uštede električne energije	15.928,58 kn 30.225,00 kWh
Godišnji troškovi održavanja	200,00 kn
Investicija	59.040,00 kn
Rok povrata investicije	3,71 god
Životni vijek EE mjere	15 god
Uštede u životnom vijeku*	179.888,68 kn 453.375,00 kWh

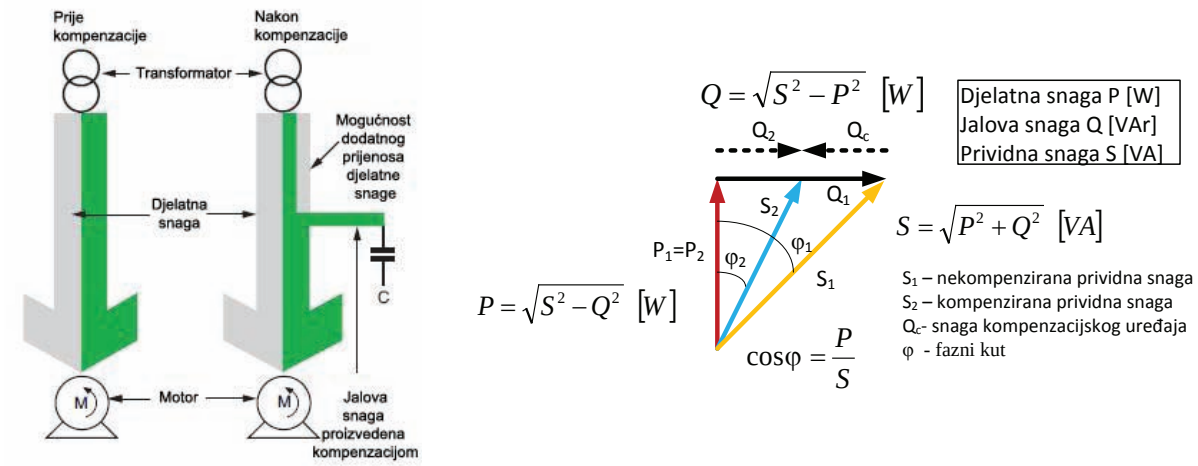
* proračun s cijenama energenata na dan 15.10.2011.

5.8.3. Kompenzacija jalove snage

Pored čisto djelatnih trošila električne energije, poput različitih grijalica, žarulja sa žarnom niti ili nekih drugih otpornih trošila, u sustavu su prisutni i tereti induktivnog karaktera, koji za svoj rad iziskuju jalovu snagu, odnosno energiju. Najznačajniji

predstavnik induktivnih trošila je asinkroni elektromotor. Da bi se asinkroni motor uopće zavrtio, potrebno je uspostaviti okretno magnetsko polje statora, za kojim će asinkronom brzinom, rotirati magnetsko polje rotora, proizvedeno rotorskim strujama. Struja koju motor uzima iz električne mreže u praznom hodu, ali i pri radnom opterećenju, pored djelatne komponente, sadrži i jalovu komponentu potrebnu za magnetiziranje asinkronog motora.

Jalova komponenta struje tereta za 90°el. pomaknuta je u odnosu na djelatnu komponentu, slika 5.48. Kada su vektori narinutog napona na trošilu i struja koju to trošilo uzima iz mreže istog smjera i orijentacije, kaže se da su struja i napon u fazi, a faktor snage (tzv. cosφ) trošila jednak 1. Ako struja tereta zaostaje za narinutim naponom, kaže se da je teret induktivnog karaktera, u suprotnom je teret kapacitivnog tereta. Priroda trošila priključenih na električnu mrežu niskog napona je induktivnog karaktera. Protjecanje obiju komponenti struje tereta (djelatne i jalove) kroz elemente prijenosnih i distribucijskih mreža, za posljedicu ima gubitke električne energije, pad napona, te smanjenje mogućnosti prijenosa djelatne snage, slika 5.48.



Slika 5.48 Mogućnost prijenosa djelatne snage s obzirom na kompenzaciju jalove snage i načelo kompenzacije – trokut snaga

Zbog toga se, kada je god to moguće i ekonomski isplativo, vrši kompenzacija jalove snage, odnosno jalova snaga proizvodi se pomoću odgovarajućih uređaja na mjestu njezine potrošnje, čime se generatorski i prijenosni kapaciteti mreža rasterećuju od proizvodnje i prijenosa jalove snage, slika 5.48.

Elektrodistribucijska poduzeća penaliziraju potrošače jalove snage naplaćivanjem prekomjerno preuzete jalove energije, registrirane brojilom jalove energije. Stoga, ako potrošačka instalacija uključuje trošila induktivnog karaktera, vrijedi razmotriti ugradnju uređaja za kompenzaciju jalove snage kojim će se anulirati mjesečni troškovi za prekomjerno preuzetu jalovu energiju. Najčešće korišteni uređaji za kompenzaciju jalove snage u niskonaponskim mrežama su slogovi kondenzatorskih baterija, čiji kapacitet može biti fiksnog ili promjenjivog iznosa. U prvom slučaju riječ je o fiksnim kompenzacijama, dok se u drugom slučaju radi o automatskim kompenzacijskim uređajima, gdje se pomoću automatskog regulatora, u svakom trenutku uključuje odgovarajući broj stupnjeva kondenzatorske baterije. Procjena potrebne veličine kompenzacijskog uređaja može se odrediti temeljem plaćenih računa za jalovu energiju, slika 5.49.

Broj brojila	Datum od	Datum do	Tar.stavka	Stanje od	Stanje do	Konstanta	Potrošak	Iznos kn (mreža pr.+dis.)
26731647	01.07.2010	01.08.2010	RVT R1	15587,56	16059,57	40	18880	4.153,60
			RNT R2	10403,12	10691,38	40	11530	1.268,30
			JEN J1	19127,33	19644,46	40	20685	
Prekomjerno preuzeta jalova energija							10650	1.597,50
Stanje max.	Konstanta	Ostvarena snaga kW	Koef	Ugovorena snaga kW		Obračunata snaga kW		
1,634	40	65,36	1.00			65,00		2.519,40
Naknada za mjernu uslugu						1,00		35,70
UKUPAN IZNOS OBRAČUNA								**9.574,50**

*Slika 5.49 Izgled računa za električnu energiju sa stavkom **Prekomjerno preuzeta jalova energija***

Temeljem vrijednosti utrošenih količina djelatne i jalove energije moguće je odrediti prosječni faktor snage trošila u potrošačkoj instalaciji. Ukupan mjesečni utrošak djelatne energije u potrošačkoj instalaciji jednak je zbroju potrošnje energije u višoj i nižoj dnevnoj tarifnoj stavci, odnosno:

$W_{mjes\_uk}=W_{VT}+W_{NT}$ [Wh] (1)

Budući su vrijednosti djelatne, jalove i prividne snage vezane tzv. trokutom snage, slika 1. prosječni faktor snage određuje se prema izrazu:

$\cos\varphi = \cos(\arctan(Q/P))$ [-] (2)

U gornjoj relaciji Q odgovara mjesečnoj potrošnji jalove snage, dok P odgovara ukupnoj mjesečnoj potrošnji djelatne energije W_{mjes_uk}.

Veličina potrebnog uređaja za kompenzaciju jalove snage određuje se temeljem prosječne vrijednosti faktora snage nekompenzirane instalacije, željenog faktora snage nakon kompenzacije te vrijednosti angažirane snage u doba više dnevne tarife, odnosno:

$Q_{komp}=P_{ang}*(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$ [kVAr] (3)

U prethodnoj relaciji Q_{komp} označava veličinu uređaja za kompenzaciju jalove snage u [kVAr], P_{ang} vrijednost angažirane snage u doba više dnevne tarife u [kW], φ_1 kut tereta nekompenzirane instalacije (Q/P, relacija 2), dok φ_2 označuje kut koji odgovara željenom faktoru snage nakon kompenzacije.

Tab. 5.29 Primjer 1 – Ugradnja postrojenja za kompenzaciju jalove snage u hotelskom bjektu

Naziv mjere	Ugradnja uređaja za kompenzaciju jalove snage
Opis mjere	Razmatra se uvođenje mjera za povećanje energetske učinkovitosti u hotelskom objektu. Kupac električnu energiju preuzima na niskom naponu, međutim pored preuzimanja djelatne energije preuzima i nedopuštenu količinu jalove energije. Ugradnjom automatskog kompenzacijskog uređaja poništit će se troškovi za prekomjerno preuzetu jalovu energiju, jer će se pomoću kompenzacijskog postrojenja jalova energija proizvoditi na mjestu njene potrošnje. Ulazni podaci: Mjesečni račun za električnu energiju
Uštede	Investicija, godišnje uštede, povrat investicije

Smanjenje mjesečnih troškova za prekomjerno preuzetu jalovu energiju	sa 1.597,50 kn na 0 kn
Ukupna jalova energija godišnje	127.800,00 kVArh
Godišnje uštede na jalovoj energiji	19.170,00 kn
Godišnji troškovi održavanja	-
Investicija u uređaj automatske kompenzacije 25 kVAr	13.000,00 kn
Rok povrata investicije	8 mjeseci
Životni vijek EE mjere	25 god
Uštede u životnom vijeku*	466.470,00 kn

* proračun s cijenama energenata na dan 15.10.2011.

Slika 5.50 Razdjelni ormar postrojenja automatske kompenzacije jalove snage

5.8.4. Ugađanje pripremnog režima rada uredske opreme

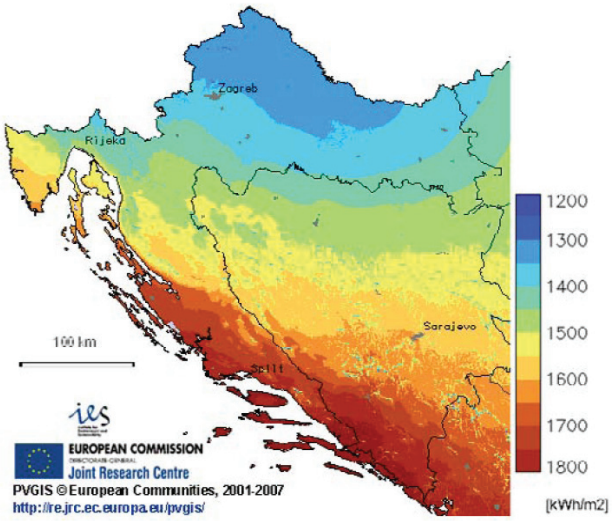
Računala, pisači, zasloni, fotokopirni strojevi te druga uredska oprema, iako pojedinačno ne predstavljaju značajnije potrošače električne energije, zbog njihova velikog broja u nekim potrošačkim objektima, predstavljaju velik potencijal za smanjenje potrošnje električne energije. Sustavnim pristupom upravljanju uredskom opremom, na način da se na razini cjelokupne potrošačke instalacije sva uredska oprema ugodi na način da monitori nakon 15 minuta ne korištenja automatski prelaze u pripremni (engl. stand-by) ili mirujući (engl. sleep) režim rada. Tzv. zaštita zaslona (engl. screen-saver) iako štiti ekran od prebrzog starenja, po pitanju energetske učinkovitosti ne ostvaruje nikakvu uštedu s obzirom da zaslon koristi nazivnom snagom. Tvrde diskove moguće je ugoditi da nakon 30 minuta neaktivnosti prelaze u mirujući režim rada, a kompletna računala nakon 60 minuta neaktivnosti. Navedene preporuke rezultat su istraživanja o energetskoj učinkovitosti uredske opreme koje su provele različite relevantne organizacije na razini Europske unije. Fotokopirne uređaje bi trebalo ugoditi da nakon 15 minuta neaktivnosti također idu u pripremni režim rada. Potencijalne uštede koje se ostvaruju navedenim ugađanjima ovise, naravno, i o načinu korištenja računala, međutim zasigurno se radi o redu veličine 15%. Ono što je važno napomenuti je da ova vrsta mjera ne zahtijeva nikakva dodatna ulaganja.

Tab. 5.30 Primjer 1 – Ugađanje računalne i uredske opreme u zdravstvenoj ustanovi

<table>
<tr><th>Naziv mjere</th><th>Podešavanje računalne i uredske opreme</th></tr>
<tr><td>Opis mjere</td><td>Razmatra se uvođenje mjere za povećanje energetske učinkovitosti u zdravstvenoj ustanovi podešavanjem pripremnog režima računalne i uredske opreme na razini zdravstvene ustanove.
<u>Ulazni podaci:</u>
Ukupni troškovi za električnu energiju računala, zaslona, pisača i ostale uredske opreme
Ukupni troškovi za električnu snagu računala, zaslona, pisača i ostale uredske opreme</td></tr>
<tr><td>Uštede</td><td>Investicija, godišnje uštede, povrat investicije
<table>
<tr><td>Smanjenje godišnjih troškova za energiju</td><td>0,15*(70.402 kn)= 10.560 kn</td></tr>
<tr><td>Smanjenje mjesečnih troškova za snagu</td><td>0,15*(54.992 kn)= 8.249 kn</td></tr>
<tr><td>Ukupna energija godišnje</td><td>19.849,00 kWh</td></tr>
<tr><td>Godišnje uštede na energiji i snazi</td><td>18.809,00 kn</td></tr>
<tr><td>Godišnji troškovi održavanja</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Investicija</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Rok povrata investicije</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Životni vijek EE mjere</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Uštede u životnom vijeku opreme*</td><td>180.809,00 kn</td></tr>
</table>
* proračun s cijenama energenata na dan 15.10.2011.</td></tr>
</table>

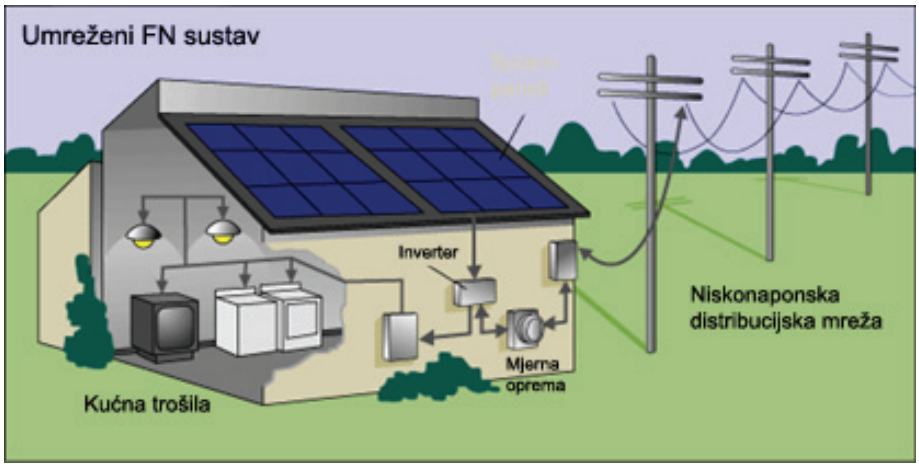
5.8.5. Primjena umreženih fotonaponskih sustava

Sunčevo zračenje, koje dolazi na zemljinu površinu u obliku direktnog i difuznog zračenja, predstavlja ogroman energetski potencijal za konverziju u električnu energiju. Konverzija može biti ili posredna (solarni koncentratori) bilo neposredna putem fotonaponske (FN) tehnologije. Snaga sunčeva zračenja na ulazu u Zemljinu atmosferu, pri srednjoj udaljenosti od Sunca, iznosi 1370 W/m^2, a do zemljine površine stiže otprilike pola te vrijednosti. Međutim, trenutna snaga sunčevog zračenja na površini uvelike ovisi o prilikama u atmosferi i o eventualnoj naoblaci. Za grubu ocjenu prosječne snage sunčeva zračenja na površini zemlje tijekom cijele godine može se uzeti srednja vrijednost od oko 200 W/m^2. Točnije vrijednosti sunčevog zračenja za konkretnu lokaciju mogu se dobiti na web-stranicama Europske komisije i to pomoću aplikaciji PV-GIS ili uporabom profesionalnih računalnih alata za analizu i projektiranje FN sustava. Na slici 5.51. prikazana je teorijska godišnja sunčeva ozračenost horizontalne površine za Republiku Hrvatsku.



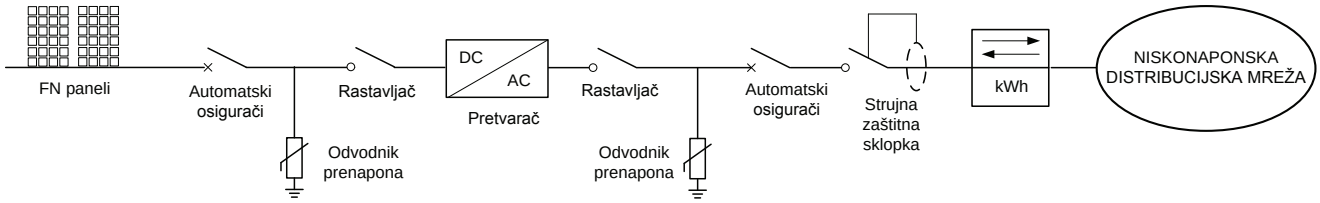
Slika 5.51 Ukupna godišnja ozračenost horizontalne površine, izvor PV-GIS

Umreženi FN sustavi su sustavi koji su namijenjeni za paralelan rad s distribucijskom mrežom (DM), tj. to su sustavi koji cjelokupno proizvedenu električnu energiju FN ćelijama, ili razliku između vlastite potrošnje električne energije i ukupne proizvodnje isporučuju u DM, slika 5.52.



Slika 5.52 Umreženi FN sustav

Da bi istosmjernu stranu FN sustava bilo moguće priključiti na izmjeničnu DM, potreban je uređaj tzv. pretvarač (inverter) koji istosmjerni napon i struju pretvara u izmjenične veličine, odgovarajućih parametara (prije svega napona i frekvencije). Pored FN panela (koji se sastoje od serijski i paralelno povezanih FN ćelija) i pretvarača, FN sustav čine još i zaštitni uređaji, mjerni uređaji te kabelski razvod. Osnovni elementi umreženih FN sustava te njihova pozicija unutar FN sustava, prikazani su na slici 5.53.



Slika 5.53 Principijelna shema umreženog FN sustava

Tab. 5.31 Primjer 1 – Ugradnja fotonaponskog sustava na poslovnoj zgradi

Naziv mjere	Ugradnja mrežnog FN sustava
Opis mjere	Razmatra se instalacija FN panela ukupne vršne snage 30 kW na krov poslovne zgrade s ravnim krovom. Građevina se nalazi na području grada Rijeke. Pretpostavlja se 50% učešća vlasnika zgrade, dok se preostalih 50% investicije pokriva kreditnom linijom, uz 6% kamata godišnje. Ulazni podaci: Lokacija građevine: Primorsko goranska županija, Grad Rijeka FN tehnologija: Polikristalni silicij Iskoristivost FN modula: 15,6% Potrebna krovna površina: 282 m^2 Godišnja dozračena energija: 1.470 kWh/m^2, za optimalni kut panela od 35° južno
Uštede	Investicija, godišnje uštede, povrat investicije Moguća godišnja proizvodnja električne energije: 32.210 kWh Godišnja naknada za proizvodnju električne energije: 107.000 kn Godišnji troškovi održavanja: 2.000 kn Investicija: 829.000 kn Rok povrata investicije: 8,45 godina Životni vijek EE mjere: 25 godina Izbjegnuti trošak od 12 do 25 godine [kn]: 214.000 kn Ukupna zarada u životnom vijeku opreme*: 669.000 kn * proračun s cijenama energenata i poticaja za FN sustave na dan 15.10.2011.

5.9. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

5.9.1. Sunčeva energija za pripremu potrošne tople vode

Smanjenje potrošnje energije za pripremu potrošne tople vode (PTV) moguća je primjenom sustava za toplinsku pretvorbu sunčeve energije uz dogrijavanje postojećim ili novim toplinskim sustavom koji se inače koristi za namirivanje ostalih toplinskih potreba objekta (kotao, dizalica topline).
U slučaju predlaganja novog sustava za dobavu topline, dobro je provesti analize u oba slučaja, tj. uz dogrijavanje postojećim termotehničkim sustavom (primjena sunčeve energije za pripremu PTV-a kao samostalna mjera) te uz dogrijavanje novo predloženim termotehničkim sustavom (primjena sunčeve energije za pripremu PTV-a zajedno s mjerom zamjene termotehničkog sustava za opskrbu objekta toplinskom energijom).
Kako bi se provjerila ekonomska isplativost ugradnje sustava sunčevih kolektora, potrebno je provesti proračun moguće iskorištene sunčeve energije u sustavu i proračun troškova pogona i investicije sustava. Proračun tehno-ekonomskih učinaka korištenja sustava sunčevih kolektora za pripremu tople vode provodi se u nekoliko koraka:

- Određivanja maksimalno potrebne površine sunčevih kolektora;
- Određivanja optimalne površine sunčevih kolektora;
- Proračuna iskorištene sunčeve energije te
- Izračunavanja ukupnih troškova mjere, ušteda i vremena povrata.

Analizu iskorištene energije u sustavu sunčevih kolektora najbolje je provesti na bazi satnih vrijednosti sunčeva zračenja i potrebne topline za pripremu PTV-a. Međutim, u nedostatku satnih meteoroloških parametara moguće je analizu provesti na temelju prosječnih mjesečnih vrijednosti iz podataka o dozračenoj sunčevoj energiji danih u *Prilogu E Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama*. Uz to, za proračun iskoristivosti kolektora potrebno je imati i podatak o prosječnom intenzitetu sunčeva zračenja (koji se može izračunati kao omjer prosječne dnevno dozračene energije i prosječnog broja efektivnih sati sijanja Sunca dnevno).
Iskorištena energija u kolektorima izračunava se na temelju pretpostavljenog stupanja djelovanja kolektora izračunatog iz pretpostavljene vrijednosti srednje temperature vode u kolektoru. Stvarna iskorištena energija u kolektoru značajno ovisi o toj srednjoj temperaturi u kolektoru koja opet ovisi i o veličini spremnika tople vode, protocima i sl. Za točniji proračun srednje temperature u kolektoru potrebno bi bilo provesti dinamičko modeliranje cijelog sustava uključujući kolektore, spremnike vode, izmjenjivače topline i cirkulacijske pumpe, s vremenskim korakom manjim od jednog sata.
Procedura će biti prikazana na primjeru objekta bolnice smještene uz obalu sjevernog Jadrana kapaciteta 320 ležajeva s godišnjom potrošnjom tople vode od oko 4800 m^3 na temperaturi od 65 °C. U postojećem stanju PTV se priprema u toplovodnoj kotlovnici na loživo ulje. Predlaže se ugradnja sustava pločastih kolektora uz dogrijavanje novom dizalicom topline more-voda. Polje kolektora je orijentirano na jug, nagnuto prema horizontali za 30°. Srednja temperatura u kolektoru usvojena je s vrijednošću 50 °C.

Određivanje maksimalno potrebne površine sunčevih kolektora

Prema izrazima opisanim u točkama 7.3.3. i 7.3.4. prvog dijela *Priručnika za energetsko certificiranje zgrada* izračunava se dozračena sunčeva energija na nagnutu plohu kolektora kao i iskorištena dnevna toplina u kolektoru po jedinici površine. Pri tome je potrebno poznavati lokaciju, orijentaciju i nagib kolektora te pretpostaviti srednju temperaturu u kolektoru. Proračun se može provesti za srednje mjesečne vrijednosti. S druge strane, potrebno je poznavati prosječnu dnevnu potrošnju PTV za svaki mjesec. Maksimalna potrebna površina kolektora određuje se posebno za svaki mjesec na način da se prosječna dnevna toplina za PTV (kWh/dan) podijeli sa specifičnom prosječnom dnevnom iskorištenom toplinom u kolektoru (kWh/m^2 dan).

Tab. 5.32 Određivanje maksimalno potrebne površine kolektora

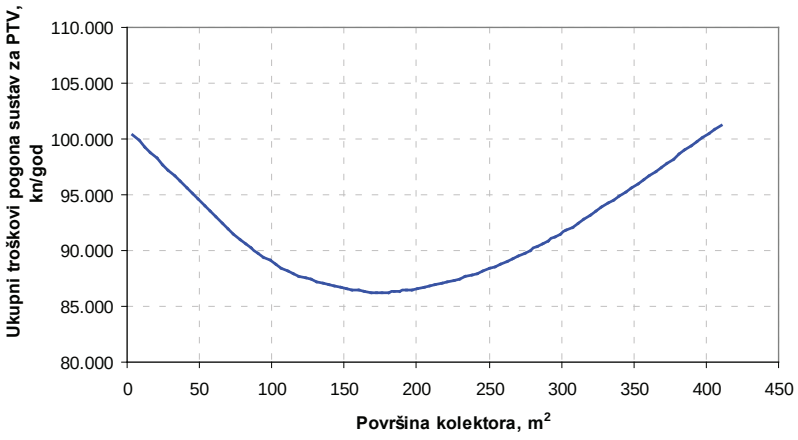
Mjesec	Potrebna energija za pripremu PTV		Toplina iskorištena u kolektorima		Maksimalno potrebna površina kolektora
	kWh/d	kWh/mj	kWh/m²d	kWh/m²mj	m²
Siječanj	407,1	12619	0,7	22,1	571
Veljača	436,1	12212	1,8	49,9	245
Ožujak	465,2	14422	2,5	77,5	186
Travanj	523,4	15701	3,7	110,7	142
Svibanj	581,5	18027	4,0	123,2	146
Lipanj	872,3	26169	4,1	123,5	212
Srpanj	1337,5	41463	4,3	134,3	309
Kolovoz	1860,9	57688	3,6	112,9	511
Rujan	1163,1	34892	2,8	83,0	421
Listopad	756,0	23436	2,0	60,5	387
Studeni	436,1	13084	0,9	27,0	485
Prosinac	407,1	12619	0,6	17,5	721
Godina		**282332**		**942,1**	

Određivanje optimalne površine sunčevih kolektora

Pri proračunu optimalne površine kolektora vodi se računa o troškovima ugradnje solarnih kolektora, cijeni energenta za dogrijavanje, te eventualnim investicijskim troškovima izgradnje novog termotehničkog sustava za dogrijavanje.

Optimalna površina sunčevih kolektora je ona koja daje minimalne ukupne godišnje troškove. U tu svrhu izračunavanju se ukupni godišnji troškovi za raspon mogućih površina kolektora (od 1 m² do prethodno određene maksimalne površine kolektora) i to u koracima od npr. 1 m². Za svaku površinu potrebno je odrediti godišnju iskorištenu toplinu u kolektorima i potrebnu godišnju toplinu za dogrijavanje. Za proračun troškova potrebno je pretpostaviti jediničnu cijenu investicije u instalaciju, cijenu energenta za dogrijavanje te predviđeni vijek trajanja sustava.

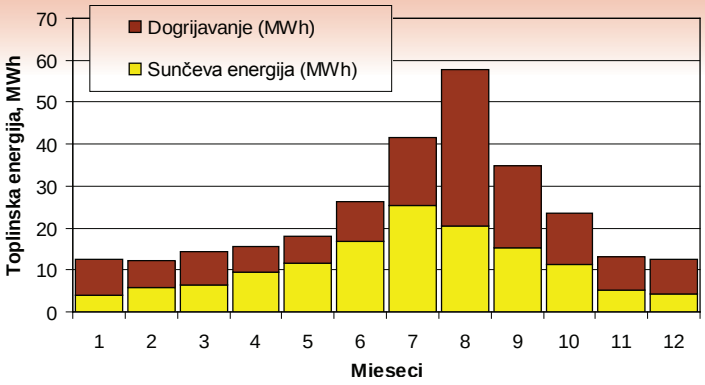
Ukupni godišnji troškovi pogona sustava za pripremu PTV-a u ovisnosti o ugrađenoj površini kolektora za navedeni primjer objekta, prikazani su na slici 5.54. Analiza godišnjih troškova koji uključuju troškove investicije i troškove pogona (energije za dogrijavanje) uz predviđeno trajanje sustava kolektora od 20 godina, pokazala je da bi optimalna površina solarnih kolektora bila 170 m², uz cijenu električne energije od 0,70 kn/kWh i prosječnim COP=3 dizalice topline.



Slika 5.54 Ovisnost godišnjih troškova pogona sustava za pripremu PTV-a o ugrađenoj površini kolektora (odabir optimalne površine solarnih kolektora uz najmanje ukupne troškove pogona)

Proračun iskorištene sunčeve energije

Za odabranu površnu kolektora izračunavaju se iskorištena toplina u sunčevim kolektorima i toplina potrebna za dogrijavanje. Za navedeni primjer to je prikazano na slici 5.55.



Slika 5.55 Udio sunčeve energije u ukupnoj potrebnoj toplini za pripremu PTV-a za predloženi sustav od 170 m² sunčevih kolektora

Izračunavanje ukupnih troškova mjere, ušteda i vremena povrata

U svrhu određivanja jednostavnog vremena povrata investicije za mjeru korištenja sunčeve energije za pripremu PTV-a, izračunavaju se troškovi investicije i godišnje uštede na energentu. Jednostavno vrijeme povrata investicije izračunava se kao omjer ukupnih investicijskih troškova i godišnjih ušteda.

Troškovi investicije u prikazanom primjeru sastoje se od sljedećeg:

- dobave i ugradnje solarnih kolektora površine 170 m² sa spojnim cjevovodima, armaturom, spremnicima, izmjenjivačima topline te nosivom potkonstrukcijom kolektorskog polja;
- dobave i ugradnje dizalice topline s izgradnjom sustava za korištenje morske vode kao toplinskog izvora.

Procijenjena investicija energane s dizalicom topline iznosi 700.000,00 kn. Temeljem informacija s tržišta, te podataka o troškovima sličnih sustava, ocjenjuje se investicija u sustav solarnih kolektora oko 425.000 kn, ili 2.500 kn za 1 m² instaliranih kolektora. Ukupna procijenjena investicija predložene mjere dakle iznosi 1.125.000,00 kn. Uz godišnju uštedu od 94.871,00 kn procijenjeno vrijeme povrata investicije iznosi oko 12 godina. Primjeri prikaza godišnjih ušteda i proračuna jednostavnog vremena povrata investicije dani su u tablicama 5.33 i 5.34.

Tab. 5.33 Proračun mjesečnih i godišnjih ušteda rekonstrukcijom sustava pripreme PTV instalacijom sunčevih kolektora i ugradnjom dizalice topline za dogrijavanje

Mjesec	Potrebna toplina za PTV (kWh)	Troškovi loživog ulja - postojeće stanje (kn)	Toplina iskorištena u kolektorima (kWh)	Dogrijavanje dizalicom topline (kWh)	Troškovi el. energije za pogon DT (kn)	Ušteda (kn)
Siječanj	12619	5664	8595	4024	939	4725
Veljača	12212	5481	6348	5864	1368	4113
Ožujak	14422	6473	7993	6429	1500	4973
Travanj	15701	7047	6248	9454	2206	4841
Svibanj	18027	8091	6342	11685	2726	5364
Lipanj	26169	11745	9313	16856	3933	7812
Srpanj	41463	18609	16121	25342	5913	12696
Kolovoz	57688	25891	37074	20614	4810	21081
Rujan	34892	15660	19752	15139	3533	12127
Listopad	23436	10518	12001	11435	2668	7850
Studeni	13084	5872	7833	5252	1225	4647
Prosinac	12619	5664	8246	4373	1020	4643
Godina	282332	126713	145864	136467	31842	94871

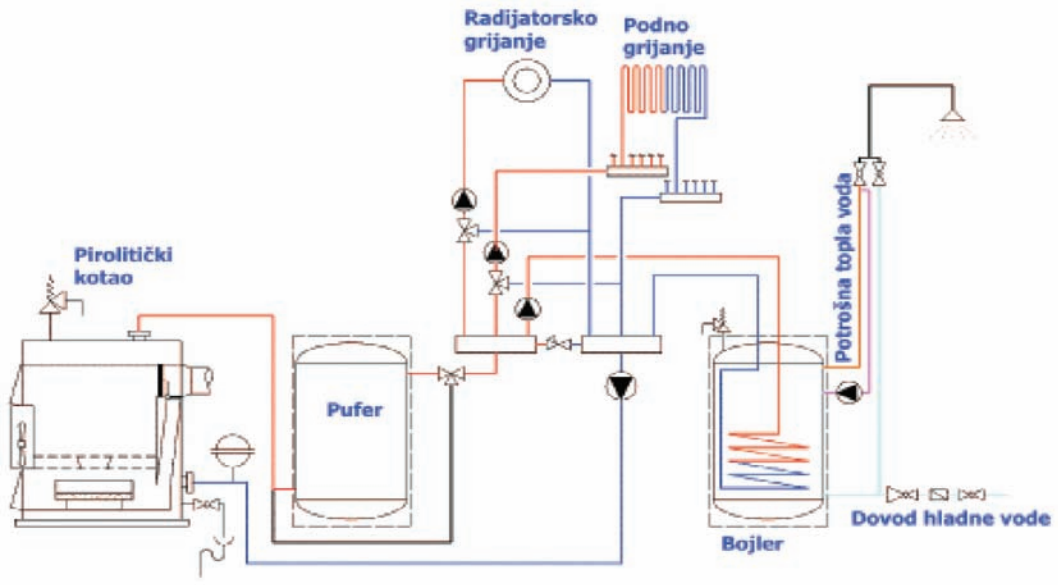
Tab. 5.34 Proračun vremena povrata investicije

Investicija	Uštede		Povrat
kn	kWh/god	kn/god	god
1.125.000,00	136467	94.871,00	11,9

5.9.2. Biomasa za grijanje izgaranjem

Općenito o mjeri

Biomasa je obnovljivi izvor energije koji uključuje ogrjevno drvo, grane i drvni otpad iz šumarstva, piljevinu, koru i drugi ostatak iz drvne industrije kao i slamu, kukuruzovinu, stabljike suncokreta, ostatke pri obrezivanju vinove loze i maslina, koštice višanja i kore jabuka iz poljoprivrede, životinjski izmet i ostatke od stočarstva, komunalni i industrijski otpad. Za praktično korištenje u sustavima grijanja koristi se na tržištu dostupna već pripremljena drvna biomasa u obliku cjepanica, briketa, peleta i sječke. Od kotlova mogu se koristiti pirolitički kotlovi loženi cjepanicama te kotlovi na pelete ili sječku s automatskim plamenikom.
Kod pirolitičkih kotlova drvo se u podstehiometrijskim uvjetima rasplinjava, a tako nastali plinovi odvode se u komoru izgaranja gdje u potpunosti izgaraju. Mogućnosti regulacije su iznimno dobre, a kotlovi su opremljeni mjernom i regulacijskom opremom za kontrolu temperatura, pretička zraka i sl. Pri uporabi pirolitičkih kotlova preporučuje se dimnjak osigurati od vlaženja ugradnjom prikladne dimovodne cijevi otporne na kondenzat. Za ispravan pogon grijanja kotla potrebno je opremiti instalaciju grijanja četveroputnim miješajućim ventilom ili spremnikom ogrjevne vode (pufer) koji osigurava da kotao veći dio vremena radi u optimalnom režimu. Ispravan rad kotla moguć je kod korištenja drvenih cjepanica s 15 - 25% vlage, a zabranjeno je izgaranje drugih vrsta goriva kao što su drvena strugotina, drvena prašina, kameni ugljen, koks, mrki ugljen, itd. Punjenje kotla dovoljno je za 8 do 10 sati rada i pri svakom ponovnom punjenju potrebno je provesti čišćenje izmjenjivača topline ručnim pokretanjem ugrađene poluge na kotlu. Pepeo nastao kod izgaranja pada kroz sapnicu u pepelnik koji je potrebno isprazniti i očistiti svakih 3 do 5 dana. Katran drveta nastao postupkom pirolize potrebno je barem jednom u mjesec dana očistiti struganjem. Shema spajanja pirolitičkog kotla loženog biomasom na sustav centralnog grijanja prikazana je na slici 5.56.



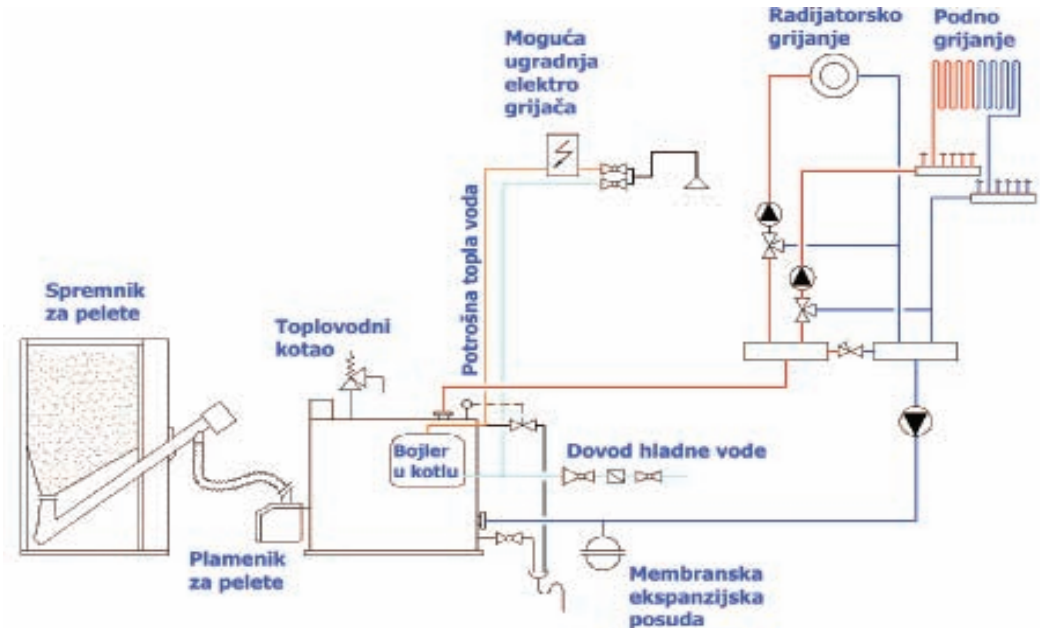
Slika 5.56 Shema spajanja pirolitičkog kotla loženog biomasom na sustav toplovodnog centralnog grijanja

Kotao na pelete ili sječku je standardni kotao na kruta goriva s ugrađenim automatiziranim sustavom za loženje koji se sastoji iz spremnika za pelete, transportera, plamenika, odgovarajućih kotlovskih vrata i kotlovske regulacije. Kotao na pelete traži više rada samog korisnika oko dopreme goriva, čišćenja i odvoza produkata izgaranja nego li je to slučaj kod kotla loženog loživim uljem. Preporuka je svakih 25 do 50 sati rada očistiti plamenik i ložište kotla. Intervali čišćenja mogu biti veći ili manji, ovisno o

kvaliteti goriva i učestalosti paljenja i gašenja plamenika. Svakih 5 do 10 dana potrebno je provjeriti količinu pepela i isprazniti ga, kontrolirati naslage u ložištu kotla i na rešetki plamenika i po potrebi ih očistiti. Shema spajanja kotla na pelete na sustav toplovodnog centralnog grijanja prikazana je na slici 5.57.

Uz kotlovnicu treba osigurati pogodan prostor za skladištenje biomase. Prostor mora biti primjerene veličine kako se ne bi morao prečesto puniti uslijed čega se štedi na troškovima transporta biomase.

Iako učinkovitost kotla na biomasu nije veća u odnosu na kotao na loživo ulje, uštede se mogu ostvariti na jeftinijem energentu. Kod peleta cijena za 1 kWh topline sadržane u gorivu iznosi oko 0,36 kn, dok je kod loživog ulja ta cijena 0,66 kn, dakle gotovo 2 puta veća. Usporedba cijena peleta, sječke i loživog ulja dana je u tablici 5.35.



Slika 5.57 Shema spajanja kotla loženog peletima na sustav toplovodnog centralnog grijanja

Tab. 5.35 Usporedba jediničnih cijena goriva

Gorivo	Donja ogrjevna moć kWh/kg	Gustoća kg/m³	Cijena goriva kn/kg	Cijena energije kn/kWh
LUEL	11,9	840	7,80	0,66
Peleti	5,24	650	1,89 (1,30)*	0,36 (0,25)
Sječka	2,67 (srednja)	450	0,40**	0,15

** Cijena uz poseban ugovor za veće količine*
*** Procjena na temelju cijena u susjednim zemljama*

Izračunavanje ukupnih troškova mjere, ušteda i vremena povrata.

Kao primjer, bit će predložena mjera zamjene postojećeg kotla na loživo ulje kotlom na biomasu loženog peletima ili kotlom loženog drvenom sječkom. Radi se o stambenoj zgradi sa sedam stambenih jedinica ukupne korisne površine oko 490 m^{2}. Ekonomski učinci mjere bit će izračunati na temelju godišnje potrebe za grijanje zgrade u iznosu 41.200 kWh korisne toplinske energije.

Budući da tržište peletima i sječkom u Hrvatskoj još nije razvijeno, teško je odrediti točnu cijenu energenta. Poznate su cijene peleta u maloprodaji za manje potrošače gdje se peleti isporučuju u vrećama od 15 kg te im je cijene viša (1,89 kn/kg s dostavom). Za veće potrošače cijena se ugovara posebnim ugovorom i može biti manja od ove maloprodajne cijene peleta u vrećama.

Cijena sječke na hrvatskom tržištu još nije definirana, pošto još ne postoji formirano tržište ove vrste goriva, ali je prema iskustvima iz susjednih zemalja moguće okvirno definirati cijenu. Nabavna cijena drvne sječke iz prosušenog tvrdog listopadnog drva, prosječne gustoće 500 kg/m^3 iznosi oko 300 kn po toni. Za izračun troškova energije korišteni su podaci o gorivima navedeni u tablici 1. U navedene cijene uključeni su i troškovi transporta goriva.

Potrošnja energije, energenta i uštede na energentu za varijante kotla na pelete i kotla na sječku, prikazane su u tablicama 5.36 i 5.37. Pri analizi potrošnje goriva usvojeno je da prosječni stupanj djelovanja postojećeg kotla na loživo ulje i novog kotla na pelete iznosi 0,75, a stupanj djelovanja kotla na sječku 0,70.

Tab. 5.36 Potrošnja energije, energenta i uštede na energentu uporabom kotla na pelete

Mjesec	Potrebna energija za grijanje [kWh]	Potrošnja loživog ulja [kg]	Cijena loživog ulja [kn]	Potrošnja peleta [kg]	Cijena peleta [kn]	Ušteda kod uporabe peleta [kn]
Siječanj	9690	1086	8470,80	2466	4660,74	3810,06
Veljača	7459	836	6520,80	1898	3587,22	2933,58
Ožujak	5917	663	5171,40	1506	2846,34	2325,06
Travanj	2378	266	2074,80	605	1143,45	931,35
Svibanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Lipanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Srpanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Kolovoz	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Rujan	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Listopad	1356	152	1185,60	345	652,05	533,55
Studeni	5545	621	4843,80	1411	2666,79	2177,01
Prosinac	8855	992	7737,60	2253	4258,17	3479,43
UKUPNO	**41200**	**4616,00**	**36004,80**	**10484**	**19814,76**	**16190,04**

Tab. 5.37 Potrošnja energije, energenta i uštede na energentu uporabom kotla na sječku

Mjesec	Potrebna energija za grijanje [kWh]	Potrošnja loživog ulja [kg]	Cijena loživog ulja [kn]	Potrošnja drvene sječke [kg]	Cijena drvene sječke [kn]	Ušteda kod uporabe sječke [kn]
Siječanj	9690	1086	8470,80	5185	2074,00	6396,80
Veljača	7459	836	6520,80	3991	1596,40	4924,40
Ožujak	5917	663	5171,40	3166	1266,40	3905,00
Travanj	2378	266	2074,80	1272	508,80	1566,00
Svibanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Lipanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Srpanj	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Kolovoz	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Rujan	0	0	0,00	0	0,00	0,00
Listopad	1356	152	1185,60	726	290,40	895,20
Studeni	5545	621	4843,80	2967	1186,80	3657,00
Prosinac	8855	992	7737,60	4738	1895,20	5842,40
UKUPNO	**41200**	**4616,00**	**36004,80**	**22045**	**8818,00**	**27186,80**

Ukupni troškovi primjene mjere sastoje se većim dijelom od troškova investicije. Troškovi investicije uključuju demontažu postojećeg kotla, dobavu i ugradnju novog kotla na kruto gorivo učinka 30 kW s regulacijom temperature, spremnikom, transporterom i plamenikom za pelete, uređenje skladišta za biomasu, uređenje i prilagodba elektroinstalacije kotlovnice, dobavu i ugradnju ili uređenje postojećeg dimnjaka dimenzija u skladu s uvjetima ugradnje, ispitivanje uređaja i sigurnosne opreme, puštanje u pogon te funkcionalno ispitivanje sustava grijanja.

Investicija se procjenjuje na 60.000,00 kn. Cijene mogu značajnije varirati ovisno o lokaciji kotlovnice, izvoditelju, stvarnim troškovima instalacije, potrebi izgradnje spremnika biomase i sl. Pri ugradnji kotla na pelete uz godišnju uštedu od 16.190,00 kn, procijenjeno vrijeme povrata investicije iznosi 3,7 godina. Pri uporabi kotla na sječku vrijeme povrata još je i kraće. Međutim treba napomenuti da tržište sječke kao ogrjeva ne postoji te bi moglo biti poteškoća oko nabavke ogrijevne sječke, a i navedena cijena sječke je samo ilustrativna. Stoga se mjera ugradnje kotla na sječku mora uzimati s oprezom.
Kada se predlaže mjera korištenja biomase umjesto lož ulja kao energenta treba predložiti kotao na pelete. Primjeri proračuna jednostavnog vremena povrata investicije dani su u tablicama 5.38. i 5.39.

Tab. 5.38 Proračun jednostavnog vremena povrata investicije za slučaj kotla na pelete uz maloprodajnu cijenu peleta (1,89 kn/kg s dostavom)

Investicija	Uštede	Povrat
kn	kn/god	god
60.000,00	16.190,00	3,7

Tab. 5.39 Proračun jednostavnog vremena povrata investicije za slučaj kotla na sječku

Investicija	Uštede	Povrat
kn	kn/god	god
60.000,00	27.187,00	2,2

5.9.3. Geotermalna energija

Općenito o mjeri

Geotermalna energija u širem smislu je toplinska energija koja potječe iz zemlje, a uzrok joj je u toplini zemljine jezgre i tamošnjim kemijskim i fizikalnim procesima. Gustoća prosječnog toplinskog toka iz zemlje prema površini iznosi 0,06 W/m^2 i u pravilu je premala za direktno korištenje. Korištenje geotermalne energije zato je pogodnije na mjestima tzv. geotermalnih anomalija – geotermalnih izvora, tj. na mjestima intenzivnijeg prodora ili izvora toplog medija (vode ili pare) iz dubine prema površini. Osim korištenja geotermalne energije na mjestima geotermalnih izvora moguće je korištenje topline zemlje pomoću vertikalnih bušotina s cijevima za protok medija koji prenosi toplinu iz zemlje u isparivač dizalice topline.
Geotermalni izvori se, prema temperaturnoj razini, mogu podijeliti na visokotemperaturne (J>225°C), srednjotemperaturne (125°C<J<225°C) i niskotemperaturne (J<125°C). Visokotemperaturni geotermalni izvori koriste se za proizvodnju električne eneregije, dok su za primjenu u segmentu zgradarstva pogodni niskotemperaturni izvori. Ovisno o temperaturi izvora bira se i sustav za iskorištavanje geotermalne energije. Eksergetska iskoristivost geotermalnog izvora najveća je u slučajevima kaskadnog korištenja, što podrazumijeva sukcesivno korištenje istog geotermalnog izvora od sustava koji rade na višoj temperaturnoj razini prema onima koji trebaju toplinu na nižoj temperaturnoj razini.

U smislu predlaganja mjera za povećanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu i smanjenje emisija CO_2, geotermalnu energiju u segmentu zgradarstva moguće je, iako u vrlo rijetkim slučajevima, koristiti na 3 osnovna načina.
1. Direktno korištenje geotermalne vode u sustavu grijanja u kojemu se toplina preko izmjenjivača topline predaje s geotermalne vode na medij u sustavu grijanja koje može biti klasično radijatorsko grijanje ili niskotemperaturno površinsko grijanje, što ovisi o temperaturi izvora.
2. Korištenje geotermalne vode kao izvora topline za dizalicu topline spojenu na sustav radijatorskog grijanja (visokotemperaturna dizalica topline) ili niskotemperaturno površinsko grijanje.
3. Korištenje vertikalnih bušotina za iskorištavanje topline tla kao izvora za dizalicu topline spojenu na sustav niskotemperaturnog površinskog grijanja.

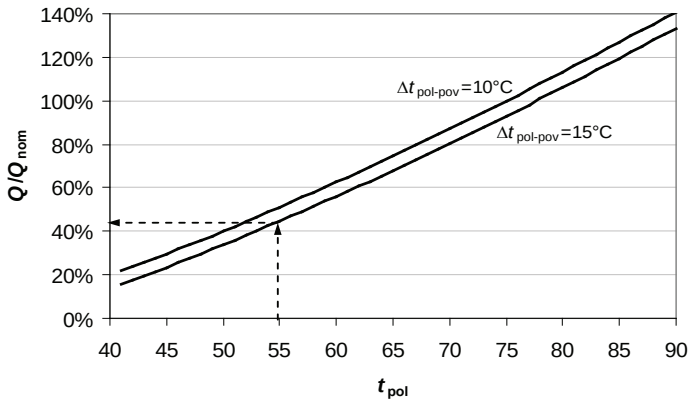
Koji će se način koristiti ovisi o raspoloživosti i temperaturnoj razini geotermalnog izvora.
Prva dva slučaja mogu se koristiti samo u blizini izvora geotermalne vode, a treći način moguće je primijeniti i tamo gdje nema izvora geotermalne vode, ali su ispunjeni ostali geološki uvjeti.

Izračunavanje ukupnih troškova mjere, ušteda i vremena povrata.

U nastavku će biti prikazan primjer modernizacije temotehničkog sustava u kojemu se predlaže zamjena kotla na loživo ulje sustavom za direktno korištenje topline geotermalne vode uz pretpostavku da na raspolaganju stoji izvor geotermalne vode temperature 58°C.

Ekonomski učinci mjere bit će izračunati za termotehnički sustav grijanja stambene zgrade površine 490 m^2 na temelju godišnje potrebne korisne toplinske energije za grijanje prostora u iznosu od 41200 kWh. Zgrada ima postojeći sustav radijatorskog centralnog grijanje s kotlovnicom na loživo ulje toplinskog učinka 30 kW. S obzirom da je radijatorsko grijanje projektirano da radi s višim temperaturama polaznog i povratnog voda nego što je temperatura raspoloživog toplinskog izvora, potrebno je voditi računa o ostvarivom toplinskom učinku radijatora postavljenih u grijani prostor. Moguće su dvije varijante. U prvoj varijanti, u kojoj su ogrjevna tijela u početku pravilno dimenzionirana te odaju potreban toplinski učin pri temperaturama polaznog i povratnog voda 75°C/65°C, bit će potrebno uzeti u obzir smanjenje toplinskog učinka zbog nižih temperatura (slika 5.58) i ugraditi dodatna ogrjevna tijela. To će implicirati i eventualnu zamjenu cirkulacijske pumpe razvoda grijanja.

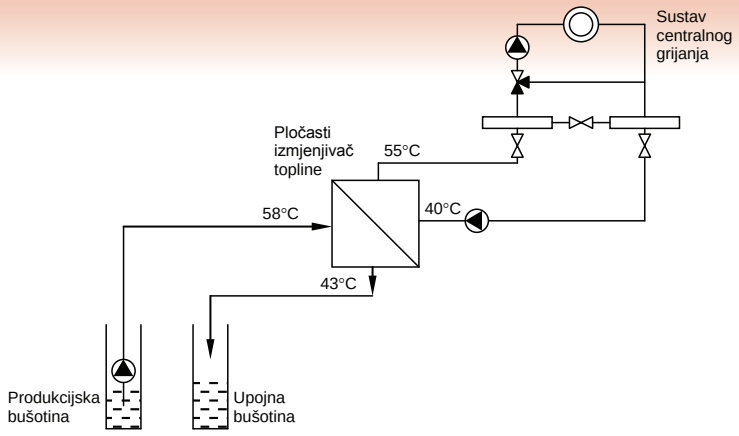
U drugoj varijanti, što se relativno često može desiti, da su ogrjevna tijela pri inicijalnom projektiranju predimenzionirana, ona mogu zadovoljiti i kod nižih temperatura polaznog voda.



Slika 5.58 Relativni učin radijatora u odnosu na standardni učin ($t_{pol-pov}$=75°C/65°C, t_u=20°C) u ovisnosti o temperaturi polaznog voda za temperaturu zraka u prostoriji t_u=20°C i razliku temperatura polaznog i povratnog voda $\Delta t_{pol-pov}$=10°C i $\Delta t_{pol-pov}$=15°C.

U predloženom slučaju postojeći radijatori, kod inicijalne ugradnje nisu bili predimenzionirani, zato je potrebno predvidjeti ugradnju dodatnih ogrjevnih tijela za zadovoljenje traženog toplinskog učinka. Pri tome će biti zadržana postojeća cirkulacijska pumpa, ali će biti postavljena na veću brzinu.

Predlaže se ugradnja sustava s pločastim izmjenjivačem topline učina 35 kW kroz koji u primarnom krugu teče geotermalna voda koja se crpi iz geotermalnog izvora, a u sekundarnom krugu je voda koja struji kroz instalaciju radijatorskog grijanja. Principijelna shema sustava, s predviđenim režimom temperatura, prikazana je na slici 5.59.



Slika 5.59 Principijelna shema indirektnog korištenja geotermalne vode za grijanje prostora u sustavu radijatorskog grijanja

Režim temperatura u krugu grijanja iznosi 55°C/40°C, što uzrokuje smanjenje toplinskog učinka ogrjevnih tijela na 45 % od nominalnog, tj. učin postojećih radijatora smanjio bi se s 30 kW na 13.5 kW. Zbog toga je predviđena ugradnja dodatnih ogrjevnih tijela i ponegdje zamjena ogrjevnih tijela učinkovitijima u sveukupnom iznosu od 16,5 kW.
Pri analizi potrošnje goriva i ušteda na gorivu, usvojeno je da prosječni stupanj djelovanja postojećeg kotla na loživo ulje iznosi 0,75, a cijena loživog ulja 7,80 kn/kg, ogrjevne moći 11,9 kWh/kg.
Prema članku 5 *Uredbe o visini naknade za korištenje voda* (NN 82/2010) visina naknade za korištenje termalne vode iznosi 1,60 kuna za m^3 zahvaćene vode, što je također uzeto u obzir prilikom proračuna godišnjih troškova energenata i ostvarivih ušteda. U ukupne godišnje troškove pogona sustava uzeta je u obzir i potrošnja električne energije pumpe geotermalne vode priključne električne snage 0,8 kW. Pri tome je predviđeno da sustav grijanja radi prosječno 10 sati dnevno tijekom sezone grijanja. Korištena je cijena električne energije od 0,90 kn/kWh. Analiza godišnjih troškova pogona i ostvarive uštede prikazane su u tablici 5.40.

Tab. 5.40 Pogonski troškovi postojećeg i predloženog sustava s izračunom godišnjih ušteda

Mjesec	Potrebna energija za grijanje kWh	Potrošnja loživog ulja kg	Cijena loživog ulja kn	El. energ. za pogon dodatne pumpe (kWh)	Troškovi el. energ. za pogon dodatne pumpe (kn)	Količina vode za Dt=15°C (m^3)	Cijena korištenja vode 1,60 kn/m^3 (kn)	Ušteda (kn)
Siječanj	9690	1086	8470,80	248	223,20	555	888,00	7359,60
Veljača	7459	836	6520,80	224	201,60	428	684,80	5634,40
Ožujak	5917	663	5171,40	248	223,20	339	542,40	4405,80
Travanj	2378	266	2074,80	240	216,00	136	217,60	1641,20
Listopad	1356	152	1185,60	248	223,20	78	124,80	837,60
Studeni	5545	621	4843,80	240	216,00	318	508,80	4119,00
Prosinac	8855	992	7737,60	248	223,20	508	812,80	6701,60
UKUPNO	**41200**	**4616**	**36004,80**	**1696**	**1526,40**	**2362**	**3779,20**	**30699,20**

Troškovi investicije u prikazanom primjeru sastoje se od sljedećih elemenata:
- izrada produkcijske i upojne bušotine geotermalne vode;
- dobava i ugradnja pumpe geotermalne vode s pripadnom armaturom i cjevovodima;
- dobava i ugradnje izmjenjivača topline s pripadnom armaturom i cjevovodima;
- dobava i ugradnja dodatnih radijatorskih članaka ukupnog toplinskog učinka 16,5 kW.

Procijenjena investicija izgradnje produkcijske i upojne bušotine s pripadajućom pumpom, izmjenjivačem topline, armaturom

i cjevovodima procjenjuje se na 65.000,00 kn. Prema informacijama s tržišta trošak dobave i ugradnje dodatnih radijatora (koji prosječno iznosi 1000 kn/kW) dodatnog toplnskog učina 16,5 kW iznosi 16.500,00 kn.

Ukupna procijenjena investicija predložene mjere dakle iznosi 91.500,00 kn. Uz godišnju uštedu od 30.699,00 kn, procijenjeno vrijeme povrata investicije iznosi 3 godine. Primjeri proračuna jednostavnog vremena povrata investicije dan je u tablici 5.41.

Tab. 5.41 Proračun jednostavnog vremena povrata investicije

Investicija	Uštede	Povrat
kn	kn/god	god
91.500,00	30.699,00	3,0

Cijene, a time i rok povrata investicije, mogu značajno varirati ovisno o lokaciji i dostupnosti geotermalnog izvora, vrsti terena, stvarnim troškovima izgradnje instalacije i sl. Stoga je proračun troškova investicije potrebno pomno proanalizirati za konkretan slučaj za koji se predlaže ova mjera.

5.9.4. Neposredno hlađenje podzemnom vodom

Općenito o mjeri

Neposredno hlađenje korištenjem podzemne vode ("free cooling") podrazumijeva aktivno hlađenje prostora korištenjem prirodne temperature podzemne vode bez dodatnog hlađenja rashladnog medija nekim tehničkim uređajem. Naravno, ovakav sustav moguće je izvesti u rijetkim slučajevima kada imamo na raspolaganju stalan i siguran izvor podzemne vode. Podzemna voda može biti vrlo pogodna za hlađenje prostora jer njena prosječna godišnja temperatura u pravilu iznosi između 8°C i 12°C, u primorju do 14°C. U proračunima se može uzeti da je temperatura podzemne vode približno jednaka srednjoj godišnjoj temperaturi okolišnog zraka. Na dubinama većim od 15 m temperatura podzemne vode se tijekom godine samo neznatno mijenja, dok na dubinama od oko 5 m godišnje oscilacije temperature iznose do 3°C (u kontinentalnom dijelu kreću se dakle između 8°C i 11°C, a u primorskom dijelu između 12°C i 14°C). Kako je ljeti temperatura unutar boravišnog prostora viša od temperature podzemne vode, podzemna se voda može direktno koristiti kao rashladni medij u sustavu visokotemperaturnog hlađenja.

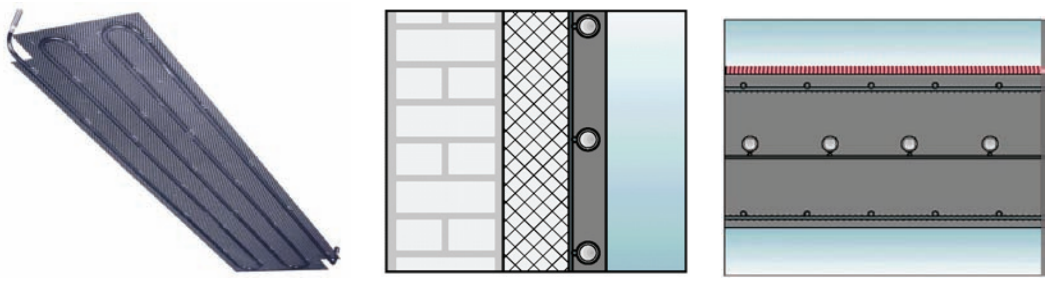
Zbog relativno male razlike temperatura rashladnog medija i hlađenog prostora, kako bi se mogli postići zadovoljavajući rashladni učinci, elementi za izmjenu topline u prostoru moraju imati veliku površinu. U tu se svrhu koriste sustavi površinskog hlađenja. Isti elementi izmjene topline u prostoru koristit će se zimi za grijanje prostora te možemo govoriti o zajedničkom sustavu za niskotemperaturno površinsko grijanje i visokotemperaturno površinsko hlađenje. Pri tome se koriste tri vrste sustava za izmjenu topline u prostoru:

a) sustavi panelog grijanja i hlađenja (zidno i podno grijanje, zidno i stropno hlađenje), slika 5.60a;

b) sustavi cijevi izoliranih od glavne strukture zgrade, slika 5.60b i

c) sustavi cijevi ugrađenih u osnovnu strukturu zgrade (Thermally Active Building System - TABS), slika 5.60c.

U postojećim zgradama najlakše je ugraditi predfabricirane panele za zidno i stropno hlađenje.



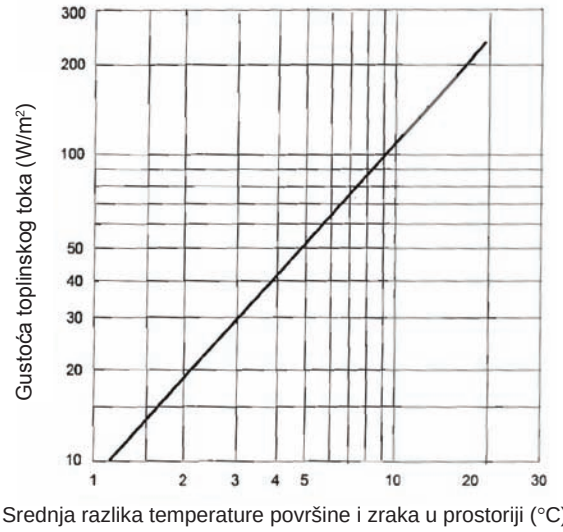
(a) (b) (c)

Slika 5.60 Sustavi izmjene topline u prostoru za visokotemperaturno hlađenje i niskotemperaturno grijanje: a-paneli, b-cijevi izolirane od glavne strukture, c-cijevi ugrađene u glavnu strukturu zgrade

Zbog malih razlika temperatura hlađenog prostora i površine panela, ostvarive gustoće toplinskog toka su relativno male pa je za osiguravanje potrebnog rashladnog učinka u prostoru potrebno imati velike površine za izmjenu topline, te stoga ovakvi sustavi nisu široko primjenjivi za instalaciju u postojećim zgradama, u kojima se od početka nije vodilo računa o razmještaju prostora i dovoljnoj površini. Prosječno ostvarive gustoće toplinskog toka stropnog hlađenja i podnog grijanja u ovisnosti o srednjoj temperaturnoj razlici prikazana je na slici 5.61. Ukupni koeficijenti prijelaza topline (konvekcijom i zračenjem) te minimalno dopuštene površinske temperature, navedene su u tablici 5.42.

Tab. 5.42 Ukupni koeficijenti prijelaza topline, minimalne prihvatljive površinske temperature i gustoće toplinskog toka za površinsko hlađenje (za temperaturu hlađenog prostora od 26°C)

	Ukupni koeficijent prijelaza topline (konvekcijom i zračenjem) W/m²K	Najmanja prihvatljiva temperatura površine °C	Najveća gustoća toplinskog toka W/ m²
Podno hlađenje	7	19	42
Zidno hlađenje	8	17	72
Stropno hlađenje	11	17	99



Slika 5.61Gustoća toplinskog toka pri stropnom hlađenju i podnom grijanju

Rashladni učinak površinskog hlađenja u prostoru može biti ograničen kako bi se izbjegla pojava rošenja na hlađenim stijenkama. Pri projektiranju, ugradnji i uporabi ovakvog sustava, najveću moguću pažnju treba posvetiti ovoj opasnosti od rošenja. Stoga je nužno predvidjeti aktivni sustav za odvlaživanje prostora, najčešće neki sustav s dizalicom topline.

Pored toga, u praksi se izbjegavanje rošenja osigurava ograničavanjem minimalne temperature u ovisnosti o trenutnoj vlažnosti unutrašnjeg zraka, tj. temperaturi rošenja. Aktivno razvlaživanje zraka smanjit će temperaturu rošenja i omogućiti primjenu niže temperature površinskog hlađenja, a time i veće rashladne učinke. Budući da smanjene temperature površinskog hlađenja povećavaju toplinsku neujednačenost prostora i smanjuju operativnu temperaturu prostora, treba paziti da se ne prijeđu temperaturne granice toplinske lagodnosti prostora. Temperatura hlađenih površina ne bi smjela biti manja od 17°C za zidno i stropno, odnosno 19°C za podno hlađenje. Uz to, operativna temperatura prostora morala bi se održavati unutar standardno zahtijevanih granica lagodnosti koja odgovara operativnim temperaturama od 23°C do 26°C.

Centralni sustav regulacije i upravljanja također je neophodan pri uporabi površinskog hlađenja. Zbog navedenih ograničenja u temperaturi rashladnih površina, a time i rashladnog učinka, sustav površinskog hlađenja neće biti u mogućnosti održavati temperaturu prostora konstantnom. Sustav regulacije i upravljanja treba osigurati najveći mogući rashladni učinak, ali vodeći računa i o toplinskoj lagodnosti (temperaturi ploha i zraka u prostoru) i o riziku od rošenja, tj. o vlažnosti zraka u prostoru. Sustav

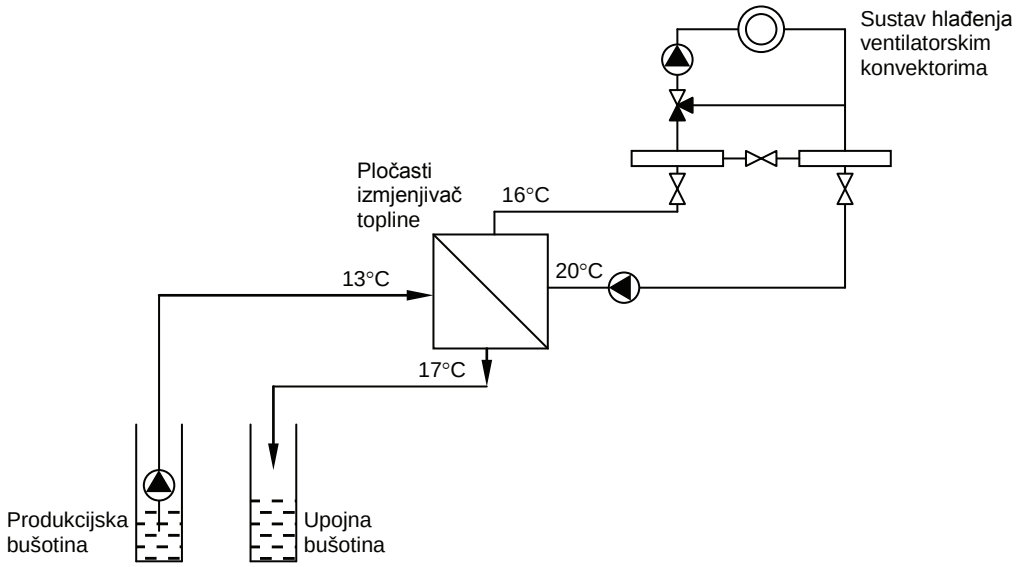
upravljanja regulirati će polaznu temperaturu hladne vode u ovisnosti o temperaturi rošenja zraka u prostoru, za što je obvezno ugraditi osjetnik vlažnosti zraka u prostoru i spojiti ga na sustav regulacije i upravljanja. Reguliranje temperature hladne vode u polazu na vrijednost manju od temperature rošenja zraka u prostoru, osigurava da će sve hlađane površine biti suhe.

Ovakav način hlađenja eksergijski je vrlo povoljan, a u pojedinim slučajevima može biti i ekonomski vrlo prihvatljiv jer se ne ulaže energija za dobivanje osnovnog rashladnog učinka, nego samo za pogon pomoćnih sustava (cirkulacija, razvlaživanje, regulacija). Pri tome treba imati na umu da energija pomoćnih sustava može biti značajno velika i obvezno se mora uzeti u proračun isplativosti sustava.

Sustav za površinsko hlađenje prostora može se kombinirati sa zračnim hlađenjem. U tome slučaju sustav površinskog hlađenja preuzima glavninu osjetne topline, a sustav hlađenja zraka preuzima latentnu toplinu. Na taj način smanjit će se točka rošenja zraka u prostoru i smanjiti opasnost o površinskog rošenja te tako omogućiti veći rashladni učinak koji se može ostvariti površinskim hlađenjem.

Umjesto elemenata za površinsko hlađenje u okviru sustava za neposredno hlađenje moguća je ugradnja ventilatorskih konvektora za izmjenu topline u hlađenom prostoru. Ova opcija ima prednost u tome što se takvim sustavom odvodi i vlaga iz prostora tako da nije potrebno ugrađivati posebne sustave odvlaživanja. Osim toga ugradnja ventilatorskih konvektora u postojeće građevine, umjesto sustava površinskog hlađenja, može biti jednostavnija i stoga prihvatljivija.

Kod korištenja podzemne vode za direktno hlađenje potrebno je izraditi dvije bušotine: proizvodnu i upojnu, slika 5.62. U proizvodnu bušotinu, koja treba biti izgrađena na način da osigura potrebnu izdašnost, ugrađuje se pumpa, dok se iskorištena voda vraća natrag u podzemni vodotok preko upojne bušotine. Udaljenost i međusobni položaj proizvodne i upojne bušotine trebaju biti takvi da se onemogući ponovno usisavanje već iskorištene vode. Obvezna je ugradnja toplinskog izmjenjivača između medija u krugu hlađenja i podzemne vode koji sprječava eventualno onečišćenje podzemnog vodotoka. Za korištenje podzemne vode potrebna je koncesija koju nakon prethodno pribavljenog stručnog mišljenja Hrvatskih voda daje nadležna županijska stručna služba. Naknade za korištenje podzemne vode definirane su *Uredbom o visini naknade za korištenje voda* (NN 82/2010).



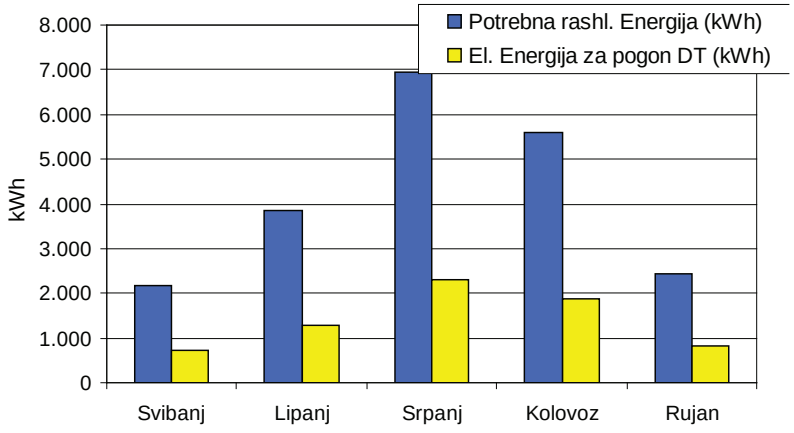
Slika 5.62 Principijelna shema sustava za direktno korištenje podzemne vode za hlađenje prostora

Izračunavanje ukupnih troškova mjere, ušteda i vremena povrata.

Pri predlaganju prelaska na sustav neposrednog hlađenja, pretpostavlja se da u zgradi već postoji neki „klasični" centralni sustav hlađenja. Primjer prijedloga mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti bazirat će se na primjeru zgrade koja već ima ugrađen centralni sustav hlađenja s dizalicom topline zrak-zrak i sustavom ventilatorskih konvektora. Moguće je predložiti i

ugradnju sustava površinskog zidnog i stropnog hlađenja, međutim to iziskuje veće intervencije u unutrašnji prostor pa je teže primjenjiva kao mjera kod postojećih objekata.
Postojeći sustav ventilatorskih konvektora predviđen je za rad s temperaturama polaznog i povratnog voda 7/12°C. Prilikom korištenja sustava neposrednog hlađenja, režim temperatura bi bio u primarnom krugu 13/17°C, a u sekundarnom krugu 16/20°C. Zbog viših temperatura hladne vode učinak ventilatorskih konvektora može se značajnije smanjiti tako da je potrebno ugraditi dodatne jedinice kako bi se ostvario traženi rashladni učin u prostoru. Samo u određenim slučajevima, kada su ventilatorski konvektori u početku predimenzionirani, biti će dovoljno postojeće jedinice postaviti na višu brzinu.
Ukupni godišnji troškovi pogona sustava hlađenja temeljeni su na dobicima topline zgrade korisne površine 490 m^2 i potrebnog rashladnog učinka od 30 kW, te ekvivalentnom broju sati rada sustava tijekom sezone hlađenja od 700 sati rada maksimalnim učinkom.

Proračunata potrebna rashladna energija navedene zgrade po mjesecima kao i potrebna potrošnja električne energije za pogon kompresora postojeće dizalice topline dana je na slici 5.63.



Slika 5.63 Potrebna rashladna energija i potrošnja električne energije za pogon dizalice topline

Tab. 5.43 Potrošnja energije sustava neposrednog hlađenja podzemnom vodom i uštede u odnosu na sustav hlađenja s dizalicom topline

Mjesec	Potrebna rashl. energija (kWh)	El. energija za pogon DT (kWh)	Troškovi el. energije za pogon DT (kn)	El. energ. za pogon dodatne pumpe (kWh)	Troškovi el. energ. za pogon dodatne pumpe (kn)	Količina vode za Dt=4°C (m³)	Cijena korištenja vode 0,10 kn/m³ (kn)	Ušteda (kn)
Svibanj	2.164	721	649,20	248	223,20	465	46,50	379,50
Lipanj	3.859	1.286	1.157,70	240	216,00	829	82,90	858,80
Srpanj	6.935	2.312	2.080,50	248	223,20	1.491	149,10	1.708,20
Kolovoz	5.604	1.868	1.681,20	248	223,20	1.205	120,50	1.337,50
Rujan	2.438	813	731,40	240	216,00	524	52,40	463,00
Godina	**21.000**	**7.000**	**6.300,00**	**1.224**	**1.101,60**	**4.514**	**451,40**	**4.747,00**

Osnovne uštede ostvaruju se na uštedi električne energije potrebne za pogon kompresora dizalice topline koja u ovom slučaju ljeti više nije potrebna.
Osnovni troškovi prelaska na sustav neposrednog hlađenja su izgradnja proizvodne i upojne bušotine s cjevovodima, armaturom i pumpom kao i trošak ugradnje izmjenjivača topline između primarnog kruga podzemne vode i medija u razvodu kruga hlađenja. Budući da rashladni učinak postojećih ventilatorskih konvektora više neće biti dovoljan, potrebno je uračunati i trošak ugradnje dodatnih jedinica za 50% rashladnog učina inicijalno ugrađene opreme. Također u proračun troškova pogona

potrebno je uračunati potrošnju energije dodatne pumpe u proizvodnoj bušotini i troškove naknade za korištenje podzemne vode.

Pri proračunu pogonskih troškova korištena je cijena električne energije od 0,90 kn/kWh (s uračunatom cijenom angažirane snage) i prosječni COP=3 dizalice topline. Prema članku 5 *Uredbe o visini naknade za korištenje voda* (NN 82/2010) visina naknade za korištenje voda za potrebe grijanja i hlađenja stambenih građevina i poslovnih prostora, iznosi 0,10 kuna za m^3 zahvaćene vode.

Troškovi investicije u prikazanom primjeru sastoje se iz sljedećeg:
- izrade produkcijske i upojne bušotine;
- dobave i ugradnje pumpe podzemne vode s pripadnom armaturom i cjevovodima;
- dobave i ugradnje izmjenjivača topline s pripadnom armaturom i cjevovodima te
- Dobave i ugradnje dodatnih ventilatorskih konvektora ukupnog učina 15 kW (50% rashladnog učina inicijalno ugrađene opreme).

Procijenjena investicija izgradnje produkcijske i upojne bušotine s pripadajućom pumpom, izmjenjivačem topline, armaturom i cjevovodima procjenjuje se na 65.000,00 kn. Prema informacijama s tržišta trošak dobave i ugradnje dodatnih ventilatorskih konvektora (koji prosječno iznosi 3600 kn/kW) dodatnog rashladnog učina 15 kW iznosi 54.000,00.
Ukupna procijenjena investicija predložene mjere dakle iznosi 119.000,00 kn. Uz godišnju uštedu od 4.747,00 kn, procijenjeno vrijeme povrata investicije iznosi nešto više od 25 godina. Primjer proračuna jednostavnog vremena povrata investicije dan je u tablici 5.44.

Tab. 5.44 Proračun jednostavnog vremena povrata investicije

Investicija	Uštede		Povrat
kn	kWh/god	kn/god	god
119.000,00	5.776	4.747,00	25,1

Cijene, a time i rok povrata investicije, mogu varirati ovisno o lokaciji, izvoditelju, vrsti terena, dubini podzemne vode, stvarnim troškovima izgradnje instalacije i sl.

5.9.5. Integracija OIE u konstruktivne sustave zgrade

Dobro planiran energetski koncept ima veliki potencijal u smislu održivosti i povećanja energetske učinkovitosti. Najbolji rezultati postižu se integralnim planiranjem poboljšanja standarda, povećanja fleksibilnosti, smanjenja potrošnje energije, a time i troškova održavanja, te povećanja korištenja višefunkcionalnih elemenata i obnovljivih izvora energije.

Zbog svega navedenog, potrebno je znati kako alternativne i obnovljive izvore energije uspješno integrirati u postojeća i nova arhitektonska rješenja. Alternativni sustavi za opskrbu energijom u zgradama su svi oni sustavi koji na suvremen, ekološki i energetski učinkovit način proizvode energiju potrebnu za funkcioniranje zgrade. Tu ubrajamo obnovljive izvore energije, kogeneraciju i trigeneraciju, daljinsko grijanje i hlađenje, dizalice topline, itd. Od obnovljivih izvora energije u arhitekturi najviše se koriste:

- energija Sunca – sunčani sustavi za grijanje i potrošnu toplu vodu i fotonaponski sustavi
- energija vjetra – male vjetroturbine i vjetroelektrane
- energija biomase
- korištenje topline okoline - geotermalna energija, toplina površinskih voda i toplina plićih slojeva tla.

Elementi za proizvodnju energije iz energije Sunca ili vjetra novi su oblikovni element koji sudjeluje u energetskoj opskrbi zgrade i potrebno je poznavati osnove tehnologije kako bismo ih mogli uspješno integrirali u arhitektonska rješenja.

Slika 5.64 Primjeri integracije OIE-a u arhitektonska rješenja

5.9.6. Procedura priključka OIE-a i potrebne dozvole

U 88. broju izdanja Narodnih novina od 1. kolovoza 2012. objavljeni su Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije i Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije - dokumenti od velike važnosti za sve investitore u sektoru obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

Korištenjem obnovljivih izvora energije i kogeneracije ostvaruju se interesi Republike Hrvatske u području energetike, utvrđeni Strategijom energetskog razvitka Republike Hrvatske, zakonima i drugim propisima kojima se uređuje obavljanje energetskih djelatnosti, osobito u pogledu šireg korištenja vlastitih prirodnih energetskih resursa, dugoročnog smanjenja ovisnosti o uvozu energenata, učinkovitog korištenja energije i smanjenja utjecaja uporabe fosilnih goriva na okoliš, otvaranja novih radnih mjesta i razvoja poduzetništva u energetici, poticanja razvoja novih tehnologija i doprinosa lokalnoj zajednici te diverzifikacije proizvodnje energije i povećanja sigurnosti opskrbe.

Dodjela prava priključka na mrežu ostvaruje se prema stanju i uvjetima regulacijske sposobnosti i tehničko-tehnološkim mogućnostima elektroenergetskog sustava koje utvrđuje HEP – Operator prijenosnog sustava. U smislu prihvata veće proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana i sunčanih elektrana, a sukladno Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske, pravo priključka dodjeljuje se postupkom javnog natječaja.

Za pripremu i provedbu natječajnog postupka zadužen je Centar za praćenje poslovanja energetskog sektora i investicije (CEI). Natječaji se objavljuju u Službenom listu RH (Narodne novine) i sadrži minimalno sljedeće uvjete: natjecatelj mora biti upisan u sudski registar Republike Hrvatske s registriranim predmetom poslovanja "proizvodnja električne energije", natjecatelj mora dati izjavu o nekažnjavanju sukladno Zakonu o javnoj nabavi i minimalni rok za dostavu ponuda mora biti 90 dana od dana objave natječaja.

Ministarstvo gospodarstva u Odjelu za obnovljive izvore i energetsku učinkovitost vodi Registar projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača (Registar OIEKPP) koji su u sustavu poticanja, odnosno u procesu stjecanja statusa povlaštenog proizvođača. Registar OIEKPP je jedinstvena i aktualna evidencija o projektima obnovljivih izvora energije i kogeneracije u Republici Hrvatskoj, postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije, odnosno kogeneracijskim postrojenjima te povlaštenim proizvođačima na području Republike Hrvatske.

Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije utvrđuju se postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijska postrojenja koja se koriste za proizvodnju energije, propisuju uvjeti i mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih postrojenja te uređuju druga pitanja od značaja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije.Ovim Pravilnikom se propisuje oblik, sadržaj i način vođenja Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača.
Energetsko odobrenje za izgradnju postrojenja (u daljnjem tekstu: energetsko odobrenje) izdaje ministarstvo nadležno za energetiku (u daljnjem tekstu: Ministarstvo) na zahtjev fizičke ili pravne osobe. Postupak izdavanja energetskog odobrenja prethodi postupku izdavanja akta na temelju kojega se može pristupiti građenju. Za postrojenja koja se prema propisima koji uređuju gradnju smatraju jednostavnim građevinama nije potrebno ishoditi energetsko odobrenje.

6. ENERGETSKO CERTIFICIRANJE I ENERGETSKI PREGLEDI PREMA NAMJENI ZGRADA – PRIMJERI

6.1. STAMBENE ZGRADE

Osnovna podjela zgrada prema namjeni je na stambene i nestambene zgrade. Stambene zgrade dijele se na:

1. stambene zgrade s jednim stanom i stambene zgrade u nizu s jednim stanom za koje se izrađuje jedan energetski certifikat;

2. s dva i više stanova i zgrade za stanovanje zajednica (npr.: domovi umirovljenika, đački, studentski, radnički, odnosno dječji domovi, zatvori, vojarne i slično) za koje se u pravilu izrađuje jedan zajednički certifikat, a može se izraditi i zasebni energetski certifikat.

Prema starosti i vrsti gradnje, a u ovisnosti o zakonodavnom okruženju, postojeće zgrade u Hrvatskoj možemo podijeliti u karakteristične grupacije:
- zgrade građene prije 1940. godine
- zgrade građene u razdoblju od 1940. do 1970. godine
- zgrade građene u razdoblju od 1970. do (1980)1987. godine
- zgrade građene u razdoblju od (1980)1987. do 2006. godine
- novogradnja usklađena s današnjom regulativom.

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku, popisu stanovništva 2001. godine, te podacima o ukupno izdanim građevinskim dozvolama i izgrađenim zgradama u razdoblju 2001.-2010. godine u Republici Hrvatskoj je u 2010. godini evidentirano ukupno 149,38 milijuna četvornih metara korisne površine stambenih zgrada. Ukupna kvadratura nestambenih zgrada procijenjena je prema energetskoj bilanci Hrvatske i podacima o broju izdanih građevinskih dozvola i izgrađenoj površini u razdoblju 1994.-2010. godine, te iznosi u 2010. godini 43,38 milijuna četvornih metara korisne površine. Od toga je oko 9,58 milijuna četvornih metara korisne površine zgrada javne namjene, ili oko 22% ukupne površine nestambenih zgrada, ili oko 5% ukupne površine zgrada.
Iz svega navedenog vidljivo je da je zastupljenost stambenih zgrada dominantna, pa je i potencijal za energetske uštede najveći u sektoru stambenih zgrada.

U nastavku će se ukratko prikazati analiza jedne nove i jedne postojeće stambene zgrade i njihovi energetski certifikati.

6.1.1. Primjer 1 - nova višestambena zgradu u Koprivnici u pasivnom standardu gradnje / Izvor: EIHP

Jedna od prvih pozitivnih reakcija tržišta na energetsku certifikaciju zgrada je izgradnja nove višestambene zgrade u pasivnom standardu u Koprivnici u okviru programa poticane stanogradnje gradske agencije APOS. Useljenje prvih stanara bilo je krajem kolovoza 2011.g. Investicija je iznosila oko 11 mil. kn (1.446.666 eura), a prodajna cijena kvadrata stana 7500 kn (1000 eura). Projekt je planiran po investicijskom modelu koji obuhvaća projektiranje i izvođenje, a izradila ga je tvrtka Tehnika d.d. iz Zagreba, dok je konzultantske usluge i potrebne proračune za postizanje pasivnog standarda te energetski certifikat izradio EIHP.

Zgrada ima ukupno 28 stanova, katnosti P_0 + P + 3, neto stambene površine 1.726,65 m^2.
U fazi izrade projekta planiran je suvremeni energetski koncept s ciljem postizanja standarda pasivne zgrade, odnosno energetskog razreda A+ s projektiranom potrošnjom toplinske energije za grijanje $QH,_{nd}$ <15 kWh/m^2a.
Svi koeficijenti prolaska topline kreću se u rasponu U= 0,1-0,18 W/m^2K. Prozori su s trostrukim izolacijskim ostakljenjem s plinovitim punjenjem i PVC okvirom s 5 komora, ukupni koeficijent prolaska topline je U= 1,0 W/m^2K.

Ugrađen je sustav mehaničke ventilacije s rekuperacijom otpadne topline zraka, visokoučinkovita dizalica topline (zrak-voda) učina grijanja 79,1 kW i učina hlađenja 88,4 kW, COP 3, radna tvar R410A, a za potrebe potrošne tople vode koristi se sustav sunčanih toplinskih kolektora, ukupne veličine 80 m^2. Rezervni toplinski sustav su 2 plinska kondenzacijska kotla nazivnog učina 90 kW. Spremnik topline volumena 4000l izoliran je s 100 mm mineralne vune s refleksivnim vanjskim slojem. U stanovima se koristi podno grijanje i hlađenje. Proračunske vrijednosti su:

$Q_{H,nd,STV}$ = 24.612 kWh/a, specifični 14,25 kWh/m^{2}a

$QH,_{nd,ref}$ iznosi 25.750 kWh/a, specifični 14,91 kWh/m^{2}a, A+ energetski razred.

PROJEKTNI ZADATAK

Prije početka projektiranja i u fazi idejnog rješenja izrađene su smjernice za projektiranje u svrhu postizanja pasivnog standarda gradnje.

ENERGETSKI UČINKOVITA OVOJNICA ZGRADE

Potrebe za toplinskom i rashladnom energijom u zgradi u najvećoj mjeri ovise o karakteristikama vanjske ovojnice. Građevinska konstrukcija i ovojnica trebaju koristiti povoljan utjecaj prirodnih elemenata kako bi se ostvarili povoljni uvjeti u unutarnjem prostoru. U arhitektonskom projektu potrebno je ostvariti povećanje energetske učinkovitosti, a u skladu s navedenim karakteristikama:

- Kontrolirati ulazak toplinskog zračenja od Sunca kako bi se smanjile potrebe za rashladnom energijom ljeti i omogućilo korištenje toplinskih dobitaka zimi. To je moguće ostvariti geometrijom konstrukcije npr. izvedbom istaka ili loggia dubine cca 1 m na južnom pročelju, korištenjem elemenata za zasjenjenje npr. vanjskim venecijanerima ili venecijanerima smještenima između ostakljenja, korištenjem vegetacije koja ljeti radi sjenu, a tijekom zime omogućuje prolazak sunčevog zračenja. Na južnom pročelju moguće je koristiti horizontalne istake za zasjenjenje, a na ostalim pročeljima se preporuča korištenje vanjskih venecijanera.
- Smjestiti što više ostakljenih elemenata na južno pročelje, a otvore na sjevernom pročelju smanjiti.
- Korištenje toplinske mase zgrade za zadržavanje topline korištenjem masivnih konstrukcija.
- Za staklene dijelove ovojnice ostvariti maksimalni koeficijent prolaska topline U= 0,7 W/m^{2}K, uz stupanj propuštanja energije ostakljenja g = 0,50, svjetlopropusnost 0,6-0,7 i zvučnu izolaciju od 38 do 44 dB.
- Preporučena vrijednost koeficijenta prolaska topline za prozore i vanjska vrata je U=0,8 W/m^{2}K što zahtijeva osim korištenja ostakljenja opisanih karakteristika također i kvalitetni prozorski okvir s ugrađenim toplinsko-izolacijskim materijalom ili 5 – komornim sustavom ako je izabran PVC okvir, te trostrukim sustavom brtvljenja. Preporuča se da prozor ima certifikat za pasivne kuće.
- Za pune (neprozirne) dijelove vanjske ovojnice koeficijent prolaska topline maksimalno do U = 0,15 W/m^{2}K.
- Toplinski izolirati sve konstrukcije vanjske ovojnice zgrade i ostvariti kontinuitet toplinsko-izolacijskog materijala bez prekida na mjestima promjene geometrije konstrukcije, promjene materijala ili građevinskog elementa. Na isti način je potrebno toplinski izolirati sve konstrukcije prema negrijanim prostorijama, prema tlu i iznad otvorenih prostora. Kvalitetna toplinska izolacija i kvalitetno brtvljenje elemenata osigurava visoki razred zrakonepropusnosti što je također jedan od uvjeta pasivnog standarda gradnje.
- Izbjeći negativan utjecaj toplinskih mostova na povećanje toplinskih gubitaka (transmisijskih i ventilacijskih) pravilnim rješavanjem detalja konstrukcije na mjestima promjene geometrije ili promjene elemenata.

Ove smjernice upućuju na primjenu suvremenih sustava vanjske ovojnice koja djeluje kao pasivni energetski sustav zgrade. Učinkovita vanjska ovojnica uzima u obzir granične parametre (u okolišu i unutarnjem prostoru) i nastoji ostvariti što manju potrošnju energije uz ostvarenje povoljnih unutarnjih klimatskih uvjeta.

U projektiranju je potrebno poštivati principe pasivnog standarda gradnje i postići godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje QH,nd= 15 kWh/m^2. Planirana toplinska zaštita zgrada ostvarit će u energetskom certifikatu koji će se izraditi nakon izgradnje A+ razred energetske potrošnje. To znači da $Q_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje u kWh/m^{2}a mora biti manja od 15 kWh/m^2, za referentne klimatske podatke.

ENERGETSKI UČINKOVIT PRISTUP UNUTRAŠNJEM OBLIKOVANJU

U projektiranju, posebnu pažnju treba posvetiti zoniranju unutar građevina, s obzirom na mikroklimatske uvjete i energetske potrebe pojedinih prostora. Tražene karakteristike unutarnjih klimatskih uvjeta:

- Sprječavanje sindroma bolesne zgrade;
- Ostvarivanje doprinosa na temu zaštite okoliša do poboljšanja kvalitete rada i života;
- Organiziranje aktivnosti sličnih funkcionalnih karakteristika i energetskih potreba u zone;
- Automatizacija i upravljanje energetskih sustava zgrade;
- Mogućnost upravljanja i regulacije unutarnjih klimatskih uvjeta, odnosno opskrbe toplinskom energijom za grijanje i hlađenje te ventilacije pojedinačno u svakom prostoru korištenjem toplinskih podstanica za svaki stan;
- Izbor i kontrola optimalne temperature zraka u prostoru – u sezoni hlađenja do 4°C niže od vanjske temperature, u sezoni grijanja preporučljivo od 20 do 24°C;
- Mogućnost ostvarivanja povoljnih unutarnjih klimatskih uvjeta tijekom cijele godine;
- Korištenje prirodnog zasjenjenja gdje je to moguće;
- Omogućiti prirodno provjetravanje unutrašnjih prostora zgrade (stubišta i spremišta) i ostvariti mogućnost dvostranog prozračivanja;
- Ostvariti propisane razine zaštite od buke.

ENERGETSKI UČINKOVITI SUSTAVI GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE

U projektiranju strojarskih sustava potrebno je ispuniti sljedeće zahtjeve:

- Ostvariti mehaničku ventilaciju prostora s rekuperacijom otpadne topline pri čemu treba koristiti visoko učinkovite uređaje (stupanj povrata 75% ako je uređaj certificiran kod Passiv House Instituta ili 90% ako je izdan drugi važeći certifikat) i s minimalnom potrošnjom električne energije;
- Ostvariti zadovoljavajuću unutarnju klimu uz broj izmjena zraka izmedu unutrašnjeg i vanjskog prostora;
- Odabrati niskotemperaturno panelno grijanje i hlađenje bazirano u kombinaciji konvencionalnih i obnovljivih izvora energije;
- Korisiti sunčevu energiju za pripremu potrošne tople vode i proizvodnju električne energije;
- Optimirati duljine i dodatno toplinski izolirati cjevovode za dobavu toplinske energije za grijanje, hlađenje i potrošnu toplu vodu kako bi se smanjili gubici u distribuciji;
- Povećati toplinsku izolaciju spremnika za toplinsku energiju, uz korištenje međuspremnika optimiranog npr. za potrebe pripreme potrošne tople vode u ljetnom razdoblju;
- Koristiti vremensku regulaciju u sustavu grijanja, hlađenja i ventilacije;
- Za zimsko razdoblje osigurati predgrijavanje zraka prije ubacivanja u prostor;
- Ostvariti mogućnost dvostranog prozračivanja;
- Koristiti visoko učinkovitu opremu i uređaje u sustavu potrošnje električne energije.

U tablici 6.1. prikazan je sažetak proračuna energetskih svojstava zgrade

Tab. 6.1 Izvadak iz proračuna

Building:	Multiresidential building Lenisce Istok K-P31
Location and Climate:	Koprivnica Data1
Street:	
Postcode/City:	43000 Koprivnica
Country:	Croatia
Building Type:	housing
Home Owner(s) / Client(s):	Agency for social housing of City of Koprivnica
Street:	Zrinski trg 1
Postcode/City:	43000 Koprivnica
Architect:	Tehnika projektiranje d.o.o. Tanja Goleš, Architect
Street:	Ulica grada Vukovara 274
Postcode/City:	10000 Zagreb
Mechanical System:	Tehnika projektiranje d.o.o. Jelena Andlar, Mechanical Engineer
Street:	Ulica grada Vukovara 274
Postcode/City:	10000 Zagreb
Year of Construction:	2011
Number of Dwelling Units:	28
Enclosed Volume V_e:	4316,0 m^3
Number of Occupants:	75,0
Interior Temperature:	20,0 °C
Internal Heat Gains:	2,1 W/m²

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area

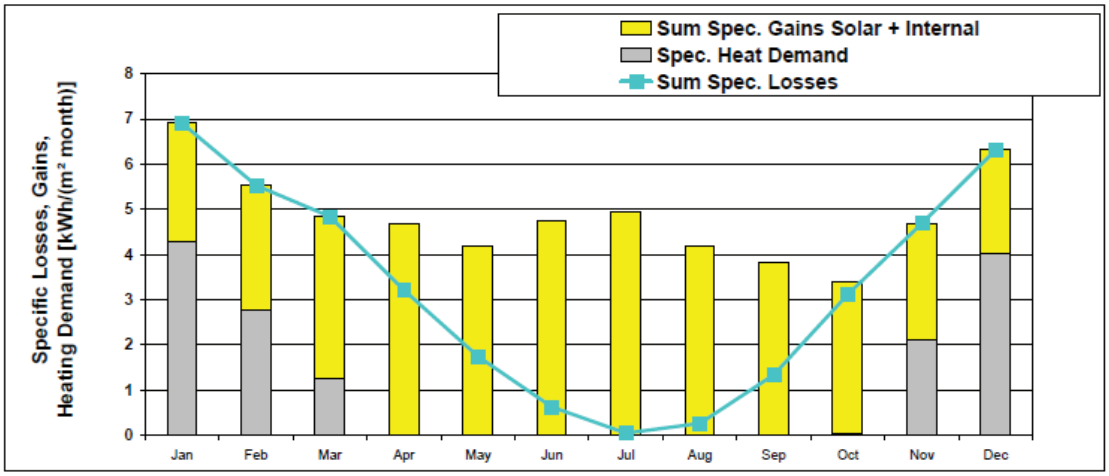
Treated Floor Area: 1726,7 m^2

	Applied:	Annual Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	14	kWh/(m^2a)	15 kWh/(m^2a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,2	h^{-1}	0,6 h^{-1}	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):		kWh/(m^2a)	120 kWh/(m^2a)	
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):		kWh/(m^2a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	0	kWh/(m^2a)		
Heating Load:	13	W/m^2		
Frequency of Overheating:	38	%	over 26 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m^2a)	15 kWh/(m^2a)	
Cooling Load:	9	W/m^2		

Climate: Data1
Building: Multiresidential building Lenisce Istok K-P31
Location: Koprivnica

Interior Temperature: 20 °C
Building Type/Use: housing
Treated Floor Area A_{TFA}: 1727 m²

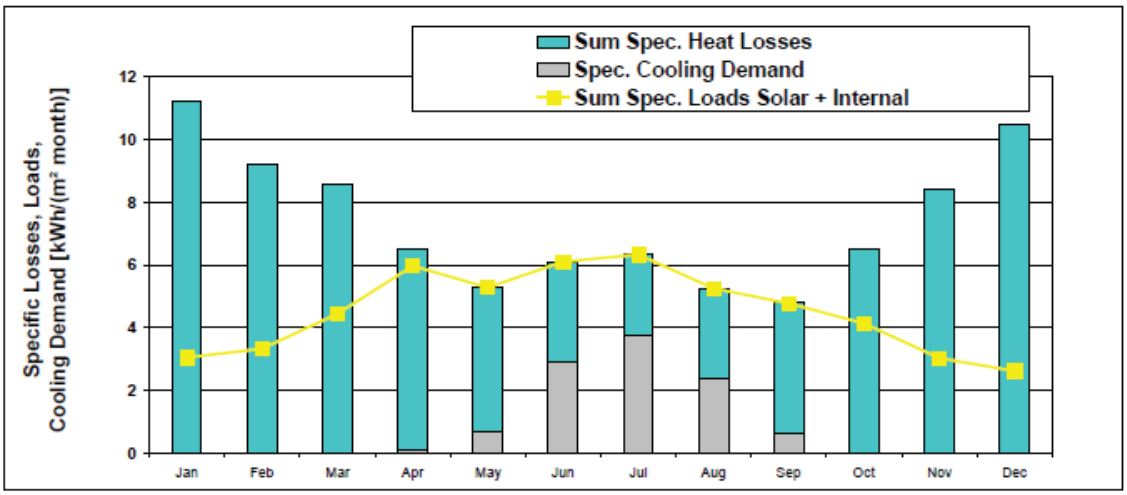
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	15,5	12,2	10,5	6,8	3,5	1,1	-0,1	0,5	3,0	7,1	10,6	14,2	85	kKh
Heating Degree Hours - G	8,2	8,2	9,1	7,8	5,6	3,5	1,9	1,0	1,0	2,8	4,4	6,5	60	kKh
Losses - Exterior	11285	8903	7655	4941	2569	809	-74	371	2225	5162	7748	10389	61982	kWh
Losses - Ground	630	634	697	598	429	268	148	76	78	216	338	501	4613	kWh
Sum Spec. Losses	6,9	5,5	4,8	3,2	1,7	0,6	0,0	0,3	1,3	3,1	4,7	6,3	38,6	kWh/m²
Solar Gains - North	416	563	963	2698	1587	2767	2767	1432	1041	733	438	325	15730	kWh
Solar Gains - East	113	164	287	376	455	458	489	443	353	232	120	80	3568	kWh
Solar Gains - South	1085	1321	1765	1721	1700	1582	1717	1850	1973	1765	1080	737	18298	kWh
Solar Gains - West	198	287	503	659	798	802	856	776	619	407	210	139	6254	kWh
Solar Gains - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Gains - Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Internal Heat Gains	2698	2437	2698	2611	2698	2611	2698	2698	2611	2698	2611	2698	31763	kWh
Sum Spec. Gains Solar +	2,6	2,8	3,6	4,7	4,2	4,8	4,9	4,2	3,8	3,4	2,6	2,3	43,8	kWh/m²
Utilisation Factor	100%	100%	100%	69%	41%	13%	1%	6%	35%	91%	100%	100%	55%	
Annual Heat Demand	7405	4764	2137	0	0	0	0	0	0	46	3627	6911	24890	kWh
Spec. Heat Demand	**4,3**	**2,8**	**1,2**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**2,1**	**4,0**	**14,4**	kWh/m²

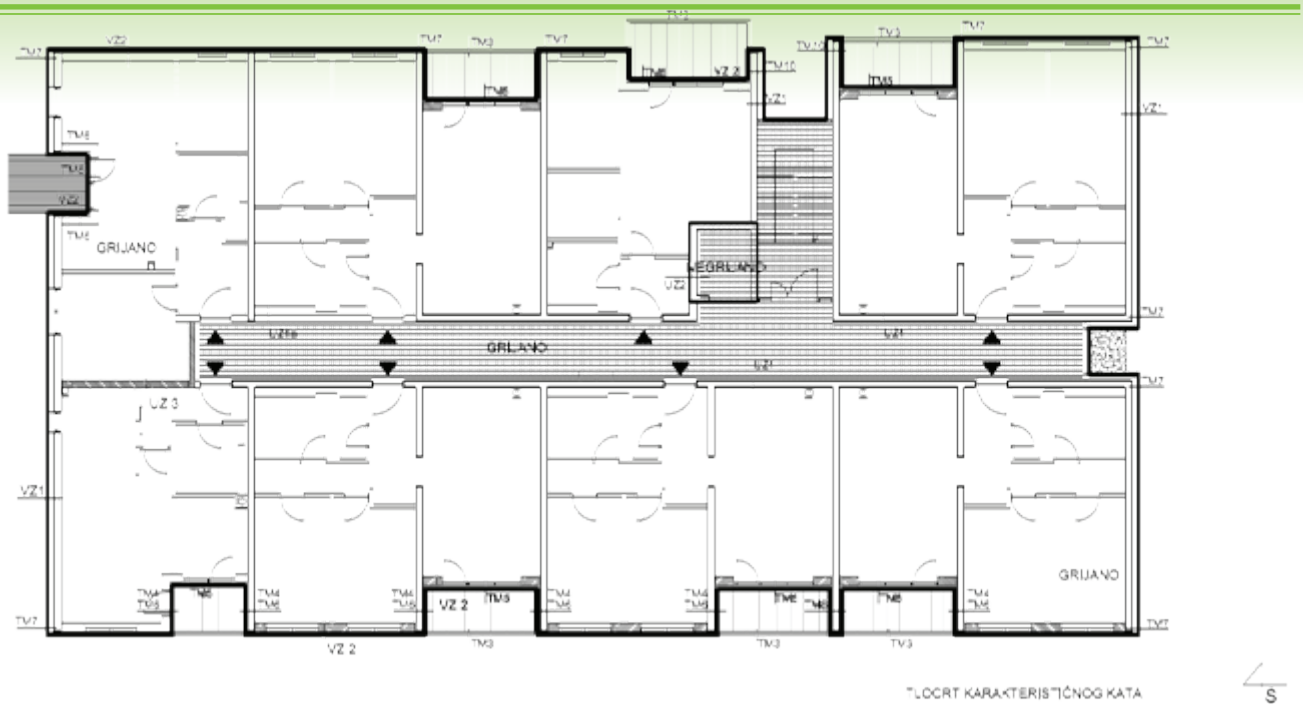


Climate: Data1
Building: Multiresidential building Lenisce Istok K-P31
Location: Koprivnica

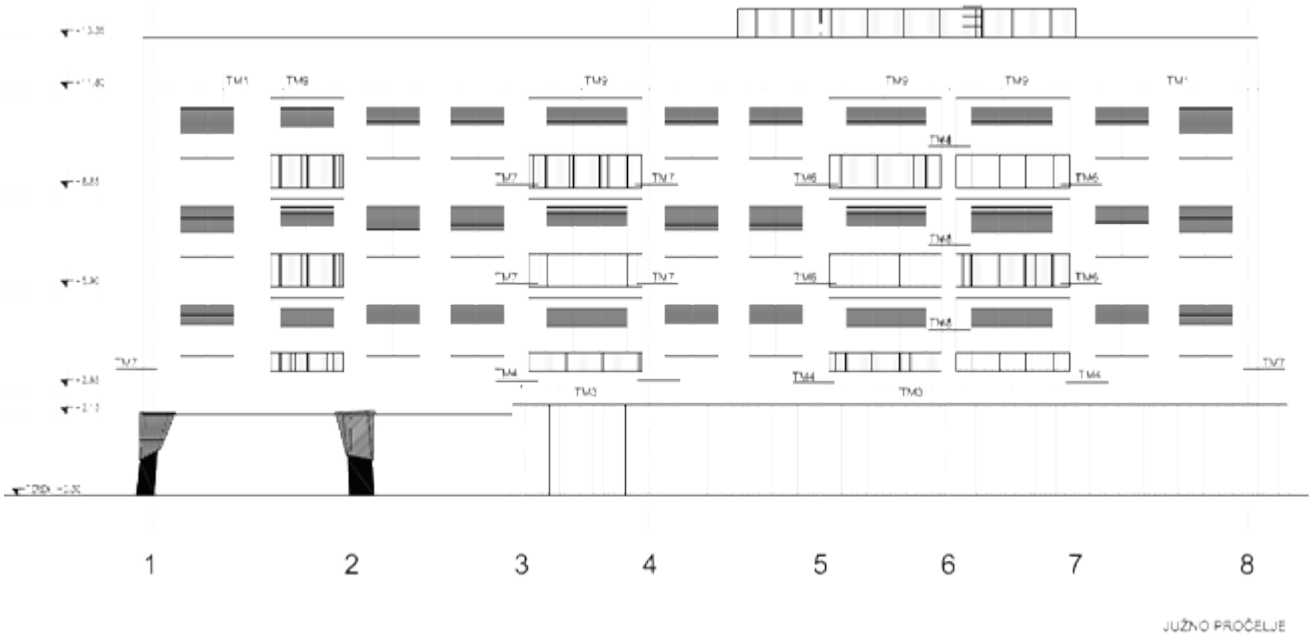
Interior Temperature: 26 °C
Building Type/Use: housing
Treated Floor Area A_{TFA}: 1727 m²

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year	
Heating Degree Hours - E	19,9	16,2	14,9	11,1	8,0	5,4	4,4	5,0	7,4	11,5	14,9	18,7	137	kKh
Heating Degree Hours - G	12,7	12,3	13,5	12,1	10,0	7,8	6,4	5,5	5,3	7,3	8,7	11,0	113	kKh
Losses - Exterior	18714	15243	14043	10416	7499	5100	4098	4671	6921	10835	14028	17561	129131	kWh
Losses - Ground	671	651	718	641	532	414	339	289	283	386	462	582	5969	kWh
Losses Summer Ventilatio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Sum Spec. Heat Losses	11,2	9,2	8,5	6,4	4,7	3,2	2,6	2,9	4,2	6,5	8,4	10,5	78,2	kWh/m²
Solar Load North	588	795	1360	3808	2241	3906	3906	2022	1469	1034	619	458	22208	kWh
Solar Load East	159	231	405	530	643	646	690	625	498	328	169	112	5038	kWh
Solar Load South	1532	1865	2492	2430	2400	2234	2424	2612	2786	2492	1525	1041	25833	kWh
Solar Load West	279	406	710	930	1127	1133	1209	1095	873	575	296	197	8830	kWh
Solar Load Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solar Load Opaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Internal Heat Gains	2698	2437	2698	2611	2698	2611	2698	2698	2611	2698	2611	2698	31763	kWh
Sum Spec. Loads Solar +	3,0	3,3	4,4	6,0	5,3	6,1	6,3	5,2	4,8	4,1	3,0	2,6	54,3	kWh/m²
Utilisation Factor Losses	27%	36%	52%	92%	99%	100%	100%	100%	99%	64%	36%	25%	56%	
Useful Cooling Energy De	0	0	0	168	1131	5016	6490	4091	1075	0	0	0	17973	kWh
Spec. Cooling Demand	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,1**	**0,7**	**2,9**	**3,8**	**2,4**	**0,6**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**10,4**	kWh/m²



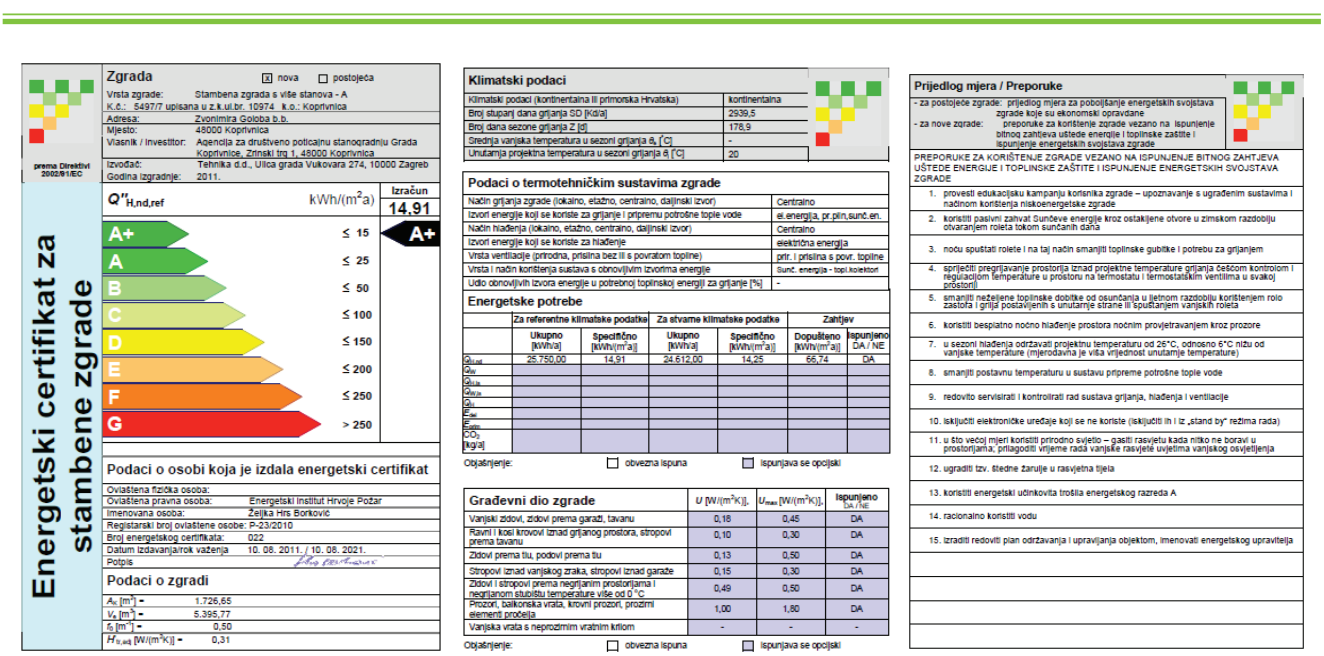


Slika 6.1 Tlocrt karakterističnog kata



Slika 6.2 Južno pročelje zgrade

Slika 6.3 Stambena zgrada u pasivnom standardu u funkciji



Zgrada ☒ nova ☐ postojeća

Vrsta zgrade:	Stambena zgrada s više stanova - A
K.č.: 5497/7 upisana u z.k.ul.br. 10974 k.o.: Koprivnica	
Adresa:	Zvonimira Goloba b.b.
Mjesto:	48000 Koprivnica
Vlasnik / Investitor:	Agencija za društveno poticajnu stanogradnju Grada Koprivnice, Zrinski trg 1, 48000 Koprivnica
Izvođač:	Tehnika d.d., Ulica grada Vukovara 274, 10000 Zagreb
Godina izgradnje:	2011.

prema Direktivi 2002/91/EC

Energetski certifikat za stambene zgrade

$Q''_{H,nd,ref}$	kWh/(m²a)	Izračun 14.91
A+	≤ 15	A+
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat

Ovlaštena fizička osoba:	
Ovlaštena pravna osoba:	Energetski institut Hrvoje Požar
Imenovana osoba:	Zeljka Hrs Borković
Registarski broj ovlaštene osobe:	P-23/2010
Broj energetskog certifikata:	022
Datum izdavanja/rok važenja	10. 08. 2011. / 10. 08. 2021.
Potpis	

Podaci o zgradi

A_k [m²] =	1.726,65
V_e [m³] =	5.395,77
f_0 [m⁻¹] =	0,50
$H'_{T,adj}$ [W/(m²K)] =	0,31

Klimatski podaci

Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska Hrvatska)	kontinentalna
Broj stupanj dana grijanja SD [Kd/a]	2939,5
Broj dana sezone grijanja Z [d]	178,9
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja ϑ_e [°C]	-
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja ϑ_i [°C]	20

Podaci o termotehničkim sustavima zgrade

Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	Centralno
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople vode	el.energija, pr.plin,sunč.en.
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor)	Centralno
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	električna energija
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline)	prir. i prisilna s povr. topline
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	Sunč. energija - topl.kolektori
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje [%]	-

Energetske potrebe

	Za referentne klimatske podatke		Za stvarne klimatske podatke		Zahtjev	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m²a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m²a)]	Dopušteno [kWh/(m²a)]	Ispunjeno DA / NE
$Q_{H,nd}$	25.750,00	14,91	24.612,00	14,25	66,74	DA
Q_{W}						
$Q_{H,ls}$						
$Q_{W,ls}$						
Q_{H}						
E_{W}						
$E_{W,ls}$						
CO_2 [kg/a]						

Objašnjenje: ☐ obvezna ispuna ☐ ispunjava se opcijski

Građevni dio zgrade	U [W/(m²K)],	U_{max} [W/(m²K)],	Ispunjeno DA / NE
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, tavanu	0,18	0,45	DA
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema tavanu	0,10	0,30	DA
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu	0,13	0,50	DA
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	0,15	0,30	DA
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C	0,49	0,50	DA
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja	1,00	1,80	DA
Vanjska vrata s neprozirnim vratnim krilom	-	-	-

Objašnjenje: ☐ obvezna ispuna ☐ ispunjava se opcijski

Prijedlog mjera / Preporuke

- za postojeće zgrade: prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane
- za nove zgrade: preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade

PREPORUKE ZA KORIŠTENJE ZGRADE VEZANO NA ISPUNJENJE BITNOG ZAHTJEVA UŠTEDE ENERGIJE I TOPLINSKE ZAŠTITE I ISPUNJENJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

1. provesti edukacijsku kampanju korisnika zgrade – upoznavanje s ugrađenim sustavima i načinom korištenja niskoenergetske zgrade
2. koristiti pasivni zahvat Sunčeve energije kroz ostakljene otvore u zimskom razdobilju otvaranjem roleta tokom sunčanih dana
3. noću spuštati rolete i na taj način smanjiti toplinske gubitke i potrebu za grijanjem
4. sprječiti pregrijavanje prostorija iznad projektne temperature grijanja češćom kontrolom i regulacijom temperature u prostoru na termostatu i termostatskim ventilima u svakoj prostoriji
5. smanjiti neželjene toplinske dobitke od osunčanja u ljetnom razdobilju korištenjem rolo zastora i grilja postavljenih s unutarnje strane ili spuštanjem vanjskih roleta
6. koristiti besplatno noćno hlađenje prostora noćnim provjetravanjem kroz prozore
7. u sezoni hlađenja održavati projektnu temperaturu od 26°C, odnosno 6°C niže od vanjske temperature (mjerodavna je viša vrijednost unutarnje temperature)
8. smanjiti postavnu temperaturu u sustavu pripreme potrošne tople vode
9. redovito servisirati i kontrolirati rad sustava grijanja, hlađenja i ventilacije
10. isključiti elektronske uređaje koji se ne koriste (isključiti ih i iz „stand by" režima rada)
11. u što većoj mjeri koristiti prirodno svjetlo – gasiti rasvjetu kada nitko ne boravi u prostorijama, prilagoditi vrijeme rada vanjske rasvjete uvjetima vanjskog osvjetljenja
12. ugraditi tzv. štedne žarulje u rasvjetna tijela
13. koristiti energetski učinkovita trošila energetskog razreda A
14. racionalno koristiti vodu
15. izraditi redoviti plan održavanja i upravljanja objektom, imenovati energetskog upravitelja

Slika 6.4 Prve tri stranice energetskog certifikata zgrade

6.1.2. Primjer 2 - postojeća višestambena zgrada u Zagrebu - detaljni energetski pregled i prijedlog za povećanje energetske učinkovitosti pri obnovi zgrade Iblerovog nebodera / Izvor: Planetaris

Cilj ove analize je utvrditi mogućnost povećanja energetske učinkovitosti u zgradi koja je zaštićeni spomenik kulture, a za koju je planirana nužna obnova zbog dotrajalosti.
Stambeno poslovna zgrada na Iblerovom trgu 7 ("Iblerov neboder") nalazi se u Zagrebu, na k.č. 6082 k.o. Centar. Zgrada je izgrađena 1956. godine. Ukupna korisna grijana površina zgrade je 5.163,18 m^2, i za potrebe proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje podijeljena je u pet toplinskih zona. Prema proračunatoj potrošnji energije za grijanje, zgrada ulazi u energetski razred **E** s referentnom vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje od **164,87 kWh/m^{2}a**.

U zgradi Iblerovog nebodera za zadovoljavanje energetskih potreba koriste se **električna energija i prirodni plin**.

Električna energija koristi se za rasvjetu, za rad svih električnih uređaja u sustavu grijanja, pripreme potrošne tople vode (cirkulacijske pumpe), decentralnom sustavu hlađenja (pogon split/multisplit klima uređaja), sustavu ventilacije podruma (pogon tlačnih i odsisnih ventilatora), za rad uredske opreme u poslovnom dijelu zgrade, te za pogon dizala.

Prirodni plin koristi se kao energent za pogon dva standardna toplovodna kotla proizvođača GRIJANJE Zagreb tip ROBBY RV 500 ukupnog nazivnog učina 2 x 550 kW = 1.100 kW smještenih u podrumu zgrade te u kuhinjama u stambenom dijelu zgrade. Kotlovi su stari 21 godinu (godina proizvodnje 1991.). Jedan kotao je radni, a drugi rezervni.

U zgradi se Iblerovog nebodera voda koristi u sanitarnim prostorima za osobnu higijenu i ispiranje sanitarija, za potrebe kuhinja u stambenim prostorima, za nadopunu centralnog sustava grijanja. Također, se voda koristi za unutarnju hidrantsku mrežu.

Tab. 6.2 Referentne vrijednosti za prirodni plin za zgradu Iblerovog nebodera

Potrošnja energije i energenata	Jedinica	VRIJEDNOSTI PRORAČUNATE I STVARNE POTROŠNJE PRIRODNOG PLINA			
		Godišnja potrošnja	Godišnja potrošnja toplinske energije	Specifična godišnja potrošnja toplinske energije	Ref. godišnja emisija CO_2,
		[jedinica/ god.]	[kWh/god.]	[kWh/ m^{2}god.]	[t/god.]
Proračunata potrošnja energije za grijanje za stvarne klimatske podatke $Q_{H,nd}$	kWh		788.742	152,76	
Proračunata potrošnja energije za grijanje za referentne klimatske podatke $Q_{H,nd,ref}$	kWh		851.256	164,87	
Stvarna potrošnja prirodnog plina za grijanje i PTV	m_n^3	121.183	**1.122.233,69**	217,35	**230,248**

Tab. 6.3 Sažeti prikaz analiziranih mjera

Opis		investicija	uštede			JPP	Smanjenje CO_2 emisija
		kn	Toplinska energija (kWh)	Prirodni plin (m^3)	kn	(god)	kg/god
primarne mjere povećanja energetske učinkovitosti							
1	Rekonstrukcija ostakljenih konstrukcija vanjske ovojnice	326.214	343.213	45.755	189.744	2	86.934
2	Rekonstrukcija centralnog sustava pripreme PTV-a,ugradnja solarnih kolektora za pripremu PTV-a	300.000	50.803	6.757	28.021	11	12.838
	Suma investicija i ušteda	626.214	394.016	52.512	217.766	3	99.772
ostale mjere energetske učinkovitosti koje nisu financijski valorizirane							
3	Zamjena člankastih lijevano-željeznih radijatora u stambenom dijelu zgrade						
4	Ugradnja termostatskih radijatorskih setova na sve radijatore						
5	Ugradnja obloga sa stražnje strane radijatora postavljenih ispred staklenih površina						
6	Ugradnja štedne armature na izljevnim mjestima						
7	Ugradnja mjerila utrošene toplinske energije na pojedine polazne vodove centralnog sustava grijanja						
8	Zamjena postojećih ogrjevnih tijela - radijatora u poslovnim prostorima zgrade koji iziskuju i grijanje i hlađenje s ventilokonvektorima četverocijevne izvedbe						

Ako se implementiraju predviđene mjere energetske učinkovitosti, potrebna toplinska energija za grijanje zgrade će biti $Q_{H,nd}$=445.529 kWh/god. za stvarne klimatske podatke, odnosno $Q_{h,nd,ref}$=482.505 kWh/god. za referentne klimatske podatke sa specifičnom potrebnom toplinskom energijom za grijanje od 93,45 kWh/m^2, što bi je svrstalo u energetski razred C.

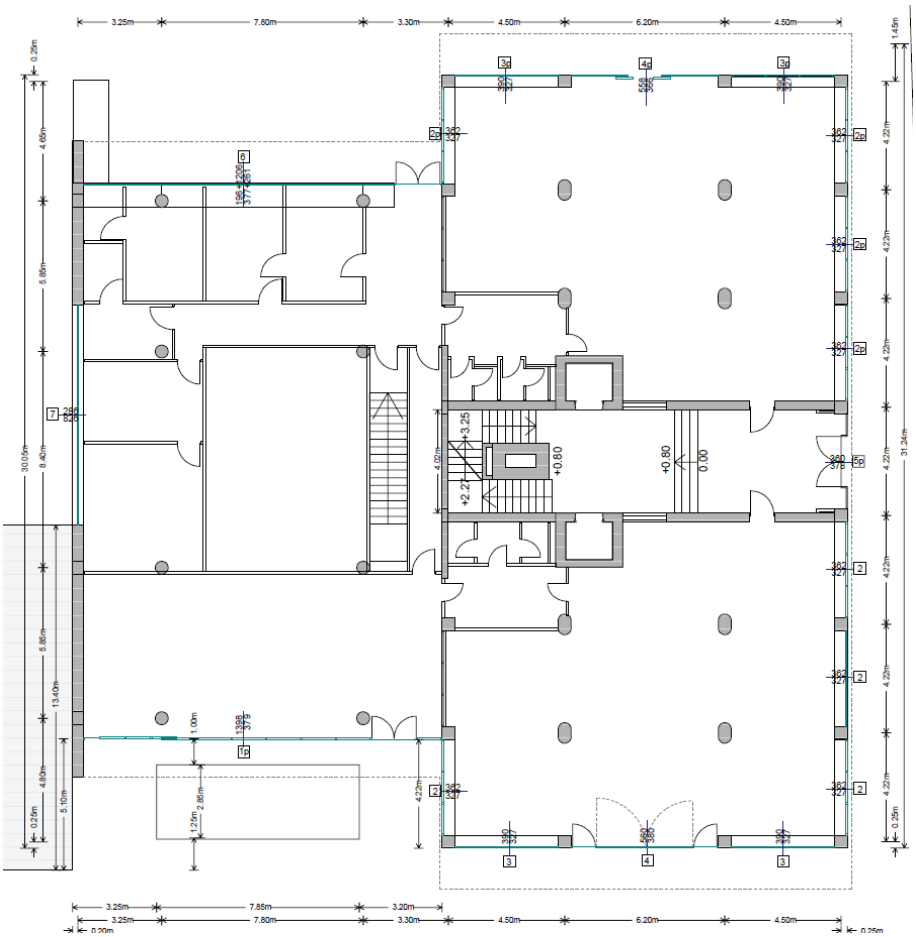
Važno je napomenuti da, iako zgrada ulazi u energetski razred C, maksimalna dopuštena specifična toplinska energija za grijanje zgrade prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama iznosi 57,36 kWh/m^2, te zgrada udovoljava zahtjevima propisa tek zbog svog statusa zaštićenog spomenika kulture.

Daljnje poboljšanje zgrade tehnički je teško izvedivo isključivo poboljšanjem karakteristika ostakljenih konstrukcija, već je potrebno smanjiti gubitke topline kroz ostale konstrukcije vanjske ovojnice (a.b. zidovi, odnosno konstrukcije a.b, skeleta zgrade) što nije realna opcija zbog arhitektonskih karakteristika zgrade; izvedbom sustava mehaničke ventilacije s povratom topline učinkovitosti veće od 85% (dodatni problemi velikog zadiranja u unutrašnjost zgrade). Teoretski, uz znatna ulaganja

u obnovu vanjske ovojnice izgradnju sustava mehaničke ventilacije, zgrada bi mogla zadovoljiti i zahtjeve pravilnika za nove zgrade.

Sam stambeni dio zgrade je neznatno boljih svojstava od ureda i lokala u prve tri etaže, te je specifična potrebna toplinska energija za grijanje stambenog dijela zgrade 158,52 kWh/m^{2}a, ali izdvojeno promatranje dijela zgrade je u suprotnosti s ciljevima integralne obnove kod koje se optimira korištenje svih sustava zgrade.
Ako bi se odvojeno sanirao samo stambeni dio zgrade, potrebno je razmotriti izvedbu izolacije zidova prema prostorima drugih korisnika iako Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ne postavlja ograničenje na koeficijent prolaska topline tih zidova.

Zgrada se sastoji od 3 lokala u prizemlju, uredskih prostora na 1. i 2. katu (dijelom i na 3. katu - zbog identičnih karakteristika i sustava kao stanovi promatran je u skupini sa stanovima) te stanova od 3. do 10. kata. Na krovnoj terasi nalazi se izlaz na krov te strojarnica dizala. U podrumskoj etaži nalaze se zajednički prostori zgrade: kotlovnica, stara kotlovnica s kotlovima na ugljen, trafostanica, spremišta stanara. Svi prostori u podrumu promatrani su kao negrijani prostori zbog njihovog manjeg utjecaja na ukupnu potrošnju zgrade, kao i činjenice da su unutarnji izvori topline tih prostora značajno viši od potrebnog toplinskog učina za održavanje temperature u tim prostorima.
Zgrada se sastoji od istaknutog vertikalnog gabarita, s uvučenim ostakljenim pročeljem i balkonima koji opasuju vertikalni gabarit u 1. i 2. katu, te nižeg gabarita na zapadu visine Po+P+2, uvučene linije pročelja u odnosu na osnovni gabarit na sjevernoj i južnoj strani.



Slika 6.5 Tlocrt prizemlja

Sa sjeverne i južne strane stambenih etaža nalaze se loggie u punoj širini zgrade. Sjeverno orijentirane loggie su zatvorene drvenom stijenom ostakljenom jednostrukim staklom. Utjecaj na ovaj način formiranog tampon prostora na smanjenje toplinskih gubitaka nije uzet u obzir proračunom potrebne toplinske energije za grijanje zbog podložnosti ponašanju korisnika

- prilikom pregleda manji dio ostakljenih stijena je imao otvorene prozore (pregled izvršen u ljetnom razdoblju - u slučaju aktivnog korištenja ovih ostakljenih stijena, očekivano bi bilo otvaranje svih prozora).

Oblikovno naglašen skeletni sustav konstrukcije zgrade rezultira u koncepciji vanjske ovojnice baziranoj na laganoj ispuni zidova pročelja drvenim ostakljenim konstrukcijama i vidljivom betonu skeleta.

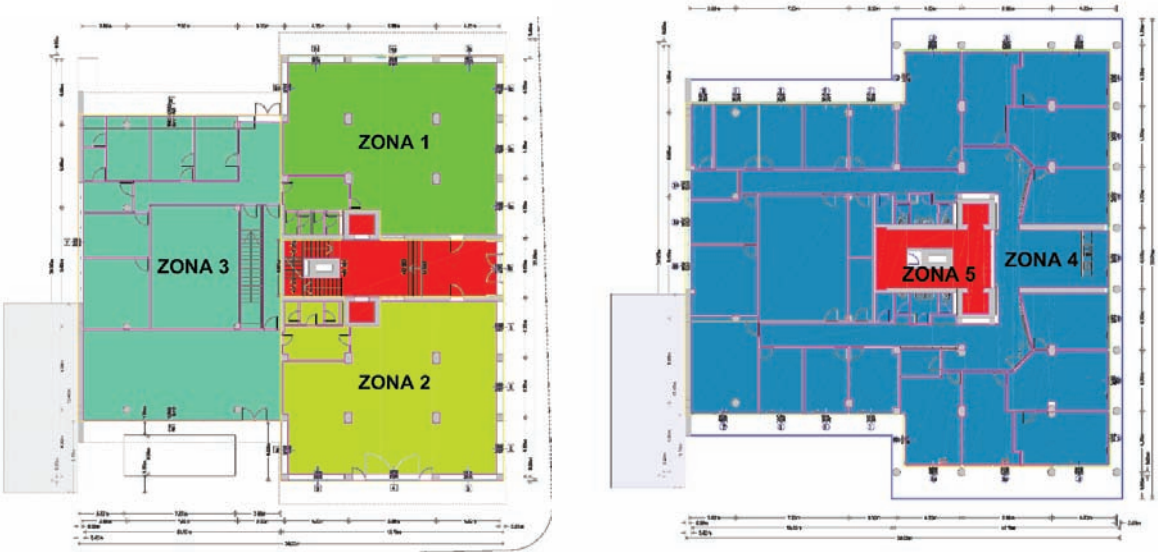
Poprečno ukrućenje zgrade izvedeno je a.b. zidovima stubišta, odnosno zidovima garsonijera u produžetku zidova stubišta u središnjem dijelu istočne strane zgrade.

Raster stupova nižeg gabarita zgrade razlikuje se od rastera nebodera; u smjeru sjever - jug pružaju se obodni zidovi ukrute ovoga dijela zgrade (razdjelni zid prema vertikalnom gabaritu i zapadni vanjski zid zgrade).

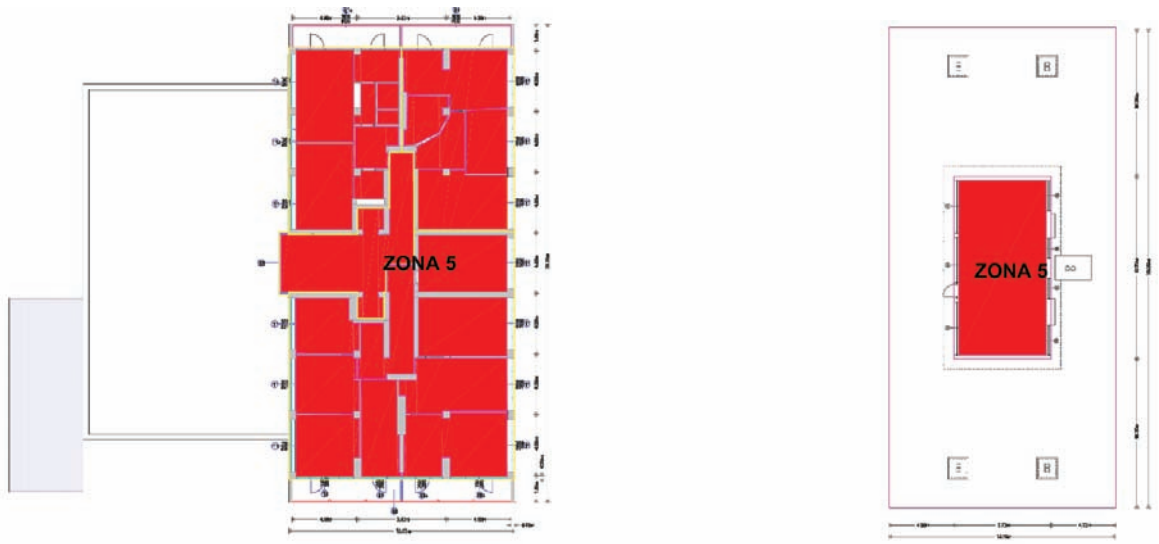
Slika 6.6 Pročelje - pogled s jugozapada

Slika 6.7 Sjeverno pročelje

Za potrebe ove analize zgrada je podijeljena u pet toplinskih zona koje odgovaraju osnovnim grupama prostora prema namjeni i načinu korištenja. Dodatni uvjet za ovakvo zoniranje zgrade određen je karakteristikama vanjske ovojnice - ujednačena vanjska ovojnica od 3. do 10. kata, zbog čega se poslovni prostor na 3. katu ipak promatra kao dio stambene zone.
U tablici 6.4. su dane osnovne geometrijske karakteristike svake zone, kao i unutarnja projektna temperatura i ocijenjena zrakopropusnost zgrade, odnosno broj izmjena zraka prirodnim provjetravanjem kroz otvore i reške u vanjskoj ovojnici.



Slika 6.8 Primjer zoniranja - prizemlje, 1. i. 2. kat



Slika 6.9 Primjer zoniranja - 3. - 10. kat i krovna terasa

Tab. 6.4 Zoniranje - zgrade

Zona	V_e	A_k	$\theta_{int,H}$	$\theta_{int,C}$	n (broj izmjena zraka)
Zona 1 - lokali prizemlje sjever	853,46	173,36	20	26	0,6
Zona 2 - lokali prizemlje jug	855,31	173,69	20	26	0,6
Zona 3 - lokali prizemlje zapad	1.329,35	288,21	20	26	0,6
Zona 4 - uredi 1. i 2. kat	5.215,60	1.257,06	20	26	0,7
Zona 5 - stambeni dio	13.785,34	3.270,86	20	26	0,7

Stambeni prostor zgrade zauzima 63,3% korisne grijane površine zgrade, odnosno 62,5% grijanog obujma zgrade zbog veće katne visine od prizemlja do 2. kata. Zgrada se promatra kao zgrada mješovite namjene, te se specifična potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zgrade izražava u kWh/m²a prema stambenom, površinom najvećem prostoru.
Potrebnu toplinsku energiju je moguće izraziti i odvojeno po namjeni prostora u zgradi, pri čemu će poslovni prostori (prema rezultatima proračuna) imati lošija energetska svojstva od stambenih prostora.

Rezultati proračuna - Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje prostora

Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje prostora za stvarne meteorološke podatke referentne postaje Zagreb Grič, dani su u tablici.

Tab. 6.5 Rezultati proračuna

Mjesec	Potrebna toplina za grijanje, QH,nd (kWh)	Potrebna energija za hlađenje, QC,nd (kWh)
siječanj	184.341	67
veljača	133.069	139
ožujak	90.420	436
travanj	39.371	1.082
svibanj	6.701	3.059
lipanj	54	6.112
srpanj	0	10.841
kolovoz	0	8.004
rujan	4.383	2.824
listopad	46.642	688
studeni	112.274	159
prosinac	171.488	72
godišnje	**788.742**	**33.485**

Tab. 6.6 Toplinski gubici po zonama

zona	zona 1	zona 2	zona 3	zona 4	zona 5	zgrada ukupno
korisna površina grijanog dijela A_k	173,36	173,69	288,21	1.257,06	3.270,86	5.163,18
%	3,36	3,36	5,58	24,35	63,35	100,00
obujam grijanog dijela zgrade V_e	853,46	855,31	1.329,35	5.215,60	13.785,34	22.039,06
obujam grijanog zraka V	676,10	677,39	1.124,02	3.771,18	9.365,39	15.614,08
površina vanjske ovojnice A	129,90	129,90	177,10	1.113,60	3.312,70	4.863,20
koeficijent direktnih toplinskih gubitaka H_D	473,70	473,70	747,20	2.538,40	6.661,10	10.894,10
%	4,35	4,35	6,86	23,30	61,14	100,00
specifični	3,65	3,65	4,22	2,28	2,01	2,24
$H_{tr(neprozirne)}$	70,40	70,40	184,20	841,20	3.331,20	4.497,40
%	1,57	1,57	4,10	18,70	74,07	7,23
$H_{tr(prozirne)}$	403,30	403,30	563,00	1.697,20	3.329,90	6.396,70
%	6,30	6,30	8,80	26,53	52,06	100,00
koeficijent ventilacijskih gubitaka H_{ve}	135,20	135,50	224,80	880,00	2.185,20	3.560,70
%	3,80	3,81	6,31	24,71	61,37	100,00
koeficijent toplinskih gubitaka kroz negrijane prostore H_u	185,60	185,60	282,30	0,00	0,00	653,50
%	28,40	28,40	43,20	0,00	0,00	100,00
koeficijent toplinskih gubitaka kroz tlo H_g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
koeficijent toplinskih gubitaka H	794,50	794,80	1.254,30	3.418,40	8.846,30	15.108,30
%	5,26	5,26	8,30	22,63	58,55	100,00
$Q_{H,nd}$	46.255,00	44.471,00	72.528,00	145.630,00	479.858,00	788.742,00
%	5,86	5,64	9,20	18,46	60,84	100,00
$Q_{C,nd}$	131,00	135,00	217,00	1.429,00	31.572,00	33.484,00
%	0,39	0,40	0,65	4,27	94,29	100,00

Pregledom toplinskih gubitaka i sumarnih koeficijenata prolaska topline kroz vanjsku ovojnicu zgrade vidljivo je da se najveći gubici ostvaruju u stambenom dijelu zgrade, što je logična posljedica udjela te zone u ukupnoj površini zgrade. Isto tako, vidljivo je da su najveći specifični koeficijenti toplinskih gubitaka u lokalima u prizemlju zgrade (veliki udio ostakljenih konstrukcija s jednostrukim staklom), te tek nešto malo bolji na 1. i 2. katu.

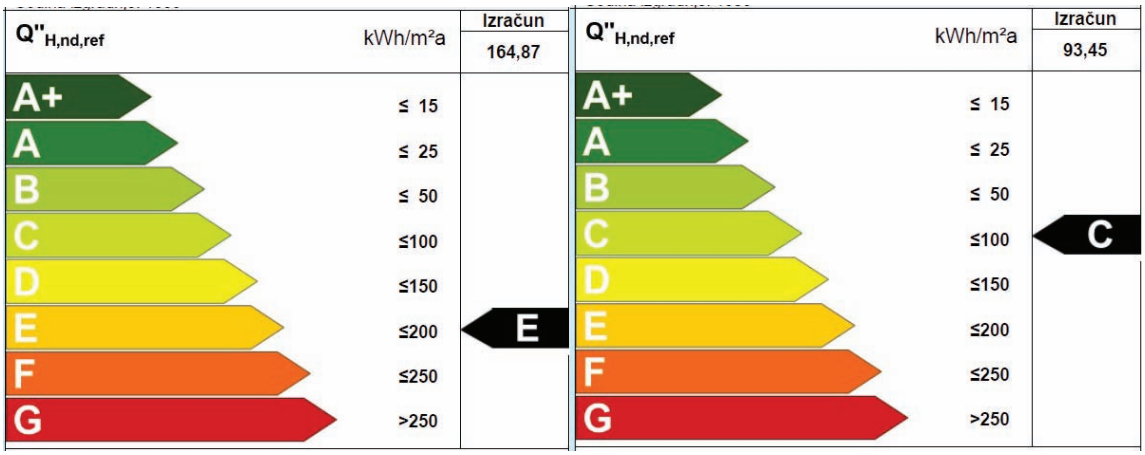
Potrebna toplinska energija za referentne klimatske podatke kontinentalne Hrvatske za zgradu iznosi 851.256 kWh/a, pri čemu je specifična potrebna toplinska energija za zgradu 164,87 kWh/m^{2}a, što je značajno više od maksimalno dopuštene vrijednosti od 57,35 kWh/m^{2}a. Zgrada postiže **energetski razred E** sa specifičnom potrebnom toplinskom energijom za grijanje $\mathbf{Q_{H,nd,ref}}$ **= 164,87 kWh/m^{2}a**.

Ostvarene uštede s dodatnom investicijom od cca 630.000 kuna rezultiraju ukupnim uštedama od cca 220.000 kn godišnje prema trenutnim cijenama energenata, s jednostavnim razdobljem povrata od 3 godine. Investicija i razdoblje povrata računati su kao dodatna vrijednost na već planiranu rekonstrukciju zgrade.

Energetskom obnovom zgrade koja se fokusira na poboljšanje karakteristika drvenih ustakljenih konstrukcija i drvenih konstrukcija ispune pročelja, postižu se energetske uštede u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje od 43,6% u odnosu na postojeće stanje zgrade, koja nakon rekonstrukcije dosiže energetski razred C.

Dodatnom investicijom u centralnu pripremu potrošne tople vode solarnim kolektorima u najvećoj mogućoj mjeri se iskorištava površina ravnog krova, uz dodatno smanjenje potrebne toplinske energije, kao i rasterećenje izvora topline u ljetnom razdoblju.

S obzirom da je zgrada nepokretni spomenik kulture, postignuta poboljšanja su izuzetan doseg za investiciju koja tek neznatno povećava potrebnu investiciju u dovođenje zgrade u ispravno stanje (cca 5% na ostakljenim konstrukcijama vanjske ovojnice - uz procijenjenu vrijednost za te radove cca 5.500.000 kn). Također, pokazano je kako predloženi sastavi trostrukog ostakljenja u 1. i 2. katu mogu biti zamijenjeni laganijim dvostrukim ostakljenjem, uz jednake toplinske karakteristike i veći zahvat sunčeve energije, smanjujući time ukupnu investiciju.
Za uštedu energije ove razine moguće je osigurati i povoljnije uvjete financiranja što dodatno može smanjiti investiciju.



Slika 6.10 Vrijednosti energetskog certifikata prije i poslije rekonstrukcije

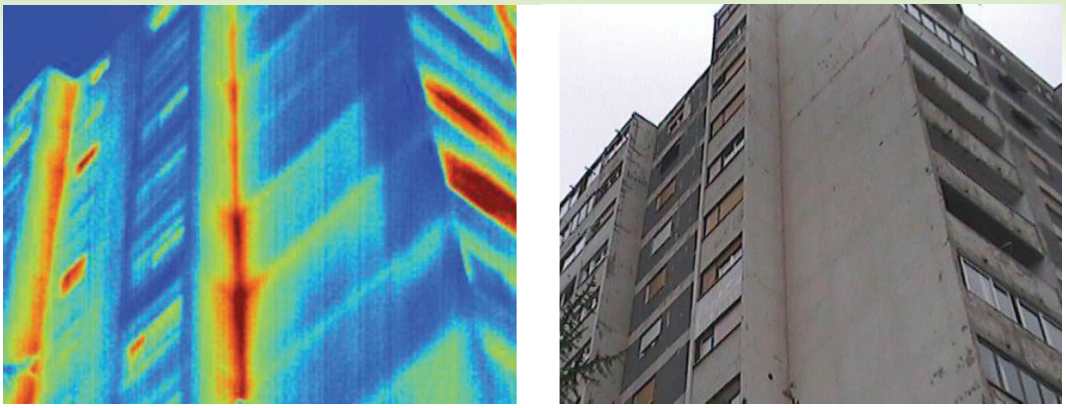
6.1.3. Primjer 3: Mogućnost ostvarenja više energetske klase za stambeni neboder u Rijeci

Prikazuje se primjer stambenog nebodera u Rijeci, u skladu sa studijom [1] koju je financirala regionalna energetska agencija "Kvarner" iz Rijeke. Zadatak studije bio je utvrditi potencijal uštede toplinske energije ugradnjom 5 cm debelog sloja vanjske toplinske izolacije (predložen je bio ekspandirani polistiren) na vanjske zidove stambenog nebodera u Rijeci. Stanari su pokrenuli postupak ugradnje izolacije, pri čemu je preliminarna ocjena ukazivala da se s 5 cm toplinske izolacije može ostvariti ciljana ušteda toplinske energije od 30% u odnosu na postojeće stanje, temeljem čega su mogli ostvariti povoljniji uvjeti kreditiranja.
Vanjski zidovi postojećeg objekta izvedeni su bez vanjske toplinske izolacije, tj. od armiranog betona sa slojem plastificirane žbuke koja je zbog starosti te uslijed djelovanja vremenskih neprilika na dijelovima i otpala s fasade. S unutarnje strane su vanjski zidovi ozidani siporexom debljine 8 cm, kao svojevrsnom toplinskom izolacijom. Općenito fasada je u dosta lošem stanju (žbuka otpada, na dijelovima je vidljiva armatura) što se vidi iz fotografskih snimaka.
Termovizijski pregled imao je za cilj utvrđivanje općeg stanja objekta, identifikaciju toplinskih mostova, utvrđivanje površina na kojima je ugrađena izolacija i pronalaženje referentnih mjesta za mjerenje koeficijenata prolaska topline. Nisu provođena kvalitativna mjerenja, jer za time nije bilo potrebe. Uočeno je da zbog načina gradnje objekta postoji velik broj toplinskih mostova na objektu koji se nisu mogli izbjeći unutarnjom izolacijom postavljenom na način kako je to urađeno i koji utječu na povećane toplinske gubitke objekta.
Termovizijska snimka postojećeg stanja usporedit će se s termovizijskom snimkom nakon sanacije (koja je upravo u tijeku) u cilju utvrđivanja poboljšanja, a termovizijska snimka nakon provedbe sanacije poslužit će i za ocjenu kvalitete izvedbe sanacijskih radova.

Slika 6.11 Južna i istočna fasada

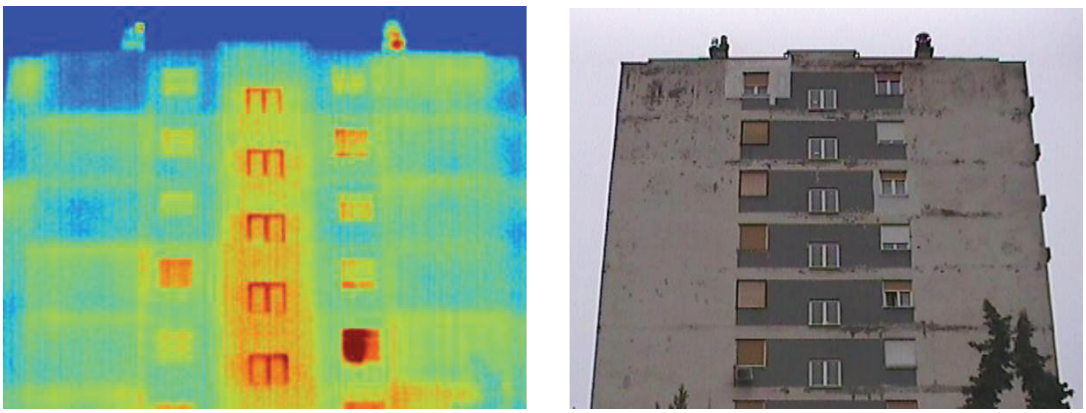
Slika 6.12 Zapadna i sjeverna fasada

U nastavku su prikazane snimke vanjskih ovojnica dobivene termo kamerom.



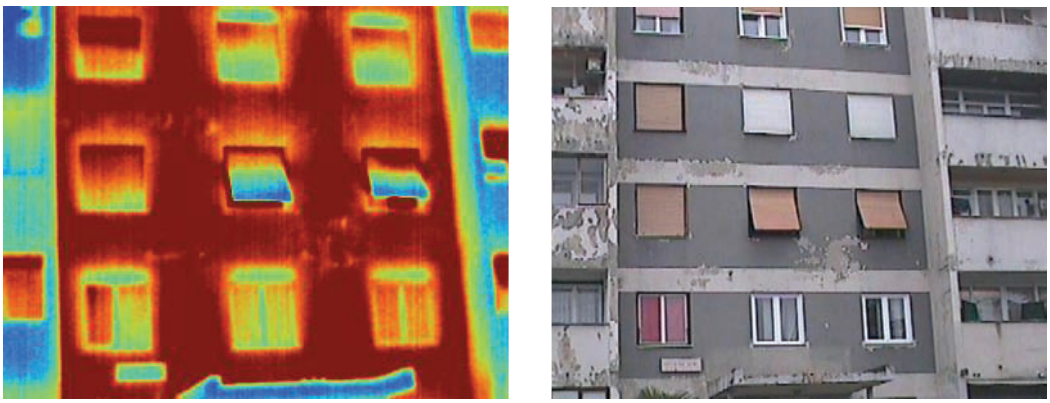
Slika 6.13 Termovizijska snimka i snimka u vidljivom spektru zapadne fasade

Na slici 6.13 vidi se značajan gubitak uzrokovan toplinskim mostom koji čini bočni zid kuhinja, koji je izoliran iznutra, ali u dijelu prema ostatku grijanog prostora čini dio nosive konstrukcije koji nije izoliran i tu toplina prolazi prema okolini. Vanjskom izolacijom taj će se dio sanirati.

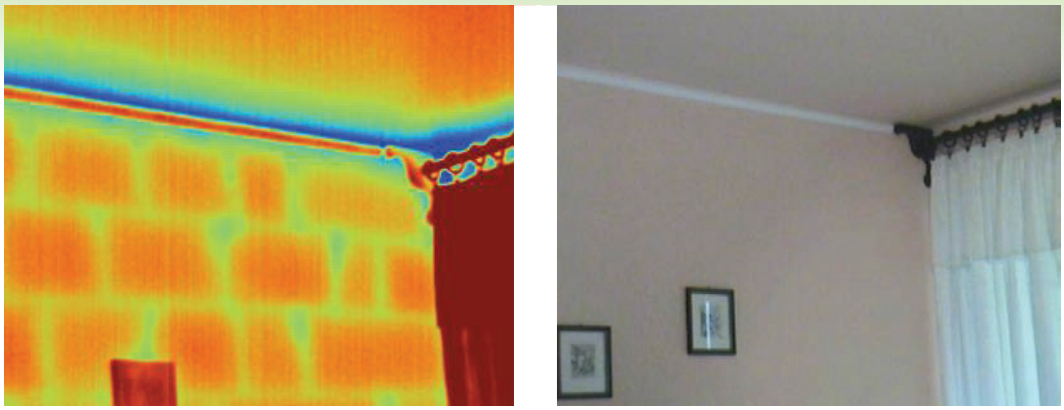


Slika 6.14 Termovizijska snimka i snimka u vidljivom spektru sjeverne fasade

Sa slike 6.14 vidljivo je da sjeverno stubište, na kojem je provedena zamjena prozora, nije s unutarnje strane toplinski izolirano, tako da su gubici stubišta prema okolini značajni.



Slika 6.15 Termovizijska snimka i snimka u vidljivom spektru južne fasade



Slika 6.16 Termovizijska snimka i snimka u vidljivom spektru sjevernog zida (iznutra)

Na slici 6.16 vidljivi su rubovi ploča iz plinobetona (siporex) ugrađenih kao svojevrsna toplinska izolacija zgrade. Utjecaj načina ugradnje, a vjerojatno i određeni utjecaj vlage vidljiv je na rubovima ploča kroz nižu temperaturu površine zida.

Potrebna energija za grijanje i hlađenje u postojećem stanju

Proračun potrošnje energije za grijanje i hlađenje objekta proveden je računalnim programom KI Expert 2011 za koji je algoritam izrađen u skladu s važećom normom HRN EN 13790:2008.

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili višu:
Oplošje grijanog dijela zgrade A = 3575,71 [m^2];
Obujam grijanog dijela zgrade Ve = 19390,00 [m^3];
Faktor oblika zgrade fo = 0,18 [m^{-1}];
Ploština korisne površine Ak = 4575,00 [m^2];
Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd = 301184,00 [kWh/a];
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade (za stambene zgrade) Q"H,nd = 65,83 (max = 51,31) [kWh/m^2a];
Godišnja potrebna energija za hlađenje QC,nd = 16411,00 [kWh/a];
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj = 2,48 (max = 1,20) [W/m^2K];
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka Htr,adj = 8859,47 [W/K];
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem Hve,adj = 2186,67 [W/K];
Ukupni godišnji gubici topline Ql = 2.359.147,90 [MJ];
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Qi = 775.009,81 [MJ];
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Qs = 945.097,30 [MJ];
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Qg = 1.720.107,11 [MJ].

Tab. 6.7 Potrebna energija za grijanje

Mjesec	QH,tr	QH,ve	QH,ht [kWh]	QH,sol	QH,int	QH,gn [kWh]	γH	ηH,gn	αred,H	QH,nd [kWh]
Siječanj	96894	23915	120809	18835	18284	37119	0,31	1,000	0,95	79700
Veljača	82755	20425	103180	26777	16515	43292	0,42	0,998	0,94	56100
Ožujak	75802	18709	94511	34310	18284	52594	0,56	0,992	0,91	38690
Travanj	49755	12280	62035	39500	17694	57195	0,92	0,906	0,86	8771
Svibanj	22411	5531	27942	14794	18284	33078	1,18	0,790	0,82	1482
Lipanj	-638	-157	-795	14933	17694	32628	-41,02	-0,024	1,00	0
Srpanj	-18456	-4555	-23011	16067	18284	34351	-1,49	-0,671	1,00	38
Kolovoz	-15160	-3742	-18902	14576	18284	32860	-1,74	-0,575	1,00	0
Rujan	7017	1732	8749	12590	17694	30285	3,46	0,289	0,70	0
Listopad	36912	9111	46023	34054	18284	52338	1,14	0,809	0,82	3035
Studeni	65064	16059	81123	19444	17694	37138	0,46	0,997	0,93	40976
Prosinac	88985	21963	110947	16646	18284	34931	0,31	1,000	0,95	72392
UKUPNO										**301184**

Tab. 6.8 Potrebna energija za hlađenje

Mjesec	QC,tr	QC,ve	QC,ht [kWh]	QC,sol	QC,int	QC,gn [kWh]	γC	ηC,ls	αred,C	QC,nd [kWh]
Siječanj	136443	33676	170119	18835	18284	37119	0,22	0,220	1,00	0
Veljača	118476	29242	147718	26777	16515	43292	0,29	0,290	1,00	454
Ožujak	115350	28470	143821	34310	18284	52594	0,37	0,370	1,00	0
Travanj	88028	21727	109754	39500	17694	57195	0,52	0,517	1,00	452
Svibanj	61960	15293	77252	14794	18284	33078	0,43	0,429	1,00	0
Lipanj	37635	9289	46924	14933	17694	32628	0,70	0,681	1,00	672
Srpanj	21093	5206	26299	16067	18284	34351	1,31	0,958	1,00	9157
Kolovoz	24388	6019	30408	14576	18284	32860	1,08	0,904	1,00	5371
Rujan	45290	11178	56468	12590	17694	30285	0,54	0,536	1,00	18
Listopad	76461	18872	95333	34054	18284	52338	0,55	0,546	1,00	287
Studeni	103337	25505	128842	19444	17694	37138	0,29	0,290	1,00	0
Prosinac	128533	31724	160257	16646	18284	34931	0,22	0,220	1,00	0
UKUPNO										16411

Potrebna energija za grijanje i hlađenje u novopredloženom stanju izolacije

Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd = 132100,00 [kWh/a];
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade (za stambene zgrade) Q"H,nd = 28,87 (max = 51,31) [kWh/m^{2}a];
Godišnja potrebna energija za hlađenje QC,nd = 36153,00 [kWh/a];
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj = 1,46 [W/m^{2}K];
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka Htr,adj = 5218,42 [W/K];
Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem Hve,adj = 2186,67 [W/K];
Ukupni godišnji gubici topline Ql = 1.581.521,05 [MJ];
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Qi = 775.009,81 [MJ];
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Qs = 945.097,30 [MJ];
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Qg = 1.720.107,11 [MJ].

Tab. 6.9 Potrebna energija za grijanje

Mjesec	QH,tr	QH,ve	QH,ht [kWh]	QH,sol	QH,int	QH,gn [kWh]	γH	ηH,gn	αred,H	QH,nd [kWh]
Siječanj	57073	23915	80988	18835	18284	37119	0,46	1,000	0,95	41788
Veljača	48744	20425	69169	26777	16515	43292	0,63	0,996	0,94	24359
Ožujak	44649	18709	63358	34310	18284	52594	0,83	0,968	0,91	11381
Travanj	29307	12280	41587	39500	17694	57195	1,38	0,716	0,86	545
Svibanj	13201	5531	18732	14794	18284	33078	1,77	0,564	0,82	62
Lipanj	-376	-157	-533	14933	17694	32628	-61,20	-0,016	1,00	0
Srpanj	-10871	-4555	-15426	16067	18284	34351	-2,23	-0,448	1,00	0
Kolovoz	-8930	-3742	-12672	14576	18284	32860	-2,59	-0,386	1,00	12
Rujan	4133	1732	5865	12590	17694	30285	5,16	0,194	0,70	0
Listopad	21742	9111	30853	34054	18284	52338	1,70	0,587	0,82	107
Studeni	38324	16059	54383	19444	17694	37138	0,68	0,992	0,93	16312
Prosinac	52414	21963	74377	16646	18284	34931	0,47	1,000	0,95	37534
UKUPNO										**132100**

Tab. 6.10 Potrebna energija za hlađenje

Mjesec	QC,tr	QC,ve	QC,ht [kWh]	QC,sol	QC,int	QC,gn [kWh]	γC	ηC,ls	αred,C	QC,nd [kWh]
Siječanj	80368	33676	114044	18835	18284	37119	0,33	0,330	1,00	0
Veljača	69785	29242	99027	26777	16515	43292	0,44	0,440	1,00	0
Ožujak	67944	28470	96414	34310	18284	52594	0,55	0,549	1,00	0
Travanj	51850	21727	73577	39500	17694	57195	0,78	0,764	1,00	982
Svibanj	36496	15293	51788	14794	18284	33078	0,64	0,637	1,00	89
Lipanj	22168	9289	31457	14933	17694	32628	1,04	0,924	1,00	3562
Srpanj	12424	5206	17630	16067	18284	34351	1,95	0,999	1,00	16738
Kolovoz	14365	6019	20385	14576	18284	32860	1,61	0,996	1,00	12557
Rujan	26677	11178	37855	12590	17694	30285	0,80	0,780	1,00	758
Listopad	45037	18872	63909	34054	18284	52338	0,82	0,796	1,00	1467
Studeni	60868	25505	86373	19444	17694	37138	0,43	0,430	1,00	0
Prosinac	75709	31724	107433	16646	18284	34931	0,33	0,330	1,00	0
UKUPNO										**36153**

Komentar dobivenih rezultata

Ugradnjom 5,00 cm toplinske izolacije od ekspandiranog polistirena na sve vanjske zidove objekta godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje zgrade smanjila bi se s 301.184 kWh na 132.100 kWh, odnosno za 169.084 kWh godišnje ili za 56%.
Ovako izračunata ušteda je veća od 30%, što je bila pretpostavka za definiranje debljine izolacijskog sloja od 5 cm.
Iako na prvi pogled ovakvi rezultati izgledaju nelogično, odnosno iskazuju preveliku uštedu, detaljnijom analizom se utvrđuje da je zbog značajnih staklenih površina na zgradi udio dobitaka topline od insolacije značajan, tako da povećana izolacija sprječava gubitak toga dijela topline koji zimi dospijeva u prostor, a time se potrošnja energije za grijanje značajno smanjuje.
Također su, u skladu s metodologijom iz propisa usvojeni unutarnji dobici topline od 5 W/m^2, što za jedan stan čini oko 400 W, odnosno oko 24 kW na razini cijele zgrade. I ovdje dodatna izolacija sprječava gubitak topline nastale od unutarnjih izvora topline, te značajno poboljšava energetsku bilancu zimi, ali je pogoršava ljeti, jer svi dobici ostaju u prostoru.
Navedenom razmatranju u prilog govori i činjenica da potrebna vanjska energija za hlađenje u postojećem stanju iznosi 16.411 kWh godišnje dok bi ugradnjom izolacije ona porasla na 36.153 kWh.
Specifična godišnja potrošnja toplinske enegije za stvarne klimatske podatke izražena po korisnoj površini iznosi u postojećem

stanju 65,83 kWh/m^2 godišnje, dok bi se ugradnjom izolacije ona smanjila na 28,87 kWh/m^2.
Kada se potrošnja energije izračuna za referentne klimatske uvjete prema HRN EN ISO 13790:2008 (uvjeti primorske Hrvatske), na način kako se to radi kod izrade energetskog certifikata za zgradu, specifična godišnja potrošnja iznosi 45 kWh/m^2 godišnje (energetski razred B) dok bi se ugradnjom izolacije ona smanjila na 16 kWh/m^2 (energetski razred A).

LITERATURA:

[1] Pavković, B. et al.: Izvješće o provedenom energetskom pregledu i energetska studija toplinske zaštite za stambeni neboder u Pionirskoj ulici br. 2 u Rijeci, Tehnički fakultet u Rijeci, 2011.

6.2. UREDSKE, ADMINISTRATIVNE I DRUGE POSLOVNE ZGRADE

Poslovnim i administrativnim zgradama nazivaju se građevine u kojima se uglavnom nalaze uredske prostorije, namijenjene boravku osoba koje radno vrijeme u pravilu provode sjedeći za radnim stolom i/ili računalom. Osim kancelarija poslovne i administrativne zgrade imat će manje ili više prostorija za sastanke, ulazni hol, prostor predviđen za komunikaciju (stubišta, hodnici), garaže, a u većim zgradama i kuhinju s prostorijom za blagovanje. Veličina ureda uglavnom je predviđena za boravak jedne ili više osoba (do pet), osim u slučaju prostorija koje su podijeljene odjeljcima predviđene za rad jedne osobe, takozvanim „cubicle" (prosječne visine/širine/dubine 1,8 m te korisne površine 3-5 m^2) koje tada mogu zauzeti cijeli kat. Skoro sve uredske prostorije imaju manje ili veće ostakljene prozore na minimalno jednom zidu, radi čega se javljaju promjenjivi toplinski gubici i dobici, ovisno o njihovoj orijentaciji.

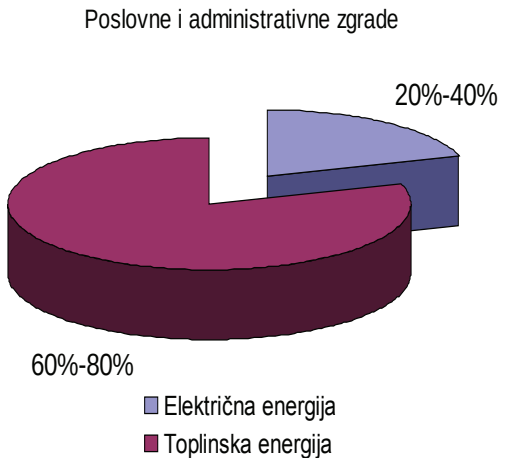
Od termotehničkih sustava uredske zgrade starije gradnje uglavnom su opremljene centralnim sustav toplovodnog grijanja (u određenim slučajevima moguće je pronaći čak i sustav direktnog parnog grijanja!), gdje se toplinski učinak razvodi dvocijevnom mrežom s prisilnom cirkulacijom, a toplina predaje radijatorima postavljenim ispod prozora, opremljeni u pravilu ručnim regulacijskim ventilom. Rjeđe se za predaju topline koriste konvektori. U takvim zgradama centralni sustav hlađenja i sustav mehaničke ventilacije u pravilu ne postoji. Prostor se provjetrava prirodnim putem, otvaranjem prozora, a hlađenje se unazad par godina izvodi ugradnjom jediničnih *split* rashladnih uređaja ili u najboljem slučaju sustavom hlađenja s više unutarnjih jedinica spojenih na jednu vanjsku jedinicu, takozvanim *multisplit* sustavom s promjenjivim protokom radne tvari (VRV, engl. variable refrigerant flow).

U novijim zgradama grijanje je najčešće izvedeno kao centralno, a distribucija i predaja topline izvodi se dvocijevnom mrežom i radijatorima ili dvocijevnom/četverocijevnom mrežom i ventilokonvektorima. U slučaju kada se u zgradi nalaze ventilokonvektori u pravilu će postojati i centralni sustav hlađenja, odnosno sustav pripreme hladne vode u režimu 7/12°C. Također, provjetravanje prostorija vrši se sustavima mehaničke ventilacije i klimatizacije opremljeni elementima za uštedu energije; rekuperatorima/regeneratorima, komorama za miješanje recirkulacijskog i svježeg zraka, naprednom regulacijom kojom je omogućeno upravljanje sustavom u različitim režimima rada, poput noćnog smanjenja temperature grijanja, varijabilnog protoka zraka te količinom svježeg zraka prilagođenog trenutnim potrebama, hlađenje zgrade noću vanjskim svježim zrakom u ljetnom razdoblju, povremenim hlađenjem i regulacijom vlažnosti s točkom rose u ovisnosti o godišnjem dobu itd. Radi velikih investicijskih troškova sustava potpune klimatizacije u poslovnim zgradama često je moguće pronaći samo sustave mehaničke ventilacije bez mogućnosti hlađenja. U tom slučaju se u ljetnom razdoblju za hlađenje koristi intenzivno provjetravanje noću.

Razvod i predaja ogrjevnog učinka u poslovnim zgradama starije gradnje projektirana je i izvedena u pravilu za rad u temperaturnom režimu 90/70°C. Razvojem kotlova te mogućnošću iskorištenja topline kondenzacije niskotemperaturnim i kondenzacijskim kotlovima, u novijim zgradama sustav predaje i razvoda izvodi se za rad u nešto nižem temperaturnom režimu 70/50°C.

Odabir izvora topline za potrebe grijanja poslovnih i administrativnih zgrada ovisit će u prvom redu o energentima na raspolaganju. Ako se zgrada nalazi na području velikih gradova tada je mogućih opcija više; priključak na sustav toplinskih mreža (daljinsko vrelovodno grijanje), proizvodnjom vlastite topline u kotlovima na zemni plin ili dizalicama topline s bušotinskim izmjenjivačem topline. U slučaju da nisu dostupni daljinsko grijanje i zemni plin, kao energent za proizvodnju topline najčešće će se koristiti ekstra lako loživo ulje ili u povoljnijem slučaju ukapljeni naftni plin. U rijetkim slučajevima, mada danas sve više prisutni, naći će se priprema topline kotlovima na biomasu i pomoću niskotemperaturnih izvora topline kao što su dizalice topline sa zrakom, podzemnom vodom ili morem kao izvorom topline. U tom slučaju sustav distribucije i predaje topline također mora biti prilagođen niskoj polaznoj temperaturi ogrjevne vode koja iznosi između 50°C i 60°C. U novoizgrađenim zgradama radi toga se sve više pribjegava grijanju i hlađenju prostorija ventilokonvektorima i zrakom (klimakomorama) te mehaniznom zračenjem, podnim i/ili zidnim grijanjem i stropnim hlađenjem no u manjoj mjeri radi visokih investicijskih troškova i prostora koji mora ostati slobodan kako bi bili funkcionalni.

Pošto je u poslovnim zgradama potrošnja tople vode za higijenske potrebe mala ili ne postoji, sustav pripreme i potrošnje tople vode uglavnom će biti izveden posebnim manjim kotlom predviđenim isključivo za tu namjenu. Ako se priprema potrošne tople vode izvodi postojećim kotlovima predviđenim za grijanje, u ljetnim mjesecima će taj sustav raditi iznimno neekonomično. Tada je poželjno predložiti ugradnju posebnog manjeg kotla za zagrijavanje vode u ljetnom razdoblju. Iz razloga što je potrošnja tople vode u poslovnim zgradama u pravilu mala, priprema potrošne tople vode pomoću polja sunčevih kolektora u ovom slučaju nije česta te je njihovu primjenu uglavnom teško financijski opravdati.
Za poslovne i administrativne zgrade smještene na području kontinentalne Hrvatske struktura potrošnja energije kreće u omjeru 60-80% u korist toplinske energije naspram 40-20% električne energije.



Slika 6.17 Struktura potrošnje energije poslovnih i administrativnih zgrada

Dok u starijim poslovnim zgradama ukupna godišnja potrošnja energije za potrebe grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije prostorija te pripreme potrošne tople vode iznosi do 500 kWh/m^2 klimatiziranog prostora, odnosno oko 390 kWh/m^2 topline i 110 kWh/m^2 električne energije, u zgradama novijeg datuma gradnje potrošnja iznosi između 150 i 250 kWh/m^2 (50 kWh/m^2 godišnje za struju, a ostalo za potrebe grijanja). Tek se u posljednjih par godina, donošenjem zakonskog okvira u području energetske učinkovitosti u zgradarstvu, od građevina poslovne namjene očekuje potrošnja električne i toplinske energije u iznosu manjem od 100 kWh/m^2 godišnje za potrebe klimatizacije.

6.2.1. Primjer 2: Zgrade Splitsko-dalmatinske županije u Splitu

Zgrade Splitsko-dalmatinske županije izgrađene su 1969. godine s predviđenom namjenom kao sjedište gradske uprave. Osamostaljenjem Republike Hrvatske i novom podjelom po županijama, te preseljenjem gradske uprave zgrade su postale središte županijske vlasti, ali su dobili i nove korisnike prostora.
Građevina županije smještena je kao slobodno stojeći objekt u samom središtu Splita, na križanju ulice Domovinskog rata i Vukovarske ulice, a sastoji se od tri zasebne zgrade spojene u jednu cjelinu u obliku potkove. Tlocrtne dimenzije sve tri zgrade iznose 14 x 44 m, što daje ukupnu tlocrtnu površinu od 9.574 m^2. Ukupna neto površina građevine (grijanog prostora) iznosi 5.551 m^2. Dijeli se na zgradu „A“ i „B“ u kojima se nalaze prostori Ureda držane uprave, prekršajnog suda u Splitu, Ministarstva financija i prostori Splitsko-dalmatinske županije te zgradu „C“ u kojoj se nalaze prostori Lučke uprave, Privredne banke, Ministarstva obrane, prostori Splitsko-dalmatinske županije, te prostori Ureda državne uprave Splitsko dalmatinske županije. Površina zgrade „A“ iznosi 1.700 m^2, zgrade „B“ 1.650 m^2, a zgrade „C“ 2.200 m^2. Zgrade „A“ i „C“ izvedeni su na četiri etaže, a zgrada „B“ na pet etaža.

Slika 6.18 Zgrada Splitsko-dalmatinske županije, Split

Građevine su tijekom godina više su puta neuspješno renovirane. Radi učestale promjene korisnika prostora tijekom godina, te nemogućnosti postizanja dogovora između pojedinih jedinica, izvedeno je niz lokalnih promjena na sustavima grijanja i hlađenja, bez većih preinaka na građevinskoj konstrukciji, rezultirajući krajnje neučinkovitim sustavima grijanja i hlađenja.
U obje zgrade Gradskog poglavarstva postoje sustavi grijanja, pripreme potrošne tople vode (PTV), hlađenja, sustav pitke vode, te sustav rasvjete.

Grijanje zgrada izvedeno je lokalno iako postoji centralan sustav koji nije u potpunosti u funkciji. Dio prostora grijan je kotlovnicom pomoću toplovodnih kotlova na ekstra lako loživo ulje u režimu 90/70 °C, dio *split* sustavom pogonjenih električnom energijom, odnosno dizalica topline sa zrakom kao izvorom topline, a dio električnim grijalicama.
Priprema potrošne tople vode vrši se lokalno bojlerom na električnu energiju.
Sustav klimatizacije ne postoji dok je u većini prostorija hlađenje izvedeno jediničnim *split* sustavima, a mjestimično multi split (VRV – engl. variable refrigerant volume) sustavima.
Ventilacija je izvedena lokalno za prostore sanitarnih čvorova.
Pitka voda se koristi isključivo za održavanje higijene.

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Objekt je građen kao armirano-betonska građevina, a izvana je ožbukana.
Zidovi se sastoje od:
- 20 cm armirano betonski dio;
- 2,5 cm zračni sloj;
- 7,5 cm siporeksa;
- žbuka 5 cm.

Stropovi između katova izvedeni su armirano betonskim pločama.

Dijelovi konstrukcije krovne ploče zgrada su:
- Šljunak 7 cm;
- Hidroizolacija 1,5 cm;
- Gips kartonske ploče 1 cm;
- Patent ploče stiropor 6 cm;
- Parna brana 0,5 cm;
- Beton za pod 3 - 19 cm;
- azbestne ploče 15 - 20 cm.

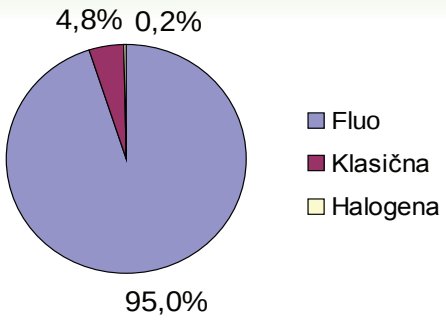
Prozori su drveni, krilo na krilo, dvostruki (međuprostor 6 cm) ostakljeni jednostrukim, ravnim, običnim staklima s neizoliranom kutijom za rolete. Samo su na petom katu zgrade „B“ prozori od aluminijskog profila s IZO ostakljenjem. S istočne strane zgrade „B“ prozori su u dosta lošem stanju, nisu održavani, te je vidljivo propadanje i trulež drva. Zbog narušene geometrije teško se zatvaraju i loše brtve (propuštanje zraka i loša zvučna izolacija).

Tab. 6.11 Karakteristike elemenata konstrukcije vanjske ovojnice

Dio ovojnice zgrade	Koeficijent prolaska topline [W/m²K]	Dopušteni koeficijent prolaska topline, NN 79/05 [W/m²K]
Zid	1,29	0,60
Krov	0,64	0,40
Prozori	5,85	1,8

Sustavi potrošnje električne energije

Ukupna instalirana snaga električnih potrošača iznosi 738 kW. Oko 57% ukupnog kapaciteta nalazi se u sustavu grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode (elektromotori pumpi ventilatora, kompresora, električni grijači), oko 18% u sustavu rasvjete, 23,5% otpada na računala i uredsku opremu i tek 1,5% na ostale uređaje.
Ukupna instalirana snaga rasvjete zgrada “A”, “B” i “C” iznosi 131,64 kW. U zgradama dominira rasvjeta s fluorescentnim cijevima, koja kao energetski učinkovita rasvjeta uz svjetlotehničke karakteristike odgovara namjeni prostora, a čiji je udio 95,05 % ili 125,12 kW. Instalirana snaga energetski neučinkovite rasvjete klasičnim žaruljama sa žarnom niti iznosi 6,3 kW ili 4,79 % ukupne snage rasvjete, dok na halogenu rasvjetu otpada zanemarivih 0,17% ili 220 W.



Slika 6.19 Udio električne snage pojedinog tipa rasvjete u ukupnoj instaliranoj električnoj snazi rasvjete

Sustav grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode (PTV)

Sustav grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode izveden je djelomično lokalno, a djelomično centralnim sustavom koji nije u potpunosti u funkciji. Prilikom izgradnje i opremanja zgrada predviđeno je grijanje centralno smještenim kotlovskim postrojenjem za sve tri zgrade, no projektno rješenje nikad nije provedeno u cijelosti. Trenutno se centralnim sustavom grije zgrada „B", te dio zgrade „C", gdje dio od postojeće radijatorske mreže nije u funkciji. U zgradi „A" centralni sustav nije proveden. U zgradi „A" mreža radijatorskog grijanja nije provedena iako je to bilo predviđeno u glavnom projektu klimatizacije i centralnog grijanja iz 1974 godine. Iz tog razloga grijanje prostorija vrši se lokalno jediničnim *split* dizalicama topline s vanjskim zrakom kao izvorom topline, multi *split* VRV sustavom s 80 unutarnjih jedinica i 6 vanjskih jedinica te električnim infracrvenim grijalicama.
Grijanje zgrade „B" izvedeno je u osnovi centralnim kotlovskim sustavom s ekstra lakim loživim uljem kao pogonskim gorivom. Kao izvor topline koriste se dva toplovodna kotla jedan snage 814 kW u temperaturnom režimu 90/70°C, te godine proizvodnje 1990. Noviji kotao je u dobrom stanju, te bi uz redovito održavanje mogao služiti još niz godina. Drugi kotao, toplinskog učinka 548 kW, proizveden je 1978. godine, zastario je i u lošem je stanju.
Prostorije do kojih je provedena mreža centralnog grijanja, griju se aluminijskim radijatorima, opremljenih prigušnicama za balansiranje i ručnim regulacijskim ventilom, ukupnog učinka 200 kW.
Prema navedenom ukupna toplinska snaga kotlova od cca. 1.300 kW u nerazmjeru je s snagom instaliranih radijatora (tek 200 kW). U prvom redu to čini drugi kotao, proizveden 1978. godine apsolutno suvišnim.
Nadalje, prevelika razlika u snazi novijeg kotla i toplinskoj snazi instaliranih ogrjevnih tijela rezultira radom kotla u nepovoljnom rasterećenom režimu rada, što rezultira povećanom potrošnjom energije.
Postavi li se sustav centralnog grijanja u sve prostorije i sve zgrade, što je i predloženo, samo noviji kotao bio bi dostatan za pokrivanje potreba grijanja tijekom zimskih mjeseci.
U zgradi „C" samo je djelomično provedena mreža radijatorskog grijanja te je od postojeće mreže samo neznatan dio u funkciji. Stoga se za potrebe grijanja koriste dizalice topline i grijalice na struju.
Instalirana snaga svih generatora topline u sve tri zgrade s ukupnim učinkom 2.300 kW (kotlovska stanica, dizalice topline, električne grijalice) daleko prelazi stvarne toplinske potrebe zgrada.
Priprema potrošne tople vode vrši se lokalno bojlerom na električnu energiju, dok se hlađenje vrši postojećim dizalicama topline i rashladnim *split* uređajima.

Analiza potrošnje energije

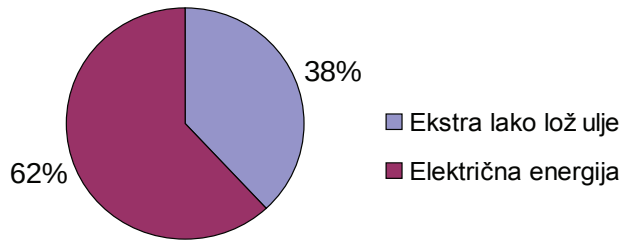
Mjerila potrošnje električne energije, potrošnje loživog ulja i vode su zajednička za sve zgrade, te se stoga oni promatraju kao energetska cjelina. Ukupna i specifična potrošnja energenata kao i njihov godišnji trošak iskazan je sumarno (tablica 6.12).

Tab. 6.12 Potrošnja energije i vode u referentnoj 2006. godini

Energent	Potrošnja [kWh/god] ili [m³/god]	Specifična potrošnja [kWh/(m²god)]	Specifični trošak [kn/kWh] ili [kn/m³]	Trošak [kn/god]
Električna energija	645.724	116,34	0,817	528.121,27
Ekstra lako loživo ulje	400.000	72,07	0,476	190.400,00
Voda	8.497	-	10,07	85.624,97

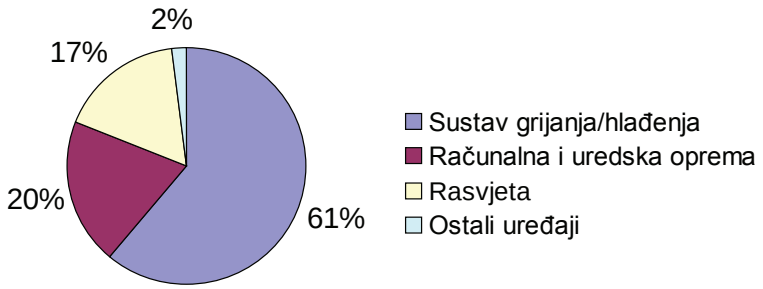
Napomena: specifični i ukupni trošak za energente i vodu odnosi se na referentnu 2006 .godinu

Slika 6.20 prikazuje raspodjelu potrošnje energije u zgradama. Vidljivo je da 38% ukupne energije otpada na loživo ulje, a 62% na električnu energiju.



Slika 6.20 Raspodjela potrošnje energije

Najviše električne energije potroši se u sustavu grijanja i hlađenja za pogon kompresora dizalica topline, multi split sustava, te električnih grijalica, čak 61%, 20% na računala i uredsku opremu, 17% za rasvjetu te tek oko 2 posto za ostale električne uređaje (trošila u čajnoj kuhinji).



Slika 6.21 Struktura potrošnje električne energije

Ukupna procijenjena snaga instaliranih trošila u ogrjevnom režimu iznosi 1.217 kW, a u rashladnom 676 kW, što je i prikazano tablicom 6.13.

Tab. 6.13 Snaga instaliranih trošila za potrebe grijanja/hlađenja zgrada

Trošilo	Energent	Procijenjena snaga ogrjevna/rashladna [kW]
Grijača tijela (radijatori)	topla voda 90/70°C	200
Dizalice topline, multi split sustavi	električna energija	832/676
Grijanje električnim grijalicama	električna energija	135*
Trošila u čajnoj kuhinji i PTV	električna energija	50
Ukupno		**1.217,00/676 kW**

** Snaga električnih grijalica određena je na osnovu ukupnog broja uredskih prostora u sve tri zgrade i pretpostavci da se 25% prostorija dodatno grije električnim grijalicama prosječne toplinske snage 1,5 kW što je donekle potvrđeno prilikom obilaska zgrada*

Sukladno tomu 61% kapaciteta rezervirano je za grijanje (ovdje je uključeno grijanje radijatorima, dizalicama topline i električnim grijalicama), 36% za hlađenje tim istim dizalicama topline, te 3% za potrebe zagrijavanja potrošne tople vode i trošila u čajnim kuhinjama. Razdjeli li se ukupni toplinski kapacitet za grijanje na vrstu trošila dolazi se do podatka da 71% ukupnog instaliranog kapaciteta otpada na dizalice topline, samo 17% na sustav radijatora, te 12% na električne grijalice. Iako se podatak da tek 17% toplinskog kapaciteta rezerviranog u sustavu toplovodnog centralnog grijanja čini malen, potrebno je ukazati na nerazmjer u snazi instaliranog kotlovskog postrojenja od cca 1.300 kW u vidu dva kotla, i kapacitetu grijaćih tijela (radijatori) od 200 kW. Prema proračunu transmisijski gubitaka sve tri zgrade za karakterističnu godinu za razdoblje grijanja, dolazi se do potrebne instalirane toplinske snage za potrebe grijanja prostora od 360 kW. To predstavlja specifičnu toplinsku potrebu zgrada od 23 W/m^3. Nadalje, trenutno je za grijanje prostora instalirano oko 1.200 kW, a stvarne potrebe ne prelaze vrijednost od 360 kW, što upućuje na krajnje neučinkovit sustav grijanja.
Ukupna modelirana potrošnja energije za potrebe grijanja iznosi 776.872 kWh (tablica 6.14).

Tab. 6.14 Potrošnja energije za potrebe grijanja zgrada

Trošilo	Energent	Modelirana potrošnja energije [kWh]
Grijanje	lako loživo ulje, električna energija	710.000
Potrošna topla voda (PTV)	električna energija	4.776
Gubici	lako loživo ulje	62.096
Ukupno		**776.872**

Kako se za grijanje prostora u zimskom razdoblju kotlovskim postrojenjem potroši samo 400.000 kWh, ostatak od cca. 350.000 kWh namiruje se dizalicama topline te infra i uljnim grijalicama, čiji je energent električna energija. Da je tomu tako svjedoči i činjenica da se najviše električne energije potroši upravo u razdoblju grijanja, studenom, prosincu, siječnju, veljači i ožujku kao i činjenica da je postignuta električna snaga preuzeta iz elktrodistributivne mreže u tom razdoblju maksimalna.
Prema navedenom modelu proizlazi da godišnja specifična toplinska potrošnja energije za pokrivanje toplinskih gubitaka zgrada iznosi 49 kWh/m^3 što je značajno više od prosječne specifične toplinske potrošnje za nove zgrade prema novim propisima o toplinskoj zaštiti iz 2005. godine (NN 79/05).
Potrošena energija za hlađenje prostora procijenjena je na osnovu praćenja mjesečnih računa za električnu energiju. Naime, uzevši prosjek potrošene energije za mjesec travanj - svibanj za 2005. i 2006. godinu (kada se za područje Splita pretpostavlja da nema potrebe za grijanjem i hlađenjem) dolazi se do bazne potrošnje od 33.000 kWh što se u navedenom razdoblju potroši na rasvjetu i pogon uredske opreme, ali ne i za hlađenje i grijanje prostora. Za 2007. godinu taj prosjek iznosi oko 48.000 kWh. Svako odstupanje potrošnje električne energije od tog prosjeka u mjesecu srpnju pripisano je potrošnji energije za hlađenje tako da se u referentnoj 2006. godini za potrebe hlađenja potrošilo 32.000 kWh električne energije. Prema navedenom moguće je zaključiti da je potrošena energija za hlađenje prostora relativno mala u odnosu na energiju potrošenu za grijanje te je stoga pri prijedlogu mjera energetske učinkovitosti u prvom redu potrebno voditi računa o optimizaciju i modernizaciji sustava grijanja.

Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti

Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti prikazan je u tablici 6.15.

Tab. 6.15 Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti

Mjere	Opis		Ulaganje [kn]	Procijenjena ušteda [kWh/god]		Procijenjena ušteda [kn/god]	Razdoblje povrata ulaganja [godina]
1.	Zamjena drvene stolarije		5.000.000,00	350.000,00	0,00	166.674,00	30,0
2.	Izolacija ravnog krova		500.000,00	33.492,00	0,00	15.949,00	31,3
3.	Izolacija vanjskih zidova		780.000,00	117.230,00	0,00	55.827,00	14,0
4.	Modernizacija rasvjete	Ugradnja štedne rasvjete (u prostore koji se trenutno ne koriste)	4.200,00	4.199,00	0,00	2.448,00	1,7
		Racionalnije korištenje el. uređaja	0,00	12.950,00	0,00	10.500,00	0,00
5.	Regulacija temperature prostora		25.600,00	24.741,00	0,00	11.782,00	2,2
6.	Modernizacija kotlovnice		200.000,00	0,00	0,00	104.800,00	1,8
7.	Modernizacija sustava centralnog grijanja		500.000,00	0,00	0,00	34.900,00	14,3
8.	Modernizacija rashladnih jedinica		0,00	ekološka dobit			
UKUPNO			**7.009.800,00**	**542.611,00**	**0,00**	**402.880,00**	**17,4**

Na temelju izvedene studije izvodljivosti može se zaključiti da se na zgradama Splitsko-dalmatinske županije nalazi dovoljno prostora za primjenu mjera energetske učinkovitosti.

Najslabija točka konstrukcijskih dijelova zgrada je drvena stolarija koja datira još od vremena izgradnje. Predlaže se zamjena svih vanjskih drvenih prozora i vrata, novom PVC stolarijom (5 komorni profili) ostakljenom termoreflektirajućim IZO staklom, 6+14+6 mm i vrijednosti U=1,1 W/m^{2}K, s izoliranim kutijama za rolete za sve tri zgrade. Površina prozora i vrata koju je potrebno zamijeniti iznosi ukupno 2.500 m^2. Okvirna cijena PVC stolarije, gore navedenih karakteristika, s ugradnjom iznosi 2.000 kn za m^2. Specifična godišnja ušteda u energiju koju je moguće ostvariti zamjenom trenutno postavljene PVC stolarije preporučenom, kreće se od 150 do 200 kWh po kvadratnom metru staklene površine. Iako su troškovi zamjene iznimno visoki (procijenjen je trošak od 5.000.000,00 kn) loše stanje stolarije zamjenu čini nužnom.

Drugu slabu točku vanjske ovojnice zgrada čine zidovi zgrada. Izvede li se izolacija zidova prema naputku moguće je ostvariti oko 10% ušteda godišnje. Vanjske zidove zgrada potrebno je obložiti termoizolacijskim pločama kamene vune (fasadne lamele) debljine od 4 do 10,0 cm, maksimalne vrijednosti toplinske vodljivosti od 0,041 W/mK. Kako je cijena investicije aplikacije izolacije debljine 10 cm viša za oko 10 do 20% od one za 4 cm, preporuča se postavljanje izolacije debljine 10 cm, čime se dobiva vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline od 0,31 W/m^{2}K < 0,6 W/m^{2}K. Površina zidova koju je potrebno izolirati iznosi oko 2.600 m^2. Cijena materijala bez radova iznosi oko 150,00 kn/m^2, sa završnom obradom i radovima oko 300,00 kn/m^2. Provedu li se mjere rekonstrukcije vanjske ovojnice zgrade, zamjena vanjskih drvenih prozora i vrata, izolacija ravnog krova i izolacija zidova, sadašnja specifična toplinska potreba zgrada od 23 W/m^3 smanjila bi se na 10 W/m^3, a potrebna toplinska snaga za potrebe grijanja prostora sa sadašnjih 360 kW na 160 kW. Godišnja ušteda energije za grijanje iznosila bi 440.000 kWh, ili oko 210.000,00 kn. Određena ušteda u električnoj energiji postigla bi se i za vrijeme hlađenja u ljetnoj sezoni. Tim zahvatom značajno bi se smanjilo opterećenje kotla kao i preuzeta električne snage iz elektrodistibutivne mreže potrebne za pogon dizalica topline, te dodatno grijanje električnim grijalicama učinilo suvišnim. Također, provedba navedenih mjera na ovojnici zgrada omogućila bi demontažu drugog starijeg kotla, koji je s obzirom na broj ogrjevnih tijela već i sada suvišan.

Na ogrjevnim tijelima - radijatorima nema termostatskih ventila, a uočena je prilično visoka temperatura grijanih prostora, do 23-24 °C. Ugađanje i regulacija temperature prostora na projektne vrijednosti (21 °C, odnosno 19 °C) značajno smanjuje transmisijske gubitke u sezoni grijanja. Potrebno je ugraditi 128 termostatskih ventila te elemente za automatsko hidrauličko uravnoteženje mreže centralnog grijanja.

Kako je postojeći sustav rasvjete projektiran i izveden 1998. godine, tek neznatan dio od cca 5% čini energetski neučinkovitu rasvjetu klasičnim žaruljama, te stoga značajnije uštede na ovom području nisu moguće.

Kroz studiju je pokazano da se od ukupne energije najviše potroši za potrebe grijanja tijekom zimskog razdoblja, te je stoga značajne uštede energije moguće ostvariti upravo ovdje. Kako bi se postojeći sustav grijanja učinio učinkovitijim, te postigla zahtijevana ugoda u radnom prostoru, predloženo je postavljanje centralnog sustava grijanja u preostale dvije zgrade i priključenje radijatorske mreže na centralni kotlovski sustav. U tom slučaju grijanje električnim grijalicama i dizalicama topline postaje suvišno, što na koncu rasterećuje elektroenergetski sustav zgrada, odnosno smanjuje se zakupljena električna snaga i utrošak električne energije u vrijeme sezone grijanja. Kako je specifična cijena električne energije viša s obzirom na cijenu ekstra lakog loživog ulja i prirodnog plina primjenom ove mjerom očekuju se novčane uštede od 5% ukupnog sadašnjeg godišnjeg izdatka za energiju. Naime, pregledom računa za električnu energiju ocjenjeno je da se u zimskom razdoblju (od studenog do travnja) potroši između 160.000 do 180.000 kWh električne energije za grijanje. Godišnji toplinski množitelj dizalica topline s okolišnim zrakom kao izvorom topline kreće se između 2 do 2,5. Kako je udio instalirane toplinske snage električnih i uljnih grijalica tek 15% naspram 85% snage instalirane dizalicama, topline pretpostavlja se da se 15% od gore navedene električne energije, odnosno oko 30.000 kWh potroši izravno na pogon električnih grijalica, a ostatak od 150.000 kWh za pogon kompresora dizalica topline. Pomnoži li se električna energija za pogon kompresora s toplinskim množiteljem od 2,25, dolazi se do podatka 337.500 kWh topline predane na kondenzatoru izravno za grijanje prostora što uz električnu energiju od 30.000 kWh izravno potrošenu za pogon električnih grijalica čini 367.500 kWh topline predane prostoru tijekom zimskog razdoblja.

Prema navedenom modelu proizlazi da je ovom mjerom moguće uštedjeti do 180.000 kWh električne energije godišnje. Nadalje, kako se u ovom slučaju grijanje prostora ostvaruje isključivo centralnim grijanjem, ovom mjerom moguća je daljnja ušteda u zakupljenoj električnoj snazi. Naime, prema računima za električnu energiju, maksimalna postignuta snaga ostvaruje se tijekom zimskih mjeseci, te je u siječnju 2007. godine postignuto 527 kW, dok je u mjesecu srpnju 2007. godine maksimalna postignuta električna snaga iznosila tek 320 kW. Pretpostavlja se da se u tom mjesecu vršna potrošnja električne energije javlja isključivo radi hlađenja. Odavde je vidljivo da je moguće uštedjeti daljnjih 200 kW mjesečno u zakupljenoj električnoj snazi. Cijena zakupa električne snage za poduzetništvo prema crvenom tarifnom modelu iznosi 31,5 kn/kWh.

Umjesto potrošnje električne energije za grijanje prostora sada se potrebnih 370.000 kWh topline namiruje centralnim grijanjem. Godišnja novčana ušteda u električnoj energiji iznosila bi 208.800,00 kn dok bi se istovremeno za loživo ulje potrošilo (radi namirivanja 370.000 kWh topline) dodatnih 173.900,00 kn.

Kako se u sljedećih dvije godine planira plinofikacija Dalmacije, uvođenje plina kao energenta i zamjena postojećih uljnih plamenika plinskim, generirat će određene novčane uštede, odnosno smanjiti pogonske troškove, zbog više cijene energije dobivene izgaranjem loživog ulja nego zemnog plina. Procjenjuje se da bi generirane novčane uštede iznosile oko 15% ukupnog sadašnjeg godišnjeg izdatka za energiju. Odnosno promjenom energenta, prelaskom na prirodni plin, ovaj trošak iznosio bi tek 79.180,00 kn.

Iz navedenog slijedi da se ovom mjerom, odnosno ovim načinom grijanja prostora tijekom zimskog razdoblja može ostvariti ušteda od 34.900,00 kn godišnje svedeno na loživo ulje, odnosno 129.620,00 kn svedeno na prirodni plin. Ova analiza izvedena je pod pretpostavkom da nisu napravljene nikakve preinake na vanjskoj ovojnici zgrade, odnosno da nije zamijenjena stolarija i izvedena izolacija krova i zidova.

LITERATURA:

[1] Donjerković Petar. Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I. i II. Alfa, Zagreb, 1996.

[2] Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković. Grejanje i klimatizacija 05/06. Šesto, izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.

[3] Grozdek M. Tehničko-ekonomska analiza rekonstrukcije sustava grijanja, hlađenja i klimatizacije Ureda predsjednika Republike Hrvatske, Pantovčak 241, Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb. ožujak 2012. koji je financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.

[4] Ćurko T., Grozdek M., Burul V. Studija izvodljivosti za projekt energetske učinkovitosti objekata Splitsko-dalmatinske županije u Splitu. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb. Siječanj 2008. koji je financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.

6.2.2. Primjer 3 - Detaljni energetski pregled i izrada energetskog certifikata za poslovnu zgradu Dunavski Lloyd, Rimska 28, Sisak / Izvor: EIHP

Poslovna zgrada Dunavski Lloyd nalazi se u Sisku na adresi Rimska 28. Zgrada je ukupne neto grijane površine 1277,44 m^2. Zgrada se nalazi u zoni u kojoj je prema Generalnom urbanističkom planu grada Siska dovršeni dio naselja, te je dopušteno održavanje i manji zahvati sanacije građevina.

Prema proračunatoj potrošnji energije za grijanje, zgrada ulazi u energetski razred **E** s relativnom vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje od **189,60%**.

U objektu Dunavskog Lloyda se za zadovoljavanje energetskih potreba koriste električna energija i ekstra lako loživo ulje. Kao referentna godina za potrošnju i troškove za električnu energiju uzeta je modelirana potrošnja energije jer su računi za električnu energiju bili nedostupni u vrijeme provođenja energetskog pregleda. Kao referentna godina za potrošnju i troškove za ekstra lako loživo ulje uzet je prosjek 2009., 2010. i 2011. godine. Kao referentna potrošnja vode uzet je prosjek 2009., 2010. i 2011. godine.

Tab. 6.16 Referentne vrijednosti za energente i vodu

ENERGENT i VODA	Jedinica	REFERENTNE VRIJEDNOSTI			
		Ref. godišnja potrošnja	Ref. godišnja bruto toplinska energija	Ref. godišnji troškovi, bez PDV-a	Ref. godišnja emisija CO_2,
		[jedinica/god.]	[kWh/god.]	[kn/god.]	[t/god.]
Električna energija	kWh	**15.000**	-	11.268	7,950
ELLU	l	**23.500**	242.755	128.550	54,600
Voda	m^3	**230**	-	3.174	0,116
UKUPNO:				**142.992**	**62,666**

Električna energija koristi se za rad električnih uređaja u sustavu grijanja (elektromotori za pogon pumpi, elektromotori za pogon ventilatora), PTV, rad uredske opreme (računala, printeri, skeneri), električne rasvjete, tzv. split sustava za hlađenje prostorija te kuhinjske opreme. Uprava preuzima električnu energiju na niskom naponu i s HEP-om ima ugovoren tzv. crveni tarifni model poduzetništvo. Referentna godišnja potrošnja električne energije iznosi 15.000 kWh.

Ekstra lako loživo ulje koristi se kao energent u centralnom sustavu grijanja. Sustav grijanja je centralizirani sustav s kotlovnicom smještenom u podrumu objekta. Uređaji za proizvodnju toplinske energije su 2 toplovodna kotla proizvođača „Grijanje“, tip ROBBY R – 200, svaki nazivnog učina od 230 kW. Nominalni temperaturni režim kotlova iznosi 90/70 °C ali u trenutku pregleda polazna temperatura iznosila je 70 °C, dok je temperatura povrata iznosila 60 °C. Kotlovi su proizvedeni 1988. godine, redovito su održavani i u dobrom su stanju. Vrijeme rada kotlova odvija se od 6.00 do 15.30 kada se potpuno gase. Nema noćnog režima rada, a vikendom se samo povremeno ručno pale u slučaju vrlo niskih temperatura.
Ukupna referentna godišnja potrošnja ELLU za objekt Lloyda iznosi 23.500 l/god. što odgovara toplinskoj energiji od 242.755 kWh/god.
Voda se u koristi u sanitarnim prostorima za osobnu higijenu i ispiranje sanitarija. Referentna potrošnja vode iznosi 230 m^3/god.
Ukupni referentni godišnji troškovi za električnu energiju, ekstra lako loživo ulje i vodu iznose 142.992 kn.
U navedeni iznos referentnih godišnjih troškova nisu uključeni eventualni troškovi zbog neplaćanja računa u skladu sa zadanim rokovima kao niti PDV.

Tab. 6.17 Sažeti prikaz analiziranih mjera

Mjera	Opis	Investicija	Procjena uštede				JPP	Smanjenje CO_2 emisija
		kn	ELLU (l)	Električna energija (kWh)	Voda (m^3)	kn	(god)	kg/god
1	Uspostava sustava gospodarenja energijom	100.000	0	0	0	0	0,0	0
2	Rekonstrukcija ravnog neprohodnog krova	72.485	1.369	0	0	7.175	10,1	2.601
3	Rekonstrukcija ravnog prohodnog krova	50.078	1.077	0	0	5.644	8,9	2.046
4	Toplinska izolacija vanjskih zidova	175.572	5.963	0	0	31.246	5,6	11.330
5	Toplinska izolacija stropa iznad vanjskog zraka (ulaz)	105.029	237	0	0	1.243	84,5	451
6	Zamjena čeličnih prozora ostakljenih jednostrukim staklom	243.312	1.651	0	0	8.652	28,1	3.137
7	Zamjena jednostrukih drvenih prozora s dvostrukim ostakljenjem 1. do 4. kata	364.534	1.434	0	0	7.513	48,5	2.724
8	Zamjena ostakljenja prozora prizemlja	28.525	310	0	0	1.623	17,6	588
9	Dodatni učinak integralne obnove vanjske ovojnice smanjivanjem utjecaja toplinskih mostova	0	126	0	0	659	0,0	239
12	Rekonstrukcija sustava rasvjete	350.000	0	0	0	0	0,0	0
13	Ugradnja fotonaponskog sustava	694.540	0	24.150	0	81.869	8,5	12.800
10	Postavljanje termostatskih setova na postojeće radijatore	20.850	0	0	0	8.998	2,3	0
11	Zamjena ELLU peletima	280.000	0	0	0	77.035	3,6	0
16	Zamjena ELLU prirodnim plinom	500.000	0	0	0	64.011	7,8	0
17	Postavljanje dizalice topline	768.000	0	80.918	0	62.147	12,4	42.887
18	Zamjena ELLU peletima uz rekonstrukciju ovojnice	190.000	0	0	0	18.500	10,3	0
19	Zamjena ELLU prirodnim plinom uz rekonstrukciju ovojnice	350.000	0	0	0	15.309	22,9	0
20	Ugradnja štednih armatura na izljevnim mjestima	17.000	0	0	23	317	53,6	12

Dio predloženih mjera energetske učinkovitosti je u međuovisnosti te su u tablici prikazane procijenjene uštede proračunate pod pretpostavkom da se niti jedna druga mjera neće implementirati.

Prema viđenome na lokaciji zgrade Dunavskog Lloyda u smislu redoslijeda i prioriteta implementacije mjera predlaže se:

- **uspostava sustava za gospodarenje energijom** kao organizacijska mjera kojom se uspostavlja nadzor, praćenje i kontrola potrošnje energenata. Prisutnost većeg broja suvlasnika u zgradi zahtijeva jasno utvrđene odnose u pogledu vlasništva, korištenja i održavanja zgrade, čiji je sastavni dio i raspodjela troškova za energente i vodu, ako nije provedeno razdvojeno mjerenje po svim energentima;
- **toplinska izolacija vanjske ovojnice** kao mjera koja zahtijeva veća ulaganja, ali ima velike energetske, financijske i ekološke dobrobiti, povezana s rekonstrukcijom električnih instalacija i integracijom obnovljivih izvora energije u zgradu u svrhu što većeg pokrivanja potreba za energijom unutar same zgrade;
- **rekonstrukcija sustava grijanja** - nakon rekonstrukcije vanjske ovojnice, potreban sustav grijanja je približno četiri puta manjeg kapaciteta nego postojeći. Također, zahtjevi suvremenih uredskih zgrada su osim zadovoljavajućih toplinskih uvjeta u zimskom razdoblju, usmjereni na postizanje optimalne mikroklime ljeti, što se rješava sustavom hlađenja, ili, kao na primjeru ove zgrade, inteligentnom implementacijom sustava noćnog hlađenja prirodnom ventilacijom (free-cooling);
- **izvedba fotonaponskog sustava** kojim bi se pokrilo približno 30% potrebe za električnom energijom rekonstruirane zgrade;
- **korištenje obnovljivih i CO_2 neutralnih izvora energije** za grijanje zgrade – peleti.

Ako se implementiraju sve predviđene mjere energetske učinkovitosti, potrebna toplinska energija za grijanje zgrade Lloyda će biti $Q_{H,nd}$=54.306 kWh/god. za stvarne klimatske podatke, odnosno $Q_{h,nd,ref}$=53.353 kWh/god. za referentne klimatske podatke s relativnom potrebnom toplinskom energijom za grijanje od **46,03%** što bi svrstalo zgradu u **energetski razred B**.

Tab. 6.18 Pregled mogućih i preporučenih kombinacija mjera

	Investicija	Uštede				JPP	Smanjenaje CO_2 emisija	primijenjene mjere
	kn	Loživo ulje	Električna energija (kWh)	Voda (m^3)	kn	god	kg/god	
Rekonstrukcija vanjske ovojnice zgrade	1.039.534	12.167	0	23	63.753	16,3	23.117	2 3 4 5 6 7 8 9
Rekonstrukcija sustava rasvjete	350.000	0	0	0	0	0,0	0	12
Ugradnja fotonaponskog sustava	694.540	0	24.150	0	81.869	8,5	12.800	13
Rekonstrukcija sustava grijanja bez rekonstrukcije vanjske ovojnice	280.000	0	0	0	77.035	3,6	0	11
Kompletna rekonstrukcija zgrade	2.411.924	12.167	24.150	23	173.437	13,9	35.928	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 12 13 18 20

Slika 6.22 Sjeverno pročelje zgrade Dunavskog Lloyda

Zgrada Dunavskog Lloyda je izgrađena 1963. godine. Projektna dokumentacija o zgradi nije bila dostupna za potrebe energetskog pregleda, te su podaci o geometrijskim karakteristikama zgrade, tehničkim sustavima i načinu korištenja dobiveni energetskim pregledom te iz elaborata procjene vrijednosti nekretnine iz 2008. godine. Zgrada je tlocrtnih dimenzija 28,36 x 13,96 m, visine podrum, prizemlje i 4 kata. Prostor koji se vodi kao vlasništvo Fonda za razvoj i zapošljavanje u stvarnosti koristi Lučka uprava Sisak, Rimska 28.

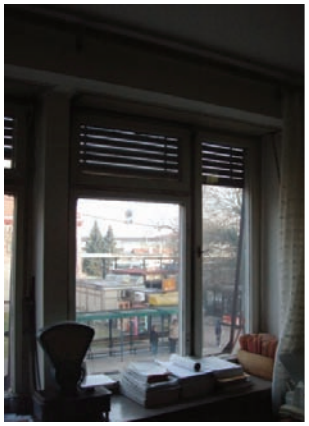
Nakon izgradnje 1963. godine, zgrada je korištena u izvornom obliku do 2000. godine kada Lučka uprava Sisak stupa u posjed prostora u prizemlju zgrade, koji uređuje za svoje potrebe prilagodbom i uređenjem interijera te zamjenom prozora na sjevernom i južnom pročelju.

Oblikovanje i konstrukcija zgrade su karakteristični za gradnju višeg standarda 60.-ih godina 20. stoljeća - skeletni sustav armirano betonskih stupova, greda i rebričastih armirano betonskih stropova, s ispunom parapeta i dijela zabatnih zidova zidom ispune od opeke. Zgrada je prostorno organizirana s pojedinačnim etažama izdvojenim u zasebne funkcionalne cjeline, povezane zajedničkim stubištem i dizalom preko ulaznog predsoblja u prizemlju zgrade.
Funkcionalno zajednički prostori - kotlovnica, spremišta i kantina za zaposlene nalaze se u podrumu zgrade, kao i prostor komunikacija na pojedinim etažama. Funkcionalnu dispoziciju u potpunosti ne prate vlasnički odnosi, što može predstavljati ograničenje u načinu obnove i upravljanja zgradom. Krov zgrade je ravan, pokriven bitumenskom hidroizolacijom, s velikom natkrivenom terasom na 4. katu zgrade, vezanom na dvoranu za sastanke i stubište.
Svi prostori unutar zgrade, osim sanitarnih čvorova, orijentirani su na vanjski prostor i prirodno provjetravani kroz prozore. Sanitarni čvorovi po etažama (muški i ženski WC) i u podrumu, opremljeni su mehaničkom ventilacijom koja se uključuje relejom istodobno s rasvjetom u prostoru. Danas se koriste prostori podruma, prizemlja i 1. kata zgrade, te 4. kat - dvorana za sastanke, koja se trenutno koristi kao plesna dvorana. Svi prostori unutar zgrade grijani su jer ne postoji mogućnost regulacije grijanja.

Sastavi konstrukcija vanjske ovojnice zgrade odgovaraju razdoblju izvedbe. Karakteristično je nepostojanje posebnog sloja toplinske izolacije u konstrukcijama vanjske ovojnice, osim u konstrukciji ravnog krova, gdje je izolacija izvedena nespecificiranim materijalom, najvjerojatnije drvolit (heraklit) pločama. Razdoblje izgradnje, kao i opseg rekonstrukcija koje su naknadno izvršene na zgradi rezultiraju prosječnim u lošim (visokim) koeficijentima prolaska topline konstrukcija vanjske ovojnice. Vanjsku ovojnicu zgrade čine vanjski zidovi zgrade prema vanjskom zraku, zidovi podruma prema tlu, podovi podruma prema tlu, te ravni krovovi grijanih prostora, kao i konstrukcija razdjelnog zida prema susjednoj zgradi. Utjecaj negrijanog prostora kotlovnice na ukupnu toplinsku bilancu zgrade je zanemariv zbog visoke razine toplinskih gubitaka kotlova koji se promatraju kao unutarnji dobitak prostora, te ne dolazi do značajne interakcije prostora kotlovnice i grijanih prostora koji graniče s kotlovnicom. Vanjski zidovi zgrade su izvedeni skeletnim armirano betonskim sustavom gradnje s ispunom parapeta i punog zidnog platna opekom debljine 25 cm. Koeficijent prolaska topline vanjskih zidova, zbog velikog udjela betonskog skeleta u ukupnoj površini vanjskih zidova promatra se odvojeno za betonske konstrukcije i ispunu skeletnog sustava, i kreće se u rasponu od 1,67 do 2,71 W/m^{2}K.

Ravni krov zgrade sastoji se od sitnorebričastog armirano betonskog stropa s izvedenim slojem betona za pad debljine 0-6 cm, te toplinskom izolacijom izvedenom od drvolita pretpostavljene debljine 5 cm. Visoka toplinska vodljivost drvolita u konačnici ne doprinosi značajno ukupnoj toplinskoj izolaciji ravnog krova zgrade. Završni sloj ravnog krova je bitumenska krovna ljepenka na kojoj su vidljiva značajna oštećenja kao posljedica neredovitog održavanja i problema s difuzijom vodene pare kroz konstrukciju. Veliki broj oštećenja, koja možda ne rezultiraju prodorom oborinske vode zbog stapanja parorasteretnog sloja i hidroizolacijske brane ne može se zanemariti, i jasno pokazuje starost krova od gotovo 50 godina, dok je prosječna trajnost bitumenskih krovnih izolacija 20 - 30 godina. Koeficijent prolaska topline ravnog neprohodnog i prohodnog krova kreće se između 1,50 i 1,63 W/m^{2}K.
Svi podovi na tlu su izvedeni bez toplinske izolacije i bez zvučne izolacije u sastavima podnih konstrukcija. Osnovni materijal podnih konstrukcija čine donja i gornja betonska podloga ukupne debljine 12-16 cm sa slojem hidroizolacije bitumenskim trakama. Koeficijenti prolaska topline poda na tlu kreću se oko vrijednosti 4,20 W/m^{2}K.
Zidovi prema tlu izvedeni su bez toplinske izolacije te se sastoje od armiranog betona debljine ~ 30 cm, s vanjskom oblogom bitumenskom hidroizolacijom. Koeficijent prolaska topline zidova prema tlu iznosi 3,04 W/m^{2}K.

Prozirne konstrukcije vanjske ovojnice zgrade čine prozori na pročelju, ostakljene stijene, ostakljena ulazna vrata te ostakljene stijene od staklenih prizmi. Najveći dio prozora na zgradi je identičan oblikom i tipom prozora, neizmijenjen od razdoblja izgradnje zgrade. Prozori su jednostruki, krilo na krilo, dimenzija 147/147 cm, te se sastoje od dva zaokretna krila i jednog otklopnog. Svi prozori ovog tipa izvedeni su sa kutijom za rolete u armirano betonskoj konstrukciji i servisnim otvorom s unutarnje strane, te roletama s drvenim lamelama.




Slika 6.23 Karakteristični drveni jednostruki prozor s dvostrukim ostakljenjem

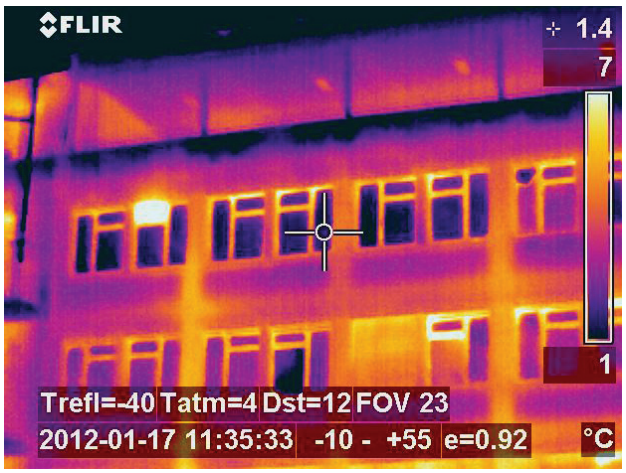
Prozori na zgradi su dotrajali, s oštećenjima drvene konstrukcije prozora, vidljivim deformacijama krila koje onemogućavaju otvaranje ili zatvaranje te najvećim dijelom oštećenog okova. Koeficijent prolaska topline drvenih prozora s dvostrukim ostakljenjem je 2,57 W/m^{2}K, što značajno prelazi danas maksimalno dopuštenu vrijednost od 1,80 W/m^{2}K. U prizemlju zgrade, prilikom useljenja Lučke uprave Sisak prozori su zamijenjeni jednostrukim drvenim prozorima istovjetnog rasporeda, ali ostakljenim dvostrukim izo staklom 4/16/4 mm. Kako su debljine drvenih okvira identične, a i koeficijent prolaska topline ostakljenja prozora krilo na krilo ili izo stakla značajno se ne razlikuje, koeficijent prolaska topline prozora je isti kao i kod prozora krilo na krilo (2,57 W/m^{2}K), uz nešto manju zrakopropusnost novih prozora koji su izvedeni s dodatnom gumenom brtvom.
Važno je da su novi prozori izvedeni bez zaštite od osunčanja roletom, što povećava potrebu za hlađenjem prostora (osobito na južnoj strani zgrade), ali se kutije za roletu mogu vratiti u funkciju i izvesti potpuna zaštita prozora roletama prema izvornom izgledu zgrade.
Prozori koji se nalaze na 4. katu su identične konstrukcije kao i prozori 1. do 3. kata, ali je na dijelu prozora na sjevernoj strani, vjerojatno uslijed oštećenja, demontirano unutarnje krilo prozora čime su oni realno pretvoreni u jednostruke prozore s jednostrukim ostakljenjem U faktora 4,67 W/m^{2}K.
Na prozorima 4. kata - prostor dvorane koju koristi plesni klub, vidljive su posljedice prekidnog režima grijanja zgrade. Budući da se grijanje zgrade prekida u 15.00 sati, a prostori 4. kata se koriste u večernjim satima, dolazi do pada temperature u

prostoriji, značajno ispod potrebne razine udobnosti, zbog čega su korisnici PU pjenom zabrtvili sve reške na prozorima i kutijama za rolete i smanjili zrakopropusnost prostora (drvena ostakljena vrata su i dalje u funkciji prozračivanja prostora. Ovaj detalj upućuje na visoku razinu zrakopropusnosti čitave zgrade.

Slika 6.24 Brtvljenje reški otvora poliuretanskom pjenom

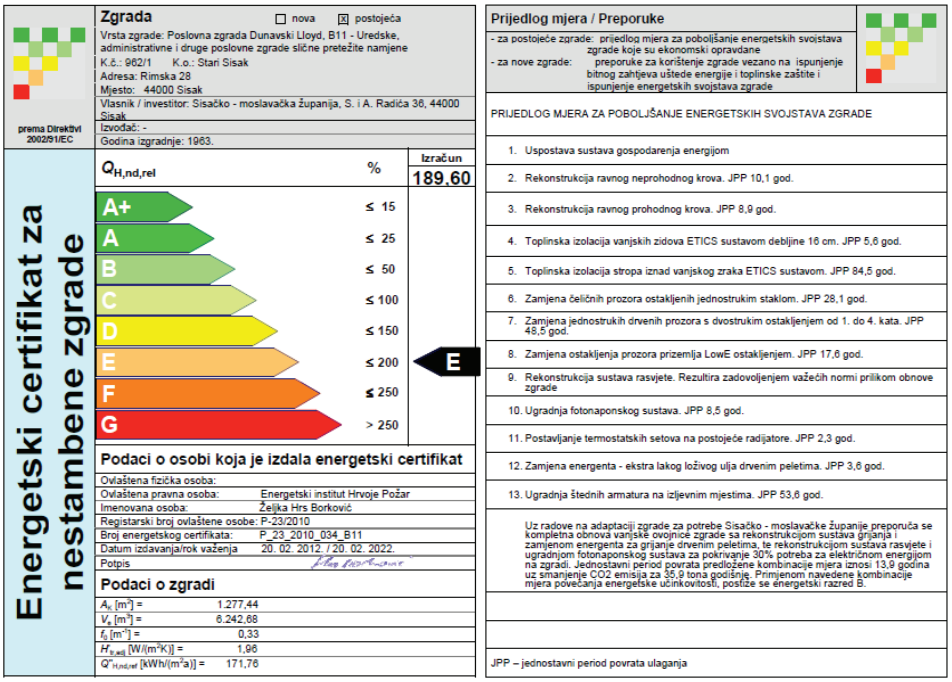
Na prostorima komunikacija (zajednički prostori) zgrade izvorno su postavljeni prozori i ostakljene stijene s čeličnim okvirima od standardnih Q profila (više nisu u proizvodnji) ostakljeni jednostrukim staklom, s korištenjem masivnih aluminijskih montažnih letvica za staklo.

Koeficijent prolaska topline ovih prozora je 5,8 W/m^{2}K, uz vrlo veliku zrakopropusnost zbog nemogućnosti brtvljenja reški prozora (nepreciznost izvedbe, nema podešavanja, nemogućnost postave brtvi). Na stubištu su jednostruki čelični prozori kombinirani s ostakljenom stijenom s ispunom jednostrukim staklenim prizmama s koeficijentom prolaska topline 5,7 W/m^{2}K. Unatoč postavi s južne strane, pasivni zahvat sunčeve energije je smanjen zbog malog propuštanja osunčanja kroz prizme (g=0,40). Na zgradi je zaštita od osunčanja izvedena eslinger roletama s drvenim (mjestimično zamijenjenim plastičnim) lamelama. Rolete u izoliranoj kutiji predstavljaju kvalitetnu zaštitu od prekomjernog osunčanja, ali u trenutnom stanju najveći dio roleta je izvan funkcije. Neodržavanje zgrade, osobito ostakljenih konstrukcija pročelja izazvalo je povećanje toplinskih gubitaka zbog infiltracije vanjskog zraka, što je vidljivo iz primjera brtvljenja prozora na 4. katu. Budući da se najveći dio zgrade trenutno ne koristi, nema značajnog prirodnog prozračivanja zgrade te se ocjenjuje da je ukupan protok zraka infiltracijom i prirodnim prozračivanjem 0,5 izmjena zraka na sat.



Slika 6.25 Sjeverno pročelje - termogram

Proračunata potrebna toplinska energija za referentne klimatske podatke kontinentalne Hrvatske iznosi 219.410 kWh/a, pri čemu je specifična potrebna toplinska energija za zgradu 171,76 kWh/m^{2}a, odnosno 35,15 kWh/m^{3}a, što je značajno više od maksimalno dopuštene vrijednosti od 18,54 kWh/m^{3}a. Zgrada postiže **energetski razred E** s relativnom potrebnom toplinskom energijom za grijanje $\mathbf{Q_{H,nd,rel}}$ **= 189,60%**.
Vidljivo je da zgrada postiže rezultat na gornjoj granici prema lošijem energetskom razredu F i da je energetska obnova zgrade nužnost, osobito zbog planiranog korištenja zgrade za potrebe Sisačko-moslavačke županije.



Zgrada ☐ nova ☒ postojeća
Vrsta zgrade: Poslovna zgrada Dunavski Lloyd, B11 - Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene
K.č.: 962/1 K.o.: Stari Sisak
Adresa: Rimska 28
Mjesto: 44000 Sisak
Vlasnik / investitor: Sisačko - moslavačka županija, S. i A. Radića 36, 44000 Sisak
Izvođač: -
Godina izgradnje: 1963.
prema Direktivi 2002/91/EC

Energetski certifikat za nestambene zgrade

$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun 189,60
A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	E
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat
Ovlaštena fizička osoba:
Ovlaštena pravna osoba: Energetski institut Hrvoje Požar
Imenovana osoba: Željka Hrs Borković
Registarski broj ovlaštene osobe: P-23/2010
Broj energetskog certifikata: P_23_2010_034_B11
Datum izdavanja/rok važenja 20. 02. 2012. / 20. 02. 2022.
Potpis

Podaci o zgradi

A_k [m^2] =	1.277,44
V_e [m^3] =	6.242,68
f_0 [m^{-1}] =	0,33
$H'_{T,adj}$ [W/(m^{2}K)] =	1,96
$Q''_{H,nd,rel}$ [kWh/(m^{2}a)] =	171,76

Prijedlog mjera / Preporuke
- za postojeće zgrade: prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane
- za nove zgrade: preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade

PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

1. Uspostava sustava gospodarenja energijom
2. Rekonstrukcija ravnog neprohodnog krova. JPP 10,1 god.
3. Rekonstrukcija ravnog prohodnog krova. JPP 8,9 god.
4. Toplinska izolacija vanjskih zidova ETICS sustavom debljine 16 cm. JPP 5,6 god.
5. Toplinska izolacija stropa iznad vanjskog zraka ETICS sustavom. JPP 84,5 god.
6. Zamjena čeličnih prozora ostakljenih jednostrukim staklom. JPP 28,1 god.
7. Zamjena jednostrukih drvenih prozora s dvostrukim ostakljenjem od 1. do 4. kata. JPP 46,5 god.
8. Zamjena ostakljenja prozora prizemlja LowE ostakljenjem. JPP 17,6 god.
9. Rekonstrukcija sustava rasvjete. Rezultira zadovoljenjem važećih normi prilikom obnove zgrade
10. Ugradnja fotonaponskog sustava. JPP 8,5 god.
11. Postavljanje termostatskih setova na postojeće radijatore. JPP 2,3 god.
12. Zamjena energenta - ekstra lakog loživog ulja drvenim peletima. JPP 3,6 god.
13. Ugradnja štednih armatura na izljevnim mjestima. JPP 53,6 god.

Uz radove na adaptaciji zgrade za potrebe Sisačko - moslavačke županije preporuča se kompletna obnova vanjske ovojnice zgrade sa rekonstrukcijom sustava grijanja i zamjenom energenta za grijanje drvenim peletima, te rekonstrukcijom sustava rasvjete i ugradnjom fotonaponskog sustava za pokrivanje 30% potreba za električnom energijom na zgradi. Jednostavni period povrata predložene kombinacije mjera iznosi 13,9 godina uz smanjenje CO2 emisija za 35,9 tona godišnje. Primjenom navedene kombinacije mjera povećanja energetske učinkovitosti, postiže se energetski razred B.

JPP – jednostavni period povrata ulaganja

Slika 6.26 Energetski certifikat zgrade u postojećem stanju i prijedlog mjera za povećanje energetske učinkovitosti

Kao referentnu potrošnju možemo uzeti srednju vrijednost u tri godine što ujedno i odgovara proračunu gubitaka topline, te iznosi oko 23.500 litara.
Promatrajući troškove za ELLU također se uočava konstantan porast jedinične cijene goriva a time onda i ukupni godišnji troškovi. Tako je u samo 3 godine jedinična cijena bez PDV-a s 2,347 kn/l porasla na 4,876 kn/l što je 100%-tno povećanje. Ubrajajući ostale troškove kao prijevoz, trošarinu, naknadu i PDV, jedinična cijena je zapravo porasla s 3,63 na 6,73 kn/l. Računajući s posljednjom cijenom i referentnom potrošnjom od 23.500 litara, i cijenom bez PDV-a od 5,47 kn,**ukupni godišnji trošak iznosi 128.550,00 kn.**

Na temelju energetskog pregleda, provedenih analiza i proračuna, može se zaključiti da postoji značajan potencijal za implementaciju mjera energetske učinkovitosti na upravnoj zgradi Sisačko-moslavačke županije (Dunavski Lloyd). Rekonstrukcija vanjske ovojnice će osigurati bitno smanjenje potrebne toplinske energije za zgradu, pri čemu se izvedba toplinske izolacije fokusira na vanjske zidove, zamjenu ostakljenja prozora i toplinsku izolaciju krovova, zaobilazeći intervencije na vanjskoj ovojnici podrumskih prostorija koje bi zahtijevale značajno povišenja ulaganja.
Mjere energetske učinkovitosti programirane su tako da zgrada optimalnim ulaganjem postigne barem energetski razred B, što će biti izuzetan primjer mogućnosti povećanja energetske učinkovitosti, uz prihvatljivo razdoblje povrata investicije, te dodanom vrijednošću korištenja obnovljivih izvora energije i općenito smanjenja specifične potrošnje energije korištenjem inteligentnih pristupa projektiranju i upravljanju zgradom.
S obzirom na relativno kratka razdoblja povrata sredstava, većina predloženih mjera za koje su izražene uštede mogu se smatrati isplativim, odnosno tehnički, ekološki i ekonomski opravdanim.
U smislu redoslijeda i prioriteta implementacije mjera predlaže se:
- rekonstrukcija zgrade koja uključuje sve elemente vanjske ovojnice;

- rekonstrukcija sustava grijanja;
- provedba SGE-a;
- izvedba fotonaponskog sustava za pokrivanje dijela potreba za električnom energijom.

Za provedbu navedenih kapitalnih investicija potrebno je razraditi detaljni plan, koji svojim opsegom izlazi iz kontura ove studije, te se njegova razrada predviđa projektom rekonstrukcije zgrade za potrebe Spisačko-moslavačke županije. U razradu projekta moraju se uključiti svi suvlasnici zgrade, jer investicija povećava vrijednost nekretnine, ali u razdoblju određenim vremenom povrata investicije dodatno financijski opterećuje sve suvlasnike zgrade.

6.3. ŠKOLSKE I FAKULTETSKE ZGRADE, VRTIĆI I DRUGE ODGOJNE I OBRAZOVNE USTANOVE

Uvod

Školske i fakultetske zgrade, vrtići i druge odgojne i obrazovne ustanove starije gradnje, u pravilu su građevine izvedene s jednostavnim tehničkim sustavima, koji obuhvaćaju centralne sustave grijanja i pripreme potrošne tople vode te ponegdje sustave hlađenja s pojedinačnim, lokalno smještenim, *split* rashladnim uređajima. Samo u određenim slučajevima u zgradama obrazovne namjene ponajprije u predavaonicama, amfiteatrima, vijećnicama, knjižnicama te laboratorijima na fakultetima i institutima, klimatizacija prostora izvedena je sustavima ventilacije i klimatizacije te centralnim rashladnim postrojenjima.

Učionice školskih zgrada uobičajene namjene najčešće se zagrijavaju centralnim radijatorskim grijanjem, a provjetravaju prirodnim putem otvaranjem prozora. Hlađenje u takvim zgradama u pravilu ne postoji. S higijenskog aspekta i sa strane potrošnje energije to nije zadovoljavajuće. Preporučena količina svježeg zraka po osobi iznosi minimalno 30 m^3/h što s obzirom na volumen učionica i broj studenata iznosi između 4 i 8 izmjena zraka na sat, a za niske prostorije i više. Kada je temperatura vanjskog zraka vrlo niska ili visoka, količina svježeg zraka radi uštede energije smanjuje se na pola.

Školske i fakultetske ustanove te odgojne ustanove građene unazad nekoliko godina, značajno se razlikuju od ustanova građenih prije nekoliko desetaka godina. Prostorije se izvode kao polivalentne tako da im se omogući brza prenamjena, često su izvedene bez prozora, velike su dužine, a manje visine. Zidovi zgrada lake su gradnje s malim kapacitetom akumulacije energije, dok broj i kapacitet instaliranih izvora topline unutar prostorija raste s razvojem tehnike i promjenama u obrazovnim metodama (rasvjeta, računalna oprema i ostalo). Ugodnost boravka u ovim prostorijama nije moguće ostvariti bez sustava ventilacije i klimatizacije. U tu svrhu primjenjuju se razne vrste izvedbi sustava; sustavi klimatizacije samo zrakom, sustavi klimatizacije s centralnim sustavom dogrijavanja i/ili hlađenja radijatorima i/ili ventilokonvektorima,indukcijski sustavi klimatizacije i drugi, od kojih se najčešće susreću sustavi djelomične klimatizacije projektirani na način da omoguće temperature ubacivanog zraka između 18 do 20°C. U zavisnosti o unutarnjim izvorima topline, odnosno instaliranoj snazi računalne opreme i rasvjete, broju prisutnih osoba te sunčevom zračenju, temperatura zraka kretat će se između 21 i 24°C.

Učionice s prozorima koje posjeduju sustav klimatizacije opremljene su uglavnom lokanim grijaćim tijelima; radijatorima, konvektorima ili ventiloknovektorima, smještenim ispod prozora kako bi se osiguralo osnovno grijanje, a sustav klimatizacije služi za dodatno zagrijavanje zraka na temperaturu 22°C. Na ovaj način učinkovito se izbjegava pregrijavanje prostorija. U slučaju da učionica nema prozora, lokalna grijaća tijela se ne koriste.

Predavaonice i slušaonice u obliku amfiteatra na fakultetima, institutima, koncertnim dvoranama i u drugim zgradama, radi načina korištenja, smještaja velikog broja osoba na relativno kratko vrijeme, u pravilu su opremljene sustavima ventilacije i klimatizacije. U tim slučajevima adekvatna ventilacija prirodnim putem nije moguća. Temperatura zraka održava se između 22 i 25°C, a relativna vlažnost zraka između 40 i 60%.

Radi smanjenja potrošnje energije, sustavi ventilacije i klimatizacije, u zgradama obrazovnih ustanova, trebali bi biti projektirani i izvedeni za rad s recirkulacijskim zrakom gdje će u ovisnosti o uvjetima unutar prostorije veći ili manji dio odsisanog zraka ponovno dovesti u prostoriju. Prije početka predavanja prostorija se provjetrava samo recirkulacijskim zrakom, dok se za vrijeme predavanja, ovisno o broju studenata i vanjskoj temperaturi zraka dovodi više li manje vanjskog svježeg zraka. Također, navedene sustave poželjno je opremiti sustavima povrata topline (rekuperatorima ili regeneratorima). Radi ugode boravka u prostoru preporučljivo je da temperature okolnih zidova budu oko 20°C.

Sustavi ventilacije i klimatizacije u zgradama obrazovnih ustanova zahtjevni su investicijski i eksploatacijski. Kako bi se pogonski trošak tih sustava sveo na nužan minimum u fazi planiranja i izgradnje, potrebno je njihovo brižno projektiranje te stalan nadzor, pravilno i stručno upravljanje te kontinuirano ugađanje sustava u fazi korištenja.

Prilikom obilaska zgrada i izrade izvještaja energetskog pregleda obrazovnih ustanova, u većini slučajeva moguće je ustanoviti da su projekt i izvođenje termotehničkih instalacija grijanja, ventilacije i klimatizacije napravljeni korektno, sukladno pravilima struke, no radi nestučnog te nedovoljno financijski potpomognutog održavanja, neadekvatnog načina upravljanja i ugađanja postrojenja nerijetko ne funkcionira niti jedan od projektom zamišljenih sustava uštede energije, što je uglavnom osnovni razlog drastične potrošnje energije u pojedinim slučajevima. Tada je radi uštede energije dovoljno preporučiti investitoru dovođenje postrojenja u projektne uvjete.

6.3.1. Primjer 1: Južna zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu

Južna zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu (FSB), razvijena je građevina koja se sastoji od nebodera s deset katova i pripadajuće zgrade u obliku češlja u visini dvije etaže. Zgrada je smještena u širem središtu Zagreba u ulici Ivana Lučića na broju 5. Izgrađena je 1966. godine prema jedinstvenom arhitektonskom rješenju Kazimira Ostrogovića što je svrstava u kategoriju zaštićenih spomenika kulture, odnosno zgrada kulturne baštine. Korisna površina zgrade iznosi 13.065 m^2. 35% površine zgrade zauzimaju kabineti i uredi, 28% predavaonice i učionice, 23% hodnici i komunikacijski prostori, 10% restoran i knjižnica te 4% ostalo. Ploština bruto površine zgrade iznosi 16.985 m^2 dok obujam grijanog dijela zgrade iznosi 42.340 m^3.
Trenutna specifična godišnja potrošnja energije u zgradi (električne i toplinske) iznosi 270 kWh/m^{2,} od čega se za potrebe grijanja potroši oko 200 kWh/m^2 godišnje (godišnja potrošnja toplinske energija za grijanje prema računima za razdoblje 2009. do 2011. iznosi 2.613.000 kWh). Specifična godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje iznosi 61,71 kWh po m^3 obujma grijanog dijela zgrade.

Slika 6.27 Južna zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu

S obzirom da jedino ekonomski opravdano rješenje rekonstrukcije zgrade zahtijeva četverostruko smanjenje potrošnje toplinske energije za grijanje, krajnja ciljana energetska kategorija zgrade nakon provedene rekonstrukcije je C s godišnjom potrošnjom energije za potrebe grijanja manjom od 50 kWh/m^2, odnosno relativnom godišnjom potrošnjom toplinske energije za grijanje jednaku ili nižu od 70 % ($Q_{H,nd,rel} \leqq 70$ %), definiranu sukladno Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada (NN 36/10) i Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08). Kako bi se postiglo to značajno smanjenje potrošnje energije u fazi planiranja projekta rekonstrukcije potrebno je primijeniti multidisciplinaran pristup. Ni jedno samostalno, izolirano rješenje ne može omogućiti realizaciju postavljenih zahtjeva u potpunosti. Tek interakcija i sinergija opusa jedinstvenih rješenja u sustavu kao cjelini može dovesti do željenih rezultata.
Stoga je projektnim zadatkom rekonstrukcije južne zgrade FSB-a obuhvaćena:

- obnova toplinskih i mehaničkih svojstava vanjske ovojnice zgrade – primjena toplinske izolacije na betonske zidove te zamjena postojećih prozora;
- zamjena sustava grijanja – premještanje i rekonstrukcija postojeće toplinske stanice, zamjena postojećeg sustava razvoda i elemenata predaje topline (radijatora i cijevi centralnog grijanja), uvođenje elementa lokalne regulacije sustava grijanja;
- zamjena postojećeg sustava hlađenja jediničnim *split* rashladnim jedinicama i uvođenje pasivnog sustava hlađenja zgrade podzemnom vodom;

- obnova i nadogradnja sustava rasvjete i električnih instalacija – zamjena starih rasvjetnih tijela i instalacija te uvođenje sustava regulacije osvjetljenja;
- instalacija fotonaponskih panela ukupne nominalne električne snage 30 kW s ciljem proizvodnje i prodaje električne energije,
- uvođenje centralnog nadzornog i upravljačkog sustava (CNUS).

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Zgrada je izgrađena kao armirano betonska skeletna konstrukcija sa sitnorebričastim stropnim konstrukcijama. Vanjski zidovi su od šuplje blok opeke debljine 20 cm s vanjskom žbukom i završnim fasadnim premazom (špric), bez elemenata toplinske izolacije.

Prozori i vrata u većem dijelu su drveni (krilo na krilo) ostakljeni običnim staklom. Prozori postavljeni na južnoj strani zgrade, između stakala, imaju ugrađene venecijanerska sjenila s mehanizmom. Prozori su općenito u lošem stanju. Zbog narušene geometrije drvenih okvira teško se zatvaraju i loše brtve. Nedostaju brtveni elementi, metalne šarke su na većini prozora oštećene, a osnovni zaštitni sloj boje je ispucao i većinom otpao. Propuštanje zraka je izrazito veliko što također ima za posljedicu lošu zvučnu izolaciju. Dio prozora i vrata u prizemnom dijelu su izrađeni od aluminijskih profila bez prekinutih toplinskih mostova, staklo je obično, a geometrija i brtvljenje loše.

Krovište fakulteta je ravno, djelomično prohodno te je djelomično obnovljeno u razdoblju od 2004. do 2008. godine. Pregradni zidovi su od šuplje opeke debljine 12 i 25 cm, obostrano ožbukani i oličeni.

Podovi su obloženi parketom (sobe), tepisonom (vijećnica), plastičnim oblogama (stubište, hodnici), keramičkim pločicama (aula, sanitarije, kuhinja) te cementnom glazurom (pomoćne prostorije, radionice, skladišta). Zidovi su ožbukani, oličeni, odnosno ponegdje opločeni keramičkim pločicama (sanitarije, kuhinja) i sl.

U dijelu hodnika i predavaonica stropovi su spušteni (gipsane ploče) dok su u uredima samo ofarbani.

Pregled karakteristika postojećeg stanja elemenata vanjske ovojnice zgrade prikazan je u tablici 6.19.

Tab. 6.19 Stanje vanjske ovojnice prije rekonstrukcije

Element vanjske ovojnice		Opis	*U* [W/m²K]	Maksimalno dopuštena vrijednost *U* [W/m²K]
Zidovi	parapet	Bez elemenata toplinske izolacije	1,3	0,45
	bokovi			
Prozori	sjever	Drveni, dvostruki, dotrajali – visoko propuštanje zraka	4,5	1,80
	jug	Isto kao i na sjevernoj stani uz dodatak venecijanerskih sjenila		
Krovovi		Obnovljeni	0,2	0,40
		Neobnovljeni	0,9	

U pogledu minimalne toplinske zaštite i najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prijenosa topline Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08), predmetni građevni dijelovi ne zadovoljavaju zadanim zahtjevima.

Rekonstrukcija vanjske ovojnice zgrade podrazumijeva primjenu toplinske izolacije debljine 18 cm na prednje zidove građevine (parapete), odnosno nanošenje izolacijskih ploča od polistirena debljine 10 cm s vanjske strane zidova i na elemente reljefa te 8 cm debelih ploča mineralne vune s unutarnje strane parapeta (neposredno iza postojećih radijatora). Na bokove zgrade s njene vanjske strane potrebno je postaviti ploče kamene vune debljine 15 cm.

S obzirom da zgrada spada u kategoriju zgrada pod zaštitom kulturnog nasljeđa, rekonstrukcijom nije dopušteno narušiti njen vizualni identitet. Izgled pročelja, reljef fasade (stupovi, grede i vijenci) te boja, materijal i izgled prozora (strukture, raščlambe i boje prozorskih elemenata) moraju ostati sačuvani.

Postojeće prozore na sjevernoj strani zgrade potrebno je zamijeniti novim jednostrukim prozorima s prekinutim toplinskim mostom, ostakljenom s dvostrukim izo staklom pojačanog termoreflektirajućeg učinka ukupnog koeficijenta prijenosa topline 1,4 W/m^{2}K. S obzirom da prozori svojom površinom dominiraju ukupnom površinom pročelja, radi iskorištenja sunčeve energije u zimskom razdoblju te spriječiti upad sunčevog zračenja tijekom ljeta, važno je na južnoj strani zgrade postaviti prozore s ostakljenjem bez termoreflektirajućeg premaza, ali sa sjenilom. Stoga je prozore na južnoj strani potrebno zamijeniti novim dvostrukim prozorima s prekinutim toplinskim mostovima, ostakljenom trostrukim izo staklom i zaštitom od Sunca u međuprostoru. Ukupan koeficijent prolaska topline treba biti jednak ili manji od 1,3 W/m^{2}K.
Krovove koji do sada nisu rekonstruirani potrebno je toplinski izolirati kako bi se postigao ukupni koeficijent prolaska topline 0,2 W/m^{2}K.

Tab. 6.20 Stanje vanjske ovojnice nakon rekonstrukcije

Element vanjske ovojnice		Opis	*k* [W/m^{2}K]	Maksimalno dopuštena vrijednost *k* [W/m^{2}K]
Zidovi	**parapet**	vani – polistiren 10 cm unutra – mineralna vuna 8 cm	0,19	0,45
	bokovi	vani – kamena vuna 15 cm	0,24	
Prozori	**sjever**	dvostruko ostakljenje s reflektirajućim premazom	1,4	1,80
	jug	trostruko ostakljenje s zaštitom od Sunca u međuprostoru	1,3	
Krovovi		cjelokupno izoliran	0,2	0,40

Najveća dopuštena godišnja specifična toplinska energija za grijanje iznosi $Q_{H,nd,dop}$= 18,97 kWh/m^{3,} dok godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje iznosi 488.613,00 kWh.
Specifični transmisijski toplinski gubitak po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade iznosi 2,535 W/m^{2}K, a najveći dopušteni trensmisijski toplinski gubitak po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade je $H'_{tr,ajd}$ = 1,026 W/m^{2}K.

Energenti na raspolaganju

U promatranoj zgradi koristi se toplinska energija, električna energija te gradski plin (samo za potrebe kuhanja u restoranu Studentskog centra). Toplinska energija se preuzima iz vrelovodne mreže HEP Toplinarstva, temperature polaza 110°C.
Električna energija se preuzima iz postojeće trafostanice 1TS 468 na dvije naponske razine i to:
1. SN 10 kV; tarifni model Bijeli, napajan iz transformatora 3/630 kVA;
2. NN 0,4 kV; tarifni model Crveni, sumarno brojilo, napajan iz transformatora 1/500 kVA i 2/500 kVA.

Sustav grijanja

Grijanje zgrade izvedeno je daljinskim grijanjem vrelom vodom temperature 110°C iz sustava lokalnog isporučioca toplinske energije tvrtke HEP-Toplinarstvo. Prostorije fakulteta grijane su radijatorima, konvektorima i ponegdje ventilokonvektorima. Ukupna zakupljena toplinska snaga južne zgrade fakulteta iznosi 2,587908 MW.
Ogrjevna voda se dovodi do toplinske podstanice distribucijskim vrelovodom (u vlasništvu toplinskih mreža) odakle se razdjelnikom i dobavnim pumpama razdjeljuje na pet podsustava grijanja koji su podijeljeni u dvije energetski odvojene grupe. Prvu grupu čine četiri grane grijanja. Jedna grana rezervirana je za grijanje istočne zgrade fakulteta, a tri za grijanje južne zgrade fakulteta. Isporučena toplinska energija ove grupe mjeri se mjerilima toplinske energije, kalorimetrima, postavljenog na dijelu instalacije koji pripada toplinskim mrežama.
Drugu grupu čini grana rezervirana za grijanje istočne zgrade (nekadašnja zgrada HTV-a), na čiji je vrelovod također postavljeno mjerilo toplinske energije.
Sustav grijanja južne zgrade fakulteta podijeljen je u tri cjeline:
1. grijanje prostorija u dijelu zgrade A, predavaonicama A i B (ventilokonvektorima 2x2), hodnika iza predavaonica A i B,
2. grijanje predavaonica D i C, zračno grijanje predavaonice A, sanitarni prostori pored predavaonica A i B, aula, prostori službe održavanja, prostori skladišta (bivši restoran, prije rekonstrukcije iz 2004. god.) do studentske referade, te prostorije računovodstva,

3. grijanje aule (glavnog ulaza u zgradu), prostorija u niskom i visokom prizemlju od porte do velike vijećnice, novouređenog restorana, te dijela zgrade C i D.

Tri cirkulacijske pumpe kojima se osigurava grijanje južne zgrade opremljene su frekvencijskim pretvaračima, po jedan za svaku pumpu, čime je moguće u manjoj mjeri regulirati dobavu topline, a time i temperature prostora. Frekvencijski pretvarač upravljan je diferencijalnim mjeračem tlaka, postavljenim na prirubnice pumpe.

Sustav grijanja nebodera izveden je kao posredni, gdje se toplina iz primarnog kruga vrelovodnog daljinskog grijanja predaje sekundarnom krugu potrošača u režimu 90/70°C izmjenjivačem topline, tipa cijevi u plaštu ukupnog toplinskog učinka 900 kW. Sustav grijanja nebodera je otvorenog tipa s otvorenom ekspanzijskom posudom, smještenom u prostoriji na krovu nebodera. Sustav grijanja star je više od 40 godina te je dotrajao. Godišnje je na njemu potrebno izvesti nekoliko interventnih kao i planiranih zahvata redovitog održavanja.

Elementi sustava grijanja nebodera su u lošem stanju, pumpe su dotrajale (pomoćna pumpa je van pogona), troputni mješajući ventili nisu u funkciji a cjevovodi nisu izolirani. Zbog često visoke temperature ogrjevne vode, do 120°C, i nemogućnosti regulacije polazne temperature radijatorskog grijanja, veća količina vode svakodnevno isparava iz ekspanzijske posude, stvarajući potrebu za čestom nadopunom sustava. Nadopuna sustava grijanja vrši se vodom iz vodovodne mreže visoke tvrdoće, što pri visokim temperaturama uzrokuje intenzivno izlučivanje kamenca i njegovo taloženje na stjenke cijevi i ogrjevnih tijela.

Regulacija temperature u sobama i prostorijama vrši se pomoću ručnih regulacijskih ventila. Zbog stvorenog kamenca mnogi ventili nisu funkcionalni, a narušena je i hidraulička ravnoteža cijevne mreže. Materijal izvedbe radijatora je sivi lijev, proizvođača Plamen, a tek ponegdje aluminij, proizvođača Lipovica. Toplinska snaga instaliranih radijatora u neboderu fakulteta, odnosno radijatora priključenih na prvi sustav grijanja iznosi 750 kW, što je u skladu s procijenjenom snagom instaliranih izmjenjivača.

Grijanje ostatka zgrade izvedeno je direktnim putem, odnosno vrela voda iz sustava toplinske mreže direktno se vodi do potrošača. U predavonicama i crtaonicama, grijanje je izvedeno radijatorima dok se hodnici i aula zagrijavaju konvektorima i radijatorima. Regulacijski ventili na konvektorima ne postoje.

Protok kroz pojedine vertikale i grane nije moguće regulirati tako da je u vrijeme visoke temperature polaznog voda ona u prostorijama doseže vrijednosti preko 26°C.

Cijevni sustav grijanja, vertikale sa zapornim i regulacijskim ventilima, nije projektiran i izveden na način da se omogući balansiranje sustava, što dovodi do neujednačenog grijanja zgrade, odnosno pregrijavanja prostorija koje su bliže toplinskoj podstanici, te nedovoljno zagrijavanje udaljenih prostora.

Kako se regulacija temperature prostora vrši pomoću ručnih ventila koji su nefunkcionalni, ugoda u prostorijama se ostvaruje otvaranjem prozora, što je s energetskog i ekološkog stajališta nedopustivo.

Osnovno grijanje A i B dvorane čine 4-redni ventilokonvektori stojeće izvedbe, po jedan sa svake strane katedre uz južni zid dvorane. Ogrjevni učinak svakog ventilokonvektora je 27 kW pri režimu 80/60°C. Ventilokonvektori su priključeni na postojeću mrežu grijanja.

Grijanje predavaonice A osigurava se zrakom pomoću klima komore i dodatno s dva gore spomenuta ventilokonvektora. Klima komora s grijačima, filtrima i ventilatorom smještena je u nisko prizemlje u prostor službe održavanja. Tijekom zimskog razdoblja zrak se u klima komori zagrijava i ubacuje u prostor predavaonice A. Tijekom ljetnog razdoblja klima komorom osigurana je ventilacija, ubacivanjem 100% svježeg zraka u prostor predavaonice.

Kapacitet dvorane A iznosi 350 osoba. Postavljena klima komora se sastoji od odsisnog ventilatora, jedinice za miješanje s tri regulacijske žaluzije, filtera, toplovodnog grijača zraka i tlačnog ventilatora. Odvod zraka iz dvorane omogućen je postojećim otvorima u vertikalnim plohama stepeničastog poda i kroz otvore u vertikalnom rasporu na sjevernom pregradnom zidu. Svježi zrak dovodi se s krova objekta pomoću aluminijskih usisnih žaluzija i postojećeg vertikalnog kanala na zapadnoj strani dimenzija 1000 x 700 mm. Miješanje svježeg i dijela optočnog zraka odvija se u jedinici za miješanje s vanjskim regulacijskim žaluzijama koje su opremljene automatskom regulacijom, ovisno o vanjskoj temperaturi. Višak zraka odvodi se u okolinu kroz betonski kanal u podu prostorije. Nakon miješanja zrak prolazi kroz filtar klase EU3 te kroz dvoredni toplovodni grijač 80/60°C, toplinskog učina 115 kW, pri ulaznoj temperaturi zraka 3°C i izlaznoj temperaturi zraka 28°C. Cijevi za toplovodni grijač priključen je na postojeći sustav grijanja. Nakon zagrijavanja, zrak se tlačnim kanalima vodi kroz istočni i zapadni otvor u zidu do kanala u međuprostoru ispod stropa dvorane, a zatim se grana u uzdužne kanale i kroz rešetke ubacuje u dvoranu.

Moguće je mijenjati minimalni udio svježeg zraka, kao i ostvariti automatsko vođenje procesa prema promjeni vanjske temperature.

Ovaj sustav grijanja i ventilacije dvorane A izveden je 2000. g. i potpuno je u funkciji.

Dodatno grijanje predavaone B izvedeno je dizalicom topline.

Na osnovu navedenih karakteristika postojeće i predloženog sastava vanjske ovojnice nakon obnove zgrade te režima korištenja zgrade prije i poslije rekonstrukcije izvedene su dinamičke simulacije potrošnje energije potrebne za grijanja zgrade

na godišnjoj razini. U tablici 6.21 prikazana je potrošnja energije i potrebna snaga prije i poslije rekonstrukcije.

Tab. 6.21 Potrošnja energije i potrebna snaga za potrebe grijanja i hlađenja zgrade prije i nakon rekonstrukcije

		Potrebna snaga [kW]	Ugovorena snaga [kW]	Potrošnja energije [kWh/m²god]
Prije rekonstrukcije	**grijanje**	1.250	2.587,90	200,00
	hlađenje	1.110	-	37,40
Nakon rekonstrukcije	**grijanje**	503	600	48,00
	hlađenje	547	-	47,00

Postojeći sustav rasvjete

Ukupna instalirana snaga svih sustava rasvjete iznosi 268.500 W, što čini približno 38,5% instalirane snage svih elektroenergetskih sustava zgrade fakulteta. Udio već rekonstruirane rasvjete u ukupno instaliranoj snazi rasvjete je 69.500 W, odnosno cca 26%. Upravljanje rasvjetom uglavnom je osnovno, dok napredniji sustavi ne postoje.

Postojeći sustav mjerenja i analize potrošnje energije

Južna zgrada Fakulteta strojarstva i brodogradnje ima ugrađena mjerila potrošnje toplinske energije, električne energije i pitke vode te sustav daljinskog praćenja i analize potrošnje energije i vode (ISGE - informacijski sustav za gospodarenje energijom). Osim praćenja i analize potrošnje energenata i vode, ovaj sustav omogućuje i trenutno otkrivanje i alarmiranje u slučaju pojave neuobičajene potrošnje energenata i vode ili nekontroliranog propuštanja vode.

Rekonstrukcija sustava grijanja

Rekonstrukcija sustava grijanja podrazumijeva promjenu sekundarnog kruga grijanja u potpunosti, odnosno:

- postojeće radijatore u uredima, crtaonicama i predavaonicama potrebno je zamijeniti dvocijevnim ventilokonvektorima, dovoljne veličine da omoguće pasivno hlađenje prostorija bunarskom vodom prosječne temperature 14°C te da se istodobno ne naruše uvjeti toplinske ugodnosti boravka u prostoru (sukladno normi EN 15251) za dane temperaturne uvjete i maksimalnu razinu buke;
- komunikacijske prostore; hodnike i ulaznu aulu u visokom prizemlju potrebno je opremiti novim konvektorima;
- hlađenje zgrade potrebno je izvesti centralno. Potrebno je hladiti sve urede, dvorane i predavaonice, što čini 69,4% ukupne površine fakulteta. Prostori koji se ne hlade su sanitarni čvorovi, skladišta, hodnici te ostali komunikacijski prostori;
- potrebno je ugraditi elemente lokalne i centralne regulacije temperature;
- potrebno je izvesti novu cijevnu mrežu (za potrebe hlađenja i grijanja) s elementima automatske regulacije hidrauličkog uravnoteženja sustava. Cjevovode predviđene za spoj na ventilokonvektore potrebno je dimenzionirati u odnosu na potreban rashladni učinak;
- primjenu sustava distribucije topline s promjenjivim protokom - ugradnja pumpi s mogućnošću kontinuirane promjene brzine vrtnje i prolaznim regulacijskim ventilima;
- ugradnju pločastog izmjenjivača topline za potrebe grijanja kojim je potrebno hidraulički odvojiti primarni krug vrelovodne mreže i sekundarni krug potrošača (temperaturni režim tople vode 70/50°C pri temperaturi prostorija 22°C);
- ugradnju pločastog izmjenjivača topline za potrebe hlađenja, koji je potrebno dimenzionirati na način da omogući razliku temperature od maksimalno 1,5°C između sekundarnog kruga potrošača i primarnog kruga bunarske vode;
- potrebno je izvesti sustav pasivnog hlađenja korištenjem bunarske vode iz bunara na području čestice u vlasništvu FSB-a izvođenjem dva bunara, jednog crpnog i jednog upojnog, ukupnog kapaciteta svježe bunarske vode 120 m³/h.

Također, toplinsku stanicu južne zgrade potrebno je izmjestiti sa sadašnje lokacije (podrum istočne zgrade fakulteta) na mjesto gdje se danas nalazi toplinska podstanica u prizemlju nebodera. Pošto se rekonstrukcijom vanjske ovojnice zgrade značajno smanjuje potreba za grijanjem prostora, potrošače topline (sekundarni krug grijanja) potrebno je podijeliti u tri grupe:

1. Grijanje prostorija u neboderu, dio zgrade A;
2. Grijanje dvorana, prostora službe za održavanje i prostora oko referade;
3. Grijanje sjevernog i južnog češlja, dijelova zgrade C i D.

Ekspanziju vode u sustavu grijanja i hlađenja potrebno je izvesti *diktir* sustavom.
Grijanje i hlađenje dvorane A potrebno je izvesti ventilokonvektorima i ventilo komorom. Postojeću klima komoru potrebno je zamijeniti novom komorom, opremljenom sekcijama za grijanje i hlađenje te rekuperaciju topline.
Sustav hlađenja dvorane B postoji te zadovoljava potrebe što znači da na njemu nisu potrebni rekonstrukcijski zahvati.
Za dvorane C, D, E, F i G ventilacija prirodnim putem se zadržava dok je grijanje i hlađenje dvorana potrebno izvesti ventilokonvektorima.
Predviđeno je da se po izvođenju bunara crpljenje podzemne vode iskoristi isključivo za potrebe pasivnog hlađenja zgrade. No, pošto je sustav distribucije (cjevovod s pripadajućom armaturom) i predaje topline (ogrjevno/rashladna tijela) projektiran da omogući primjenu niskotemperaturnih izvora topline (55/40°C) i visokotemperaturnog hlađenja (14/18°C), sustav će moći raditi i u slučaju promjene načina proizvodnje topline, odnosno eventualnog budućeg prelaska sa sustava daljinskog grijanja na sustav grijanja dizalicom topline ili na neki drugi oblik niskotemperaturne proizvodnje topline, npr. kondenzacijskim kotlom, sunčevim kolektorima itd.

Rekonstrukcija sustava rasvjete i električnih instalacija

Unutar sustava opskrbe električnom energijom potrebno je izvesti radove na rekonstrukciji postojeće trafostanice NTS 1TS 468, te osigurati sljedeću opremu i radove:

- SN postrojenje vodno - vodno - spojno/mjerno - trafo polje u SF6 tehnici;
- Transformator 1x1000 kVA 10(20)/0,4 kV, uljni;
- Niskonaponski razvod 1600 A / 15x400 A izvod;
- Ugradnja uređaja za kompenzaciju jalove energije;
- Građevinske i elektrotehničke radove i prespajanje postojećih NN vodova do potpune gotovosti, te objediniti mjerenje na SN 10 kV razini, s obzirom na trenutno nižu obračunsku cijenu el. energije na SN (10 kV) u odnosu na NN (0,4 kV) razini.

Sva elektroenergetska oprema u trafostanici 1TS468 koju održavaju dijelom FSB, a dijelom HEP ODS je dotrajala, sa znatnim elektroenergetskim gubicima. Opremu je potrebno rekonstruirati i zamijeniti novom, te provesti elektroenergetsku znatno učinkovitiju racionalizaciju transformacije, objedinjenjem transformacije 10/0,4 kV i organizacijom jedinstvenog mjerenja na SN razini.
Sve dotrajale razvodne elektroenergetske ormare koji nisu bili obuhvaćeni već provedenim rekonstrukcijama kuhinje i restorana, predavaonice te učionice potrebno je zamijeniti. To se u najvećoj mjeri odnosi na zgradu nebodera, A dio, preostali dio učionica u objektima B, C i D, te u dijelu zajedničkih prostora.
Sve razvodne ormare potrebno je izvesti kao metalne, zidne ili samostojeće odgovarajućeg stupnja mehaničke zaštite, minimalno opremljene s glavnim prekidačem u svakom dovodu, nadziranom preko CNUS-a zgrade, prenaponskom zaštitom, signalizacijom prisustva napona povezanim na CNUS, osiguračima/prekidačima i zaštitnim uređajima diferencijalne struje (ZUDS). U glavnim ormarima potrebno je ugraditi višenamjenski mjerni uređaj povezan na CNUS.
Postojeće električne vodove instalacije jake struje potrebno je u potpunosti zamijeniti kao i napajanje elektromotornih pogona termotehničkih sustava, te prilagoditi novom rješenju. Dotrajala instalacija koju je potrebno zamijeniti uključuje glavne energetske vodove, katne energetske vodove, energetski razvod utičnica i EMP, energetski razvod rasvjete, konstrukcijski razvod rasvjete.

Rasvjetu je također potrebno rekonstruirati. Koncept optimalnog odabira rasvjete i njihovo upravljanje potrebno je prilagoditi za:

1. zgradu nebodera, A dio
   a. jezgra stubišta – upravljanje CNUS-om teretnim sklopkama / režim 24 sata / 2 stupnja;
   b. hodnici – detektor kretanja i teretna sklopka u sustavu CNUS-a;
   c. radne sobe – dualni senzor (kretanje + rasvijetljenost) lokalno vezani na svjetiljke s DALI predspojnim uređajem;
2. dijelova zgrade B, C i D
   a. jezgra stubišta – upravljanje CNUS-om teretnim sklopkama / režim 24 sata / 2 stupnja;
   b. hodnici – detektor kretanja i teretna sklopka u sustavu CNUS-a;
   c. učionice – zadržava se lokalno upravljanje kao što je već izvedeno u rekonstruiranim učionicama s tim da je u ormare potrebno ugraditi teretnu sklopku za mogućnost nadzora i upravljanja rasvjete učionica CNUS-om
   d. Sanitarije – gdje još nisu izvedeni, ugraditi detektore kretanja i učinkovite izvore;
3. zamjena svjetiljki.

Zamjena postojećih opalnih svjetiljki T8 cijevima i elektromagnetskim predspojnim spravama (MB) s novim svjetiljkama sa sjajnim rasterom, T5 cijevima i DALI elektronskim predspojnim spravama (EB).
Na ovaj način elektroenergetska učinkovitost je više nego dvostruka obzirom da se dobiva:
- za standardnu postojeću svjetiljku s opalnom kapom i s T8 / MB približno 3,1 W/m^2/100 lx u odnosu
- za standardnu odabranu svjetiljku sa sjajnim rasterom i s T5 / EB približno 1,4 W/m^2/100 lx.

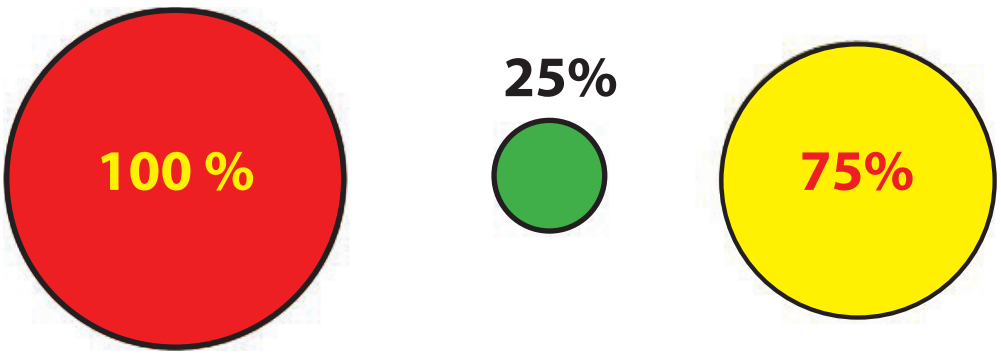
Prostorije moraju biti svjetlotehnički dimenzionirane, tako da je rutinskom regulacijom moguće zadovoljiti minimalnu iluminaciju prema standardima EN 12464. Također, isto mora biti usklađeno s novom direktivom Europske unije 2002/91/EU o energetskoj učinkovitosti u zgradarstvu.

U sklopu rekonstrukcije elektroinstalacija predviđena je također instalacija polja fotonaponskih panela ukupne nominalne električne snage 30 kW te proširenje postojećeg sustava za praćenje potrošnje energije i vode u sustav za centralni nadzor i upravljanje termotehničkim i električnim uređajima i instalacijama. S obzirom na provedene proračune i trenutne cijene otkupa električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije (sunčeve energije) povrat ulaganja u fotonaponsku elektranu očekuje se u jedanaestoj godini.

Nakon procesa rekonstrukcije zgrada će trošiti 75% manje energije za potrebe grijanja što s obzirom na trenutnu cijenu energije rezultira godišnjim smanjenjem troškova od 952.500,00 kuna (tablica 6.22).

Tab. 6.22 Ušteda toplinske energije i novca za potrebe grijanja

		Trenutna potrošnja	Potrošnja nakon rekonstrukcije	Ušteda
Toplinska energija	[kWh/god]	2.613.000	653.250	1.959.750
	[kn/god]	712.500,00	187.500,00	525.000,00
Ugovorena snaga	[kWh/god]	2.588	600	1.988
	[kn/god]	555.000,00	127.500,00	427.500,00
UKUPNO	**[kn/god]**			**952.500,00**



Slika 6.28 Potrošnja prije rekonstrukcije (lijevo); potrošnja nakon rekonstrukcije (sredina); ušteda (desno)

Nakon rekonstrukcije trošit će se 21% električne energije manje, što s obzirom na trenutnu cijenu električne energije rezultira godišnjim smanjenjem troškova od 142.500,00 kuna (tablica 6.23). Trošak za struju u tablici prikazuje zbrojni trošak za električnu energiju, ugovorenu snagu, mrežarinu i ostala davanja.

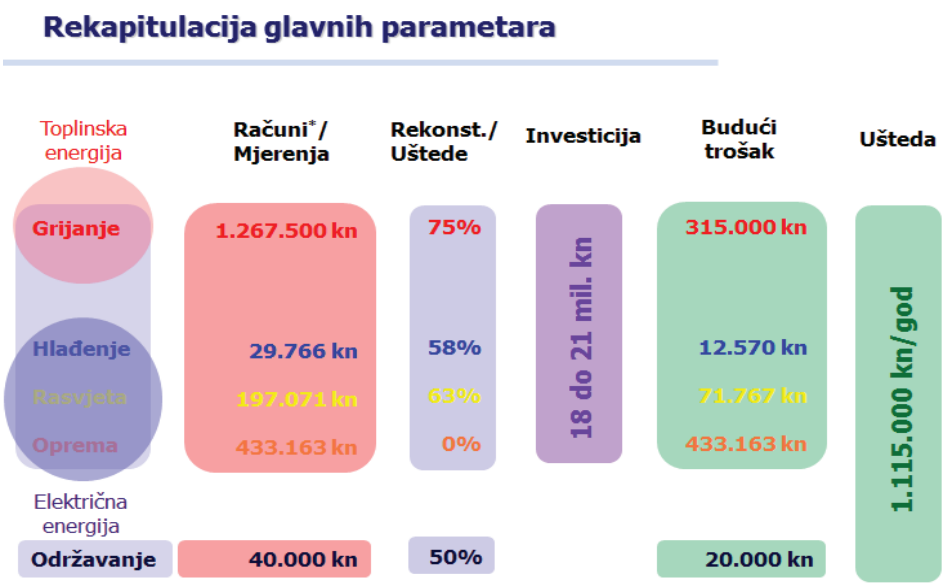
Tab. 6.23 Ušteda električne energije i novca

		Trenutna potrošnja	Potrošnja nakon rekonstrukcije	Ušteda
Električna energija	[kWh/god]	866.070	678.414	187.656
	[kn/god]	660.000,00	517.500,00	142.500,00
UKUPNO	**[kn/god]**			**142.500,00**

Danas se jediničnim *split* rashladnim uređajima hladi samo 12% korisne površine zgrade. Potrošnja električne energije za njihov pogon iznosi oko 30.000,00 kuna godišnje. Sustav pasivnog hlađenja bunarskom vodom obuhvatit će 69% korisne površine zgrade (hodnici, aula i drugi komunikacijski prostori te radionice neće biti hlađeni) za što će biti potrebno izdvojiti tek 12.500,00 kuna godišnje.

Ukupnim ulaganjem između 18.000.000,00 i 21.000.000,00 kuna i predviđenim kretanjem cijena energije u budućnosti vrijeme povrata ulaganja u rekonstrukciju južne zgrade Fakulteta strojarstva i brodogradnje predviđa se između 10 i 14 godine.

Sažetak i rekapitulacija osnovnih ekonomskih pokazatelja energetske obnove južne zgrade Fakulteta strojarstva i brodogradnje prikazana je na slici 6.29.



Slika 6.29 Rekapitulacija osnovnih ekonomskih pokazatelja energetske obnove južne zgrade Fakulteta strojarstva i brodogradnje

6.3.2. Primjer 2: Osnovna škola Marina Getaldića u Dubrovniku

Glavna zgrada Osnovne škole Marina Getaldića izgrađena je krajem 16. stoljeća no održavanje nastave trogodišnje muške pučke škole u njoj započinje tek 1817. godine. Ona je kamena trokatnica na uglu Gučetićeve i Ulice Miha Pracata u starogradskoj jezgri Dubrovnika s uređenom unutrašnjosti: predvorjem i kamenim stubištem s bunarom, zidnim nišama i voltovima; prostrane učionice imaju visoke stropove, a jedna je oslikana stropnom freskom. Neposredno uz školsku zgradu nalazi se Arheološki vrt, koji je uređen i otvoren 2009. godine. U aneksu škole nalazi se i novouređena dvorana za tjelesni odgoj koja je izgrađena 2005. godine. Danas osnovna škola ima 21 stalnih zaposlenika. Nastavna godina započinje početkom mjeseca rujna, a traje do sredine lipnja sa zimskim praznicima u prosincu i siječnju i proljetnim praznicima krajem travnja. Nastava se izvodi u jednom turnusu, jutarnjem. Ukupan broj korisnika zgrade (zaposlenika i učenika) iznosi 168.

Slika 6.30 Glavna zgrada Osnovne škole Marina Getaldića

Tijekom 400 godina postojanja škola je više puta renovirana, rekonstruirana i dograđivana. Zadnju detaljnu rekonstrukciju glavna zgrada škole doživjela je 1986. godine, dok je dvorana za tjelesni odgoj izgrađena 2005. godine.
Ukupna korisna podna površina glavne zgrade iznosi 1.030 m^2 dok ukupna površina dvorane za tjelesni odgoj iznosi 250 m^2. Radni prostor glavne zgrade čini oko 80% korisne površine, dok na prostor stubišta i hodnika otpada 16%, a na prostore skladišta i ostalog 4%. 63% površine dvorane za tjelesni odgoj otpada na polivalentni teren, a ostatak na prateće prostorije.
S obzirom da je zgrada škole smještena u samom središtu Dubrovnika zbog čega je pod zaštitom kao objekt kulturne baštine, svaka mjera preinake elemenata vanjske ovojnice zgrade mora biti usuglašena s odredbama i planovima lokalne uprave za zaštitu kulturne baštine.

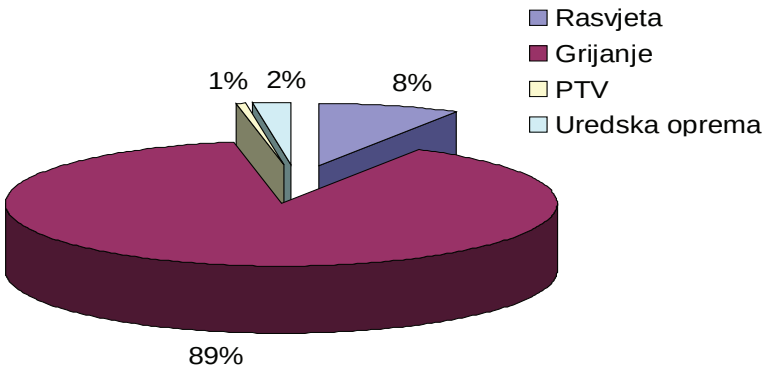
Slika 6.31Osnovna škola Marina Getaldića, zapadni zid glavne zgrade (lijevo); dvorište i dvorana za tjelesni odgoj (desno)

Zgrade su priključene na elektrodistributivnu mrežu i vodovod. Pitka voda se u objektu koristi u sanitarne svrhe, a namiruje se iz gradskog vodovoda. Od energetskih sustava u zgradama postoji sustav grijanja, sustav rasvjete i pripreme PTV-a. Sustavi hlađenja i klimatizacije ne postoje. Potrošna topla voda u glavnoj zgradi koristi se samo u kuhinji, a priprema se električnim protočnim bojlerom ukupnog električnog/toplinskog učinka 1 kW.
Prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje prostora od 19 kWh/(m^3god) glavna zgrada škole pripada energetskom razredu D (prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, NN 36/10).
Potrošnja energije i vode za 2009. godinu prikazana je u tablici 24.

Tab. 6.24 Potrošnja energije i vode u 2009. godini

Energent	Potrošnja [kWh/god]; [m³/god]	Specifična potrošnja [kWh/(m²god)]; [m³/god]	Specifični trošak [kn/kWh]; [kn/m³]	Trošak [kn/god]
Električna energija	121.373	97,82	0,7068	85.787,09
Voda	1.092	6,5	13,52	14.770,60

Navedena potrošnja pokazuje da je energetska slika objekta nezadovoljavajuća, odnosno da je potrošnja toplinske energije iznad prihvatljivih granica.
Slika 6.32 prikazuje raspodjelu potrošnje električne energije u zgradama. Vidljivo je da 89% ukupne energije otpada na potrebe grijanja, 8% na rasvjetu, 2% na uredsku opremu i 1% na zagrijavanje PTV-a.



Slika 6.32 Raspodjela potrošnje električne energije u zgradama

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Glavna zgrada izgrađena je od kamena vapnenca sedimentnog podrijetla sa zidovima debljine 70 do 85 cm bez elementa toplinske izolacije. S unutarnje strane kamenih zidova nanesen je sloj vapneno-cementne žbuke debljine 2 do 3 centimetara. Prozori su drveni, krilo na krilo, na većem djelu građevine u dvostrukoj, a na manjem dijelu u jednostrukoj izvedbi. Ako se radi o dvostrukom prozoru, vanjski prozor je izveden s jednostrukim bijelim staklom, a unutarnji prozor s dvostrukim bijelim staklom debljine 3 milimetra. U slučaju prozora u jednostrukoj izvedbi, krila su izvedena s dvostrukim ostakljenjem debljine 3 milimetra. Prozori su u relativno dobrom stanju. Sjenila za zaštitu od sunčevog zračenja („škure") nalaze se samo na krovnim prozorima.
Krovište je višestrešno s crijepom kao pokrovom, s elementima toplinske izolacije prema prostoru potkrovlja.
Iako su u relativno dobrom stanju, elementi konstrukcije vanjske ovojnice glavne zgrade ne zadovoljavaju uvjete Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08), dok vanjska ovojnica sportske dvorane zadovoljava navedeni propis (tablica 6.25).

Tab. 6.25 Karakteristike elemenata konstrukcije vanjske ovojnice glavne zgrade

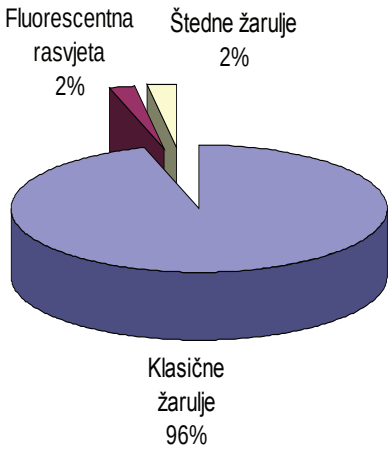
Građevinski dio	*U* [W/(m²K]	Opis
Vrata tip 1	3,5	Vanjska vrata, drveni okvir s dvostrukim bijelim staklom
Vrata tip 2	4,0	vanjska vrata od punog drveta
Prozor tip 1	3,0	Drveni, dvostruki, krilo na krilo, vanjski prozor s jednostrukim, a unutarnji prozor s dvostrukim bijelim staklom debljine 3 milimetra
Prozor tip 2	3,5	Drveni, jednostruki, krilo na krilo, s dvostrukim bijelim staklom debljine 3 milimetra
Pod	2,0	beton i kamene ploče
Krov	0,6	kosi krov (crijep, drvo, staklena vuna, gips kartonske ploče)
Vanjski zid	1,5 - 1,3	kamen 70 do 85 cm sa žbukom s unutarnje strane zida

Sustav grijanja

Grijanje glavne zgrade vrši se električnim kotlovima (toplinske/električne snage 48 kW) uz dodatak nekoliko zračnih zidnih elektrokonvektorskih uređaja. Distribucija topline vrši se pomoću podnog izmjenjivača topline (podnog grijanja) u temperaturnom režimu 70/50°C. Sportska dvorana grije se zrakom zagrijanog električnim grijačima smještenih u ventilacijsku komoru (snage 18 kW) te uz dodatak nekoliko zračnih zidnih elektrokonvektorskih uređaja u prostorijama svlačionica.

Sustav rasvjete

Ukupna instalirana snaga sustava rasvjete škole iznosi 20,713 kW. Najveći udio pripada energetski neučinkovitoj klasičnoj rasvjeti sa žaruljama sa žarnom čija instalirana električna snaga rasvjete iznosi 19,76 kW, odnosno čak 96%.
Udio instalirane snage rasvjeta sa fluorescentnim cijevima i sa štednim žaruljama iznosi tek 2%, odnosno oko 0,45 kW za rasvjetu s fluorescentnim cijevima i 0,50 kW sa štednim žaruljama.



Slika 6.33 Udio pojedinog tipa rasvjete u ukupnoj instaliranoj snazi rasvjete

Kao rezultat provedenog energetskog pregleda zgrada napravljena je lista potencijalnih mjera povećanja energetske učinkovitosti. Mjere su podijeljene ovisno o visini ulaganja, počevši s mjerama koje ne zahtijevaju financijska sredstva, preko mjera niskih i srednjih ulaganja do mjera s visokim ulaganjem i duljim razdoblje povrata ulaganja.

Tab. 6.26 Prijedlog mjere energetske učinkovitosti

Mjere	Opis	Investicija	Procijenjene uštede	Procijenjene uštede	Jednostavno razdoblje povrata	Smanjenje emisije CO_2
		[kn/god]	[kWh/god]	[kn/god]	[godina]	[tona/god]
1.	Uređenje tehničke dokumentacije termotehničkih i elektrosustava, te vodovodne infrastrukture	0,00	0	0,00	0,0	0,00
2.	Uvođenje SGE.a	0,00	0	0,00	0,0	0,00
3.	Ugađanje radnih parametara termotehničkih sustava	0,00	6.000	4.240,80	0,0	3,18
4.	Kontrolirana ventilacija prostora otvaranjem prozora i vrata	0,00	7.000	4.947,60	0,0	3,71
UKUPNO (1-4)		**0,00**	**13.000**	**9.188,40**	**0,00**	**6,89**
5.	Modernizacija regulacije sustava grijanja	1.000,00	5.000	3.534,00	0,3	2,65
6.	Brtvljenje prozora i vrata	1.950,00	6.000	4.240,80	0,5	3,18
UKUPNO (5-6)		**2.950,00**	**11.000**	**7.774,80**	**0,4**	**5,83**
7.	Toplinska izolacija krova	80.680,00	5.540	3.915,67	20,6	2,94
8.	Zamjena vanjske stolarije (prozora i vrata)	418.000,00	12.090	8.545,21	48,9	6,41
UKUPNO (7-8)		**498.680,00**	**17.630**	**12.460,88**	**34,8**	**9,34**
9.	Modernizacija sustava grijanja – primjena dizalice topline zrak-voda	125.390,00	78.286*	55.332,54	2,3	41,49
10.	Priprema potrošne tople vode sunčevim kolektorima	15.000,00	1.266	894,81	16,8	0,67
11a.	Modernizacija sustava grijanja – primjena sustava sunčanih kolektora u sprezi s novim električnim kotlovima	210.989,84	38.069*	26.907,17	7,8	20,18
11b.	Modernizacija sustava grijanja – primjena sustava sunčanih kolektora u sprezi s dizalicom topline zrak-voda	329.129,27	87.568*	61.893,06	5,3	46,41
12.	Zamjena ventilacijske komore u sportskoj dvorani	40.650,41	1.395	985,99	41,2	0,74
13.	Proizvodnja električne energije pomoću fotonaponskih sunčanih kolektora	145.336,80	5.133**	19.360,65	7,5	2,72
14.	Smanjenje potrošnje vode	2.955,50	164 m^3	2.215,00	1,3	0,00
15.	Modernizacija klasične rasvjete	7.500,00	8.152	8.604,63	0,9	4,32
16.	Racionalnije korištenje električnih uređaja	0,00	13.390	9.464,05	0,0	7,10

** ušteda pogonske energije, a ne proizvedene energije predane potrošaču*
*** proizvedena, ali ne i potrošena energija. Navedena energija distribuira se u elektroenergetski sustav*

NAPOMENA: - zbrajanje procijenjenih ušteda i smanjenja emisija CO_2 u atmosferu pojedinih mjera nije dopušteno zbog njihove međusobne interakcije;
- u cijenu investicije nije uključen PDV.

Prvi paket mjera koje se preporuča primijeniti je uvođenje programa sustavnog gospodarenja energijom (SGE) radi smanjenja troškova električne energije i vode, te štetnih utjecaja na okoliš, ugađanje radnih parametara sustava grijanja i kontrolirane ventilacije otvaranjem prozora i vrata.

Programom SGE u objektima se optimizira i smanjuje potrošnja energije poboljšanjem energetske učinkovitosti, a time se izravno ostvaruju financijske uštede i smanjuje štetan utjecaj na okoliš. Glavni cilj programa SGE-a je razviti i primijeniti model kontinuiranog i sustavnog gospodarenja energijom (energetskog menadžmenta) u zgradama i tvrtkama s ciljem smanjenja potrošnje energije, a iskustva pokazuju da je uspostavom SGE-a moguće smanjiti ukupne troškove energije za 10 do 15%. U zgradama škole trenutno ne postoji sustavno tjedno i mjesečno praćenje potrošnje energije i vode što bi se uspostavom SGE-a trebalo promijeniti. Dakle potrebno je uvesti nadzor nad potrošnjom energije i radom energetskih sustava na način da se kontinuirano prikupljaju podaci o potrošnji električne energije i vode. Kako bi se taj cijeli proces automatizirao moguća je implementacija Informacijskog sustava za gospodarenje energijom (ISGE).

Ugađanje radnih parametara sustava grijanja druga je mjera kojom je moguće smanjiti potrošnju energije bez dodatnih ulaganja. Naime, pokretanje sustava grijanja vrši se ručno, dok se upravljanje radom električnih kotlova vrši na osnovu informacije jednopoložajnog regulatora temperature (termostata) u prostoru zbornice i temperaturi tople vode u polaznom cjevovodu sustava podnog grijanja. Ispravnost regulatora temperature, slobodan protok zraka oko njega i postavljena vrijednost temperature na njemu ima veliki utjecaj na potrošnju električne energije sustava grijanja. Povišenje postavljene temperature na termostatu za jedan stupanj (npr. s 22°C na 23°C) rezultira povećanjem potrošnje sustava grijanja između 6 i 10%. Vrijeme rada sustava grijanja također ima značajan utjecaj na potrošnju električne energije. Prilikom modeliranja potrošnje električne energije za potrebe grijanja škole pretpostavljeno je da je vrijeme rada sustava grijanja ograničeno na vrijeme održavanja aktivnosti unutar škole, no ako se o tome ne vodi računa i sustav grijanja radi van radnog vremena škole, potrošnja energije drastično raste. Povećanje potrošnje energije zbog produljenja rada sustava grijanja iznosi i do 15%.

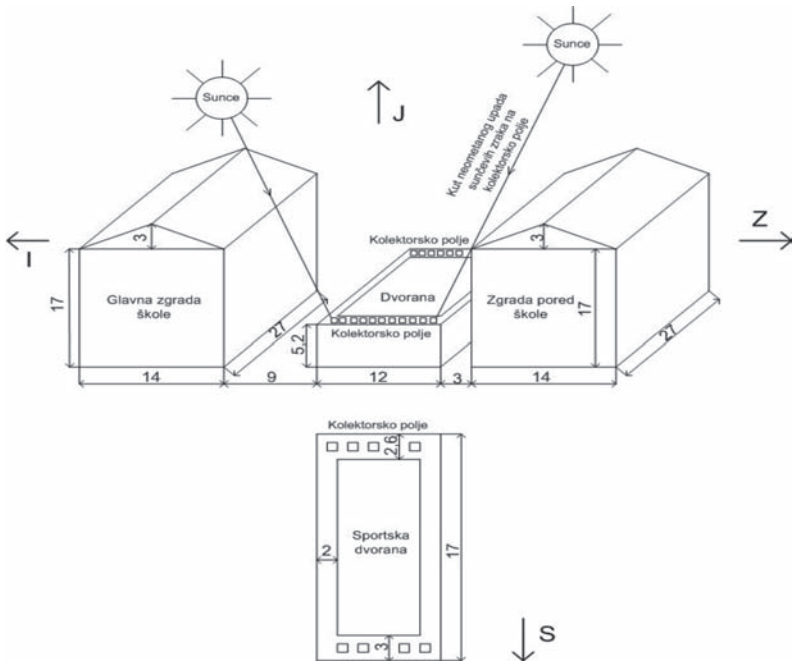
Pošto glavna zgrada škole ne posjeduje mehanički sustav ventilacije, ventilacija prostora se ostvaruje prirodnim putem, a odvija se infiltracijom zraka kroz zazore prozora i vrata te otvaranjem prozora i vrata. Otvaranje prozora i vrata intenzivniji je način prirodne ventilacije nego infiltracijom zraka. Uputno je prozračivati prostorije kratkotrajnim potpunim otvaranjem prozora ili balkonskih vrata nego trajno poluotvorenim prozorima i vratima. Pri prirodnom prozračivanju otvaranjem prozora, zrak se u prostoriji obnavlja ulaznim i izlaznim strujanjem zraka. Budući da je vanjski zrak najčešće hladniji od zraka u prostoriji, topliji zrak izlazi kroz gornji dio prozora (naročito kroz kutije za rolete), a svježi, hladniji zrak ulazi kroz donji dio prozora.
Radi smanjenja pretjeranog provjetravanja prostora i uštede na energiji grijanja, potrebno je voditi računa o vremenu otvorenosti prozora. Pažljivim ventiliranjem prostora moguće je utjecati na smanjenje ukupnog godišnjeg broja izmjena zraka. U vrijeme najhladnijih mjeseci preporuča se periodično, kratkotrajno, potpuno otvaranje prozora kako bi se ustajali zrak iz prostorije zamjeno svježim. Nakon nekoliko minuta provjetravanja prozore je potrebno potpuno zatvoriti. Trajno otvorene ili odklopljene prozore potrebno je izbjegavati. Smanjenjem broja izmjena zraka za samo 0,1 h^{-1} na godišnjoj razini donosi uštedu u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje (u ovom slučaju i pogonskoj električnoj energiji) od 7%.

Mjere malih troškova i brzog povrata investicije uključuju modernizaciju regulacije sustava grijanja i brtvljenje prozora i vrata te spadaju u drugi paket predloženih mjera povećanja energetske učinkovitosti. Iz razloga što se pokretanje sustava grijanja obavlja ručno, preporuča se zamjena postojećeg regulatora temperature s novim regulatorom s ugrađenom funkcijom vremenskog programatora i opcijom noćnog snižavanja temperature. Time se omogućuje preciznije vođenje sustava grijanja u smislu vremena rada električnih kotlova i postavke temperature zraka u prostorijama u dnevnim ili tjednim rasporedima, npr. postavka temperature poslije radnog vremena unutar radnog tjedna na 18°C te vikendom i praznicima na 16°C. Na taj način nije potreban stalni nadzor nad sustavom grijanja, a njegovo vrijeme i temperaturni režim rada moguće je precizno ograničiti. Zamjenom postojećeg regulatora temperature novim regulatorom s ugrađenom funkcijom vremenskog programatora i opcijom noćnog snižavanja temperature moguće je uštedjeti minimalno 5% energije za potrebe grijanja.
Prodor zraka, odnosno infiltracija kroz zazore prozora i vrata, a manjim dijelom kroz zidove, odvija se radi različite temperature zraka u prostoriji i izvan nje te uslijed strujanja vjetra. Prodor svježeg zraka u prostoriju ovisi o veličini zazora na vanjskim prozorima i vratima, a kreće se u pravilu do 0,5 h^{-1} (broj izmjena zraka). Postavljanjem samoljepljivih brtvećih traka (od EPDM gume ili poliuretanske pjene) na okvire prozora i vrata moguće je smanjiti infiltraciju vanjskog zraka u iznosu od 0,05 do 0,15 h^{-1}, čime se smanjuje potrošnja električne energije za grijanje između 3 i 9%.

Rekonstrukcija vanjske ovojnice zgrade zahtijeva visoka ulaganja i rezultira duljim vremenom povrata ulaganja.

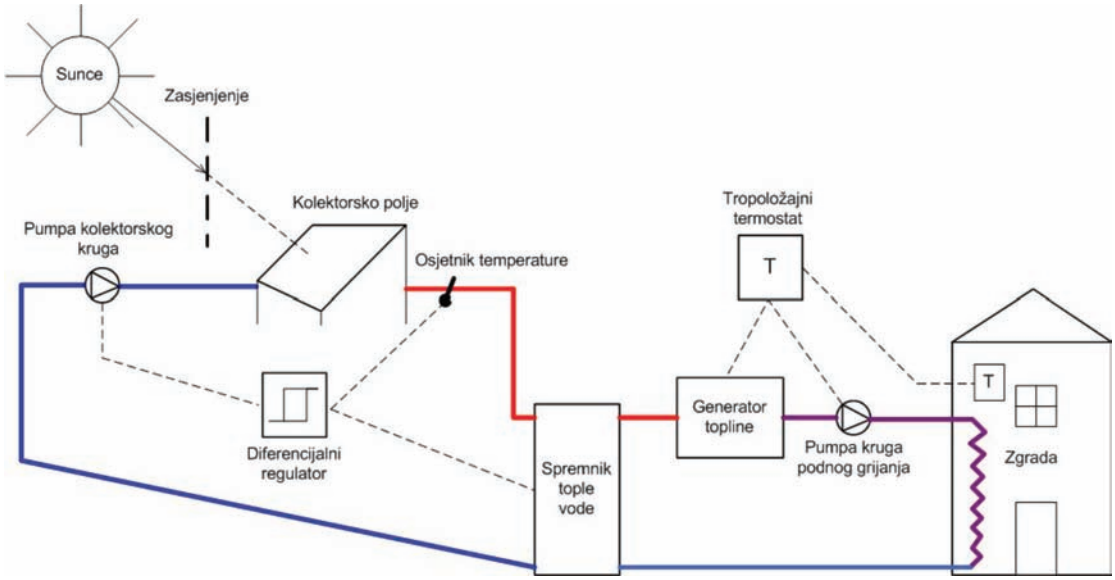
Budući da je zgrada škole pod zaštitom kao objekt kulturne baštine, preinake elemenata vanjske ovojnice zgrade (postavljanje izolacije na vanjske zidove zgrade, promjene materijala i izgleda prozora, postavljanja vanjskih sjenila za zaštitu od sunčevog zračenja) u pravilu nisu dopuštene. Stoga su u ovom paketu uključene samo one mjere koje ne narušavaju trenutni vizualni identitet zgrade te koje je moguće realno provesti.
Proračunom toplinskih potreba zgrada ustanovljeno je da se glavna zgrada škole nalazi u energetskom razredu D, odnosno u energetski rasipne razrede s prosječnom specifičnom toplinskom energijom potrebnom za grijanje zgrade od 19 kWh/m^3. Kako bi se smanjila potrošnja energije za grijanje i povećala ugoda boravka u prostoru, predlaže se izolacija krova zgrade te zamjena vanjskih prozora i vrata. Provedbom ovih mjera moguće je ostvariti tek skromnu uštedu uz vrijeme povrata ulaganja od 35 godina. Iz ekonomskih razloga ove mjere se ne preporučaju. No, iako je ukupno vrijeme povrata investicije vrlo visoko i mjera izolacije krova i zamjene vanjskih prozora i vrata trenutno ekonomski neisplativa, pri sljedećoj obnovi krovišta predlaže se primjena ovdje spomenutih elemenata toplinske izolacije i ugradnju prozora i vrata s ukupnim koeficijentom prolaska topline manjim od 1,4 W/m^{2}K.

Treći paket mjera obuhvaća rekonstrukciju sustav grijanja i instalaciju fotonaponskih panela radi proizvodnje i distribucije električne energije. Kako su električni kotlovi zastarjeli i potrebno ih je promijeniti, predlaže se njihova zamjena energetski učinkovitijim rješenjima kao npr. dizalicom topline zrak-voda sa zrakom kao izvorom topline, sa sunčevim kolektorima i novim električnim kotlom ili s dizalicom topline zrak-voda u sprezi s sunčevim kolektorima.
Radi blage mediteranske klime i relativno visokih prosječnih temperatura zraka tijekom cijele godine na području Dubrovnika, zrak je relativno jeftin i dostupan izvor topline. Također, kako je sustav prijenosa topline izveden podnim grijanjem svi preduvjeti za primjenu niskotemperaturnog izvora topline (dizalice topline, sunčevi kolektori, kondenzacijski kotlovi itd.) su ispunjeni. Ukupna godišnja potreba za grijanjem zgrade iznosi 105.515 kWh, što uz prosječan godišnji toplinski množitelj dizalice topline od 3,86 znači potrošnju 27.300 kWh električne energije, što je gotovo četiri puta manje nego u slučaju postojećeg grijanja električnim kotlovima. Nadanje, primjenom dizalice topline smanjuje se značajno i potrebna električna snaga, s današnjih 48 kW na 17 kW. Primjenom dizalice topline zrak-voda moguće je uštedjeti oko 55.000,00 kuna godišnje. Uz investiciju od oko 125.000,00 kuna povrat ulaganja očekuje se unutar 3 godine.
Zbog vrlo male potrošnje tople vode u zgradama osnovne škole primjena sunčevih kolektora za pripremu potrošne tople vode ne predstavlja isplativu opciju. No, sunčevi kolektori mogu se iskoristiti za potrebe grijanja zgrade u sprezi s dodatnim izvorom topline, npr. električnim kotlom ili dizalicom topline. Montaža sunčevih kolektora na krov škole nije dopušteno unutar jezgre grada Dubrovnika, no moguće ih je postaviti na sjeverni i južni rub ravnog krova dvorane za tjelesni odgoj (slika 6.34).



Slika 6.34 Skica smještaja polja sunčanih kolektora na krov sportske dvorane

Sustav grijanja sa sunčevim kolektorima sastoji se od polja s 30 kolektora ukupne površine 60 m^2, dva spremnika od 2 m^3, dizalice topline zrak-voda ili električnog kotla, cirkulacijske pumpe, regulacijskih elemenata, regulacijske i zaporne armature i vodova. Shematski prikaz sustava sustava grijanja sa sunčevim kolektorima prikazan je na slici 6.35.



Slika 6.35 Shematski prikaz sustava sa sunčevim kolektorima

Prema rezultatima simulacija 36% ukupnih toplinskih potreba zgrade moguće je namiriti poljima sunčevih kolektora. Ostatak je potrebno osigurati dizalicom topline ili električnim kotlom. Ukupna cijena sustava s električnim kotlom kao pomoćnim izvorom topline iznosi oko 211.000,00 kuna, a s dizalicom topline 330.000,00 kuna. No, u usporedbi s troškovima energije postojećeg sustava i trenutnoj cijeni električne energije vrijeme povrata ulaganja za sustav s dizalicom topline iznosi 5 godina, a za sustav s električnim kotlom 8 godina.
Potrebno je istaknuti da bi ukupnu godišnju iskoristivost kolektorskog polja od 36% bilo moguće značajno povisiti kada bi se proizvedena toplina iskoristila tijekom ljetnih mjeseci što sada nije slučaj jer je tijekom ljetnih mjeseci škola zatvorena.

Proizvodnja električne energije iz sunčeve energije poticana je u Republici Hrvatskoj sukladno Zakonu o energiji (NN 177/04, 76/07, 125/08). Za fotonaponski sustav nominalne električne snage 10 kW cijena otkupa iznosi 3,7718 kuna po distribuiranom kWh električne energije. S obzirom na prostor na raspolaganju, predlaže se instalacija polja fotonaponskih panela ukupne snage 5 kW. Potrebno je postaviti 28 modula u konfiguraciji 2 niti s 2 x 7 modula, ukupne površine 36 m^2. Sustavom će biti moguće proizvesti 5.133 kWh električne energije godišnje što predstavlja zaradu od oko 19.000,00 kuna. Uz ulaganje od 145.000,00 kuna povrat ulaganja očekuje se u 8 godini eksploatacije.

6.3.3. Primjer 3: Osnovna škola Zvonimira Franka u Kutini

Zgrada Osnovne škole u Kutini projektirana je i građena 80-tih godina prošlog stoljeća u tada dominantnom stilu moderne arhitekture i za to razdoblje karakterističnom kombinacijom ravnog krova na jednom dijelu zgrade, te kosim krovom na drugom dijelu zgrade. Zgrada se proteže kroz etaže suterena, prizemlja, prvog i drugog kata na ukupnoj neto površini od 3.887,5 m^2.
Pet dana u tjednu školu od I. do VIII. razreda pohađa 480 učenika. U prvoj smjeni nalazi se u prosjeku 370 učenika. Nastavničko i pomoćno osoblje škole broji 55 zaposlenika. Određeni broj osoba boravi u školi i preko vikenda, koristeći dvoranu za sportske aktivnosti.

Slika 6.36 Osnovna škola Zvonimira Franka u Kutini

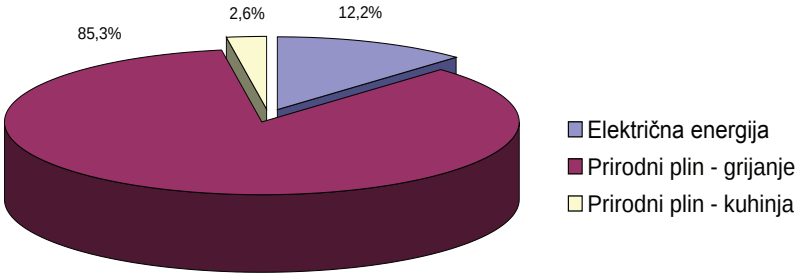
Potrošnja plina, električne energije i vode analizirana je za razdoblje 2005. do 2007. godine i prikazana je u tablici 6.27.

Tab. 6.27 Potrošnja energije Osnovne škole Zvonimira Franka u referentnoj godini

Energent	Potrošnja [kWh/god]	Trošak [kn/god]	Specifična potrošnja [kWh/(m² god)]
Električna energija	48.874,00	32.927,00	14,2
Prirodni plin - grijanje	342.249,00	80.982,00	99,2
Prirodni plin - kuhinje	10.276,00	2.439,00	3,0
UKUPNO	401.400,00	116.347,80	116,4

Potrošnja toplinske energije za grijanje u iznosu od 99,2 kWh/(m^2 god) može se smatrati zadovoljavajućom. Specifični trošak toplinske energije po kvadratno metru iznosi 23,50 kn/(m^2 god).

Slika 6.37 prikazuje raspodjelu potrošnje energije u objektu. Vidljivo je da 85,3% ukupne energije otpada na potrebe grijanja, 12,2% na električnu energiju, a 2,6% na prirodni plin koji se koristi za kuhanje.



Slika 6.37 Raspodjela potrošnje energije

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Osnovna vertikalna konstrukcija objekta je sustav nosivih zidova od opeke i armiranobetonskih stupova. Horizontalna stropna, ravna te kosa krovna konstrukcija su monolitne armiranobetonske ploče. Temeljenje objekta riješeno je trakastim temeljima (armiranobetonske grede), koje su na mjestima armiranobetonskih stupova pojačane temeljnim stopama.
Nosivi zidovi objekta zidani su saćastom blok opekom, debljine su 30 cm, te ukrućeni armiranobetonskim vertikalnim serklažima. Vanjska strana zida obložena je fasadnom opekom debljine 12 cm. S unutarnje strane na opeku je nanesena vapneno-cementna žbuka, dok su betonski dijelovi zida gletani.

Podgledi stropova su gletani i premazani disperolom.
Podovi su izvedeni ovisno o namjeni prostorije:
- „mokri" podovi su završno obrađeni keramičkim pločicama;
- uprava, administracija i zbornica tapisonom;
- radni prostori, učionice, praktikumi, komunikacije te prostori za više svrha završno su obrađeni vinfleksom;
- stubište je obloženo kamenim pločama;
- pod skloništa i pomoćnih prostora je cementna glazura;
- sportska dvorana prekrivena je parketom.

Pokrov kosog krova su eternit ploče, a ravni krov je završen slojem glinopora špricanim fasadeksom.
Prozori su drveni od smrekovine, završno obrađena ličenjem, jednostruki, ostakljeni izo staklom. Prozori su ostakljeni dvostrukim izo staklom debljine 4 mm. Stanje drvene stolarije je nezadovoljavajuće.
Prozori na sjevernom pročelju objekta, na etažama prizemlja, prvog i drugog kata zamijenjeni su aluminijskim prozorima početkom devedesetih godina prošloga stoljeća zbog dotrajalosti, te oštećenosti uslijed ratnih razaranja. Stanje drvenih prozora je nezadovoljavajuće. Nešto je bolja situacija s aluminijskim prozorima.
Krovište škole renovirano je 2007. godine.
Iako su u relativno dobrom stanju elementi konstrukcije vanjske ovojnice zgrade ne zadovoljavaju uvjete Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 110/08) (tablica 6.28).

Tab. 6.28 Karakteristike elemenata konstrukcije vanjske ovojnice zgrade

Konstrukcijski element	Koeficijent prolaska topline [W/m²K]	Maksimalni dopušteni koeficijent prolaska topline [W/m²K]
Vanjski zid	0,99	0,45
Pod prema tlu	0,92	0,5
Kosi krov	0,48	0,5
Stolarija	3,5	1,8
Metalni svjetlarnici	4,5	1,8

Fizika zgrade u pojedinim dijelovima građevinske konstrukcije je nezadovoljavajuća. Drveni prozori su u lošem stanju, pri čemu je na određenim mjestima došlo do prodora vode ispod drvenih parapeta prozora i vlaženja zidova.
Metalni svjetlarnici s izo staklom koji čine dobar dio vanjske površine objekta imaju izuzetno slabe toplinske karakteristike. U prostorima u kojima se oni nalaze osjećaj toplinske ugodnosti je neadekvatan zbog njihove niske površinske temperature.

Sustav grijanja, ventilacije i klimatizacije te pripreme potrošne tople vode

Objekt je spojen na elektrodistributivnu i plinsku mrežu te vodovod. Grijana površina objekta iznosi približno 3.450 m^2.
Kotlovnica škole renovirana je 2005. godine pri čemu su zamijenjeni plinski kotlovi i plamenici, te spremnici PTV-a.
Sustav centralnog grijanja objekta izveden je preko plinske kotlovnice smještene u suterenu objekta s dva ulaza. Jedan ulaz je kroz objekt, a drugi je ulaz s vanjske strane objekta. Sustav grijanja objekta izveden je centralno dvama plinskim kotlovima, Riello 3500, svaki učinka 315 kW (80/60 °C), proizvodnje 2005. godine.
Kao ogrjevna tijela u objektu se koriste radijatori proizvođača Lipovica. Cijevna radijatorska mreža izvedena je od crnih čeličnih bešavnih cijevi. Regulacija protoka vode kroz radijatore provodi se ručnim ventilatorima. Radijatori su opremljeni prigušnicama za balansiranje, ali nisu opremljeni termostatskim ventilima. Instalirani učinak ogrjevnih tijela – radijatora, temperaturnog režima 90/70 °C iznosi približno 326,5 kW.
Temperatura u sobama i ostalim sadržajima škole održava se na približno 21°C. Regulacija temperature grijanog prostora provodi se prema osjetniku vanjske temperature zraka i osjetniku unutarnje temperature prostora.
Prostor dvorane grije se toplozračnim grijanjem preko ventilacijske komore i toplozračnih kanala.
Sustav tlačno-odsisne ventilacije škole s rekuperacijom topline pokriva sadržaje sportske dvorane i svlačionica, dok zasebni sustav tlačno–odsisne ventilacije pokriva potrebe kuhinje.
Dobava ventilacijske tlačne komore iznosi 10.560 m^3/h. Ista je dobava odsisne ventilacijske komore. Tipska niskotlačna klima

centrala IMP KGOD 40 ima komoru za miješanje otpadnog i svježeg zraka koja se koristi kad temperatura svježeg zraka padne ispod 6°C. Učinak grijača komore iznosi 113 kW. Grijač je proračunat za temperaturni režim na strani zraka +6°C/+35,8°C. Ogrjevni medij je voda 90/70°C.

Tlačna ventilacijska komora kuhinje kapaciteta 4.750 m^3/h svježeg zraka opremljena je grijačem zraka učinka 49 kW (90/70°C). Plinski kotao se za zimskih mjeseci koristi za zagrijavanje potrošne tople vode. Za zagrijavanje PTV-a koriste se dva spremnika, svaki volumena 920 litara. Učinak grijača je 115 kW. PTV se koristi za potrebe kuhinje i sanitarije na II. katu škole. U ljetno vrijeme za zagrijavanje PTV-a u kuhinji škole koristi se zasebni električni bojler. Plinska kotlovnica nije u radu za ljetnih mjeseci.

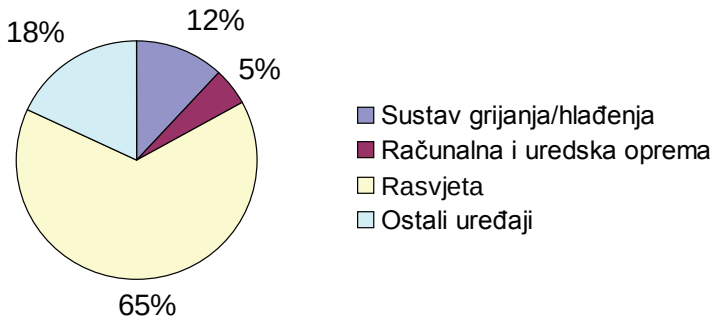
Opće stanje termotehničkih sustava škole je zadovoljavajuće. Od prije tri godine u potpunosti je zamijenjena plinska kotlovnica. Radijatorske instalacije također su u dobrom stanju.

Kao i u većini ostalih škola, kapacitet kotlovnice je znatno veći od same potrebe škole za toplinskom energijom. Kotlovi i spremnici PTV-a su predimenzionirani. Prilikom posjeta školi početkom siječnja ove godine, očitana je temperatura polaznog voda kruga grijanja pri radu jednog od dva kotla, od 73°C. U istome trenutku izmjerena je vanjska temperatura od – 3 °C. Tehničko osoblje škole također je potvrdilo da kotlovi rade u naizmjeničnom radu, jer nema potrebe za istovremenim radom oba kotla.

Još je veća disproporcija na sustavu zagrijavanja PTV-a, a odnosi se na spremnike PTV-a koji su višestruko predimenzionirani u odnosu na potrebe škole za toplom vodom, odnosno kuhinje škole.

Sustavi potrošnje električne energije

Ukupna instalirana snaga električnih potrošača u školi iznosi 123 kW. Oko 65% čini rasvjeta, 18% ostali uređaji (kućanski aparati – štednjaci, perilice, hladnjaci itd.), 12% elektromotori u sustavu klimatizacije i grijanja te 5% računala.



Slika 6.38 Raspodjela instalirane snage električnih trošila

Ukupna instalirana snaga rasvjete u zgradi iznosi 80 kW. Udio klasične rasvjete žaruljama sa žarnom niti iznosi tek 1 kW ili 1,5 %, dok ostatak od 79 kW otpada na rasvjetu s fluorescentnim cijevima, što predstavlja 98,5% ukupne instalirane snage rasvjete. U objektu nije uočeno niti jedno rasvjetno mjesto koje koristi energetski učinkovitu rasvjetu štednim žaruljama.

Pitka voda se u objektu koristi u sanitarne svrhe, a namiruje se iz gradskog vodovoda.

Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti prikazan je u tablici 6.29.

Tab. 6.29 Mjere energetske učinkovitosti

Mjere	Opis	Investicija	Procijenjene uštede	Procijenjene uštede	Razdoblje povrata ulaganja
		kn	kWh/god.	kn/god.	godina
1.	SGE	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Zamjena drvene stolarije (prozora i vrata)	320.000,00	29.940,00	7.500,00	42,5
3.	Zamjena metalnih svjetlarnika	495.000,00	76.800,00	19.200,00	25,8
4.	Ugradnja termostatskih ventila	40.000,00	26.000,00	6.500,00	6,2
5.	Modernizacija klasične rasvjete	950,00	168,90	112,24	8,46
	Modernizacija fluorescentne rasvjete	374.470,00	12.125,65	8.057,86	46,47
	Racionalnije korištenje el. uređaja	0,00	2.900,00	2.350,00	0,00
UKUPNO		**1,230.420,00**	**147.934,60**	**43.720,10**	**28,10**

Na temelju studije izvodljivosti Osnovne škole Zvonimira Franka u Kutini može se zaključiti da je energetska slika objekta zadovoljavajuća. Navedeni zaključak je izveden iz specifične godišnje potrošnje toplinske energije za grijanje škole od 99,2 kWh/(m^2 god).

Već iz podataka o indeksu godišnje potrošnje toplinske energije, a uzevši u obzir da ovojnica škole nije zadovoljavajućih toplinskih svojstava, pogotovo njeni svijetli otvori (prozori i svjetlarnici), može se zaključiti da se s toplinskom energijom u zgradi dobro gospodari. Domar koji vodi brigu o održavanju objekta energetski je osviješten i doprinosi dobroj energetskoj slici objekta.

Neadekvatno gospodarenje ulaganjem u opremu ogleda se u predimenzioniranosti opreme. Potrebe za grijanjem objekta u mogućnosti je pokrivati jedan od dva plinska kotla učinka približno 400 kW (90/70 °C). Još je veća disproporcija između ugrađenih spremnika za PTV i potreba škole za PTV-om. Jedan od dva spremnika PTV-a može se potpuno izuzeti iz uporabe i smanjiti toplinske gubitke jer i jedan spremnik volumena 920 litara više nego dovoljan za pokrivanje potreba za toplom vodom koja je najvećim dijelom u kuhinji škole.

Najveći nedostatak zgrade su njeni svijetli otvori. Stakleni svjetlarnici u metalnom okviru na bočnim stranama škole i iznad hodnika zadnje etaže su izuzetno loših toplinskih svojstava. Osim značajnih toplinskih gubitaka na njenim površinama, primjetan je loš osjećaj ugode u blizini svjetlarnika, uslijed niskih površinskih temperatura.

Drveni prozori koji čine značajnu površinu pročelja zgrade, također su loših toplinskih svojstava. Uslijed dotrajalosti drvenih parapeta na prozorima, na nekoliko mjesta je došlo do vlaženja zidova škole.

Na ogrjevnim tijelima - radijatorima u zgradi nema radijatorskih termostata (termostatskih ventila). Naime, do sada je temperatura prostora regulirana ručnim ventilima na pojedinom ogrjevnom tijelu što je neučinkovito. Za vrijeme posjeta školi izmjerena je temperature iznad 23°C u nekoliko prostorija. Ugradnjom termostatskih ventila na grijača tijela (radijatore) u objektu omogućava se automatska regulacija temperature pojedine prostorije. Osim ugradnje navedenih ventila potrebno je izbalansirati mrežu ugradnjom regulatora diferencijalnog tlaka. Ugađanje i regulacija temperature prostora na projektne vrijednosti smanjuje transmisijske gubitke u sezoni grijanja. Izračun je proveden za regulaciju temperature prostora od 2 °C, sniženje temperature s 23°C na projektnih 21°C.

Manje uštede moguće je ostvariti racionalnijim i savjesnijim pristupom pri korištenju električnih uređaja, što podrazumijeva gašenje uređaja i rasvjete kada se ne koriste, redovito čišćenje kućanskih aparata, korištenje uređaja u vrijeme niže tarife. Prilikom nabavke novih uređaja, valja voditi računa o energetskoj klasi uređaja, pri čemu treba odabrati uređaje klase A, ili A +, čime se također utječe na smanjenje potrošnje električne energije.

Pridržavajući se gore navedenih savjeta, moguće je ostvariti uštede do 10%, ovisno o uobičajenom režimu korištenja električnih uređaja i navikama korisnika.

Mjere koje bi dovele do uštede pitke i sanitarne vode sadrže: periodični pregled razvoda vode (cjevovoda) na propuštanje, uvođenje štednih i regulacijskih armatura (perlatori, uređaj za laminarni tok vode) za ograničenje temperature i količine vode, redovito održavanje perilica za suđe i rublje. Perilice suđa su znatni potrošači vode. Uređaji starije generacije troše i do dva puta više vode nego one novijeg datuma. Također, ručnim pranjem posuđa u odnosu na perilicom po ciklusu se potroši dvostruko više vode.

LITERATURA:

[1] Donjerković Petar. Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I. i II. Alfa, Zagreb, 1996.
[2] Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković. Grejanje i klimatizacija 05/06. Šesto, izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.
[3] Ćurko T., Grozdek M., Lepoša L., Soldo V., Čičić E., Matas M. Detaljna investicijska studija energetske obnove južne zgrade Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. Lipanj 2011. Koji je financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.
[4] Grozdek M., Lepoša L. Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta: Osnovna škola Marina Getaldića, Dubrovnik. Ožujak 2010. Koji je financirao Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
[5] Ćurko T., Soldo V., Vuljanko V., Soldo B.O.. Izvještaj o provedenom energetskom pregledu objekta: Osnovna škola Zvonimira Franka, Kutina, Sisačko-moslavačka županija. Veljača 2009. FEA – br. 56/08. Koji je financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.

6.4. ZGRADE ZA KULTURNO-UMJETNIČKU DJELATNOST I ZABAVU, MUZEJI I KNJIŽNICE

6.4.1. Primjer 1 - Detaljni energetski pregled i idejni prijedlog za energetsku sanaciju zgrade Pučkog otvorenog učilišta „Dragutin Novak“, Ludbreg / izvor: EIHP

Zgrada Pučkog otvorenog učilišta „Dragutin Novak“ u Ludbregu je izgrađena 1956. godine. Pučko otvoreno učilište Dragutin Novak u svom sastavu ima osnovnu glazbenu školu sa stabilnim porastom broja učenika (trenutno 88 učenika), zavičajnu zbirku, stalni postav zbirke predmeta sakralne umjetnosti (smješten u dvorcu Batthyany) i kinodvoranu. Rekonstrukcijom 2009. godine uređen je interijer vijećnice, te zamijenjen pokrov zgrade 2007. godine. Navedenim rekonstrukcijama nisu se značajno mijenjale energetske karakteristike građevine, osim zamjenom dijela prozora na sjevernom i zapadnom pročelju zgrade. Zbog povećanih prostornih potreba, postoje planovi za rekonstrukciju ili izgradnju nove zgrade za potrebe POU D. Novak koji nisu u potpunosti definirani.

Studijom je analizirano postojeće stanje, te dan prijedlog rekonstrukcije postojeće zgrade u svrhu postizanja niže potrošnje energije za grijanje i hlađenje postojeće zgrade, kojom se može uz relativno prihvatljiv obuhvat radova na rekonstrukciji postići poboljšanje za 2 energetska razreda – s energetskog razreda E na C, odnosno, uz proširenje rekonstrukcije i na konstrukcije unutar zgrade koje graniče prema negrijanim prostorima moguće je doseći i razinu potrošnje energetskog razreda B. U nastavku je dana i preporuka za planiranje energetski učinkovite nove zgrade koja bi dosljednom primjenom više razine toplinske izolacije vanjske ovojnice mogla postići energetski razred A+ (pasivna zgrada), čime je pokazano da kvalitetno arhitektonsko rješenje najviše utječe na razinu potrošnje energije za grijanje i hlađenje zgrade.

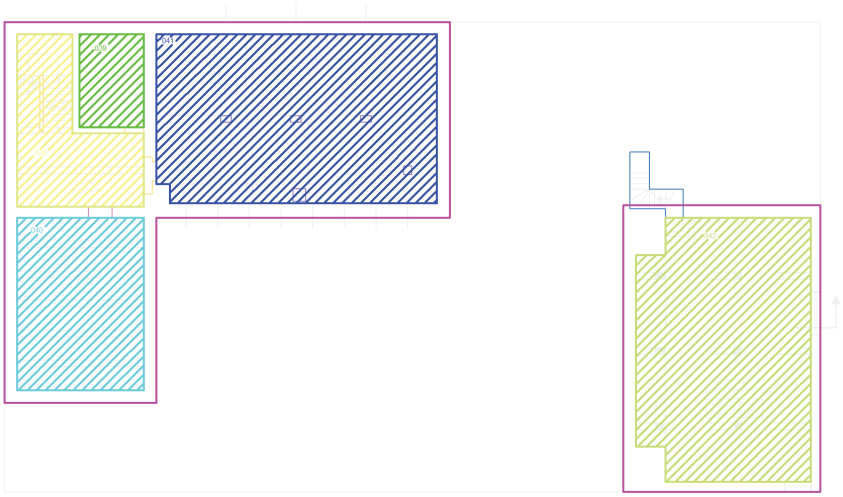
Zgrada POU Dragutin Novak nalazi se u Ludbregu, Trg Sv. Trojstva 19, na k.č. 1341 k.o. Ludbreg. Zgrada je orijentirana dužom osi u smjeru istok–zapad, s najvećim udjelom sadržaja (uredi, učionice, knjižnica, vijećnica) orijentiranim na sjever, prema parku i dvorcu Batthyany. Teren je u blagom padu prema jugu, od prometnice sa sjeverne strane zgrade, prema pretežno nižoj

izgradnji obiteljskih kuća s južne strane zgrade.
Zgrada je namjenski građena kao društveni dom 1956. godine, te je zadržala istovjetnu namjenu kroz čitavo vrijeme dosadašnjeg korištenja, s prilagođavanjem potrebama lokalne zajednice.
Danas zgradu koristi Pučko otvoreno učilište Dragutin Novak, koje u svom sastavu ima osnovnu glazbenu školu, zavičajnu zbirku, stalni postav zbirke predmeta sakralne umjetnosti (smješten u dvorcu Batthyany) i kinodvoranu.

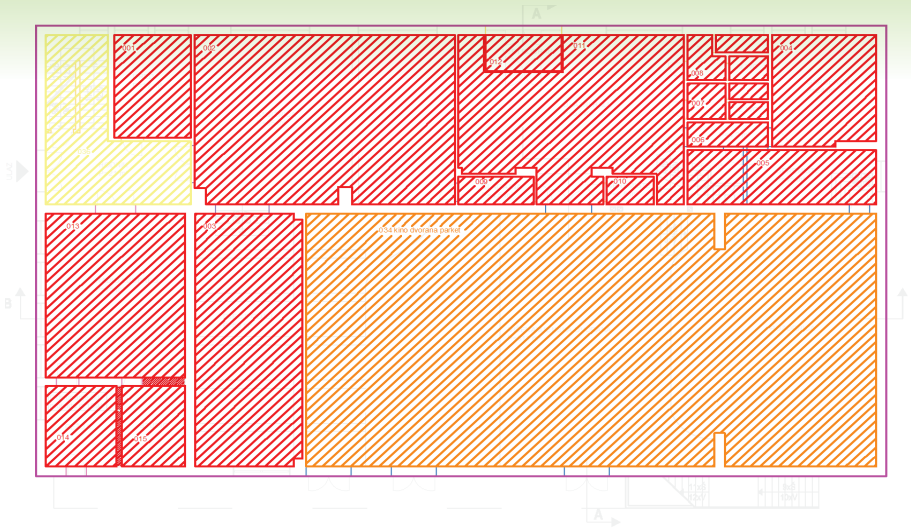
Zgrada PUO je djelomično podrumljena, visine prizemlje i 1. kat, jednostavnog tlocrtnog pravokutnog oblika dimenzija 37,90 x 21,80 m. Krov zgrade je izveden kao dvostrešni krov u dvije razine, odnosno dva jednostrešna krova (sjeverne i južne orijentacije) s razlikom u razini od cca 1,0 m. Podrumski prostori zgrade sastoje se od korisnog podrumskog prostora u sjeverozapadnom dijelu zgrade, u kojem se nalaze kotlovnica, arhiva i zavičajna zbirka, te od neiskorištenog prostora ispod pozornice dvorane. Konstruktivni sustav zgrade se bazira na nosivim uzdužnim i poprečnim zidovima, s rešetkastim krovnim nosačima koji premošćuju raspon između vanjskih i centralnog nosivog zida, koji u južnom dijelu zgrade iznosi 12,25 m (raspon kino dvorane). Ključna značajka prostorne koncepcije je velika kinodvorana koja zauzima 30% grijanog obujma zgrade, smještena na južnom pročelju zgrade te blokira mogućnost pasivnog zahvata sunčeve energije u prostorima koji se kontinuirano koriste, a orijentirani su na sjeverno pročelje. Takva prostorna koncepcija je razumljiva za vrijeme projektiranja zgrade, s orijentacijom prostora za trajni boravak prema parku i gradskom trgu, i bez izraženih zahtjeva za energetskom učinkovitosti. Danas ova prostorna koncepcija, predstavlja opterećenje za zgradu, uz dodatni problem predvidivog nedostatka prostora za potrebe glazbene škole, u potpunosti iskorištenog prostora knjižnice bez mogućnosti proširenja, te prostora depoa zavičajne zbirke koji se nalazi u podrumu zgrade s minimalnim uvjetima za zaštitu i čuvanje predmeta.

ukupna površina korisnog prostora	**1407,45 m²**
ukupna površina grijanog prostora A_k	**1069,18 m²**

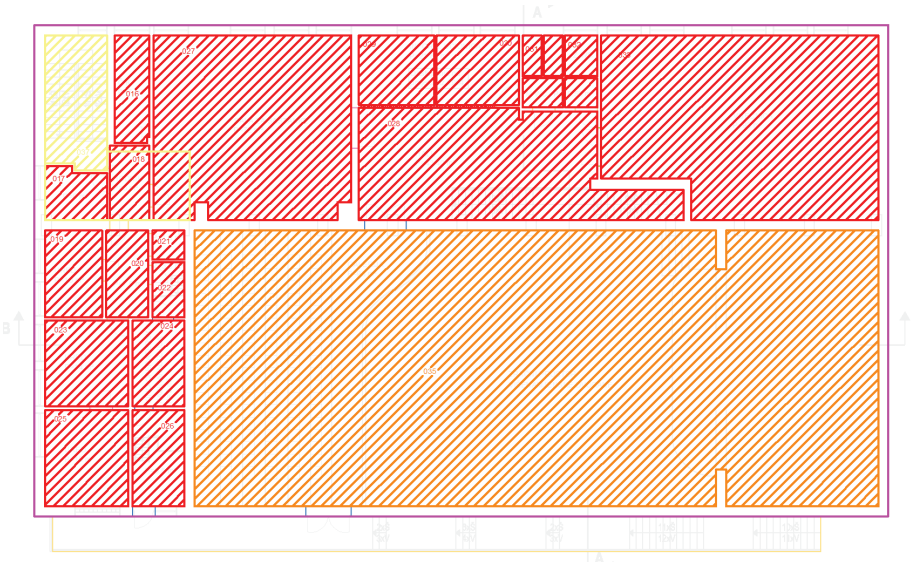
Podjelu zgrade na zone određuje namjena i režim korištenja prostora, kao i primijenjeni termotehnički sustav u zgradi. Po načinu korištenja većina prostora je ujednačena – osim kinodvorane, te čine jednu zonu, no kako dvorana nema značajniju mogućnost regulacije grijanja u odnosu na ostale prostore, i kinodvorana se promatra kao sastavni dio te zone. Osim grijane zone u zgradi postoji niz negrijanih prostora, kao i prostor arhiva u podrumu u kojem se zrak isključivo odvlažuje zbog čuvanja predmeta zavičajne zbirke.



Slika 6.39 Tlocrt podruma - zoniranje



Slika 6.40 Tlocrt prizemlja - zoniranje



Slika 6.41 Tlocrt kata - zoniranje

U ukupnoj površini, negrijano stubište nema veliki udio, ali je zbog specifične situacije – izuzetno loših toplinskih karakteristika stropa prema negrijanom tavanu i velikog obujma tavana, posebno trebalo razmotriti sve negrijane prostore te raditi analizu toplinskih gubitaka zgrade uključujući sve negrijane prostore zgrade.

Konstrukcije vanjske ovojnice zgrade su ujednačenih svojstava jer tijekom korištenja zgrade nije dolazilo do značajnijih preinaka u odnosu na izvorno stanje. Od važnijih odstupanja od izvornog stanja vidljiv je novo izvedeni pokrov krova profiliranim čeličnim limom, te dio prozora koji su zamijenjeni PVC prozorima ostakljenim standardnim izo staklom 4/12/4.
Neprozirne konstrukcije vanjske ovojnice čine vanjski zidovi, stropovi prema negrijanom tavanu, odnosno konstrukcija krova, podovi i zidovi prema tlu te međukatne konstrukcije prema negrijanom prostoru ili negrijanom podrumu. .
Vanjski zidovi zgrade su izvedeni od obostrano žbukane opeke normalnog formata (pune opeke) debljine 45 cm, bez primjene toplinske izolacije. U vrijeme gradnje nisu se primjenjivali propisi o seizmičkoj otpornosti zgrada, tako da u konstrukcijama zidova nema horizontalnih ili vertikalnih armirano betonskih serklaža.

Slika 6.42 Sjeverno pročelje zgrade

Nadvoji prozora su izvedeni od armiranog betona sa zubom za kutiju za eslinger rolete. Kutija za rolete nikad nije bila u funkciji – rolete nisu bile ugrađene prilikom izvedbe zgrade iz vrlo jednostavnog razloga – svi korisni grijani prostori orijentirani su na sjever i ne postoji opasnost od pregrijavanja prostora zbog osunčanja. Uz pravilnu izvedbu i korištenje, rolete bi mogle predstavljati dodatni sloj toplinske zaštite na prozorima, ali je ukupni očekivani doprinos takve dodatne izolacije malen u odnosu na potrebnu investiciju za naknadnu ugradnju roleta.

Slika 6.43 Mješoviti zid -vanjski sloj od lomljenog kamena

Dio vanjskog zida sa sjeverne strane je izveden kao mješovito ziđe, s unutarnjim slojem od opeke debljine 25 cm, i vanjskim slojem od lomljenog kamena debljine cca 15 cm.

Nagib konstrukcije krovišta iz 1956. godine, odnosno korištenog rešetkastog nosača od 13° navodi na zaključak da su izvorni pokrov krovišta bile azbest – cementne valovite ploče koje su zamijenjene profiliranim čeličnim limom prilikom rekonstrukcije krova 2007..

Strop prema negrijanom tavanskom prostoru izveden je kao daščana oplata s donje strane rešetkastih nosača, na koju je učvršćen nosač žbuke (trstika, ili vjerojatnije, letvice od mekog drva) s vapneno cementnom žbukom s donje strane, ukupne debljine konstrukcije 5 do 6 cm.

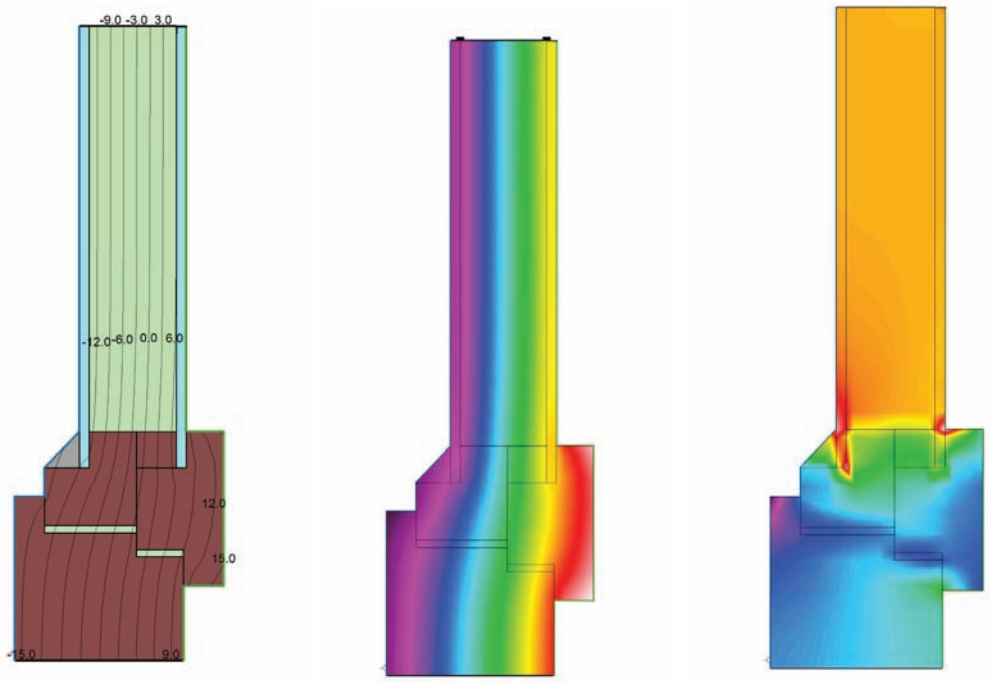
Kasnijom obnovom interijera zgrade 2009. godine u dijelu prostora na katu je izveden dodatni spušteni strop od mineralnih stropnih ploča 60/60 cm (Armstrong) koje imaju nešto niži koeficijent toplinske vodljivosti, te u kombinaciji s neventiliranim zračnim slojem donekle poboljšavaju karakteristike stropa prema negrijanom tavanu.

Na dijelu postojećeg stropa vidljive su pukotine nastale uslijed dilatacije konstrukcije, koje povećavaju zrakopropusnost konstrukcije prema negrijanom tavanu.

Kota gotovog poda izdignuta je od okolnog terena za 0 – 50 cm, ovisno o oblikovanju vanjskog terena zbog komunikacije unutarnjeg i vanjskog prostora. Pod kino dvorane na tlu je izveden u nagibu prema pozornici, s ukupnom visinskom razlikom od Podovi na tlu su izvedeni bez toplinske izolacije, s oblogom poliranim lomljenim kamenom u cementnom mortu, teracom ili parketom (kinodvorana, uredi).
Strop prema negrijanom prostoru podruma izveden je kao armirano betonska ploča na koju je neposredno postavljena završna podna obloga od teraca, poliranog kamena ili parketa. Zbog male nosivosti stropne ploče ojačane a.b. gredama, koeficijent prolaska topline konstrukcije dodatno je povećan utjecajem velikog broja geometrijskih toplinskih mostova.

Najveći dio zidova prema tlu je izveden od betona debljine 60 cm bez dodatnih izolacijskih slojeva, ili samo s vanjskom hidroizolacijom od bitumenskih traka. Na dijelu zida prema tlu u podrumskom prostoru dvorane ispod pozornice je zbog naknadnih intervencija oštećena hidroizolacija te uz veliku toplinsku vodljivost postoji i problem prodora vlage kroz konstrukciju. Činjenica da su ovi zidovi u negrijanim prostorima ne mijenja bitno sliku toplinskih gubitaka zgrade.

Prozirne konstrukcije vanjske ovojnice zgrade građene 1956. godine sastoje se od izvornih spojenih prozora, ostakljenih s dva jednostruka stakla, jednostrukih drvenih prozora ostakljenih dvostrukim izo staklom 4/16/4 mm, PVC prozora suvremene izvedbe ostakljenih dvostrukim izo staklom 4/16/4 mm, ostakljenih stijene na sjevernom pročelju zgrade izvedenih su od čeličnih profila ostakljenih jednostrukim staklom. Zanimljiva je i kombinacija čelične ostakljene stijene i drvenog spojenog prozora koja se nalazi na sjevernim prozorskim otvorima knjižnice, kao i jedan otvor (soba ravnatelja) ostakljen dvostrukom stijenkom od staklene opeke u čeličnom okviru.
Spojeni prozori s dva jednostruka stakla su na čitavoj zgradi relativno dotrajali – niža kvaliteta materijala za izradu i izloženost vanjskim utjecajima su uz redovito održavanje ipak doveli do vitoperenja konstrukcije i s time povezanog propadanja okova, kao i povećanih ventilacijskih gubitaka. Koeficijent prolaska topline prozora je proračunat prema detalju prozora ugrađenih na zgradi te iznosi U_w=2,56 W/m^{2}K (U_f=2,0 W/m^{2}K, U_g=2,80 W/m^{2}K). Problem s konstrukcijom prozora starijom od 50 godina je i nepostojanje zamjenskog okova na tržištu, što gotovo u potpunosti isključuje mogućnost obnove i poboljšanja svojstava prozora.



Slika 6.44 Drveni spojeni prozor - izoterme, distribucija temperature, temperaturni tok

Jednostruki drveni prozor ostakljen izo staklom ugrađen je samo na južnom zidu knjižnice, sa zaštitom od osunčanja unutarnjom žaluzinom. Koeficijent prolaska topline drvenog jednostrukog prozora ostakljenog izo staklom je 2,56 W/m^{2}K.
PVC prozori se sustavno ugrađuju na zgradi kao zamjena za drvene spojene prozore, uz zadržavanje istog formata i podjele prozora. Karakteristike navedenih prozora najvjerojatnije spadaju u niži energetski razred, s vjerojatnim koeficijentom prolaska

topline čitavog prozora U_w=2,40 W/m²K zbog korištenja ostakljenja standardnog izo stakla koje 4/16/4, pri čemu i nešto bolji koeficijent prolaska topline okvira U_f=1,60 W/m²K ne pomaže bitno u poboljšanju karakteristika prozora.
Ostakljene stijene većeg formata na sjevernom pročelju zgrade izvedene su od čeličnih profila s jednostrukim ostakljenjem. Koeficijent prolaska topline ovih stijena je u pravilu veći od 6,00 W/m²K.
Sa sjeverne strane nalaze se i ostakljena čelična vrata s jednostrukim staklom, koja uz visoki koeficijent prolaska topline imaju i vrlo visoke ventilacijske gubitke zbog primijenjenih Bommer petlji za vrata.
Dobro rješenje postojećih prozora predstavlja kombinirana ostakljena stijena na sjevernom zidu knjižnice, u kojoj se na unutarnjem licu zida postavlja drveni spojeni prozor, dok se s vanjske strane nalazi čelična ostakljena stijena s jednostrukim staklom.
Proračunom dobivena vrijednost koeficijenta prolaska topline takve stijene je 1,68 W/m²K, jer neventilirani sloj zraka između konstrukcija značajno smanjuje koeficijent prolaska topline kombinirane stijene.
Ulazna vrata u zgradu su jednostruka drvena vrata ostakljena jednostrukim staklom debljine 4 -5 mm, s krilom izvedenim od punog drva debljine 48 mm. Uz ostakljena ulazna vrata, na zgradi su s južne strane ugrađena puna drvena vrata (izlaz iz kinodvorane). Zaštita od osunčanja je izvorno bila planirana eslinger roletama, od čega se odustalo već u vrijeme gradnje zbog orijentacije zgrade, pa je zaštita od osunčanja bespredmetna. Jedina funkcionalna zaštita od osunčanja unutarnjim žaluzinama ugrađena je na južno orijentiranom prozoru knjižnice.

Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zgrade

Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zgrade određena je prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, odnosno normi HRN EN ISO 13790:2008.

Tab. 6.30 Opis i U koeficijenti konstrukcija vanjske ovojnice

Oznaka	Opis	U	Umax
		m²	W/m²K
VZ1	VZ1 vanjski zid opeka 38 cm	1,268	0,450
VZ2	VZ2 vanjski zid opeka 25 cm	1,673	0,450
VZ3	VZ3 obloga kamen	1,580	0,450
KR	kutija za rolete	2,203	0,450
PR1	PR1 PVC W	2,440	1,800
PR2	PR2 drvo E	2,560	1,800
PR2	PR2 drvo W	2,560	1,800
PR3	PR3 drvo N	2,560	1,800
PR4	PR4 PVC N	2,440	1,800
PR5	PR5 čelik N	6,12	1,800
PR6	PR6 kombinirani N	1,685	1,800
PR7	PR7 dvostruka staklena opeka S	2,522	1,800
PR8	PR8 drvo S	2,560	1,800
VR2	VR2 vrata dvorane S	4,500	2,900
ST1	ST1 strop iznad negrijanog stubišta	2,944	0,500
ST3	ST3 strop prema negrijanom tavanu	1,530	0,300
UZ1	UZ1 opeka 12 cm	2,136	0,500
UZ2	UZ2 opeka 25 cm	1,591	0,500
UZ3	UZ3 opeka 38 cm	1,267	0,500

Proračun potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade izvršen je za čitavu zgradu, s potpunim proračunom gubitaka topline za negrijane prostore. Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za hlađenje zgrade na razini čitave zgrade prema mjesečnoj metodi proračuna pokazuju zanemarivu potrošnju energije za hlađenje, te nisu dalje razmatrani. U pojedinim prostorima dolazi do potrebe za hlađenjem – soba ravnatelja s ostakljenim otvorom na južnom pročelju, te prostor koji koristi Radio Ludbreg zbog povećanih unutarnjih dobitaka od opreme, ali su ukupne energetske potrebe za hlađenjem zanemarive.

Tab. 6.31 Energija za grijanje zgrade za stvarne klimatske podatke

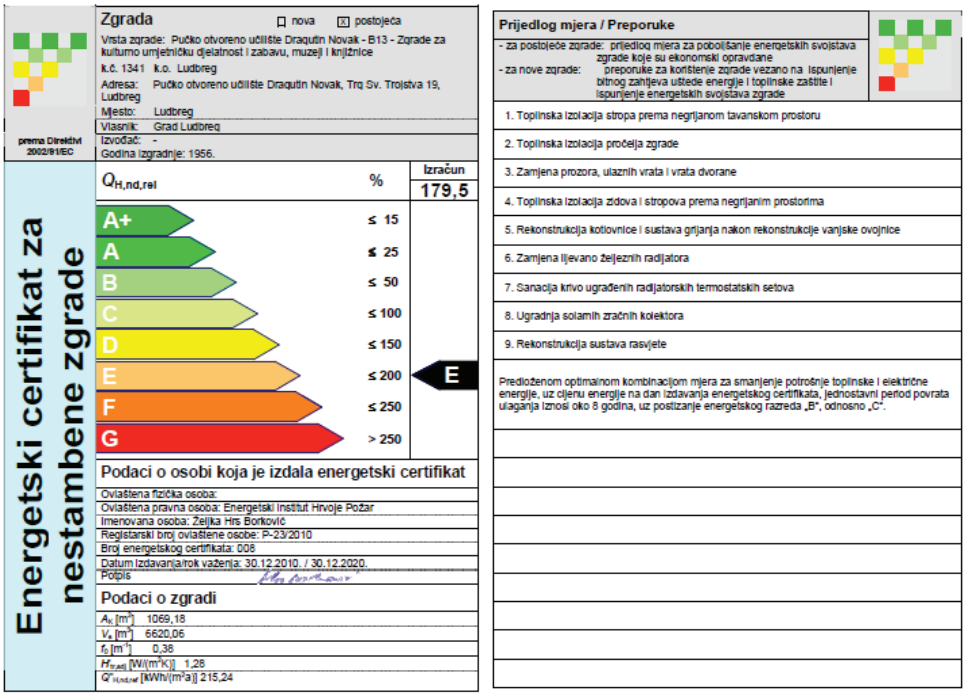
		Toplinski gubici	Unutarnji dobici	Dobici od Sunca	Ukupni dobici	Potrebna toplina
UKUPNO	$Q_{H,nd}$					
	kWh	**314.133**	**23.696**	**29.627**	**53.323**	**248.879**
UKUPNO	$Q_{C,nd}$					
	kWh	**508.760**	**23.696**	**29.627**	**53.323**	**1.099**

Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade je ključna veličina u ukupnim energetskim potrebama zgrade, te iznosi 248.879 kWh/a, odnosno $Q'_{H,nd}$ = 37,59 kWh/m^{3}a (svedeno na ploštinu korisne površine $Q''_{H,nd}$ = 232,78 kWh/m^{2}a).
Maksimalna dopuštena specifična potrebna energija za zgradu $Q'_{H,nd,max}$ = 19,37 kWh/m^{3}a.
Odstupanje stvarne potrošnje prema prikupljenim računima za prirodni plin kroz modeliranu potrošnju i udio toplinske energije za grijanje zgrade u ukupnoj energetskoj bilanci zgrade je posljedica odstupanja ulaznih podataka. U određivanju ukupnog broja radnih dana u sezoni grijanja nisu uzeti u obzir dodatni neradni dani (osim vikenda) koji se odnose na državne blagdane; zbog nepostojanja regulacije i podatak o unutarnjoj temperaturi u prostoru nije pouzdan što unosi najveću nepoznanicu u proračun potrebne topline za grijanje. Proračunom s usrednjenom temperaturom grijanja od 16°C koja odgovara trenutnom načinu korištenja zgrade, dobiva se potrebna toplinska energija s prihvatljivim odstupanjem od izmjerene potrošnje prirodnog plina za grijanje zgrade.

Tab. 6.32 Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade za referentnu klimu (kontinentalna Hrvatska)

		Toplinski gubici	Unutarnji dobici	Dobici od Sunca	Ukupni dobici	Potrebna toplina
UKUPNO	$Q_{H,nd}$					
	kWh	**285.734**	**23.696**	**29.770**	**53.466**	**230.133**

Iz proračunate potrebne toplinske energije za grijanje zgrade za referentnu kontinentalnu klimu, dobiva se specifična potrebna relativna toplina za grijanje zgrade $Q_{H,nd,rel}$ = 179 %.
Postojeća zgrada po potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje spada u **energetski razred E**.


Zgrada ☐ nova ☒ postojeća
Vrsta zgrade: Pučko otvoreno učilište Draqutin Novak - B13 - Zgrade za kulturno umjetničku djelatnost i zabavu, muzeji i knjižnice
k.č. 1341 k.o. Ludbreg
Adresa: Pučko otvoreno učilište Draqutin Novak, Trg Sv. Trojstva 19, Ludbreg
Mjesto: Ludbreg
Vlasnik: Grad Ludbreg
Izvođač: -
Godina izgradnje: 1956.
prema Direktivi 2002/91/EC
Energetski certifikat za nestambene zgrade

$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun 179,5
A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	E
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat
Ovlaštena fizička osoba:
Ovlaštena pravna osoba: Energetski institut Hrvoje Požar
Imenovana osoba: Željka Hrs Borković
Registarski broj ovlaštene osobe: P-23/2010
Broj energetskog certifikata: 008
Datum izdavanja/rok važenja: 30.12.2010. / 30.12.2020.
Potpis
Podaci o zgradi
A_K [m^2] 1069,18
V_e [m^3] 6620,06
f_0 [m^{-1}] 0,38
$H_{T,adj}$ [W/(m^{2}K)] 1,28
$Q'_{H,nd,ref}$ [kWh/(m^{2}a)] 215,24

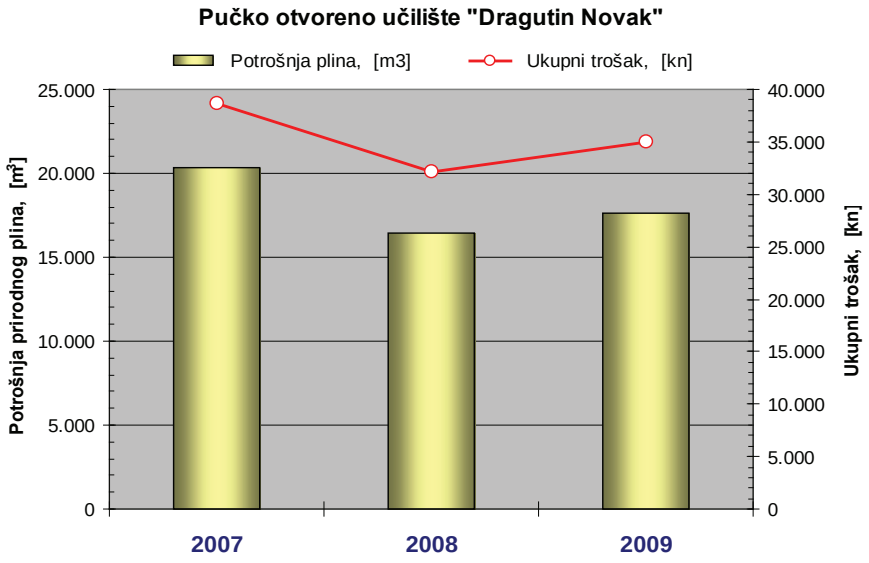
Prijedlog mjera / Preporuke
- za postojeće zgrade: prijedlog mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade koje su ekonomski opravdane
- za nove zgrade: preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje bitnog zahtjeva uštede energije i toplinske zaštite i ispunjenje energetskih svojstava zgrade

1. Toplinska izolacija stropa prema negrijanom tavanskom prostoru
2. Toplinska izolacija pročelja zgrade
3. Zamjena prozora, ulaznih vrata i vrata dvorane
4. Toplinska izolacija zidova i stropova prema negrijanim prostorima
5. Rekonstrukcija kotlovnice i sustava grijanja nakon rekonstrukcije vanjske ovojnice
6. Zamjena lijevano željeznih radijatora
7. Sanacija krivo ugrađenih radijatorskih termostatskih setova
8. Ugradnja solarnih zračnih kolektora
9. Rekonstrukcija sustava rasvjete

Predloženom optimalnom kombinacijom mjera za smanjenje potrošnje toplinske i električne energije, uz cijenu energije na dan izdavanja energetskog certifikata, jednostavni period povrata ulaganja iznosi oko 8 godina, uz postizanje energetskog razreda „B", odnosno „C".

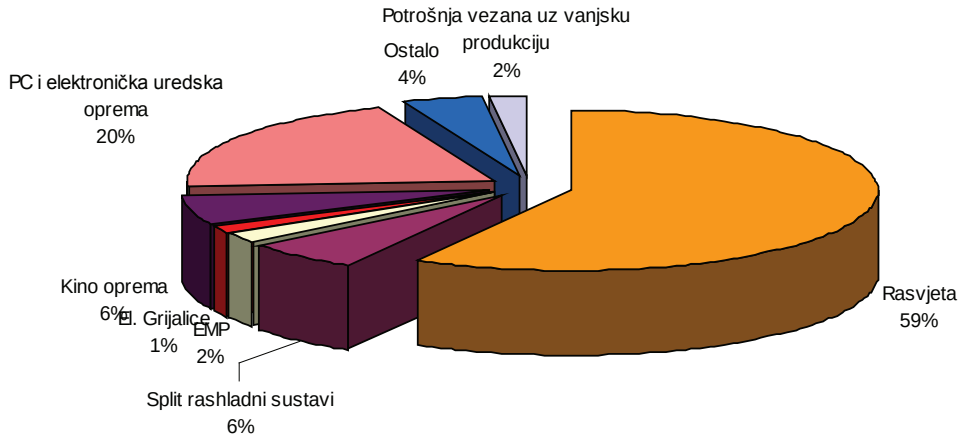
Slika 6.45 1. i 3. stranica energetskog certifikata postojećeg stanja zgrade

Objekt Pučkog otvorenog učilišta„Dragutin Novak“ u Ludbregu ima centralni sustav grijanja preko plinske kotlovnice smještene u podrumu objekta. Sustav pripreme potrošne tople vode ne postoji, već se lokalno pomoću električnog akumulacijskog bojlera grije voda na samo jednom izljevnom mjestu (umivaonik u prostorima Radija Ludbrega) u objektu. Za potrebe hlađenja instalirana su tri pojedinačna split uređaja kojima se u ljetnim mjesecima hlade jedan ured na katu, prostori Radija Ludbrega u prizemlju i prostor u podrumu za smještaj zavičajno etnološke zbirke.

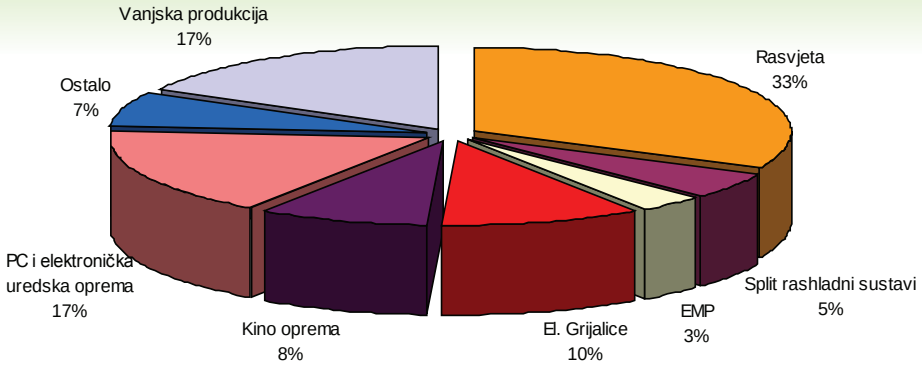


Potrošnja i troškovi prirodnog plina za tri uzastopne godine 2007., 2008. i 2009.

Slika 6.46 Potrošnja i troškovi prirodnog plina za tri uzastopne godine 2007., 2008. i 2009.



Slika 6.47 Modelirani udjeli potrošnje električne energije



Slika 6.48 Modelirani udjeli snage pojedinih sustava

Prijedlog idejnog rješenja rekonstrukcije zgrade s primjenom suvremenog energetskog koncepta

Opće stanje vanjske ovojnice zgrade ne zadovoljava minimalne uvjete Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Prema podacima korisnika, u toku je izrada idejnog rješenja zamjenske zgrade ili rekonstrukcije postojeće kojom bi se zadovoljile trenutne potrebe, uz plan ispunjenja budućih prostornih potreba Pučkog otvorenog učilišta Dragutin Novak, koje se odnose na obrazovanje odraslih za koje u zgradi ne postoji adekvatan prostor. U pogledu kvalitetne organizacije prostora i zadovoljavanja suvremenih standarda, nova zgrada predstavlja optimalno rješenje, ali je investicijski izuzetno zahtjevan pothvat. U postojećem prostoru teoretski je moguće reorganizacijom prostora ispuniti prostorne potrebe, čime bi se jednostavnije i brže došlo do željene funkcije, uz smanjenje energetskih potreba, rekonstrukcijom vanjske ovojnice zgrade.

Rekonstrukcijom vanjske ovojnice moguće je postići značajne uštede u potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje zgrade. Međutim, kako u ukupnim toplinskim gubicima veliki udio čine podovi na tlu i gubici prema negrijanim prostorima u podrumu, nemoguće je postići bitno poboljšanje energetskog razreda zgrade samo rekonstrukcijom vanjske ovojnice, već je potrebno izvesti i dodatnu toplinsku izolaciju svih konstrukcija prema negrijanim prostorima unutar zgrade (negrijani podrumski prostor, negrijano stubište).

Zbog navedenog, ako se investicija u rekonstrukciju ograniči samo na vanjsku ovojnicu zgrade prema vanjskom zraku i negrijanom tavanu, zgrada postiže energetski razred C. Kod investicije u izolaciju svih konstrukcija osim podova na tlu moguće je postići i energetski razred B, ali taj oblik intervencije nije detaljnije razmatran zbog velikog opsega radova koji se provode u unutarnjem prostoru zgrade, te troškovi značajno rastu i potrebno ih je povezati s radovima koji bi se provodili zbog uređenja interijera, a ne samo zbog povećanja energetske učinkovitosti zgrade.

U planove za izgradnju nove zgrade Pučkog otvorenog učilišta, potrebno je ući s još strožim zahtjevima za racionalnom uporabom energije, i tada se preporuča energetski razred A ili A+.
Rekonstrukcijom vanjske ovojnice obuhvaćeni su radovi na povećanju toplinske izolacije stropa prema negrijanom tavanu, vanjskih zidova te ostakljenih konstrukcija pročelja zgrade. Ciljane vrijednosti koeficijenata prolaska topline za konstrukcije vanjske ovojnice su:

- vanjski zid $U<0{,}25\ W/m^2K$
- strop prema negrijanom tavanu $U<0{,}125\ W/m^2K$
- strop prema podrumu $U<0{,}30\ W/m^2K$
- ostakljene konstrukcije $U<1{,}20\ W/m^2K$.

Ukupna vrijednost investicije u obnovu vanjske ovojnice iznosi približno 450.000 kn, pri čemu se ostvaruju uštede od gotovo 95.000 kWh toplinske energije godišnje, odnosno 12.213 m^3 plina kod postojeće učinkovitosti sustava od 84%. Uz navedene parametre i trenutnu cijenu plina od 2,985 kn/m^3 godišnja ušteda iznosi 36.454 kn, i jednostavno razdoblje povrata investicije od 12,3 godina.

Rekonstrukcija sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode

S obzirom na to:

- da se u kotlovnici nalazi standardni kotao TAM STADLER tip ZV-350 toplinskog učina **330 kW** na prirodni plin, **star 29 godina**, s predtlačnim ventilatorskim plamenikom, i sa stupnjem djelovanja određen na osnovu mjerenja kotla provedenog u prosincu 2009. godine od 87 %, (pri čemu je u obzir uzet samo gubitak osjetne topline dimnih plinova);
- da je horizontalni cijevni razvod u negrijanom podrumu ispod stropa toplinski neizoliran, što je uzrokom nepotrebno velikih toplinskih gubitaka podsustava razvoda toplinske energije;
- da će cijena prirodnog plina i dalje rasti (samo u 2010. godini je došlo do povećanja cijene prirodnog plina nekoliko puta ® siječanj 2,335 kn/m^3, veljača 2,345 kn/m^3, travanj 2,675 kn/m^3, trenutna cijena 2,985 kn/m^3, navedene cijene prirodnog plina ne sadrže PDV od 23 %);
- da je na postojeći razdjelnik i sabirnik centralnog sustava grijanja još uvijek priključen i lijevano-željezni toplovodni kotao proizvođača ZRENJANIN-Jugoslavija tip VULKAN SUPER toplinskog učina 309.600 kcal/h @ **360 kW** na ugljen i drva, **star 37 godina**, koji se više ne koristi;
- da se u pojedinim prostorijama objekta kao ogrjevna tijela još uvijek koriste lijevano-željezni radijatori;
- da je dio nedavno postavljenih termostatskih radijatorskih ventila s termostatskim glavama, nepravilno postavljen;

predlažu se, radi smanjenja troškova goriva i emisije CO_2 u okoliš, sljedeći zahvati na centralnom sustavu grijanja objekta Pučkog otvorenog učilišta „Dragutin Novak“ u Ludbregu:

REKONSTRUKCIJA KOTLOVNICE:

1A. POSTOJEĆE STANJE - zamjena standardnog kotla TAM STADLER tip ZV-350 toplinskog učina 330 kW na prirodni plin s
Rješenje 1. niskotemperaturnim kotlom

Rješenje 2. novim kotlom na biomasu + akumulacijski spremnik topline i prateća oprema;

1B. REKONSTRUKCIJA VANJSKE OVOJNICE - zamjena standardnog kotla TAM STADLER tip ZV-350 toplinskog učina 330 kW na prirodni plin s
Rješenje 1. niskotemperaturnim kotlom

Rješenje 2. novim kondenzacijskim kotlom opremljenim uređajem za neutralizacijom kondenzata i zatvorenom ekspanzijskom posudom odgovarajućeg volumena

Rješenje 3. novim kotlom na biomasu + akumulacijski spremnik topline i prateća oprema;

Rješenje 1A. i 1B obuhvaćaju i sljedeće:

- odvoz lijevano-željeznog kotla proizvođača ZRENJANIN-Jugoslavija tip VULKAN SUPER toplinskog učina 309.600 kcal/h @ 360 kW, starog 37 godina iz podruma;
- novi razdjelnik/sabirnik s novim toplinski izoliranim horizontalnim razvodom u negrijanom podrumu ispod stropa, nove pumpe, ventili;
- sanacija dimnjaka (tamo gdje je potrebna).

2. ZAMJENA PREOSTALIH LIJEVANO-ŽELJEZNIH RADIJATORA

3. SANACIJA KRIVO UGRAĐENIH TERMOSTATSKIH RADIJATORSKIH SETOVA

4. UGRADNJA SOLARNIH ZRAČNIH KOLEKTORA ZA POKRIVANJE DIJELA POTREBA ZA TOPLINOM PROSTORA KINODVORANE.

Tab. 6.33 Pregled predloženih mjera

redni broj	mjera	procjena investicije	procjena uštede	razdoblje povrata	smanjenje CO_2 emisija
		kn	kn	godina	kg
1	toplinska izolacija stropa prema negrijanom tavanu	79.627	26.860	3	14.000
2	toplinska izolacija pročelja zgrade	240.100	22.260	10,8	11.600
3	zamjena prozora i ulaznih vrata	220.960	5.295	42	2.760
	ukupno rekonstrukcija vanjske ovojnice, s reduciranom investicijom zamjene prozora (samo zamjena ostakljenja na postojećim drvenim prozorima)	450.000	36.450	12,3	28.360
4	rekonstrukcija kotlovnice i sustava grijanja nakon rekonstrukcije vanjske ovojnice	205.000	89.252[2]	2,3	73.940
5	ugradnja zračnih solarnih kolektora	97.448	3.098	31	2.000
6	rekonstrukcija električne rasvjete	46.925	6.086	8	2.700
	UKUPNO	**799.373**	**98.436**	**8,12**	**78.640**

Predlaže se kompletna rekonstrukcija vanjske ovojnice zgrade kojom će se postići energetski razred C, odnosno, ako će se vršiti radovi na uređenju interijera i prilagodbi prostora za trenutne potrebe pučkog otvorenog učilišta proširenje investicije kojom će se postići energetski razred B, s potrebnom relativnom specifičnom toplinskom energijom za grijanje zgrade od 49%, ili planiranje nove zgrade u A+ energetskom razredu – gdje je pokazano kako je za zgradu sličnih geometrijskih karakteristika, s povećanom korisnom površinom u istom obujmu moguće ostvariti izuzetno nisku potrošnju toplinske energije za grijanje i hlađenje, koja se u najvećoj mjeri pokriva unutarnjim i solarnim dobicima zgrade.

6.5. BOLNICE I OSTALE ZGRADE ZA ZDRAVSTVENU ZAŠTITU I ZGRADE ZA INSTITUCIONALNU SKRB

Provedba energetskog pregleda

Bolnice i druge zgrade za zdravstvenu zaštitu i institucionalnu skrb (npr. domovi zdravlja) najčešće su grupe zgrada sa složenim termotehničkim sustavima. Ti sustavi obuhvaćaju centralne kotlovnice (često parne), cijevni razvod u krugu bolnice (vrelovoda, toplovoda ili parovoda), ponekad centralne rashladne stanice s centralnim cijevnim razvodom hladne vode, toplinske podstanice i razvode centralnih grijanja pojedinih građevina, brojna lokalna grijanja i hlađenja, centralnu ili lokalnu pripremu potrošne sanitarne vode, sustave hlađenja, termoventilacije, klimatizacije, ponekad i sustave za povrat topline, kompresorske stanice, sustave medicinskih plinova (dušični oksidul, kisik, vakuum) i sl. Oprema termotehničkih sustava je često dotrajala, ponekad loše održavana, uglavnom s nekompletnom projektnom i drugom tehničkom dokumentacijom. Termotehnički sustavi, kao i ostali sustavi zgrada kroz dulje vrijeme korištenja su mijenjani, nadograđivani i obnavljani, a najčešći je slučaj da sva dokumentacija tih sustava i promjena nije kompletna, tako da se iz tehničke dokumentacije ne mogu dobiti svi potrebni podaci, a za one koji su dostupni potrebno je dobro provjeriti odgovaraju li stvarnom stanju.

S druge strane, mnogi prostori unutar bolnica ili domova zdravlja su izuzetno zahtjevni, posebno s obzirom na čistoću i tlak zraka. Takvi prostori su npr. operacijske dvorane, prostorije za intenzivnu njegu, sterilizacije, kuhinje u bolnicama, laboratoriji različitih vrsta i namjena u domovima zdravlja.

U praksi se radi najčešće o ustanovama smještenim u više građevina, koje su u velikom broju slučajeva nenamjenski građene, građene su dulje razdoblje i na njima je kroz niz godina korištenja proveden niz prilagodbi i obnova (građevinskog dijela, ali i svih sustava).
U velikom broju bolnica postoji značajan potencijal za smanjenje energetske potrošnje, ali je realna mogućnost stvarne provedbe mjera energetske učinkovitosti limitirana ograničenim financijskim sredstvima koja stoje na raspolaganju.

U novije vrijeme prisutna mogućnost korištenja sredstava europskih fondova za energetsku obnovu ovakvih građevina usmjeriti će na određeni način i izradu studija koje prikazuju mogućnosti i puteve provedbe mjera energetske učinkovitosti.

Provedba energetskog pregleda i prikupljanje podataka za izradu energetskog certifikata olakšana je donekle činjenicom da stručne službe zadužene za energetiku dobro poznaju tehničke sustave zgrade, a u računovodstvenim službama su dostupni obrađeni računi za energente i vodu.

Za ovako složene objekte pregled se ne može obaviti u jednom danu. Energetski pregled ovakvih objekata zahtijeva detaljnu pripremu, tako da ga je najpovoljnije (i potrebno) obaviti u više navrata.

Važno je dobro planirati pregled i obaviti prethodne dogovore prije posjete u cilju pribavljanja računa i dokumentacije. Poželjno je obilazak planirati u zimskom razdoblju, tj. u sezoni grijanja, kada su vidljivi svi eventualni nedostaci sustava grijanja (koji prevladavaju kod ovakvih objekata).

U prvom obilasku potrebno je provesti upoznavanje s osobljem zaduženim za energetiku i utvrđivanje općeg stanja građevine jednim brzim pregledom, uz prethodnu najavu, osigurano vrijeme za pripremu računa i postojeće projektne dokumentacije, pripremljene formulare za upis podataka, fotografsko dokumentiranje svih detalja kod prvog obilaska, eventualno termografsko snimanje objekata, uvodni razgovor sa službama korisnika ili vlasnika. Takav pregled treba provesti tim koji čini barem po jedan inženjer svake struke (građevinsko-arhitektonska, strojarska, elektro).

Opće o mjerama energetske učinkovitosti u zgradama bolnica

U ovakvim zgradama najčešće su prisutni kompleksni termotehnički sustavi. Za grijanje se najčešće koriste centralne kotlovnice, kod kojih su kotlovi loženi plinom ili loživim uljem (starije instalacije imaju ponekad predviđeno čak i loženje LS loživim uljem). U većim gradskim središtima toplina se proizvodi u toplanama ili termoelektranama toplanama, pri čemu medij koji grije toplu vodu u toplinskim podstanicama vrela je voda ili para. Hlađenje je također predviđeno, često je to zbog nedostatka financijskih sredstava lokalnim sustavima u kancelarijama i sobama (split sustavi), a ponekad i centralnim rashladnim sustavima. Što se ventilacije tiče, tu vlada velika raznolikost, od odsisnih ventilacija kuhinja i sanitarnih prostora, termoventilacija manje zahtjevnih prostora, pa do klimatizacija operacijskih sala. Nije rijedak slučaj pronaći neadekvatne sustave grijanja, hlađenja i ventilacije primijenjene na mjestima gdje to po propisu nikako ne bi smjelo tako biti, tako da na nekim mjestima možemo pronaći čak i takva rješenja kao što je tlačna ventilacija operacijskih hala neobrađenim vanjskim zrakom uz nadoknadu transmisijskih gubitaka i dobitaka topline radom split sustava.

Temperature u prostorima za boravak su raznovrsne, u bolnicama su nešto više (22-24°C), a za prostore opće namjene kreću se oko 20°C. Gdje nema centralne regulacije česti su slučajevi izuzetno neracionalnog korištenja energije.

Karakteristično za objekte bolnica je cjelodnevni boravak korisnika u prostorijama zgrade, a koriste se tijekom cijele godine. Kao posljedica takvog načina korištenja javlja se relativno visoka potrošnja toplinske energije uvjetovana neprekinutim grijanjem u sezoni grijanja i cjelogodišnjom pripremom potrošne sanitarne vode, jer veći broj korisnika po jedinici površine ovakvih zgrada uvjetuje veću potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode. U tom slučaju, u današnjem stanju cijena opreme i energije, može se pokazati opravdanom mjera ugradnje sustava zagrijavanja potrošne vode solarnim kolektorima. Porast cijene energenata prisutan zadnjih godina, te povećana proizvodnja koja je utjecala na pad cijena opreme na tržištu, osiguravaju jednostavna vremena povrata ulaganja od oko 6-8 godina, što je prihvatljiva vrijednost. Kod prijedloga tehničkog rješenja treba provesti optimizaciju površine ugrađenih kolektora s aspekta troškova, uvažavajući postojeći konvencionalni način zagrijavanja potrošne vode koji nakon ugradnje sustava za korištenje sunčeve energije služi za dodavanje one topline koju ne mogu proizvesti solarni kolektori. Odabir neprimjereno velikih površina solarnih kolektora vodi u neekonomičan rad.

Od korištenja obnovljivih izvora energije za pripremu sanitarne tople vode može se još izdvojiti primjena srednjetemperaturnih dizalica topline (niskotemperaturne dizalice topline rade u području temperatura korištenja 20-50°C, srednjetemperaturne u području 70-80°C, a visokotemperaturne u području 80-123°C [1]), kao i povrat topline iz centralnih rashladnih sustava bolnica. Kao obnovljivi izvor topline koristi se obično okolni zrak, a u drugom navedenom slučaju radi se o povratnom korištenju topline otpadnog zraka iz sustava klimatizacije.

Kod ovih objekata niti potrošnja hladne vode nije zanemariva, pa dolaze u obzir mjere štednje vode kao što su perlatori na slavinama i tuševima, štedljivi vodokotlići, jednoručne slavine, ugradnja tuševa umjesto kada, pa i korištenje ventila na žetone za ograničenje jednokratne potrošnje.

Ventilacijski i klimatizacijski sustavi građeni su obično tako da je moguće dograditi povratno korištenje topline otpadnog zraka iz sustava klimatizacije. Pri odabiru i projektiranju takvih sustava treba biti oprezan s obzirom na higijenske zahtjeve koji se postavljaju na kvalitetu dovodnog zraka i moguću veću potrošnju energije za pogon ventilatora za distribuciju zraka.

U toplinskim stanicama koje koriste paru iz toplana, pokazuje se pogodnim korištenje topline kondenzata pare za pripremu potrošne vode, a nakon toga i za predgrijavanje zraka u ventilacijskim sustavima.

Kada su zgrade građene nenamjenski, starije gradnje, prilagođene za sadašnju namjenu, pokazuju se prikladnim i mjere toplinske izolacije zidova i stropova prema tavanu. Vrlo su česti slučajevi izraženih toplinskih mostova, loše izoliranih zidova kod kojih su posebno povećani gubici topline kroz zidove iza radijatora ili pak radijatora smještenih uz staklene plohe.

S mjerama ugradnje stolarije visoke zrakotijesnosti treba biti oprezan, jer je u ovakvim objektima vrlo važno osigurati odgovarajuću količinu svježeg zraka, a ugrađeni sustavi su takvi da je to teško ili preskupo provesti mehaničkom ventilacijom. Ako se već predlaže nova stolarija, trebala bi imati i mogućnost kontrolirane ventilacije, a u najboljem slučaju predviđenu rekuperaciju topline za tako kontroliranu količinu ventilacijskog zraka.

Odsisna ventilacija sanitarija obično je značajan izvor gubitaka topline i ona se može urediti na tehnički prihvatljiv način, ali troškovi takvog uređenja nisu zanemarivi i isplativost je ponekad upitna. Posebno to važi u kontekstu činjenice da se kod ovih objekata mora osigurati kvalitetna ventilacija bolesničkih soba, što se često provodi odsisavanjem zraka preko hodnika ili sanitarnih prostora.

Kod ovih se objekata u centralnim kuhinjama obično pripremaju obroci za sve korisnike. U tome slučaju potrebno je termotehničkim sustavima kuhinja posvetiti potrebnu pažnju i provesti analizu sustava ventilacije kuhinje, provjeriti količine zraka koji se odsisava napama i način ventilacije. Pokazuje se da je mjera ugradnje ekonapa brzo isplativa, uz uvjet da se provede na tehnički ispravan način. Povrat topline iz otpadnog zraka kuhinje regeneratorom ili rekuperatorom nije uvijek prihvatljiv, s obzirom na prisutnost masnih para u odvodnom zraku iz kuhinjskih napa.

Uz bolničke kuhinje su ponekad izgrađene i hladionice, s kondenzacijskim jedinicama manjeg učinika čija se toplina kondenzacije može relativno jednostavnim zahvatima na rashladnom krugu iskoristiti za pripremu potrošne tople vode, a isplativost i mogućnost primjene ovakve mjere treba se ispitati od slučaja do slučaja.

Kod starijih instalacija česta je pojava da uz radijatore nisu ugrađeni termostatski ventili, te da je cijela mreža distribucije hidraulički neuravnotežena. Mjera ugradnje termostatskih radijatorskih ventila pokazuje se kao brzo isplativa, ali je važno prethodno mjerenjem temperatura u prostorijama utvrditi postoji li stvarno pregrijavanje. Najskuplja su rješenja kada se korisniku omogući proizvoljno ponašanje, pa se pojavljuju situacije prikazane na slici 6.53. gdje je zbog dogradnje nove etaže, iznad dotadašnje gornje etaže, učinak radijatora postao prevelik, radijatori nemaju termostatske ventile pa korisnici otvaranjem prozora „rješavaju“ problem (snimka je napravljena kod temperature okolnog zraka od -5°C).
Postoje slučajevi u laboratorijskim prostorima, smještenim u stare neadekvatne građevine, da radi radijatorsko grijanje ali se zbog neispravnih (ili neugrađenih) ventila ne može isključiti, pa se radom opreme s visokom toplinskom disipacijom pregrijava prostorija i zbog toga korisnici uključe klimatizaciju i otvore prozore.

Neuravnoteženi protoci kroz ogranke mreže za distribuciju topline rezultiraju pregrijavanjem dijela prostora bližim kotlovnici ili toplinskoj podstanici i nedostatnim grijanjem udaljenijih prostora, što je posebno izraženo kad radijatori nisu opskrbljeni termostatskim ventilima. Neuravnotežene protoke moguće je utvrditi korištenjem ultrazvučnih mjerila protoka, ali i mjerenjem površinskih temperatura na ulazima i izlazima iz radijatora, odnosno na polaznim i povratnim vodovima pojedinih ogranaka. U svakom slučaju, bilo kakvo mjerenje ove vrste treba provesti bez narušavanja postojećeg stanja instalacije. Mjera balansiranja može se provesti ugradnjom posebnih ventila u ogranke mreže i rezultira povećanim komforom i ukupno manjom potrošnjom topline.

Kod kotlovnica treba biti oprezan. Najčešći slučaj kod centralnih kotlovnica je da su kotlovi predimenzionirani, da su ugrađeni i rezervni kotlovi koji se koriste na način da su u pogonskoj pripravnosti cijelo vrijeme rada kotlovnice i da su time nepotrebni toplinski gubici vrlo izraženi. Općenito, zamjena postojećih kotlova kotlovima veće energetske učinkovitosti je isplativa kod dotrajalih kotlova, starijih od 25 do 30 godina. Ulaganje u novi kotao veće energetske učinkovitosti obično neće biti ekonomski opravdano izuzev u slučaju da je novi kotao ionako potreban i u slučaju da je stvarno bitno predimenzioniran, što je potrebno dokazati proračunom. Tada se u izračun ekonomske isplativosti uvrštava razlika cijene novog standardnog kotla i novog kotla veće energetske učinkovitosti. Kod centralnih vrelovodnih i parnih sustava primjena kondenzacijskih kotlova ne dolazi u obzir. Kod zamjene kotla kondenzacijskim treba također voditi računa i o potrebi sanacije dimnjaka, i s time povezaniom

troškovima. Kod zamjene kotlova potrebno je provesti proračun ušteda u odnosu na druge moguće tipove kotla, vodeći računa o meteorološkim uvjetima lokacije, projektnim temperaturama i učinku ugrađenih ogrjevnih tijela.

Eventualni prijedlog zamjene energenta povezan je s detaljnim simulacijama potrošnje energenta, nije uvijek provediv i obično su uz zamjenu energenta povezani i troškovi izrade projekta, gradnja nove kotlovnice, ali i uređenje kotlovnice u skadu sa zahtjevima odgovarajućih pravilnika, što se posebno odnosi na slučaj prelaska na loženje plinom.

Mjere vezane na elektrotehničke sustave najčešće obuhvaćaju zamjenu rasvjetnih tijela sa žarnim nitima energetski učinkovitim kompaktnim fluorescentnim lampama ili u novije vrijeme rasvjetnim tijelima s led diodama. Tu su vremena povrata ulaganja relativno kratka. Ugradnja senzora prisutnosti koji gase rasvjetu u prostoru u vrijeme kad u njemu nitko ne boravi nešto je manje isplativa, jer zahtijeva nešto veći opseg radova, a većina prostora u takvim objektima je skoro uvijek zaposjednuta. Povoljnom se uvijek pokazuje i mjera ugađanja uredske opreme (računala, monitori, kopirni uređaji i sl.) za rad u mirovanju sa smanjenom potrošnjom energije nakon kraćeg razdoblja bez korištenja, ali takva mjera u ovdje spomenutim objektima nema značajnog učinka jer se uvijek uglavnom radi o manjem broju takve opreme. Kompenzacija jalove energije je mjera koja se brzo isplati na ovakvim objektima.

Ponekad se može pokazati opravdanom mjera prelaska na drukčiji obračunski model (npr. mjerenje potrošnje na srednjem umjesto na niskom naponu) ako za to postoje tehničke mogućnosti i takva se mjera može relativno brzo isplatiti. O takvoj mjeri potrebno je prethodno se konzultirati sa stručnim službama elektrodistributivnog poduzeća.

6.5.1. Primjer 1: Dom zdravlja „Dr. Andrija Štampar“ u Zagrebu

Na primjeru kompleksa zgrada Zavoda za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ u Zagrebu prikazuje se stanje objekata i prijedlog mjera energetske učinkovitosti iz preliminarne energetske studije Tehničkog fakulteta u Rijeci za potrebe UNDP-a [2]. Zavod je smješten u tri samostojeća međusobno povezana objekta ukupne korisne površine oko 8.800 m^2.
Najstarija je zgrada I sagrađena pedesetih godina prošloga stoljeća. Objekt je prvobitno imao četiri etaže pravokutnog tlocrtnog oblika (podrum, prizemlje, prvi i drugi kat) ukupne korisne površine oko 4.400 m^2. U ovom dijelu zgrade nalaze se uglavnom specijalističke ambulante te sala za sastanke i knjižnica na sjevernom dijelu prvog, odnosno drugog kata. Naknadno je dograđen prizemni objekt velike i male dvorane za predavanja, prislonjen s jugozapadne strane. Unazad nekoliko godina na ravnom krovu starog dijela zgrade I dograđena je još jedna etaža (3. kat) površine 650 m^2.

Zgrada II je izgrađena krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća. Koristi se kao kemijski laboratorij, a uglavnom je uređena u specijalizirane radne prostore s pomoćnim prostorima i nekoliko kancelarija. Zgrada ima pet etaža (prizemlje i 4 kata), ukupne korisne površine oko 2.150 m^2. Prozori zgrade II su relativno novi, ugrađeni prije nekoliko godina.

Zgrada III je izgrađena također u doba gradnje zgrade II, sa sličnim načinom gradnje. Prvobitno je zgrada imala prizemlje i dva kata te samo dio 3. kata. S vremenom je 3. kat dijelom dograđen, a dijelom adaptiran za potrebe projektnog biroa koji nije više u sklopu Zavoda za javno zdravstvo. Kao i u zgradi II, u zgradi III prozori su relativno novi, postavljeni prije nekoliko godina. Dio zgrade koji je u vlasništvu Zavoda ima ukupnu korisnu površinu od 1.854 m^2.

Za grijanje svih zgrada Zavoda koristi se konvencionalni sustav centralne toplovodne kotlovnice ložene prirodnim plinom ukupnog učinka oko 1,9 MW. Kotlovnica je smještena u podrumu zgrade I, odakle se vodi toplovodni cijevni razvod do pojedinih objekata. Također, u kotlovnici se vrši priprema potrošne tople vode za praonice kemijskog i mikrobiološkog laboratorija te za jedan manji dio potrošača po zgradama, dok se za ostale potrošače (ambulante, laboratoriji i sanitarije) voda priprema decentralizirano u elektrobojlerima postavljenim uz samo mjesto potrošnje. Kao ogrjevna tijela se gotovo isključivo koriste lijevano željezni radijatori starije proizvodnje (ventili za zatvaranje radijatora su neispravni, a detentori za balansiranje mreže nisu niti ugrađeni).

Hlađenje je izvedeno samo za dio prostora Zavoda i to kemijski laboratorij (zgrada II, ventilokonvektori), velika i mala dvorana za predavanja te nadogradnja 3. kata zgrade I (također ventilokonvektori). U dvoranama za predavanja izveden je sustav s ventilokonvektorima u spuštenom stropu, uz dovod manjih količina svježeg zraka na ventilokonvektore, čime je omogućeno hlađenje i djelomična klimatizacija dvorana ljeti. Iako je rashladni uređaj sustava klimatizacije dvorane građen kao dizalica topline, te bi u prijelaznim razdobljima (proljeće, jesen) mogao i grijati, grijanje svježeg zraka i prostora ne provodi se radom toga uređaja, već se prostor grije radijatorima.

Kako je hlađenje ugrađivano u fazama za pojedine dijelove objekta za svaki od spomenutih sustava je ugrađen zaseban rashladni uređaj. Ukupno su ugrađena tri rashladna uređaja, dok centralni rashladni sustav ne postoji.

Najveći dio prostorija Zavoda prozračuje se prirodnim putem, infiltracijom zraka i otvaranjem prozora, osim radnih prostorija laboratorija gdje postoji mehanička ventilacija. Cjeloviti sustav klimatizacije postoji jedino u zgradi II za prostore kemijskog laboratorija za što je predviđena klima komora smještena na ravnom krovu zgrade II.

U prostorijama kemijskog laboratorija ugrađen je niz digestora sa zasebnim odsisnim sustavima, a predviđena je i odsisna ventilacija sanitarija.

U zgradi III, mikrobiološkog laboratorija postoji dotrajali sustav odsisne ventilacije sterilizatora i praonica.

Većina termotehničkih instalacija datira iz vremena izgradnje objekata te je njihov vijek trajanja istekao. Kompletna instalacija radijatorskog grijanja u svim objektima je dotrajala, a dobrim dijelom i neispravna budući da regulacija učinka radijatora i balansiranje mreže nije moguće. Instalacije toplovodne kotlovnice su tijekom eksplatacije samo djelomično obnavljane, a postojeći kotlovi ugrađeni pred 15 godina, prema informacijama dobivenim od stručne službe korisnika, imaju probleme u radu te je nedavno provedena njihova zamjena. Dijelovi instalacije koji su ugrađivani unazad nekoliko godina su ispravni i napravljeni prema pravilima struke.

Napajanje električnom energijom je iz obližnje transformatorske stanice TS 425 (1x630 kVA) 10(20)/0,4 kV. Mjerenje utroška električne energije zajedničko je za sve tri zgrade i nalazi se u sklopu glavne razvodne ploče zgrade I. Odobrena vršna snaga za sva tri objekta iznosi 300 kW. Maksimalno obračunato opterećenje iznosilo je 258 kW. Postoji, dakle, rezerva od 14% za povećanje vršnog opterećenja objekata u odnosu na zabilježeno maksimalno opterećenje.

Električna energija se dobavlja od operatora distribucijskog sustava - Elektra Zagreb, a korisnik je svrstan u kategoriju Poduzetništvo - crveni tarifni model. Sustavi potrošnje se mogu podijeliti u nekoliko skupina, a to su unutarnja i vanjska električna rasvjeta, elektromotorni pogoni (pumpe, plamenici, ventilatori, kompresori...), uredska oprema, klimatizacijska oprema, kuhinjska oprema (uključivo i električne bojlere za potrošnu vodu u dijelu kancelarija), oprema praonica, te ostalo. Broj ugrađenih električnih potrošača je velik, pa odgovarajuća potrošnja energije predstavlja značajnu stavku u ukupnim troškovima pogona. Korisnik ne provodi kontrolna mjerenja za svaki objekt zasebno.

U okviru energetskog pregleda koji je proveo Tehnički fakultet u Rijeci 2009. godine, izvršen je i pregled projektne dokumentacije, utvrđena je njena ispravnost i sukladnost sa zahtjevima ostvarenja energetske učinkovitosti, a za dio tehničkih rješenja dane su primjedbe i prijedlozi koje je investitor prihvatio.

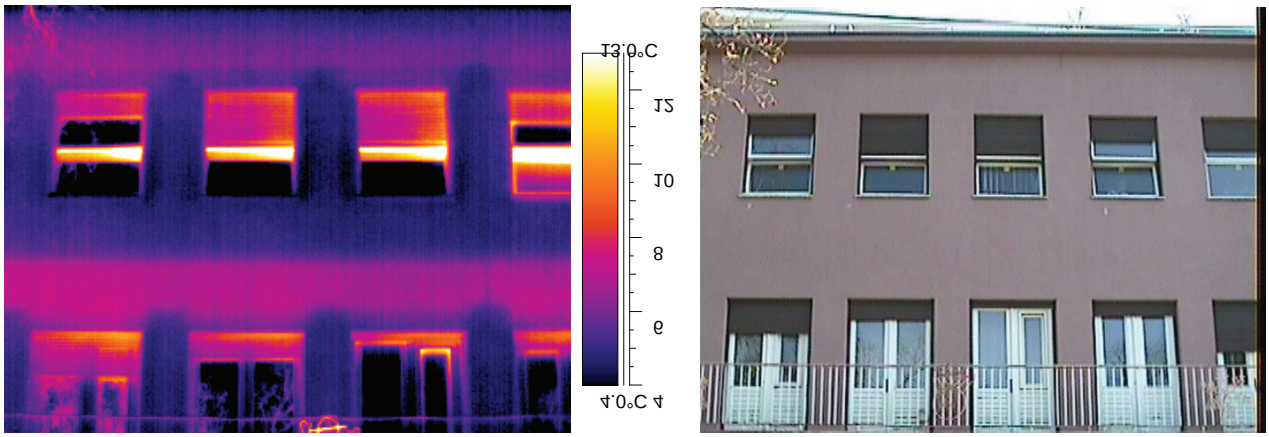
Tab. 6.34 Potrošnja energije i vode svih objekata

Potrošnja energenata/godina	2006. godina	2007. godina	2008. godina	Prosjek
Električna energija, kWh	683.492	685.565	705.925	691.661
Prirodni plin, m^3	143.322	145.242	151.108	146.557
Voda, m^3	9.635	12.790	16.736	13.054

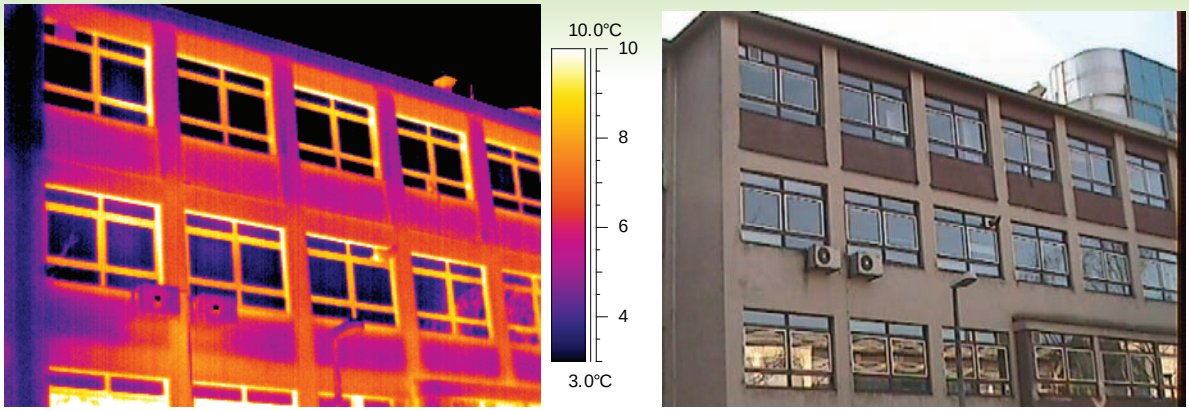
Slika 6.49 Pročelje zgrade I Zavoda za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar tijekom energetskog pregleda

Slika 6.50 Zgrada II – kemijski laboratorij

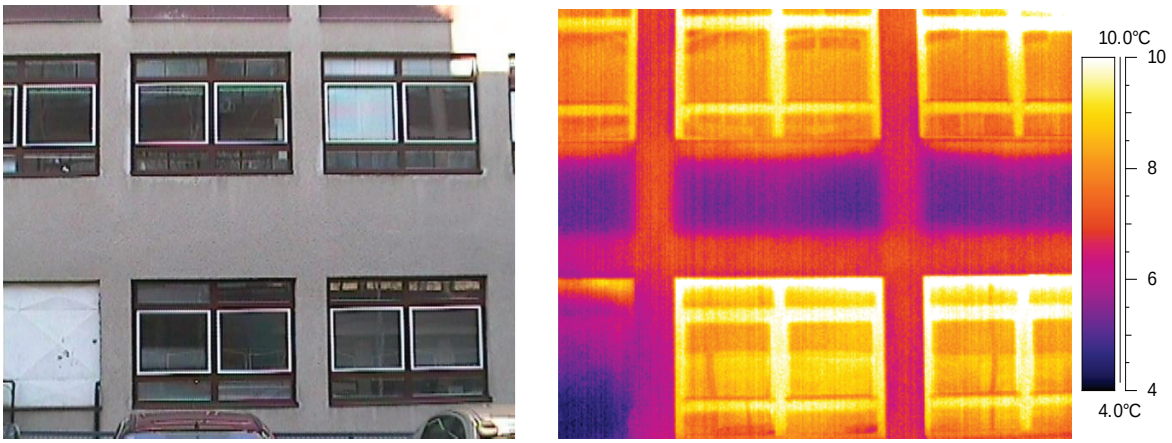
Slika 6.51 Zgrada III – mikrobiološki laboratorij



Slika 6.52 Zgrada I - snimke toplinskih mostova zapadnog pročelja u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra



Slika 6.53 Zgrada II - Snimka toplinskih mostova sjevernog pročelja u infracrvenom dijelu spektra



Slika 6.54 Zgrada III - snimke toplinskih mostova sjevernog pročelja u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra

Opis predloženih mjera

U izvještaju o provedenom energetskom pregledu objekta predložene su dvije građevinske mjere i to toplinska izolacija vanjskih zidova ugradnjom 10 cm dodatne toplinske izolacije (mjera G1) i zamjenom prozora i stakala na način da se dobije ukupni koeficijent prolaska topline kroz te elemente od 1,2 W/m^{2}K (mjera G3).

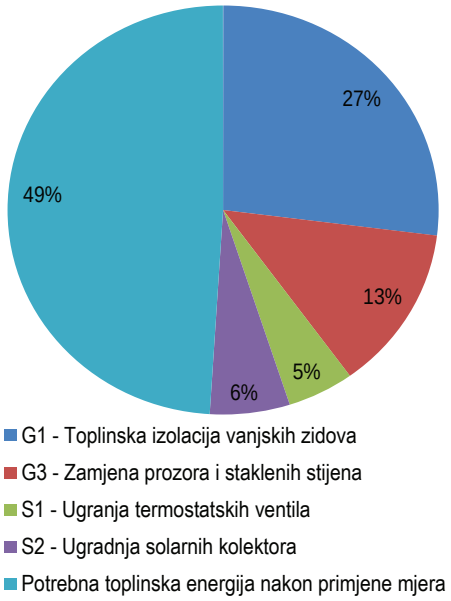
Treća mjera koja je bila analizirana je izolacija ravnih krovova iznad grijanih prostora dodatnim slojem od 15 cm toplinske izolacije (mjera G2), ali zbog dugog vremena povrata uloženih sredstava (44 godine) ova mjera nije bila uključena u konačni prijedlog mjera.

Kao najučinkovitije mjere u dijelu termotehničkih instalacija predložene su sljedeće mjere: ugradnja termostatskih ventila i detentora na sve radijatore čime bi se spriječilo očigledno prisutno pregrijavanje prostora (mjera S1) i rekonstrukcija sustava pripreme potrošne vode ugradnjom solarnih kolektora (mjera S2). Treća analizirana mjera (S3 - ugradnja kondenzacijskih kotlova) donijela bi određene uštede, ali u dogovoru sa stručnim službama korisnika nije predložena u ovom elaboratu. Jedan od razloga koje je istaknuo korisnik bio je i nemogućnost zbrinjavanja neutraliziranog otpadnog kondenzata iz kondenzacijskih kotlova čiji pojedinačni učinak nadilazi 350 kW.

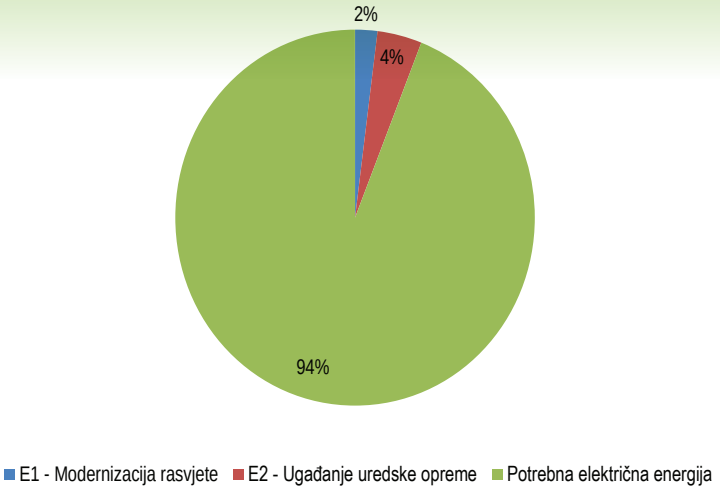
Predložene mjere u elektrodijelu su bile modernizacija rasvjete zamjenom klasične rasvjete sa žarnim nitima, zamjenom energetski neučinkovitih starih fluorescentnih armatura i zamjenom klasičnih elektromagnetskih predspojnih naprava elektronskim (mjera E1), te ugađanje uredske opreme na način da u vrijeme kad se ne koristi radi sa smanjenom potrošnjom (mjera E2).

Tab. 6.35 Rekapitulacija predloženih mjera

Mjera	Opis	Invest.	Procijenjene uštede			Jednost. razdoblje povrata	Smanj. emisije CO_2
		(kn)	kWhe/g	Plin (m³)	kn/g	godina	tona/g
G1	Toplinska izolacija vanjskih zidova	900.000	-	39.976	97.142	8,8	75,95
G3	Zamjena prozora i stakala	531.000	-	18.338	44.561	11,9	34,84
E1	Modernizacija rasvjete	104.475	17.697	-	20.643	5,1	9,39
E2	Ugađanje uredske opreme	-	29.645	-	28.875	-	15,71
S1	Ugradnja termostatskih ventila	245.600	-	6.745	16.796	14,6	12,82
S2	Ugradnja solarnih kolektora	250.000	-	9.299	22.597	11,1	17,67
	UKUPNO	**2.031.075**	**47.342**	**74.358**	**230.614**	**8,8**	**166,38**



Slika 6.55 ZZJZ – moguće uštede primjenom građevinskih i strojarskih EE mjera

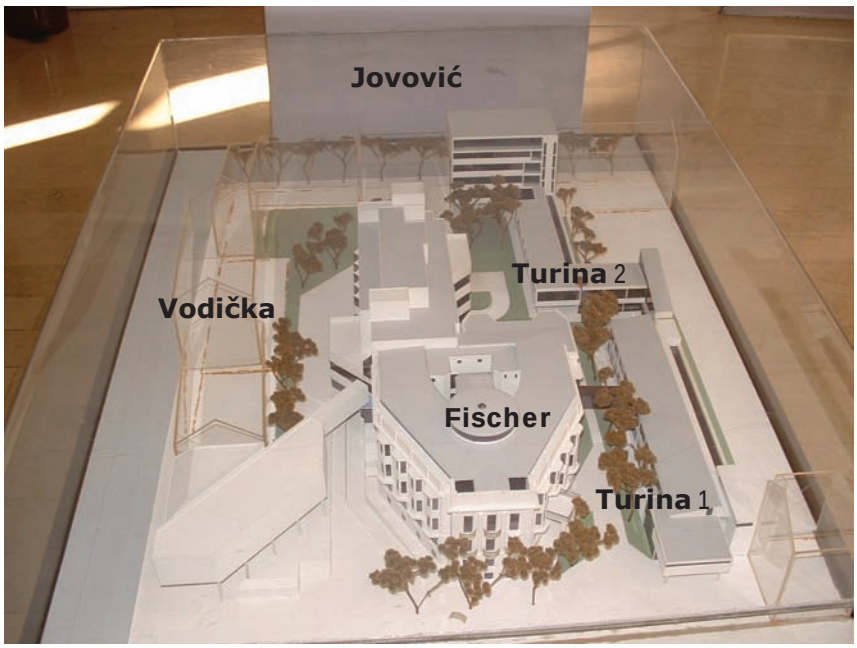


Slika 6.56 ZZJZ – moguće uštede primjenom elektro EE mjera

6.5.2. Primjer 2: Bolnica u Zagrebu

Na primjeru klinike za dječje bolesti u Zagrebu prikazuje se stanje objekata i prijedlog mjera energetske učinkovitosti iz preliminarne energetske studije Tehničkog fakulteta u Rijeci za potrebe UNDP-a [3]. U klinici se nalaze četiri samostojeća, međusobno povezana objekta i to: pedijatrijska ambulanta (arhitekt Turina, 1954), upravna zgrada (arhitekt Jovović, 1970), pedijatrija (arhitekt Vodička) te operacijski blokovi s apartmanskim dijelom (stari sanatorij, arhitekt Fischer, 1908). U daljnjem tekstu objekti će se, sukladno praksi korisnika, označavati prema imenima arhitekata koji su ih projektirali, tako da će se koristiti nazivi Turina, Fischer, Jovović i Vodička.

U kompleksu Klinike koja se prostire na ukupno 13.500 m^2 korisne površine zaposleno je 650 djelatnika. Klinika broji 205 bolesničkih kreveta.



Slika 6.57 KDB Zagreb – maketa s prikazom svih objekata

Za snabdijevanje ogrjevnom energijom svih zgrada Klinike predviđena je toplinsko rashladna stanica gdje se od tvrtke HEP – Toplinarstvo d.o.o. preuzima toplinska energija pare iz gradskog parovoda. U toplinskoj stanici se vrši i centralna priprema potrošne tople vode. Iz toplinsko rashladne stanice također se vrši i distribucija tehnološke pare za potrebe odjela sterilizacije. Za potrebe klimatizacije objekta Vodička u toplinsko rashladnoj stanici postavljena su 2 kompresijska rashladna uređaja s rashladnim tornjevima, dok su na krovu objekta Vodička postavljena dva rashladnika vode za klimatizaciju odjela u podrumu objekta Fischer.

Kao ogrjevna tijela u većini prostora bolnice koriste se radijatori, dok su u renoviranom podrumskom dijelu objekta Fischer postavljeni ventilatorski konvektori kanalske izvedbe.

Centralni rashladni sustav kompleksa Klinike ne postoji, već se većina prostora Klinike individualno hladi split uređajima, postavljenim po cijelom kompleksu.

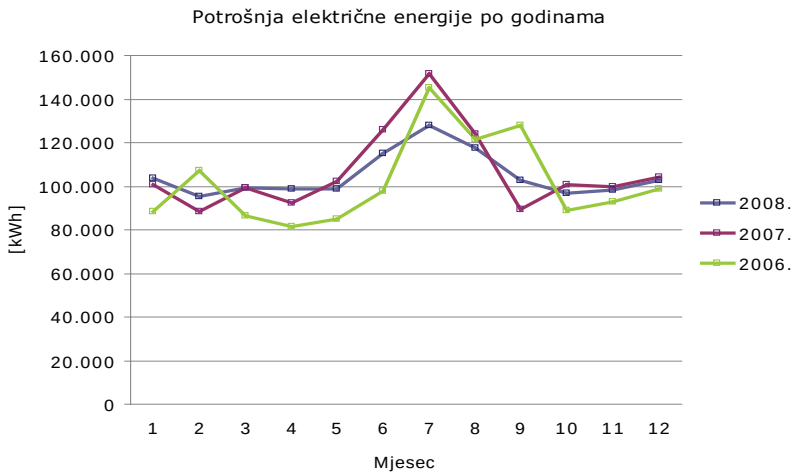
Najveći dio prostora Klinike prozračuje se prirodnim putem – manji dio prostora objekata Turina i Fischer ventiliraju se prisilno dok se jedino objekt Vodička u potpunosti ventilira mehanički četirima klima komorama postavljene na krovu objekta. Ventilacijski sustavi objekta Vodička imaju ugrađene regenerativne izmjenjivače topline s rotirajućim saćem koji su i u vrijeme pregleda ispravno funkcionirali, što je vrlo rijedak slučaj za takve sustave koji su, uglavnom zbog problema s održavanjem u velikom broju slučajeva napušteni.

U okviru ovoga energetskog pregleda izvršen je i pregled projektne dokumentacije radi utvrđivanja njene ispravnosti i sukladnosti sa zahtjevima ostvarenja energetske učinkovitosti.

Tab. 6.36 Potrošnja energije i vode svih objekata

Potrošnja energenata/godina	2006. godina	2007. godina	2008. godina	Prosjek
Električna energija [kWh]	1.220.853	1.279.106	1.256.969	1.252.309
Para [T]	3.734	3.459	3.327	3.507
Energija pare [kWh]	2.966.726	2.748.234	2.643.358	2.786.106
Prirodni plin [m^3]	6.456	6.459	5.410	6.108
Energija prirodnog plina [kWh]	59.787	59.815	50.100	56.567
Voda [m^3]	25.372	26.993	34.720	29.028

Pregledom ukupne potrošnje u razdoblju od 2006. do 2008. godine uočava se sezonski karakter potrošnje električne energije tijekom toplijih mjeseci u godini, kao posljedica rada rashladnog i klimatizacijskog sustava.



Slika 6.58 Ukupna (VT+NT) potrošnja električne energije po godinama

Godišnja potrebna toplina po m^2 proračunske ploštine korisne površine zgrade, za zgradu Turina iznosi 152 kWh/m^2, za zgradu Jovović 54 kWh/m^2, za zgradu Vodička 111 kWh/m^2 i za zgradu Fischer 188 kWh/m^2. Zgrada Turina svrstava se u energetski

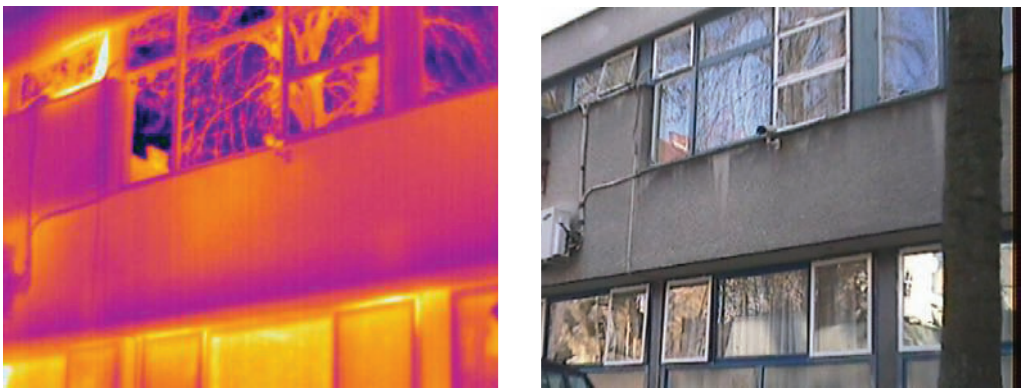
razred E, zgrada Jovović u energetski razred C, zgrada Vodička u energetski razred D i zgrada Fischer u energetski razred E.

U energetskoj studiji predložene su tri građevinske mjere i to toplinska izolacija vanjskih zidova ugradnjom 10 cm dodatne toplinske izolacije za izolaciju s vanjske strane, odnosno 6,00 cm izolacije za zidove izolirane s unutarnje strane (mjera G1), toplinska izolacija stropova između grijanog prostora i negrijanog tavana izolacijom debljine 20,00 cm (Mjera G2) i izmjena prozora i stakala (mjera G3).

Slika 6.59 Turina – pedijatrijska ambulanta i laboratoriji (lijevo) i Jovović – upravna zgrada (desno)

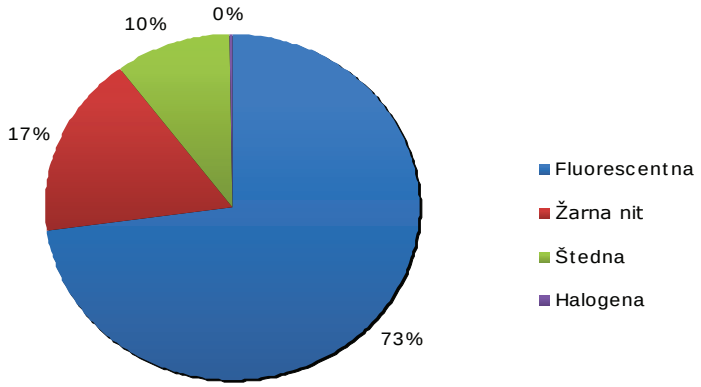
Slika 6.60 Vodička - klinika za dječju kirurgiju, klinika za pedijatriju (lijevo) i Fischer (desno)

Slika 6.61 prikazuje karakterističan slučaj nedovoljne izolacije zida na kojem je postavljen radijator.



Slika 6.61 Objekt Turina - snimke dvorišnog pročelja u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra

Uslijed primjene građevinskih mjera G1, G2 i G3 godišnja potrebna toplina bi za objekt Turina iznosila 230.442 kWh (što daje 72 kWh/m^2 ploštine korisne površine zgrade), za objekt Vodička 368.237 kWh (81,8 kWh/m^2), za objekt Fischer 252.622 kWh (74,3 kWh/m^2) dok objekt Jovović ne bi bio obuhvaćen ovim mjerama. Prema tablici iz Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada time bi se objekt Turina svrstao u energetski razred C, objekt Vodička u energetski razred C i objekt Fischer u energetski razred C. Predložene mjere u elektrodijelu su modernizacija rasvjete zamjenom klasične rasvjete sa žarnim nitima, zamjenom energetski neučinkovitih starih fluorescentnih armatura i zamjenom klasičnih elektromagnetskih predspojnih naprava elektronskim (mjera E1), te ugađanje uredske opreme na način da u vrijeme kad se ne koristi radi sa smanjenom potrošnjom modu (mjera E2).



Slika 6.62 Udjeli pojedinih tipova u ukupnoj snazi rasvjete za zgradu Vodička (slično i za ostale zgrade)

Kao najučinkovitije mjere u dijelu termotehničkih instalacija predložene su sljedeće mjere: ugradnja termostatskih ventila i detentora na sve radijatore čime bi se spriječilo očigledno prisutno pregrijavanje prostora (mjera S1) te izolacija staklenih stijena iza radijatora (mjera S2).

Osim navedenih strojarskih mjera, analizirane su još i mjera rekonstrukcije kuhinje ugradnjom ekonapa (mjera S3) i rekonstrukcija sustava pripreme potrošne tople vode, korištenjem sunčevih kolektora (mjera S4), ali su iste ispuštene zbog dužeg razdoblja povrata ulaganja.

Zanimljivo je rješenje ventilacije operacijskih sala. Tehnička služba Klinike pribjegla je neuobičajenom privremenom rješenju ventilacije istih prostora. Za potrebe dovoda svježeg zraka u operacijske dvorane u prostor dvorana ugrađena su četiri tlačna ventilatora koja u prostore sala dobavljaju filtrirani vanjski zrak bez termičke obrade. Da zrak ne bi bio baš okolišne temperature, on se uzima preko otvora smještenih u zidu ostakljene terase smještene u sjevernom dijelu objekta, čime se njegova temperatura donekle povećava.

Slika 6.63 Otvori za usis zraka iz operacijskihih sala

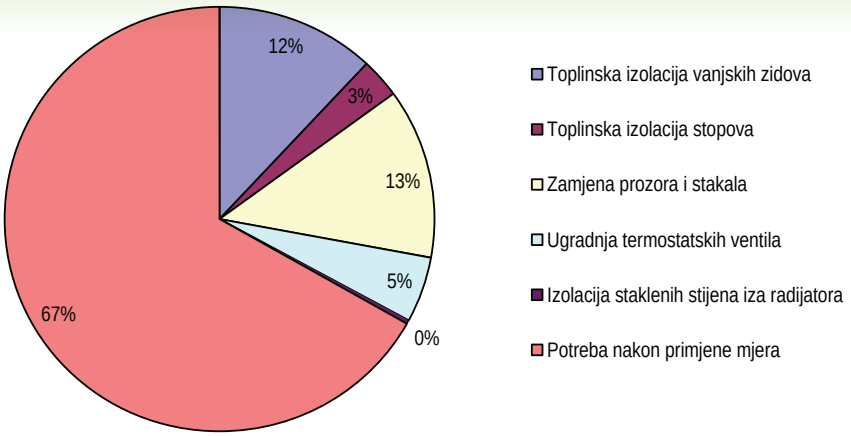
Budući da je zbog sprječavanja prodora okolnog zraka u prostorima operacijskih sala potrebno stvoriti pretlak u odnosu na okolne prostore, odsisna ventilacija operacijskih dvorana se ne koristi.

Od ostalih mjera analizirana je implementacija CNUS-a u kompleks klinike te mjera obuke korisnika podizanjem svijesti o nužnosti i učincima racionalnog gospodarenja energijom. Izvjesne se uštede mogu ostvariti i savjesnijim vođenjem računa glede nepotrebnog otvaranja prozora tijekom sezone grijanja, odnosno intenzivnog hlađenja objekta. Isto je preporučljivo izvoditi nakon radnog vremena po smanjenju (zatvaranju) dovoda topline, odnosno rada klimatizacijskih uređaja u ljetnom razdoblju. Razlog tomu ne leži isključivo na korisnicima objekta već dijelom odabranom sustavu grijanja (nepostojanje termostatskih ventila, vjerojatno predimenzioniranom sustavu grijanja itd.). S obzirom da je obrazovna razina korisnika vrlo visoka, ali ne u tehničkoj već u medicinskoj struci, provedba kratkih seminara kroz koje bi se svim zaposlenicima ukazalo na tehnike gospodarenja energijom i ekonomske učinke koji se time postižu, može dati izuzetno dobre rezultate. Za implementaciju ove mjere procjenjuje se investicija organiziranja edukacijskih seminara. Procjena je da bi se mjerom podizanja svijesti korisnika o racionalnom korištenju energije moglo uštedjeti 2% trenutne potrošnje energije.

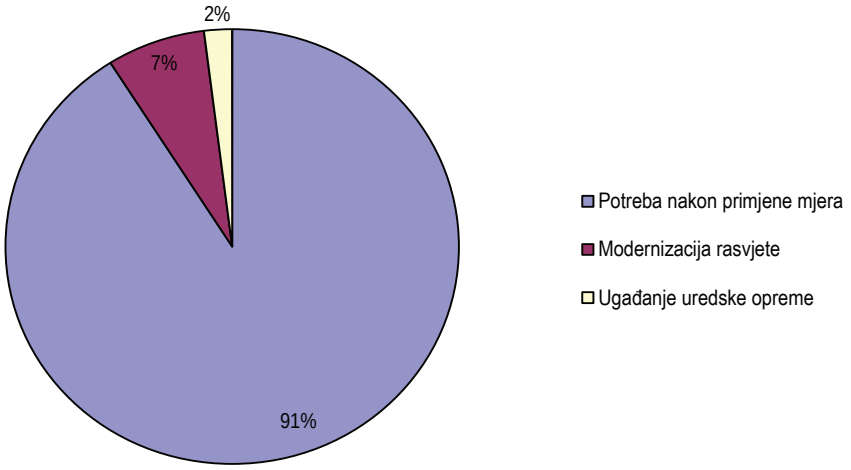
Tab. 6.37 Rekapitulacija predloženih mjera

Mjera	Opis	Invest.	Procijenjene uštede				Jednost. razdoblje povrata	Smanj. emisije CO_2
		(kn)	kWhe/g	kWht/g	Para (t)	kn/g	godina	tona/g
G1	Toplinska izolacija vanjskih zidova	1.071.144	-	327.527	412	51.818	20,7	108,1
G2	Toplinska izolacija stopova	99.600	-	100.408	126	15.885	6,3	33,1
G3	Zamjena prozora i stakala	693.500	-	164.600	207,1	26.032,5	26,6	54,2
E1	Modernizacija rasvjete	165.315	85.945	-	-	44.877	3,68	45,55
E2	Ugađanje uredske opreme	-	25.700	-	-	15.057	-	13,62
S1	Ugradnja termostatskih ventila	356.850	-	134.007	168,7	21.201	16,8	44,2
S2	Izolacija staklenih stijena iza radijatora	1.200	-	4.481	5,6	704	1,7	1,47
		2.387.609	**111.645**	**731.023**	**919**	**175.575**	**14**	**300,24**

Na slikama 6.64 i 6.65 dana je grafički rekapitulacija učinaka predloženih mjera.



Slika 6.64 Moguće uštede pare nakon primjene strojarskih i građevinskih mjera



Slika 6.65 Moguće uštede električne energije nakon primjene elektromjera

S obzirom na kompleksnost objekta, preporučena je bila izrada detaljne energetske studije u skladu s preporukama iz izvješća, u kojoj treba izračunati energetske uštede primjenom predloženih mjera, razraditi idejna tehnička rješenja različitih varijanti, odrediti ulaganja u pojedine varijante i izračunati njihove energetske i ekonomske učinke, te predložiti optimalna rješenja. Preporučeno je investitoru da tek nakon uvida u rezultate studije donese odluke o odabiru varijanti i razradi projektnih rješenja.

6.5.3. Primjer 3: Bolnica u Rovinju

U primjeru se prikazuje dio rezultata studije [4] izrađene za bolnicu za ortopediju i rehabilitaciju „Prim. dr. Martin Horvat“ u Rovinju. Bolnicu čini kompleks zgrada koje su smještene uz samo more na površini zemljišta od oko 20 ha. Ukupna je brutto površina zgrada oko 10.118 m^2. Većina ih je izgrađena je u vrijeme Austro-Ugarske monarhije. Bolnica radi tijekom cijele godine, ima oko 130 zaposlenika (sa sezonskim radnicima) te od 250 do 350 korisnika. Tijekom zime, prosječan broj korisnika je oko 80.

1. Portirnica
2. Centar M.A.R.E.
3. Objekt III (Odjel „A“)
4. Spojni trakt - apartmani odjel III-upravna zgrada
5. Upravna zgrada
6. Crkva
7. Zgrada B
8. Fizioterapija
9. Kotlovnica
10. Praonica rublja
11. Kuhinja i restoran
12. Odjel IV
13. Izolirnica
14. Staklenik
15. Garaža
16. Eks mrtvačnica
17. Skladište
18. Stolarske radionice
19. Stambena jedinica

Slika 6.66 Kompleks Bolnice za ortopediju i rehabilitaciju „Prim. dr. Martin Horvat“ – snimka iz zraka

Slika 6.67 Portirinica i Centar M.A.R.E.

Slika 6.68 Objekt III i apartmani u spojnom traktu objekt III – uprava

Slika 6.69 Upravna zgrada i crkva

Slika 6.70 Zgrada B i fizioterapija

Slika 6.71 Fizioterapija – stariji i noviji dio

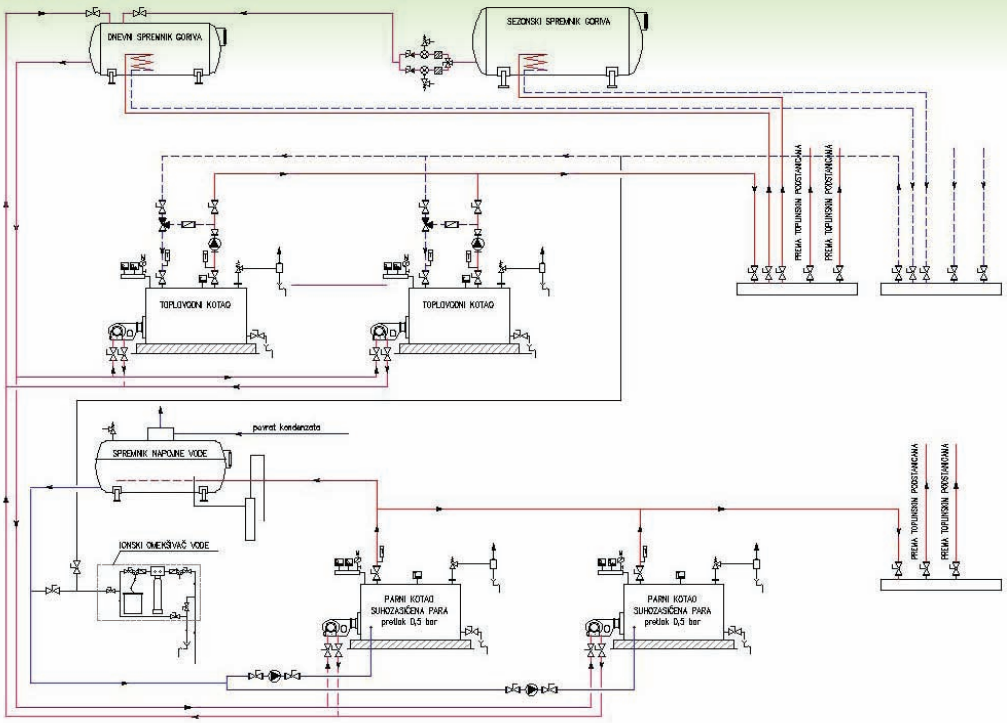

Slika 6.72 Kuhinja i restoran (lijevo) i Odjel IV (desno)

Toplinska energija za grijanje dobiva se iz kotlovnice koja sadrži dva toplovodna kotla, ukupnog učinka 3.480 kW koji zagrijavaju vodu na polaznu temperaturu 90°C i dva parna kotla, ukupnog učinka 1.775 kW koji proizvode suhozasićenu vodenu paru pretlaka 0,5 bar. Prije 25 – 30 godina, svi su sustavi bolnice bili grijani parom, ali su naknadnim rekonstrukcijama objekti koji se koriste veći dio godine prilagođeni za toplovodno grijanje.

Toplovodnim sustavom danas se griju objekti: objekt III (720 kW), uprava (153 kW), objekt B (509 kW), fizioterapija (680 kW), praonica rublja (8 kW), te gorivo u dnevnom i sezonskom spremniku (30 kW). Rad navedenih objekata (osim objekta III koji radi od kraja ožujka do kraja listopada) odvija se tijekom cijele godine. Od ukupnog učinka ugrađenih potrošača topline koji iznosi 2.100 kW, oko 660 kW namijenjeno je grijanju potrošne vode u bojlerima, a ostatak od 1.440 kW grijanju objekata. Veza kotlovnice i podstanica u objektima uspostavljena je putem ukopanih toplinski izoliranih cjevovoda kroz koje cirkulira topla voda temperature 90/70°C.

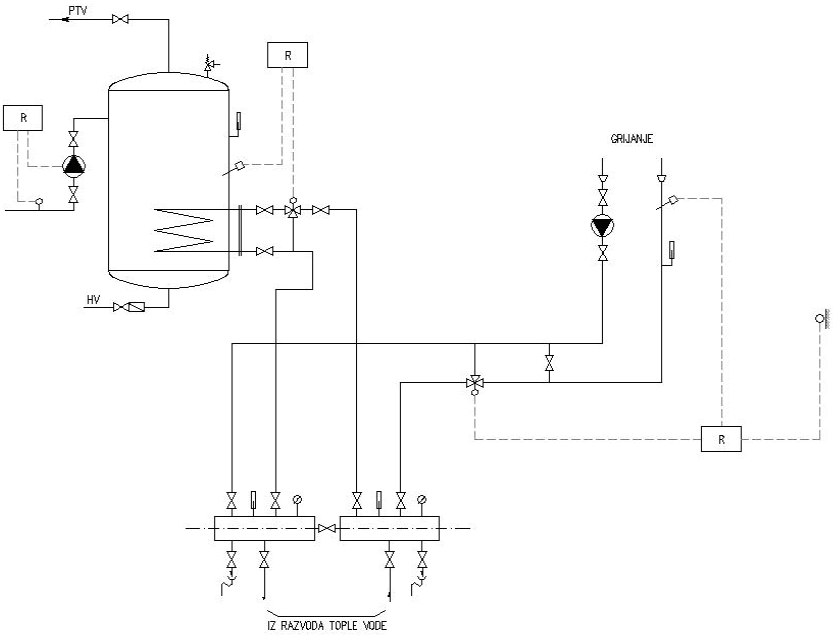
Na parnu kotlovnicu povezani su praonica (373 kW), kuhinja (347 kW) i odjel IV (160 kW). Pored tehnološke pare za rad uređaja u praonici i dijela kuhinjske opreme, za ove se objekte para koristi za grijanje prostora i ventilacijskog zraka. Objekt IV nalazi se na sjevernoj strani, na ogranku cjevovovoda koji povezuje praonicu rublja, restoran i kuhinju, a kako se ustvari ne koristi zimi, također je ostao povezan na parnu kotlovnicu.


Slika 6.73 Kotlovnica (lijevo), toplovodni i parni kotlovi u kotlovnici (desno)



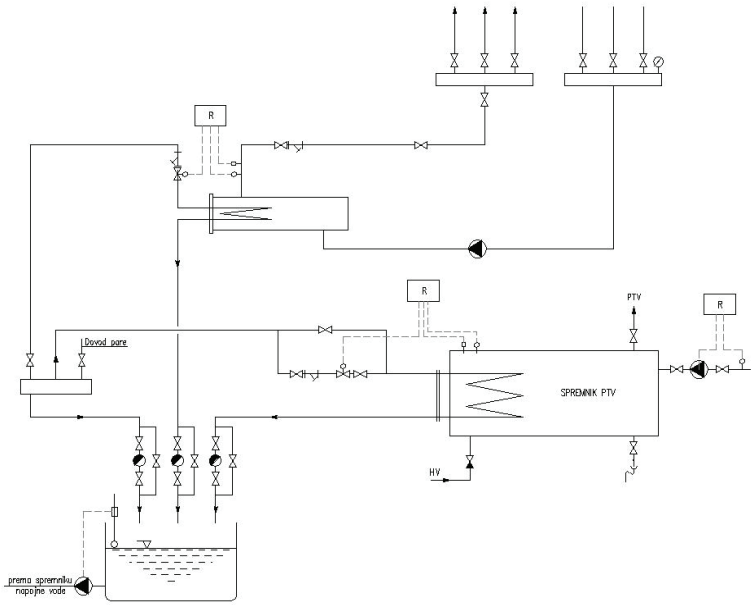
Slika 6.74 Principijelna shema kotlovnice

Tipična shema toplovodne podstanice s pripremom potrošne vode prikazana je na slici 6.75. Topla voda iz distribucijskog sustava koristi se za grijanje potrošne vode u bojleru, kao i za grijanje objekata. Regulatori temperature osiguravaju zagrijavanje potrošne tople vode u bojleru na željenu temperaturu, te centralnu regulaciju polazne temperature vode u sustavima grijanja u skladu s vanjskom temperaturom.



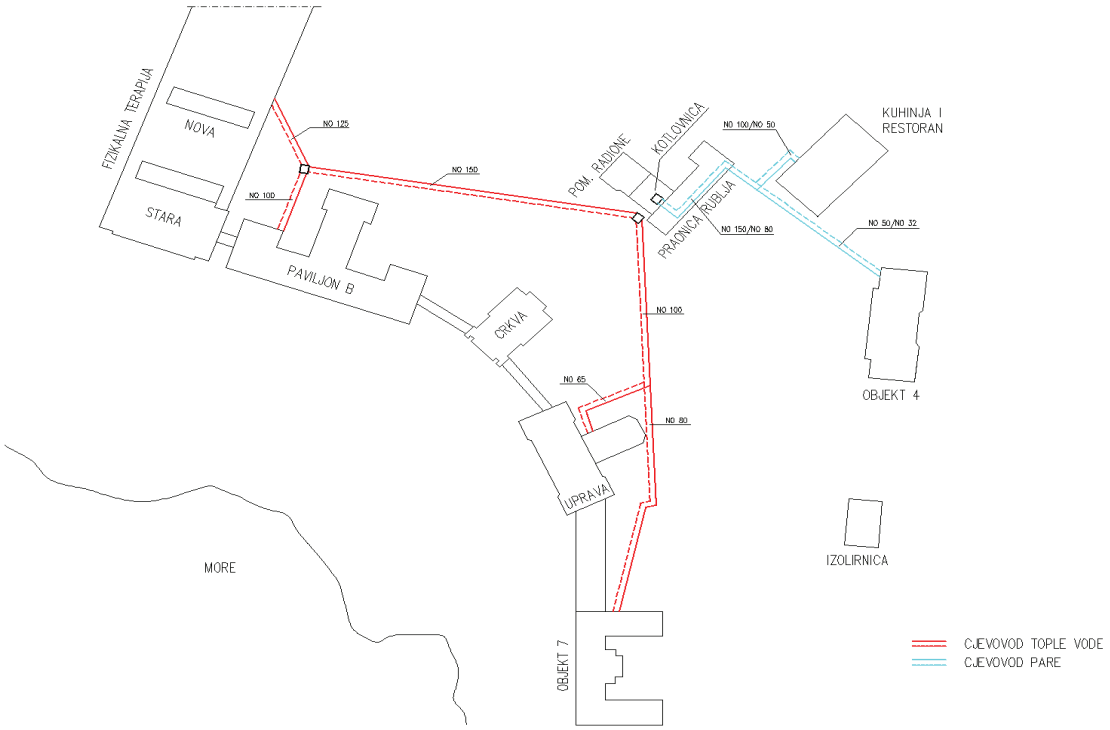
Slika 6.75 Tipična shema toplovodne podstanice s pripremom potrošne vode

Parna podstanica kuhinje osigurava pripremu tople vode za sustave grijanja, a s razdjelnika se koristi para i za ostale potrebe kuhinje. Kod parne podstanice objekta 4, priprema se i topla voda sustava grijanja, kao i potrošna topla voda.



Slika 6.76 Shema parne podstanice s pripremom potrošne vode

Distributivni cjevovodi suhozasićene pare 0,5 bar i tople vode sustava 90/70°C vode se u krugu kompleksa, ukopani pod zemljom u izoliranim cjevovodima kako je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 6.77Dispozicija cjevovoda za distribuciju tople vode i pare

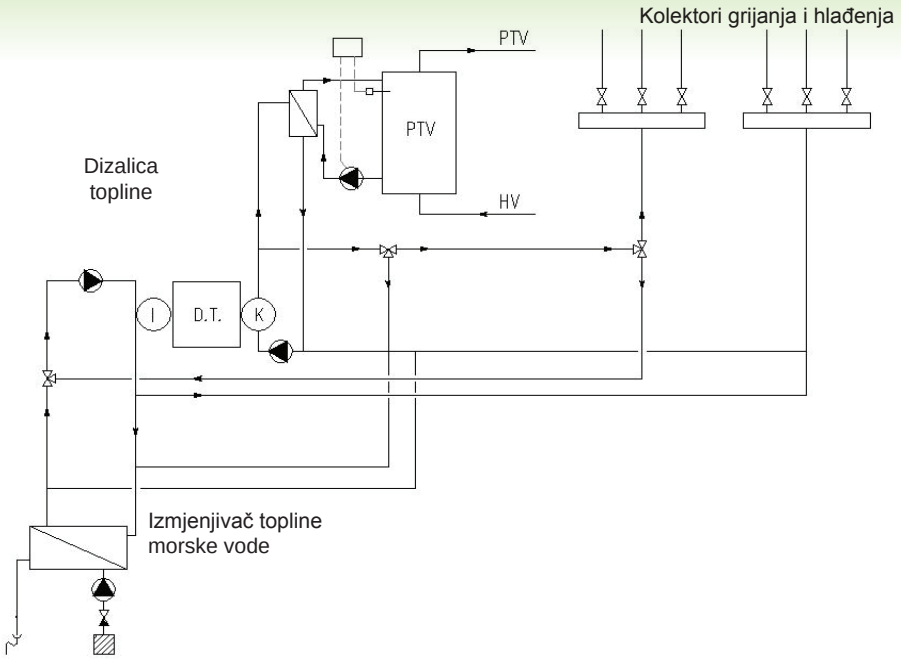
Kao ogrjevna tijela u većini prostora bolnice koriste se radijatori. Centralni rashladni sustav kompleksa ne postoji. Dio prostora bolnice hladi se split sustavima, neprimjereno postavljenima na pročelja objekata koji po svojim karakteristikama zahtijevaju zaštitu konzervatorskog odjela. Najveći dio prostora prozračuje se prirodnim putem. Samo dio prostora fizioterapije i centralna kuhinja ventiliraju se prisilno.

Tab. 6.38 Potrošnja energije i vode svih objekata

Potrošnja energenata/godina	2007. godina	2008. godina	2009. godina	2010. godina	Prosjek
Električna energija [kWh]	563.298	610.327	575.853	598.531	587.002
Loživo ulje LS [kg]	272.580	268.960	281.020	290.100	278.165
UNP [kg]	2.400	2.054	3.104	3.407	2.741
Voda [m^3]	13.722	13.569	10.821	12.241	12.588

U objektu fizioterapije izgrađena je oko 1986. godine podstanica za grijanje potrošne tople vode dizalicom topline tipa voda–voda učinka oko 300 kW koja je kao izvor topline koristila ili morsku vodu ili vodu iz sustava hlađenja objekata (što nije bilo izvedeno, ali je bilo moguće), a osiguravala je hlađenje objekata s učinkom od oko 200 kW. Duž cijelog kompleksa bile su provučene pocinčane cijevi kojima je bila omogućena cirkulacija između akumulatora tople vode smještenog u strojarnici dizalice topline i bojlera u toplinskim podstanicama, pri čemu je osnovna ideja rješenja bila da se voda ugrijana radom dizalice topline distribuira kao napojna voda u bojlere po podstanicama (umjesto hladne vode), pri čemu je u cijelom sustavu bila osigurana cirkulacija. Sustav dizalice topline koji istovremeno osigurava hlađenje prostora bolnice i zagrijavanje potrošne vode predstavlja vrlo ekonomično rješenje u usporedbi s drugim termotehničkim sustavima. Na žalost, iz potpuno nerazumljivih razloga (što nije bio rijedak slučaj u to vrijeme), taj je sustav vrlo brzo nakon njegovog puštanja u pogon isključen iz rada. Prema informacijama dobivenim od korisnika, kada je taj sustav stavljen u pogon, radio je je samo mjesec dana, a nakon prvog primljenog računa za električnu energiju njegovo je korištenje ocijenjeno preskupim i od onda se nije koristio. Tehničko osoblje ovu odluku objašnjava sumnjom da je upojni bunar bio preplitak što je imalo za posljedicu nisku temperaturu toplinskog izvora, te da je trošak električne energije bio enorman nakon jednog mjeseca korištenja pa su je jednostavno odlučili prestati koristiti. Nisu znali ništa o tome koliko su njenim radom uštedjeli loživog ulja i zašto upojni bunar nije bio saniran ako nije valjao.

Po današnjim cijenama električne energije i loživog ulja koje važe za korisnika, ovaj bi se sustav mogao smatrati ekonomski povoljnim, uz uvjet da se koristi mogućnost istovremenog grijanja i hlađenja koju pruža dizalica topline. Naime, od ukupnih 282.318 kWh koliko je potrebno za zagrijavanje potrošne tople vode na 55°C, dizalicom topline moglo bi se proizvesti oko 211.000 kWh (za grijanje do 45°C), a ostatak bi se morao namiriti radom kotlova. Dizalica topline bi uz srednji COP grijanja 3,81 potrošila 55.380 kWh električne energije. S današnjom srednjom cijenom energije i mrežarine s kojom se računalo u studiji (0,42 kn/kWh), trošak energije i mrežarine bio bi 23.260 kn. Uz navedeni trošak za električnu energiju potrebno je elektrodistribucijskom poduzeću također platiti i angažiranu snagu. Godišnji trošak za angažiranu snagu iznosi 12 mj. x (43,71+26,18) kn/kW mj. x 90 kW = 75.481 kuna. Za preostalih 282.318 – 211.000 = 71.318 kWh, uz srednji stupanj djelovanja kotla 0,8 utrošilo bi se 7.889 kg loživog ulja LS donje ogrjevne moći 11,3 kWh/kg, što po cijenama koje plaća korisnik iznosi oko 29.742 kn. Ukupni trošak pripreme potrošne tople vode bio bi time 23.260 + 75.481 + 29.742 = 128.483 kn.
Kad bi se sva potrošna topla voda (282.318 kWh) grijala samo radom kotlovnice, trošilo bi se uz iste uvjete rada kotla oko 31.230 kg goriva ili 117.737 kn.
Pored mogućnosti grijanja, ovaj je sustav imao i mogućnost istovremenog hlađenja uz pripremu potrošne tople vode. Može se ocijeniti potrošnja električne energije za rad klima uređaja u objektu B, upravnoj zgradi, zgradi fizioterapije i restoranu (čija je električna snaga oko 40 kW, rashladni učinak oko 120 kW, a ocijenjeno ekvivalentno vrijeme rada oko 600 sati godišnje) na oko 40 x 600 = 24.000 kWh. Trošak energije i mrežarine je za ove uređaje 10.000 kn godišnje, a trošak snage oko 5 mj x (43,71+26,18) kn/kW mj. x 40 kW = 13.978 kuna ili ukupno 23.978 kn.
Dakle, ukupni trošak grijanja PTV-a i hlađenja konvencionalnim načinom iznosi oko 141.715 kn, dok bi korištenjem dizalica topline taj trošak bio oko 128.483 kn. Odustajanje od korištenja već ugrađene dizalice topline za pripremu potrošne tople vode, uz korištenje topline iz sustava hlađenja ili iz mora kao toplinskog izvora, bilo je pogrešno i za posljedicu je imalo veće troškove za energiju tijekom proteklih 25 godina zbog potrebe rada toplovodnih kotlova tijekom ljetnog razdoblja kada oni rade s niskim stupnjem korisnosti, kao i zbog niže cijene ovako proizvedene topline.



Slika 6.78Strojarnica dizalice topline u objektu fizioterapije – funkcionalna shema

Na žalost, kako se na fotografijama vidi (sl. 6.79), sustav dizalica topline je danas u vrlo lošem stanju. Dizalica topline koristi radnu tvar R22, koja će od 2016. godine biti zabranjena za korištenje (odredbama Uredbe o tvarima koje oštećuju ozonski sloj (NN 120/2005) primjena radne tvari R22 dopuštena je do 31. prosinca 2015., i to samo za održavanje i/ili popravljanje rashladnih i klimatizacijskih uređaja). Ocjena autora studije bila je da se sustav ne može uz prihvatljive troškove urediti kako bi mogao ispravno funkcionirati, ali da bi kod potpune obnove termotehničkih sustava bolničkog kompleksa trebalo uključiti takvu dizalicu topline u cjelokupni sustav, kako je predloženo u nastavku.

Slika 6.79 Pumpe morske vode, izmjenjivač topline potrošne tople vode i kompresori dizalice

Odabir LS loživog ulja kao osnovnog energenta smatramo za sada ispravnim s gledišta korisnika, jer osigurava niže troškove nego što bi to bilo za prirodni plin. Naime, cijena plina za povlaštene kupce u području Istarske županije kreće se oko 4,44 kn za m^3 što uz donju ogrjevnu moć od 9,26 kWh/m^3 daje cijenu od 0,48 kn za kWh.

Cijena LS loživog ulja u vrijeme izrade studije bila je 3,77 kn/kg, a donja ogrjevna moć 11,3 kWh/kg, pa je cijena tako nabavljenog kWh oko 0,334 kn/kWh, što je niže nego li je to slučaj za prirodni plin.
Naknada Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost zbog emisija sumpornog dioksida i dušikovih oksida je izuzetno malena (294,1 kn za emisije NOx i 1.804,08 kn za emisije SO_2 u 2009. godini), tako da navedene naknade podižu cijenu kWh isporučene topline (3.143.265 kWh) za izuzetno malih 0,00067 kn/kWh.

Tab. 6.39 Usporedba godišnjih troškova loživog ulja LS i prirodnog plina u sadašnjem stanju potrošnje

Energent	Potreba toplinske energije [kWh]	Cijena toplinske energije [kn/kWh]	Trošak za energent [kn]	Naknada za emisiju NO_x i SO_2 [kn/god]	Ukupni godišnji trošak [kn]
Loživo ulje LS	2.308.199	0,417	962.519	2.098	964.616
Prirodni plin		0,532	1.227.962	-	1.227.962

Tab. 6.40 Usporedba godišnjih emisija CO_2 kod korištenja loživog ulja LS i prirodnog plina u sadašnjem stanju potrošnje

Energent	Isporučena toplina [kWh]	Emisija CO_2 [kg/kWh]	Emisija CO_2 [kg]
Loživo ulje LS	2.308.199	0,357	824.027
Prirodni plin		0,232	535.502

Treba imati u vidu da bi za prelazak na plin trebalo izgraditi plinsku mrežu u kompleksu, mjerno–redukcijsku stanicu, provesti zamjenu kotlova i plamenika, osigurati sigurne uvjete za rad, prvenstveno kvalitetnu prirodnu ventilaciju kotlovnice. U slučaju gradnje kotlovnice trebalo bi utvrditi optimalne kapacitete u svjetlu odluke o ukupnom tehničkom rješenju termotehničkih sustava, te temeljem idejnog rješenja takve kotlovnice doći do odgovarajuće cijene. Analizu troškova zamjene energenta ne treba shvatiti kao poticaj daljnjem korištenju loživog ulja LS, već kao realnu analizu postojećeg stanja i ekonomskih učinaka. U budućnosti se kao dio mjera energetske učinkovitosti i očuvanja okoliša može očekivati da loživo ulje LS čak i nestane s tržišta, kao i da se uvedu takse na veće emisije CO_2.

Mjere energetske učinkovitosti

U studiji je predloženo nekoliko građevinskih mjera, a sve se odnose na izolaciju vanjskih zidova i izolaciju stropova i krovova na većini objekata uz uvažavanje ograničenja koja su postavili konzervatori. Također je predložena mjera izmjene prozora i/ili stakala na način da se dobije ukupni koeficijent prolaska topline kroz prozore od 1,2 W/m^{2}K, odnosno 1,4 W/m^{2}K kod zamjene samo stakala. Paketom građevinskih mjera obuhvaćeni su sljedeći objekti: portirnica, odjel A, upravna zgrada, zgrada B, restoran, fizioterapija – objekt bazena, praonica rublja, izolirnica i mrtvačnica. Uslijed primjene građevinskih mjera na objektima, godišnja potrebna toplina za grijanje objekata bi se smanjila te bi objekti bili svrstani u nove energetske razrede kako je prikazano u tablici 6.41.

Tab. 6.41 Energetski razredi građevina prije i nakon primjene građevinskih mjera

Objekt	Potrebna toplina za grijanje prije i nakon primjene građevinskih mjera [kWh/m^2]	Energetski razred
Portirnica	208 / 17	F / A
Centar M.A.R.E.	57 / 57	C/ C
Objekt III	80/ 52	C/ C
Upravna zgrada	79 / 42	C / B
Zgrada B	82 / 39	C / B
Fizioterapija - vježbaonica	21 / 21	A / A
Fizioterapija - bazeni	54 / 28	C / B
Kotlovnica i praonica	75 / 30	C / B
Kuhinja i restoran	146/ 146	D / D
Odjel IV	67 / 67	B / B
Izolirnica	79 / 20	C / A
Mrtvačnica	27 / 4	B / A+

Predložene mjere u elektrodijelu su modernizacija rasvjete zamjenom rasvjetnih tijela sa žarnim nitima suvremenom CFD rasvjetom, zamjenom energetski neučinkovitih starih fluorescentnih armatura i zamjenom elektromagnetskih predspojnih naprava elektronskim. Pored modernizacije rasvjete predloženo je i ugađanje uredske opreme za rad u načinu smanjene potrošnje kod duljih razdoblja bez korištenja. Zanimljivu mjeru predstavlja promjena postojećeg tarifnog modela na tarifni model Srednji napon – bijeli tarifni model, kojom se uz mala ulaganja mogu ostvariti značajni ekonomski učinci.
Što se tiče strojarskih mjera, predložena su dva paketa mjera. Prvi, koji se odmah može provesti uz relativno mala ulaganja sadrži balansiranje toplovodne mreže, uključivo i ugradnju termostatskih ventila na radijatore i primjenu sunčeve energije za pripremu potrošne tople vode. Dodatno je obrađena mogućnost prelaska na sustav potpune klimatizacije primjenom sustava dizalica topline s vodenim krugom, tzv. WLHP sustavom (Water Loop Heat Pump). S obzirom na opseg zahvata koji se u tom slučaju preporuča, potrebu donošenja strateške odluke o takvom zahvatu i nemogućnost zajedničkog prikaza s ostalim mjerama, učinci ove mjere prikazani su zasebno.

Postojeća potrošnja električne energije mogla bi se smanjiti sa sadašnjih 564.017 kWh (modelirana potrošnja) na 475.765 kWh, tj. za prikazanu uštedu od 88.252 kWh, što bi uz promjenu tarifnog modela i srednju cijenu električne energije od 0,42 kn/kWh rezultiralo s oko 37.066 kn uštede u novcu.

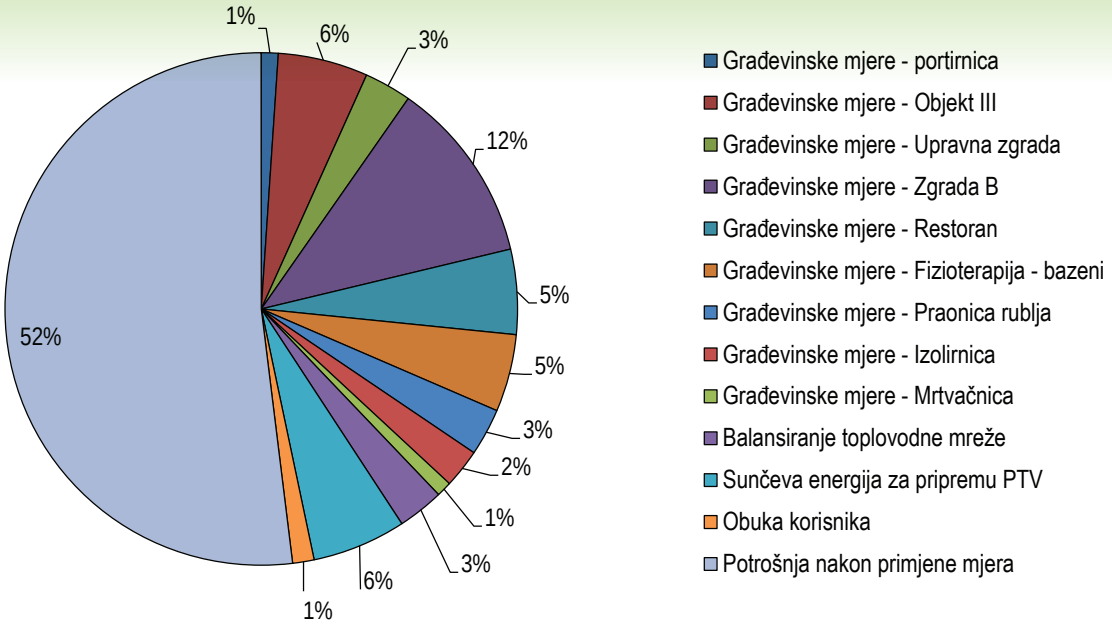
Građevinskim mjerama i mjerama na strojarskim termotehničkim sustavima mogla bi se postojeća potrošnja loživog ulja smanjiti od prosječnih 278.165 kg za oko 115.712, tj. na oko 162.453 kg, donoseći time uštedu od oko 436.234 kn godišnje.

Obuka korisnika je uključena u mjere, a ušteda je ocijenjena na oko 1% sadašnje potrošnje.

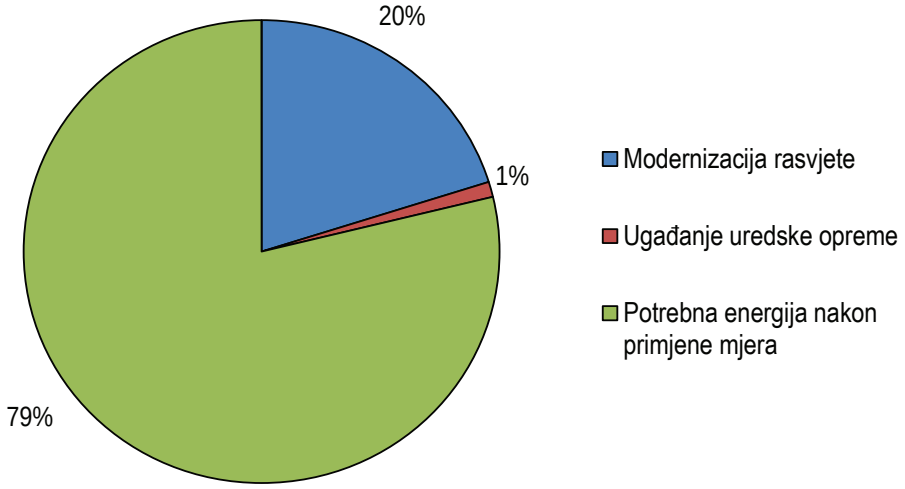
Tab. 6.42 Rekapitulacija predloženih mjera na postojećem sustavu

Mjera	Opis	Invest.	Procijenjene uštede				Jednost. razdoblje povrata	Smanj. emisije CO2
		kn	kWhe/g	kWht/g	LU kg/g	kn/g	godina	tona/g
G	Portirnica	45.636	-	24.572	2.718	12.286	8,2	13,0
G	Objekt III	806.600	-	130.887	14.479	73.938	10,9	62,8
G	Upravna zgrada	571.886	-	68.458	7.573	29.283	19,5	24,9
G	Zgrada B	2.097.650	-	266.507	29.481	113.185	18,5	96,1
G	Restoran	300.000	-	123.663	13.680	51.571,85	5,8	43,8
G	Fizioterapija - bazeni	415.900	-	112.675	12.464	68.119	6,1	57,8
G	Praonica	241.316	-	68.640	7.593	25.417	9,5	21,6
G	Izolirnica	291.588	-	56.572	6.258	23.834	12,2	20,2
G	Mrtvačnica	97.412	-	21.994	2.433	9.245	10,5	7,8
E1	Modernizacija rasvjete	178.780	80.038	-	-	58.022	3,08	42,4
E2	Ugađanje uredske opreme	-	4.239	-	-	3.912	-	2,25
E3	Promjena tarifnog modela	100.000	-	-	-	53.128	1,88	-
S1	Balansiranje toplovodne mreže i radijatorski termostatski ventili	327.150	-	67.162	6.957	26.229	12,5	22,2
S2-1	Sunčeva energija za pripremu PTV-a	425.000	-	136.467	12.076	61.248	6,9	52
SGE	Obuka korisnika	60.000	3.975	31.433	2.782	17.708	3,4	11,15
	Ukupno	**5.958.918**	**88.252**	**1.109.030**	**118.494**	**627.126**	**9,5**	**478,0**

Na slikama 6.80 i 6.81 u nastavku grafički je prikazana rekapitulacija mogućih ušteda. Cijeli krug predstavlja postojeću potrošnju energenta.

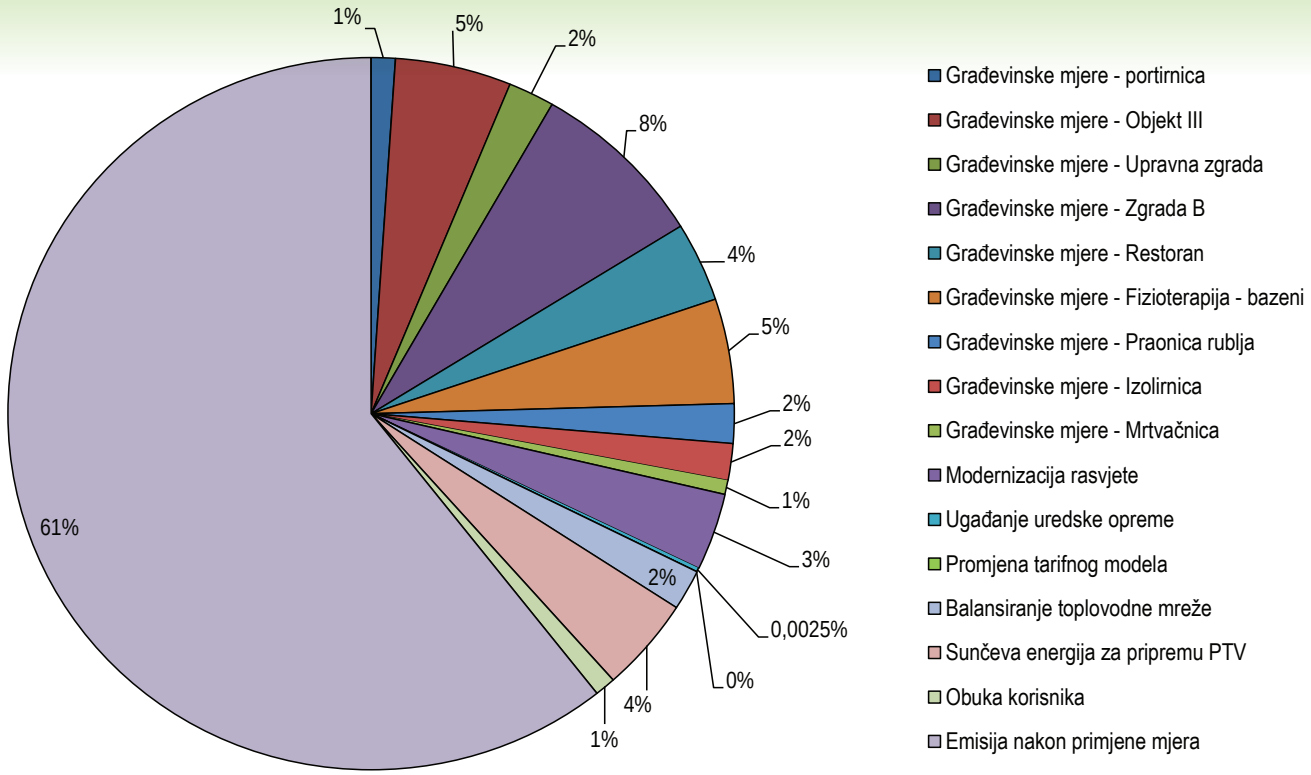


Slika 6.80 Moguće uštede loživog ulja nakon primjene strojarskih i građevinskih mjera



Slika 6.81 Moguće uštede električne energije nakon primjene elektromjera

Moguće smanjenje emisije CO_2 nakon implementacije predloženih mjera iznosi 478.000 kg godišnje.

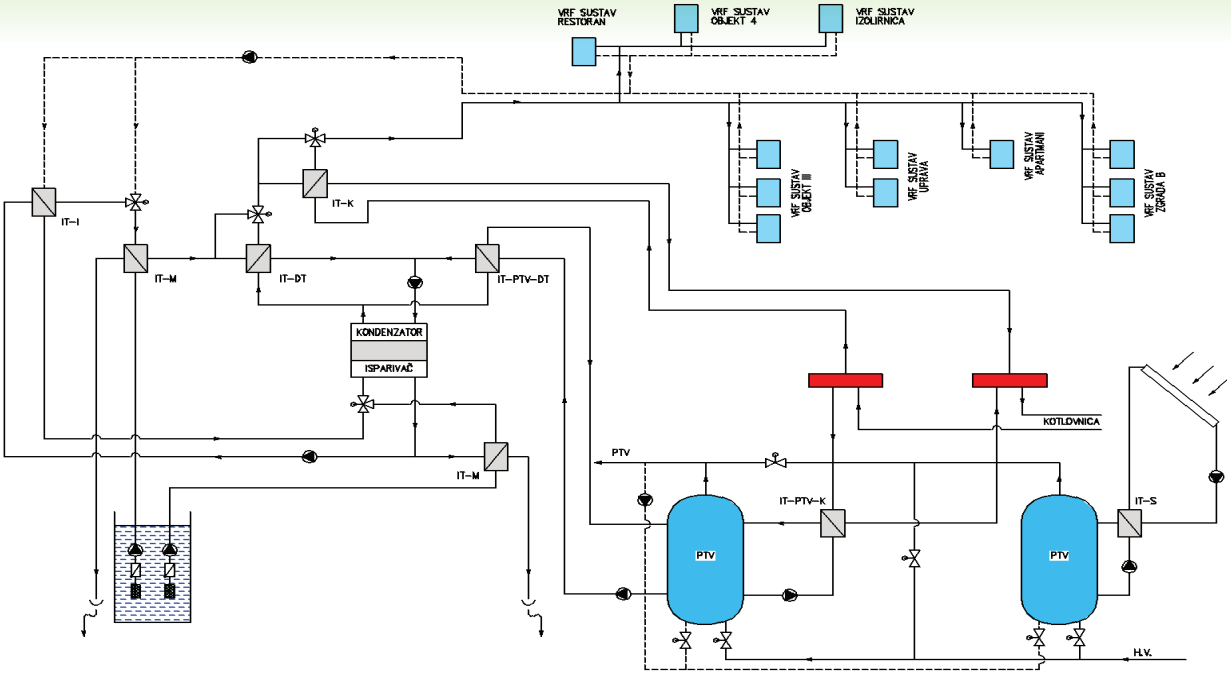


Slika 6.82 Smanjenje emisije CO_2 nakon primjene svih predloženih mjera

Kako je već spomenuto, pored navedenih mjera analizirana je i potpuna obnova sustava grijanja i klimatizacije kompleksa koja bi mogla biti provedena u slučaju osiguranja veće svote novca za rekonstrukciju. U tom slučaju bilo bi potrebno uvesti hlađenje objekata. Kotlovnicu bi trebalo zadržati iz razloga sigurnosti kao i za potrebe proizvodnje pare (usvojeno je da se kotlovnica zadržava u pogonu na loživo ulje pa troškovi njene rekonstrukcije ovdje nisu razmatrani). Ovdje je, razmišljajući o faznosti gradnje, predložen sustav s vodenim krugom i dizalicama topline (WLHP sustav, što je akronim engleskog naziva Water Loop Heat Pump System). Kako je poznato, dizalice topline uobičajeno rade sa zrakom ili s vodom kao toplinskim izvorom. Prednost korištenja morske vode za toplinski izvor sastoji se u postizanju bolje energetske učinkovitosti, sigurnosti u radu i manjeg utjecaja na okoliš, posebno kada je on iskazan kroz buku.

Uobičajeni WLHP sustavi imaju tzv. vodeni krug, tj. cjevovode za cirkulaciju medija za prijenos topline (vode), koji služi kao ponor ili izvor topline dizalica topline. Dizalice topline mogu biti tipa voda–voda ili voda–zrak, a smještene su u grijanim ili hlađenim prostorima, u toplinskim podstanicama građevina ili u sustavima zagrijavanja potrošne vode. Kada neke dizalice topline griju, a druge hlade, toplina se izmjenjuje (rekuperira) unutar vodenog kruga i nema potrebe niti za grijanjem, niti za hlađenjem takvog kruga. Kada je pretežno korištenje dizalica topline u režimu grijanja, temperatura u vodenom krugu pada zbog iscrpljivanja topline koja se tada mora namiriti iz nekog toplinskog izvora (npr. kotla). Kada sustavi klimatizacije rade u režimu hlađenja, toplina se predaje u vodeni krug iz kojega se može upotrijebiti kao izvor topline za one dizalice topline koje griju potrošnu vodu, a ako uslijed većeg dovoda topline temperatura u krugu i dalje raste, višak topline se izmjenjuje s okolinom (npr. putem rashladnog tornja).

U predmetnom slučaju predložena je modifikacija uobičajenih WLHP sustava na način koji osigurava veću energetsku učinkovitost i prilagođen je postojećem stanju u kompleksu bolnice. Umjesto korištenja kotla zimi i rashladnog tornja ljeti, predviđa se ugradnja izmjenjivača topline morske vode, koji gotovo u svim režimima rada može zadovoljiti potrebe.



Slika 6.83 Shema predloženog sustava dizalica toplina s vodenim krugom

Postojeći sustavi grijanja u objektima izvedeni su na takav način da je njihova eventualna demontaža u cilju rekonstrukcije skopčana s puno problema i može doći u obzir jedino kod temeljite rekonstrukcije svih objekata, što je s obzirom na dosadašnje iskustvo, nerealno očekivati. Jedino prihvatljivo rješenje u ovakvom slučaju predstavlja dodatna ugradnja tzv. VRF sustava. To su sustavi s dizalicama topline kod kojih je distribucija toplinske/rashladne energije u objektu provedena cjevovodom radne tvari (R410a) koji su u usporedbi s uobičajenim cjevovodima za distribuciju topline vodom značajno manjih promjera, a time jednostavni za smještaj i ugradnju u postojećim objektima. Centralne jedinice za svoj rad kao toplinski izvor zimi ili ponor topline ljeti koriste vodu iz vodenog kruga.
Kako je prikazano na shemi, odabrani su VRF sustavi, tj. dizalice toplina voda–zrak, koje koriste vodeni krug kao toplinski izvor ili ponor. Temperatura vodenog kruga održava se unutar definiranih granica kako bi se omogućila velika učinkovitost rada VRF dizalica toplina, priključenih na vodeni krug. Za predviđeni sustav određen je temperaturni raspon vodenog kruga od 10 do 30 °C. Tijekom zimskog režima rada održava se minimalna temperatura vodenog kruga od 10°C, a tijekom ljetnog maksimalna očekivana temperatura iznosi 30°C. Cjevovode vodenog kruga trebalo bi voditi paralelno s postojećim razvodom tople vode (i pare), te ih povezati na centralne jedinice VRF sustava, smještene u toplinskim podstanicama. Jedna od velikih prednosti ovih sustava je da se ne moraju odmah izgraditi u cijelosti, jer na jednom izgrađen, pravilno planiran vodeni krug, kasnije se mogu priključivati dizalice topline VRF ili drugih sustava po potrebi. Broj sustava prikazan na shemi 6.83 predstavlja konačan broj za sadašnje stanje i na njega se ne povezuju svi objekti u kompleksu.

Kao osnovni toplinski izvor odabrano je more. Zimi, kada je dizalicama topline potrebna toplina iz okoline, more je povoljnijih (viših) temperatura nego li je to zrak, dok je ljeti, kada se višak topline izmjenjuje s okolinom, more opet povoljniji ponor topline od zraka, jer mu je temperatura niža.

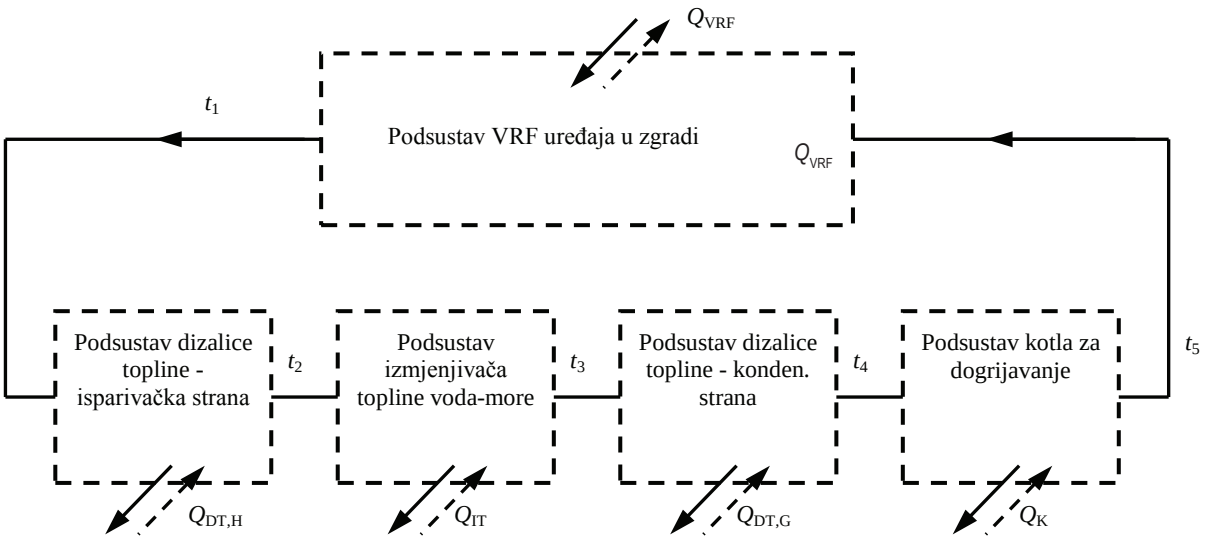
Zimi je predviđeno grijanje vodenog kruga izmjenjivačima topline morska voda–vodeni krug, dizalice topline PTV-a izmjenjivačima topline IT-DT te postojećim kotlovima iz kotlovnice. Povratna voda iz vodenog kruga prvo prolazi kroz izmjenjivač topline morske vode te ako je temperatura mora veća od temperature povrata vodenog kruga, toplina se preuzima od morske vode. Ako je temperatura vodenog kruga na izlazu iz izmjenjivača topline vodenog kruga manja od 10°C, vodeni krug se dodatno grije visokotemperaturnim dizalicama topline ili postojećim kotlovima u kotlovnici.

Dizalica topline za pripremu PTV-a

Za dogrijavanje vode iz vodenog kruga na željenu minimalnu temperaturu 10°C (nakon njenog prolaska kroz toplinski izmjenjivač morske vode IT-M, ako se u njemu voda već ne zagrije do te temperature), može se umjesto topline iz kotlovnice vrlo ekonomično primijeniti dizalica topline koja je inače namijenjena za pripremu potrošne tople vode. Priključena dizalica topline ima mogućnost dogrijavanja vodenog kruga izmjenjivačima topline IT-DT. Tijekom ljetnih mjeseci ista dizalica topline može se koristiti za hlađenje vodenog kruga pri čemu se otpadna kondenzatorska toplina VRF jedinica koristi kao toplina na isparivaču dizalice topline. Tada se zbog relativno visokih temperatura isparivanja može ostvariti visoka učinkovitost dizalice topline. Predviđena dizalica topline omogućava visoke temperature izlazne vode (do 60°C) uz visok faktor grijanja (COP ovisi o temperaturi izlazne vode a za ovakav tip uređaja kreće se kod najniže temperature mora oko 2,85, a kod korištenja topline iz WLHP sustava oko 3,95).

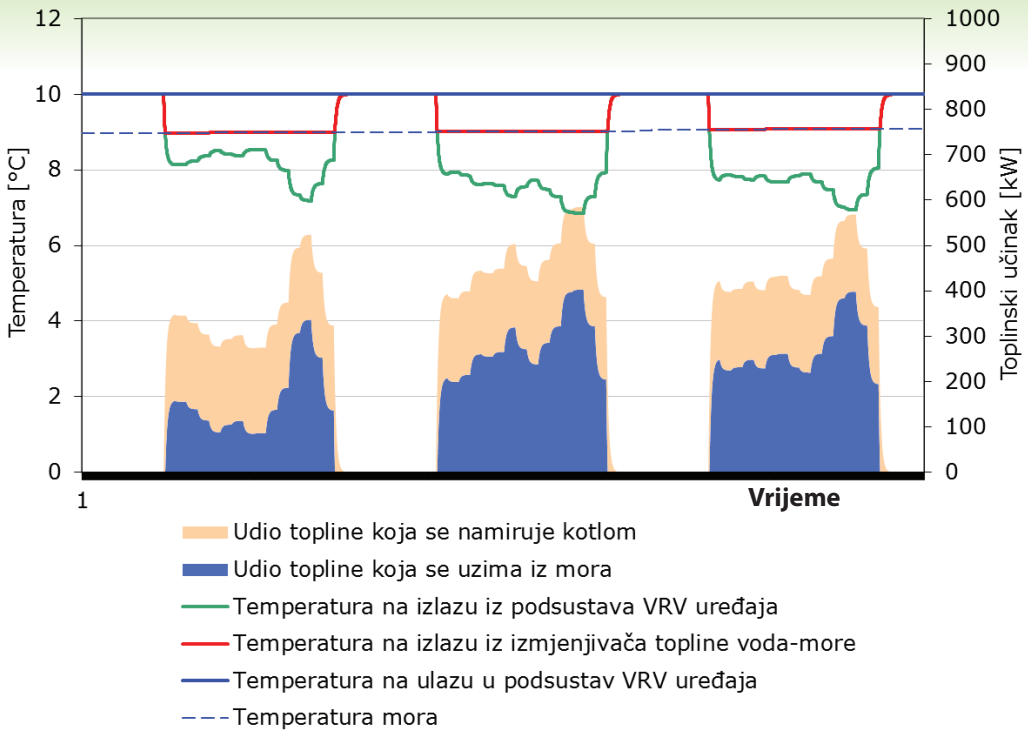
Kako bi se dobile što realnije vrijednosti potrošnje energije za pogon VRF uređaja i cjelokupnog WLHP sustava, provedena je detaljna dinamička simulacija rada sustava. Pri tome se za svaku minutu u referentnoj godini proračunavaju relevantni parametri rada kao što su temperature nosilaca topline u pojedinim dionicama glavnog razvoda, ulazne i izlazne temperature u izmjenjivačima topline, izmijenjene topline u izmjenjivaču, kotlu i dizalici topline, kao i potrošnja električne energije za pogon uređaja. Ulazni podaci za dinamički proračun termotehničkog sustava su meteorološki podaci za lokaciju objekta, uključujući podatke o temperaturi mora kao energetskog izvora, zatim toplinsko i rashladno opterećenje zgrade za svaku minutu referentne godine te učini pojedinih komponenata sustava (izmjenjivači topline, kotao, dizalica topline, glavne pumpe i sl.). Ovakav nestacionarni model sustava, pogodan je za detaljan proračun potrošnje energije i optimizaciju.

Radi proračunavanja dinamičkih promjena u tokovima energije, cjelokupni termotehnički sustav podijeljen je na glavne kontrolne volumene koji predstavljaju glavne dijelove sustava u kojima se dešava značajnija izmjena energije. Tako je sustav podijeljen u 4 kontrolna volumena, tj. podsustava: podsustav VRF uređaja, podsustav izmjenjivača topline voda-more, podsustav kotla, te podsustav dizalice topline, kako je to prikazano na slici 6.84 Simulacija omogućava proračunavanje minutnih vremenskih promjena temperatura medija za prijenos topline na ulazu i izlazu iz svakog podsustava, kao i proračun izmijenjene topline energije u svakome od njih.

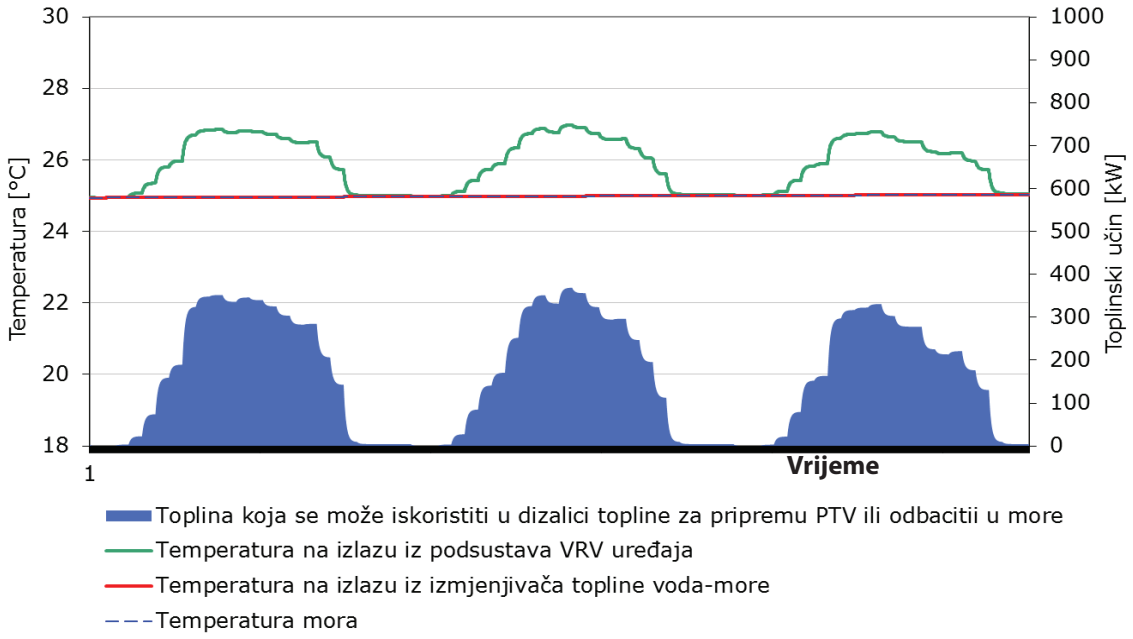


Slika 6.84 Podsustavi u nestacionarnoj simulaciji predloženog termotehničkog sustava

Prilikom proračunavanja temperature u svakom podsustavu uzima se u obzir masa i specifični toplinski kapacitet medija za prijenos topline (vode) kao i masa i specifični toplinski kapacitet cijevi i armature. Na taj se način dobiva realnije kretanje temperatura u vremenu, uzimajući u obzir toplinu i vrijeme potrebno za ugrijavanja i hlađenje cijelog sustava u režimu rada. Na slici 6.87. prikazane su mjesečne sume izmijenjenih toplina u pojedinim podsustavima.

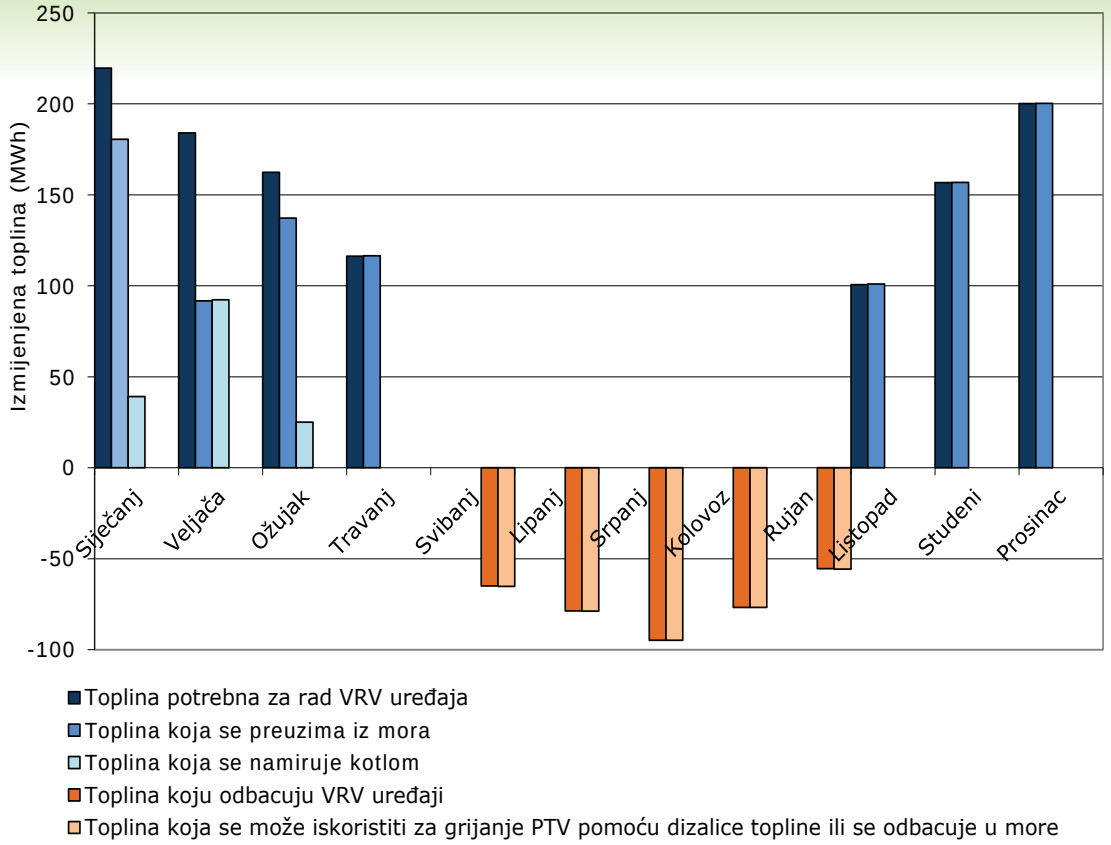


Slika 6.85 Tijek temperatura i izmijenjene topline podsustava za tri tipična dana u zimskom režimu rada



Slika 6.86 Tijek temperatura i izmijenjene topline podsustava za tri tipična dana u ljetnom režimu rada

Rekapitulacija godišnje izmijenjenih toplina, izračunatih korištenjem računalnog modela dana je na slici 6.87.



Slika 6.87 Mjesečne izmijenjene topline u pojedinim podsustavima

Dogrijavanje PTV-a i vodenog kruga dizalicom topline

Ukupna toplina koju je potrebno namiriti radom dizalice topline prikazana je u tablici 6.43.

Tab. 6.43 Potrebna toplina za zagrijavanje vodenog kruga i dogrijavanje potrošne tople vode

Mjesec	Potreba topline za dogrijavanje PTV-a dizalicom topline [kWh]	Potrebna toplina za dogrijavanje vodenog kruga [kWh]	Ukupno potrebna toplina [kWh]
Siječanj	4.024	39.191	43.215
Veljača	5.864	92.316	98.180
Ožujak	6.429	25.119	31.548
Travanj	9.454	0	9.454
Svibanj	11.685	0	11.685
Lipanj	16.856	0	16.856
Srpanj	25.342	0	25.342
Kolovoz	20.614	0	20.614
Rujan	15.139	0	15.139
Listopad	11.435	0	11.435
Studeni	5.252	0	5.252
Prosinac	4.373	0	4.373
Godina	136.467	156.626	293.093

Pri proračunu potrebne snage za pogon kompresora korišteni su podaci za faktore grijanja od proizvođača dizalice topline. Potrošnja električne energije prikazana je u tablici 6.44.

Tab. 6.44 Potrebna toplina za zagrijavanje vodenog kruga i dogrijavanje potrošne tople vode

Mjesec	Ukupno potrebna toplina [kWh]	Potrošnja elektične energije [kWh]
Siječanj	43.215	15.163
Veljača	98.180	36.363
Ožujak	31.548	10.516
Travanj	9.454	3.151
Svibanj	11.685	2.958
Lipanj	16.856	4.267
Srpanj	25.342	6.416
Kolovoz	20.614	5.219
Rujan	15.139	3.833
Listopad	11.435	3.812
Studeni	5.252	1.751
Prosinac	4.373	1.458
Godina	293.093	94.906

Srednja cijena električne energije izračunata je kao ((0,41 kn/kWh + 0,15 kn/kWh) + (0,20 kn/kWh + 0,08 kn/kWh)) / 2 = 0,42 kn/kWh.

Godišnji trošak za električnu energiju iznosi 94.006 x 0,42 = 39.482 kuna.

Uz navedeni trošak za električnu energiju potrebno je elektrodistribucijskom poduzeću također platiti i angažiranu snagu. Godišnji trošak za angažiranu snagu iznosi 12 mj. x (43,71+26,18) kn/kW mj. x 80 kW = 67.094 kuna.

Ukupni godišnji trošak za dogrijavanje potrošne tople vode i vodenog kruga dizalicom topline iznosi 39.482 + 67.094 = 106.576 kuna.

WLHP sustav

Grijanje objekata u kojima nije predviđen sustav dizalica toplina s vodenim krugom i grijanje bazena provodi se i dalje postojećim toplovodnim kotlovima u kotlovnici. Potrebna toplina za te potrebe je 663.986 kWh.
Parni kotlovi koriste se i dalje za pripremu hrane u kuhinji i za tehnološke potrebe praonice rublja, za što je potrebno 231.337 kWh.

Tab. 6.45 Godišnji pogonski troškovi sustava u slučaju primjene WLHP sustava

	Energent	Utrošak energenta [kWh] ili [kg]	Godišnji trošak [kn]
Grijanje VRF sustavom	EE	272.093	101.529
Hlađenje VRF sustavom	EE	47.184	33.293
Pogon pumpi	EE	45.792	130.305
Dogrijavanje PTV-a i vodenog kruga dizalicom topline	EE	94.006	106.576
Grijanje ostalih objekata toplovodnim kotlovima	LU	67.204	253.359
Proizvodnja pare za praonicu rublja i kuhinju	LU	30.824	116.206
Ukupno			**741.268**

Procjena investicijskih troškova za mjeru S3, prikazana je u tablici 6.46.

Tab. 6.46 Procjena investicijskih troškova gradnje sustava za mjeru S3

	Iznos [kn]
VRF dizalice topline	4.500.000
Izmjenjivači topline u WLHP-u	400.000
Cjevovodi i armatura WLHP-a	1.300.000
Automatika sustava i CNUS	800.000
Strojarnica dizalice topline za pripremu PTV-a i dogrijavanje s crpnom stanicom morske vode	450.000
Sunčevi kolektori za pripremu PTV-a	425.000
Projektiranje, inženjering, nadzor	500.000
Ukupno	**8.375.000**

Godišnja proračunata potrošnja loživog ulja za grijanje objekata, pripremu potrošne tople vode i proizvodnju tehnološke pare iznosi 67.395 kg + 190.518 kg = 257.913 kg.

Uz cijenu loživog ulja od 3,77 kn/kg korištenu u ovom izvješću, ukupni godišnji troškovi u postojećem stanju iznose 257.913 x 3,77 = 972.332 kn.

Temeljem popisa svih postojećih split uređaja u kompleksu instalirane snage oko 60 kW, može se ocijeniti rashladni učinak od oko 180 kW. Ocijenjeno ekvivalentno vrijeme rada je oko 600 sati godišnje pa je potrošnja 60 x 600 = 36.000 kWh. Trošak energije, mrežarine i snage je za ove uređaje 0,7 x 36.000 = 25.200 kn godišnje.

Iz priloženoga se vidi da bi se primjenom mjere S3 – ugradnja sustava dizalica toplina s vodenim krugom godišnje moglo uštedjeti 972.332 + 25.200 - 741.268 = 256.264 kuna, kad se promatra grijanje i hlađenje u sadašnjem stanju te u novopredloženom stanju. Naravno, ovdje se međusobno uspoređuju sustavi djelomičnog hlađenja (cca. 180 kW) i potpuno kontroliranog hlađenja svih objekata, tako da su učinci predloženih mjera povoljniji od prikazanih.

Godišnja emisija CO_2 u postojećem načinu grijanja kompleksa izračunata je s emisijom od 3,2 kg/kg loživog ulja iz tablice u prilogu 6A Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada i iznosi 257.913 x 3,2 = 825.321 kg godišnje.
Za hlađenje se troši 36.000 kWh, što rezultira emisijom CO_2 od 19.080 kg.
U trenutnom stanju se za grijanje i hlađenje proizvodi 825.321 + 19.080 = 844.401 kg CO_2 godišnje.
Primjenom WLHP sustava za klimatizaciju zgrada godišnje bi se trošilo 98.028 kg loživog ulja što uz emisiju 3,2 kg/kg loživog ulja iznosi 98.028 x 3,2 = 313.689 kg godišnje. Dodatno bi se za pogon VRF dizalica topline, pumpi i dizalice topline PTV-a godišnje trošilo 459.075 kWh električne energije za što je emisija CO_2 izračunata s vrijednošću 0,53 kg/kWh, u skladu s tablicom prilog 6A iz Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada i iznosi 459.075 x 0,53 = 243.309 kg godišnje.
Ukupna godišnja emisija primjenom WLHP sustava za klimatizaciju zgrada iznosi 313.689 + 243.309 = 556.998 kg CO_2 godišnje.

Primjenom ove mjere godišnja bi se emisija CO_2 smanjila za 844.401 – 556.998 = 287.403 kg.

LITERATURA:

[1] H.L. von Cube, F. Stimle; H. Lotz, J. Kunis (Ed): Lehrbuch der Kältetechnik, C.F. Müller Verlag, Heidelberg 1997.
[2] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija i izvješće o energetskom pregledu za Zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar" u Zagrebu, Tehnički fakultet u Rijeci, 2009.
[3] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija i izvješće o energetskom pregledu za Kliniku za dječje bolesti Zagreb, Tehnički fakultet u Rijeci, 2010.
[4] Pavković, B. et al.: Detaljna energetska studija za ortopedsku bolnicu „Prim. Dr. Martin Horvat" u Rovinju, Tehnički fakultet u Rijeci, 2011.

6.6. ZGRADE ZA STANOVANJE ZAJEDNICA (DOMOVI – ĐAČKI, STUDENTSKI, UMIROVLJENIČKI, RADNIČKI, DJEČJI DOMOVI, ZATVORI, VOJARNE I SL. ZGRADE ZA STANOVANJE)

Provedba energetskog pregleda

Kod objekata namijenjenih stanovanju zajednica (đački, studentski, umirovljenički, radnički i dječji domovi, zatvori i vojarne) provedba energetskog pregleda i prikupljanje podataka za izradu energetskog certifikata olakšani su činjenicom da, svi takvi objekti imaju stručne službe, zadužene za energetiku ili pak u najmanju ruku domare koji uglavnom poznaju tehničke sustave zgrade. Podaci o potrošnji energenata i vode skupljaju se u računovodstvu i relativno je lako doći do njih ili do računa za energente i vodu. Također, radi se najčešće o ustanovama smještenim u jednoj građevini, gdje je pregled relativno lako obaviti, bez obzira na njenu veću ili manju površinu. Ovdje se obično uz rijetke iznimke radi o zgradama s relativno jednostavnim termotehničkim sustavima, koji obuhvaćaju centralna grijanja s centralnom pripremom potrošne sanitarne vode. Uz prethodnu najavu, osigurano vrijeme za pripremu računa, pripremljene formulare za upis podataka, fotografsko dokumentiranje svih detalja kod prvog obilaska, mjerenja temperature u prostorima i eventualno termografsko snimanje objekta, organiziran tim koji čini barem po jedan inženjer svake struke može obaviti pregled takvog objekta, za jedan dan, uz eventualnu naknadnu kontrolu i razjašnjenje detalja tijekom drugog obilaska. Izuzetno je važno prvi obilazak kombinirati s uvodnim razgovorom sa službama korisnika ili vlasnika i osigurati preuzimanje sve dostupne projektne dokumentacije. Također je važno obaviti prethodne dogovore prije posjete, te dobro planirati pregled temeljem ranije dostavljenih informacija. Poželjno je obilazak planirati u zimskom razdoblju, tj. u sezoni grijanja, kada su vidljivi svi eventualni nedostaci sustava i kad se eventualna mjerenja mogu provesti u stvarnim radnim uvjetima sustava grijanja.

Opće o mjerama energetske učinkovitosti u zgradama za stanovanje zajednica

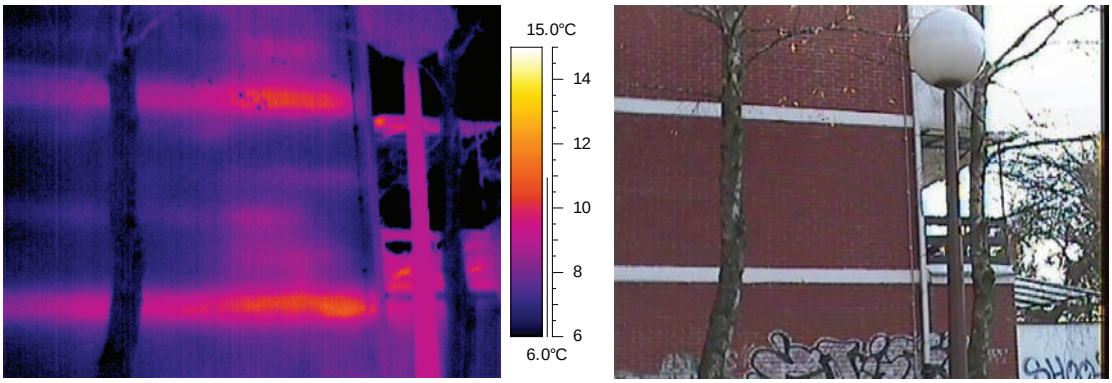
U ovakve zgrade najčešće se ugrađuju sustavi centralnih grijanja s radijatorima. Priprema potrošne vode uglavnom je centralna, rjeđe lokalna. Kao gorivo se u kotlovnicama koristi plin, loživo ulje ili ogrjevno drvo, a u gradovima su sustavi grijanja ovakvih zgrada nerijetko povezani na centralne vrelovodne ili parne sustave. Hlađenje se najčešće ne provodi, osim lokalnim sustavima u zajedničkim prostorima i sobama (split sustavi). Od ventilacijskih sustava prisutna je obično odsisna ventilacija kuhinja i sanitarnih prostora, te termoventilacija zajedničkih prostora. Temperature u prostorima za boravak su različite, pa će tako u domovima za stare i nemoćne osobe propisana temperatura biti nešto više, a za vojarne i zatvore niže od 20°C. Ovisno o tome, mijenjat će se i stvarna potrošnja energije građevine.

Karakteristično za ovakve objekte je cjelodnevni boravak korisnika u prostorijama zgrade, koji se koriste tijekom cijele godine (izuzev đačkih domova kod kojih je prekid u vrijeme ljetnih školskih praznika). Kao posljedica takvog načina korištenja javlja se relativno visoka potrošnja toplinske energije, uvjetovana neprekinutim grijanjem u sezoni grijanja i cjelogodišnjom pripremom potrošne sanitarne vode, jer veći broj korisnika po jedinici površine ovakvih zgrada uvjetuje veću potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode. U tom slučaju, u današnjem stanju cijena opreme i energije, može se pokazati opravdanim poduzeti mjere ugradnje sustava zagrijavanja zagrijavanje potrošne vode solarnim kolektorima. Porast cijene energenata prisutan zadnjih godina, te povećana proizvodnja koja je utjecala na pad cijena opreme na tržištu, osiguravaju vremena povrata ulaganja od oko 6-8 godina, što je prihvatljiva vrijednost. Kod prijedloga tehničkog rješenja treba provesti optimizaciju površine ugrađenih kolektora s aspekta troškova. Pritom treba koristiti kolektore za predgrijavanje, a postojeći sustav grijanja potrošne vode za dogrijavanje kako bi se optimalno iskoristila sunčeva energija. Odabir neprimjereno velikih površina solarnih kolektora vodi u neekonomičan rad.

Od korištenja obnovljivih izvora energije za pripremu sanitarne tople vode može se još izdvojiti primjena srednjotemperaturnih dizalica topline (temperatura vode na izlazu iz kondenzatora oko 70-80°C). Kao obnovljivi izvor topline koristi se obično okolni zrak. Na žalost ovakve dizalice topline su još uvijek nove na tržištu, a time i dosta skupe, pa se kod predlaganja mjere ugradnje takve dizalice topline u sustav mogu očekivati vremena povrata investicije koja prelaze 10 pa i više godina.

Kod ovih objekata niti potrošnja hladne vode nije zanemariva, pa dolaze u obzir mjere štednje vode kao što su perlatori na slavinama i tuševima, štedljivi vodokotlići, jednoručne slavine, ugradnja tuševa umjesto kada, pa i korištenje ventila na žetone za ograničenje jednokratne potrošnje.

Često su zgrade za stanovanje zajednica nenamjenski građene, starije gradnje, prilagođene za sadašnju namjenu. U takvom slučaju pokazuju se prikladnim i mjere toplinske izolacije zidova i stropova prema tavanu. Vrlo su česti slučajevi izraženih toplinskih mostova, loše izoliranih zidova kod kojih su posebno povećani gubici topline kroz zidove iza radijatora.



Slika 6.88 Snimke toplinskih mostova i zida iza radijatora u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra

S mjerama ugradnje stolarije visoke zrakotijesnosti treba biti oprezan, jer je o ovakvim objektima vrlo važno osigurati odgovarajuću količinu svježeg zraka. Ako se već predlaže nova stolarija, trebala bi imati i mogućnost kontrolirane ventilacije, a u najboljem slučaju predviđenu rekuperaciju topline.

Slika 6.89 Otvor za provjetravanje sobe na okviru prozora starije izvedbe

Odsisna ventilacija sanitarija obično je značajan izvor gubitaka topline i ona se može urediti na tehnički prihvatljiv način, ali troškovi takvog uređenja nisu zanemarivi i isplativost je ponekad upitna. Posebno to važi u kontekstu naprijed spomenute činenice da se kod ovih objekata mora osigurati kvalitetna ventilacija prostora soba, što se često provodi odsisavanjem zraka preko sanitarnih prostora.

Ako se u zgradi pripremaju obroci za korisnike, potrebno je provesti analizu sustava ventilacije kuhinje, provjeriti količine zraka koji se odsisava napama i način ventilacije. Pokazuje se da je mjera ugradnje ekonapa brzo isplativa, uz uvjet da se provede na tehnički ispravan način. Povrat topline iz otpadnog zraka kuhinje regeneratorom ili rekuperatorom nije prihvatljiv, s obzirom na prisutnost masnih para u odvodnom zraku iz kuhinjskih napa.

Uz kuhinje su ponekad izgrađene i manje hladionice, s kondenzacijskim jedinicama manjeg učinika, čija se toplina kondenzacije može relativno jednostavnim zahvatima iskoristiti za pripremu potrošne tople vode, a isplativost i mogućnost primjene ovakve

mjere treba se ispitati od slučaja do slučaja.

Kako domovi sadrže i dio društvenih prostora za boravak (često su to ulazni holovi povezani s dvorištima ili atrijima), nije rijedak slučaj ugradnje radijatora uz staklene stijene, čime su gubici zračenjem prema okolini značajni, i mjera ugradnje toplinskog zaslona koji sprječava zračenje, ali i održava koeficijent prolaska topline u granicama zahtijevanim tehničkim propisom o uštedi toplinske energije, predstavlja mjeru koju u svakom slučaju treba predložiti. U pojedinim slučajevima, kada se radi o većem broju tako ugrađenih radijatora, mogu se ostvariti značajni učinci smanjenja potrošnje, a očekivano vrijeme povrata ulaganja je relativno kratko, znatno ispod 10 godina.

Slika 6.90 Niz radijatora ugrađenih neposredno uz staklenu vanjsku plohu

Kod starijih instalacija česta je pojava da uz radijatore nisu ugrađeni termostatski ventili, te da je cijela mreža distribucije hidraulički neuravnotežena. Mjera ugradnje termostatskih radijatorskih ventila pokazuje se kao brzo isplativa, ali je važno prethodno mjerenjem temperatura u prostorijama utvrditi postoji li stvarno pregrijavanje.
Slučaj neuravnotežene mreže moguće je utvrditi korištenjem ultrazvučnih mjerila protoka, ali i mjerenjem površinskih temperatura na ulazima i izlazima iz radijatora, odnosno na polaznim i povratnim vodovima pojedinih ogranaka. U svakom slučaju, bilo kakvo mjerenje ove vrste treba provesti bez narušavanja postojećeg stanja instalacije. Mjera balansiranja može se provesti ugradnjom posebnih ventila u ogranke mreže i rezultira povećanim komforom i ukupno manjom potrošnjom topline.

Zamjena kotla je obično isplativa kod dotrajalih kotlova, starijih od 25 do 30 godina. Ulaganje u novi kotao veće energetske učinkovitosti obično neće biti ekonomski opravdano, izuzev u slučaju da je novi kotao ionako potreban. Tada se u izračun ekonomske isplativosti uvrštava razlika cijene novog standardnog kotla i novog niskotemperaturnog ili kondenzacijskog kotla. Kod zamjene kotla treba voditi računa o potrebi sanacije dimnjaka, i s time povezanim troškovima, posebno ako se radio niskotemperaturnom kotlu. Kod primjene kondenzacijskih kotlova potrebno je provesti proračun ušteda u odnosu na druge moguće tipove kotla, vodeći računa o meteorološkim uvjetima, projektnim temperaturama i učinku ugrađenih ogrjevnih tijela, jer se može pokazati da nije moguće iskoristiti toplinu kondenzacije dimnih plinova u svim uvjetima rada. Primjena kondenzacijskih kotlova učinka većeg od 350 kW zahtijeva i sustav za neutralizaciju kondenzata iz dimnih plinova koji se skuplja na dnu dimnjaka.

Eventualni prijedlog zamjene energenta povezan je s detaljnim simulacijama potrošnje energenta, nije uvijek provediv i obično su uz zamjenu energenta povezani i troškovi izrade projekta, gradnja nove kotlovnice, ali i uređenje kotlovnice u skladu sa zahtjevima odgovarajućih pravilnika, što se posebno odnosi na slučaj prelaska na loženje plinom.

Česta su razmišljanja o korištenju biomase za zagrijavanje ovakvih objekata, s obzirom na relativno nisku cijenu drvenih cjepanica, peleta, ponekad dostupne sječke ili drugih oblika biomase. Tu je potrebna detaljna studija u kojoj treba utvrditi mogućnost trajne dobave takvog goriva, prostorne uvjete za skladištenje, troškove gradnje, razinu automatizacije rada postrojenja, potrebno kvalificirano osoblje i s time vezane troškove i sl.

Mjere vezane na elektrotehničke sustave najčešće obuhvaćaju zamjenu rasvjetnih tijela sa žarnim nitima energetski učinkovitim kompaktnim fluorescentnim lampama ili u novije vrijeme rasvjetnim tijelima s led diodama. Tu su vremena povrata ulaganja

relativno kratka. Ugradnja senzora prisutnosti koji gase rasvjetu u prostoru u vrijeme kad u njemu nitko ne boravi nešto je manje isplativa, jer zahtijeva nešto veći opseg radova, a većina prostora u takvim objektima je skoro uvijek zaposjednuta. Povoljnom se uvijek pokazuje i mjera ugađanja uredske opreme (računala, monitori, kopirni uređaji i sl.) za rad u ekonomičnom načinu rada nakon kraćeg razdoblja bez korištenja, ali takva mjera u ovdje spomenutim objektima nema značajnog učinka jer se uvijek uglavnom radi o manjem broju takve opreme. Kompenzacija jalove energije je mjera koja se brzo isplati na ovakvim objektima.

Ponekad se može pokazati opravdanom mjera prelaska na drukčiji obračunski model (npr. mjerenje potrošnje na srednjem umjesto na niskom naponu), ako za to postoje tehničke mogućnosti i takva se mjera može relativno brzo isplatiti. O takvoj mjeri potrebno je prethodno se konzultirati sa stručnim službama elektrodistributivnog poduzeća.

6.6.1. Primjer 1: Domovi za starije i nemoćne osobe

Prikazuju se rezultati studije [1] izrađene za potrebe UNDP-a. Objekt Doma za starije i nemoćne osobe „Sveta Ana“ na adresi Islandska 2 u Novom Zagrebu sastoji se od dva dijela: stambenog sa 176 i bolesničkog sa 117 kreveta. Stambeni dio Doma ima 134 jednokrevetne i 21 dvokrevetnu sobu. Osim soba Dom ima nekoliko prostora za dnevni boravak, glazbenu i sportsko-rekreacijsku dvoranu, brijačko-frizerski salon, dvorane za okupacijsku terapiju, knjižnicu i kapelicu. U sklopu doma su kuhinja, restoran i praonica rublja.

U domu je smješteno oko 300 korisnika koji tu stalno borave tako da je radno vrijeme doma 24 sata na dan. U domu je ukupno zaposleno 102 djelatnika.

Objekt ima pet nadzemnih etaža (prizemlje, 1. – 4. kat), a samo ispod jednog manjeg dijela u središnjem dijelu objekta je podrum. Ukupna korisna površina objekta je oko 11.400 m^2. Objekt je prilično razvedenog oblika s velikom površinom vanjskih ploha. Najveći dio vanjskih zidova čine tzv. sendvič zidovi koji su sačinjeni od armirano betonskih nosivih zidova, toplinske izolacije i završne obloge od fasadne cigle. Objekt ima dijelom ravni krov, a dijelom je natkriven negrijanim tavanom.

Svi prostori doma griju se centralnim radijatorskim grijanjem iz vrelovodne toplinske podstanice tvrtke HEP –Toplinarstvo.

Za kuhinju i praonicu rublja ugrađena je i ventilacija, a unazad nekoliko godina izvedena je i nova ventilacija restorana. Sanitarije imaju odsisnu ventilaciju koja se vertikalama vodi na krov. Sobe se prozračuju prirodnim putem kroz za to predviđene otvore ispod prozora. Za prostore kuhinje i restorana ugrađeno je hlađenje split rashladnim uređajima. Također, split rashladni uređaji su ugrađeni u još nekoliko prostorija (dnevni boravak, sala za sastanke, čajna kuhinja, kancelarija i nekoliko soba) kako bi se barem djelomično održavala temperatura prostorija u ljetnom razdoblju. Toplinska energija za sve termotehničke sustave (osim split rashladnih uređaja) dobiva se iz toplinske podstanice u prizemlju na sjevernoj strani objekta.

Slika 6.91 Pročelje zgrade Doma za starije i nemoćne osobe „Sv. Ana“

Potrošnja električne energije, toplinske energije i vode za cjelokupni objekt dobivana je temeljem računa za razdoblje 2005. – 2007. godine i prikazana u tablici 6.47.

Tab. 6.47 Potrošnja energije i vode svih objekata

Potrošnja energenata/godina	2005. godina	2006. godina	2007. godina	Prosjek
Električna energija, kWh	520.927	494.791	619.204	544.974
Toplinska energija, MWh	3.105	2.661	2.534	2.766,7
Voda, m^3	33.747	40.550	44.522	39.606

Indeksi potrošnje izračunati su temeljem ukupne proračunske korisne površine objekta od 11.400 m^2, te zbroja zaposlenih osoba i korisnika koji iznosi 402, te su prikazani u tablici 6.48.

Tab. 6.48 Indeksi vezani uz potrošnju

Indeks potrošnje električne energije, kWh/m^2	47,80
Indeks potrošnje električne energije, kWh/osoba	1.355,66
Indeks potrošnje toplinske energije, kWh/m^2	243,6
Indeks potrošnje toplinske energije, kWh/os	690,7
Indeks potrošnje hladne vode, m^3/osoba	98,52

Potrošnja električne energije, a time i prikazani indeksi predstavljaju vrijednosti koje su nešto više od onih koje bi se uz primjenu mjera energetske učinkovitosti mogle ostvariti. Uštede električne energije se prema prijedlozima iznesenim u ovom izvješću mogu ostvariti modernizacijom rasvjete i pravilnim korištenjem uredske opreme, a očekivani učinak je oko 5,8% manja potrošnja električne energije.

Indeks potrošnje toplinske energije po jedinici površine građevine obuhvaća potrošnju toplinske energije za grijanje i pripremu potrošne vode. Ovaj indeks ukazuje na visoku potrošnju energije. Stanje potrošnje topline utvrđeno pregledom nikako nije bilo povoljno.

Potrošnja vode je većim dijelom posljedica potreba povezanih sa strukturom korisnika, te se na nju, a time i na indeks potrošnje vode ne može značajno utjecati.

Za potrošnju električne energije usvojena je emisija CO_2 od 0,53 kg/kWh prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada iz 2008. godine koji je tada bio na snazi. Toplinska energija iz toplane troši se za zagrijavanje objekata i potrošne vode. Emisija CO_2 iznosi 0,33 kg za 1 kWh isporučene toplinske energije iz toplane, također prema podacima iz istog Pravilnika. Radi prikaza usporedivog s objektima na drugim lokacijama, podaci o potrošnji energije za transport vode korišteni su prema GHG protokolu (0,955 kWh/m^3). S tom vrijednošću potrošnje energije emisija CO_2 iznosi 0,50615 kg/m^3 dobavljene hladne vode. Rekapitulacija emisija CO_2 dana je u tablici 6.49.

Tab. 6.49 Rekapitulacija emisija CO_2 u postojećem stanju potrošnje

Emisija CO_2 kg/godina	2005.	2006.	2007.	Prosjek
Za električnu energiju	276.091	262.239	328.178	288.836
Za toplinsku energiju	1.024.650	878.130	836.220	913.000
Za transport vode	17.081	20.524	22.535	20.047
UKUPNO kg CO_2/god	**1.317.822**	**1.160.893**	**1.186.933**	**1.221.883**

Godišnja proračunska potrošnja topline za grijanje zgrade (bez potrošne vode) iznosi 2.169.979,47 kWh.

Proračunska ploština korisne površine zgrade iznosi 11.400 m^2.
Time godišnja potrebna toplina po m^2 proračunske ploštine korisne površine zgrade iznosi 190,3 kWh/m^2, Prema Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada, navedena zgrada svrstava se u energetski razred E.

Opis predloženih mjera

U izvješću o provedenom energetskom pregledu objekta koji je izradio Tehnički fakultet u Rijeci predložene su tri građevinske mjere i to: toplinska izolacija vanjskih zidova ugradnjom 10 cm dodatne toplinske izolacije (mjera G1), toplinska izolacija krovova prema terasama ugradnjom 15 cm dodatne toplinske izolacije (mjera G2-2) te zamjena prozora i stakala na način da se dobije ukupni koeficijent prolaska topline 1,2 W/m^2K (mjera G3).
Predložene mjere u elektrodijelu su modernizacija rasvjete zamjenom klasične rasvjete sa žarnim nitima, zamjenom energetski neučinkovitih starih fluorescentnih armatura i zamjenom klasičnih elektromagnetskih predspojnih naprava elektronskim (mjera E1), te ugađanje uredske opreme (mjera E2).

Kao najučinkovitije mjere u dijelu termotehničkih instalacija predložene su sljedeće mjere: ugradnja termostatskih ventila i detentora na sve radijatore čime bi se spriječilo očigledno prisutno pregrijavanje prostora (mjera S1), rekonstrukcija sustava pripreme potrošne vode ugradnjom solarnih kolektora (mjera S2) i izolacija staklenih stijena iza radijatora na način da se spriječi nepotrebno zračenje prema okolini (mjera S3). Također je predložena mjera zamjene postojećih slavina i tuš baterija u sanitarnim prostorima i kupaonicama novima s manjim protokom vode, tj. s ugrađenim perlatorima (mjera O1). Razmatrane su još i neke mjere koje nisu predložene u elaboratu. Prva od tih mjera je ugradnja automatskih vrata na ulazu, jer je kod pregleda uočeno da su sva vrata na vjetrobranu u ulaznom hallu istovremeno otvorena i kod niskih vanjskih temperatura.
Druga od mjera, koja zbog realnih očekivanja da se u zatečenom stanju objekta neće provoditi, vezana je na ventilaciju sanitarija. U objektu je predviđen centralni odsis zraka iz kupaonica. Ventilacijske vertikale sanitarnih čvorova povezuju se na limene kanale u potkrovlju, a ventilatori rade 24 sata dnevno. Ukupna količina zraka je oko 15.000 m^3/h. Taj se zrak mora ugrijati radijatorima u sobama. Time se ostvaruje ventilacija soba, što je poželjno. Navedena količina zraka a time i potrošnja energije za zagrijavanje zraka mogla bi se smanjiti ugradnjom motornih zaklopki ili motoriziranih ventila za odsisni zrak u kupaonicama, koje bi se otvarale samo kad se kupaonica koristi (upravljanje prekidačem za rasvjetu uz vremensko zatezanje). Da bi ova regulacija bila korisna i da bi se održao ujednačen protok zraka u svim kupaonicama, bez obzira na broj otvorenih ventila, trebalo bi predvidjeti automatsku regulaciju konstantne razlike tlakova ispred i iza ventilatora promjenom broja okretaja ventilatora i to inverterom. Time bi ventilatori osiguravali konstantan statički tlak u sustavu i ujednačen protok u svakoj kupaonici, bez obzira na broj kupaonica koje se koriste. Procjena investicije za ovu rekonstrukciju bila je oko 300.000 kn, pa zbog relativno visoke cijene nije uveden u popis predloženih mjera, ali je predloženo da se o njoj razmisli kod prve veće rekonstrukcije ventilacijskog sustava.

Tablica 6.50. daje sumarni pregled predloženih mjera. U obzir je uzeta međuovisnost mjera, tako da se prikazana ušteda primjenom mjere S1 odnosi na stanje građevina nakon primjene mjera G1, G2-2 i G3.

Tab. 6.50 Rekapitulacija predloženih mjera za dom Sveta Ana

Mjera	Opis	Invest.	Procijenjene uštede			Jednost. razdoblje povrata	Smanj. emisije CO_2
		(kn)	kWh_e/g	kWh_t/g	kn/g	godina	tona/g
G1	Toplinska izolacija vanjskih zidova	660.000	-	181.000	36.572	18	59,7
G2-2	Toplinska izolacija krovova prema terasama	150.000	-	117.000	33.287	4,5	8,82
G3	Zamjena prozora i staklenih stijena	1.000.000	-	369.000	74.671	13,4	121,77
E1	Modernizacija rasvjete	44.550	30.648	-	24.366	1,8	16,24
E2	Ugađanje uredske opreme	-	1.197	-	967	-	0,63
S1	Ugradnja termostatskih ventila	294.700	-	70.608	14.200	20,8	23,3
S2	Ugradnja solarnih kolektora	690.000	-	214.362	43.304	15,9	70,74
S3	Izolacija staklenih stijenki iza radijatora	11.600	-	11.350	1.675	6,9	3,75
O1	Zamjena slavina i tuš baterija	372.000	124.985	2.149	51.585	7,2	42,33
UKUPNO		**3.222.850**	**156.830**	**965.469**	**280.627**	**11,48**	**347,28**

Relativno dugo vrijeme razdoblja povrata ulaganja u mjere energetske učinkovitosti posljedica je vrlo niske cijene toplinske energije, isporučene iz kogeneracijske termoelektrane - toplane.

Kao što je bilo utvrđeno, dom Sveta Ana troši 2,77 GWh, a godišnji troškovi su oko 530.000 kn ili 190,85 kn/MWh što ukazuje na vrlo povoljnu cijenu energije. Bez obzira na to, u izvješću su bile predložene gore navedene mjere jer pored ekonomskih učinaka doprinose i smanjenju emisija CO_2.

Uslijed primjene građevinskih mjera G1, G2-2 i G3 godišnja potrebna toplina bi iznosila 1.502.979,47 kWh (što daje 131,84 kWh po m^2 ploštine korisne površine zgrade), Prema tablici iz Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada (Tab. 1.4) time bi se zgrada svrstala u energetski razred D.

Kod korištenja skupljih energenata, mjere energetske učinkovitosti se brže isplaćuju. Za usporedbu može poslužiti sljedeće razmatranje:

Sličan dom za starije i nemoćne osobe u Zagrebu (dom za stare i nemoće osobe Peščenica), razmatran u studiji [2], također izrađenoj za potrebe UNDP-a, troši 2,1 GWh toplinske energije a grije se iz vlastite plinske kotlovnice, pri čemu su godišnji troškovi za plin u vrijeme izrade studije bili oko 680.000 kn ili 323,8 kn/MWh. U tablici 6.51 dana je rekapitulacija mjera za taj dom, kako bi se usporedbom učinaka mjera mogao uočiti utjecaj cijene osnovnog energenta na isplativost predloženih mjera.

Tab. 6.51 Rekapitulacija predloženih mjera za dom Peščenica

Mjera	Opis	Invest.	Procijenjene uštede			Jednost. razdoblja povrata	Smanj. emisije CO_2
		(kn)	kWh_e/g	Plin (m^3)	kn/g	godina	tona/g
G1	Toplinska izolacija vanjskih zidova	1.200.000	-	18.964	46.083	26	36,03
G3	Zamjena prozora i staklenih stijena	625.000	-	26.450	64.274	9,7	50,26
E1	Modernizacija rasvjete	273.775	129.175	-	101.015	2,7	67,88
E2	Ugađanje uredske opreme	0	1.849	-	1.446	0	0,98
S1	Ugradnja termostatskih ventila	283.500	-	10.870	26.414	10,7	20,65
S2	Ugradnja solarnih kolektora	690.000	-	26.263	63.819	10,8	49,9
S3	Ugradnja ekonapa	400.000	-	40.225	97.747	4,1	76,43
S4	Izolacija staklenih stijenki iza radijatora	6.800	-	2.285	5.553	1,2	4,34
S5	Ugradnja kondenzacijskih kotlova	670.000	-	22.210	53.973	12,4	42,20
O1	Zamjena slavina i tuš baterija	360.000	-	2.078	56.223	6,4	29,19
UKUPNO		**4.509.075**	**131.024**	**149.345**	**516.547**	**8,7**	**377,86**

LITERATURA:

[1] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija i izvješće o energetskom pregledu za dom za stare i nemoćne osobe Sveta Ana u Zagrebu, Tehnički fakultet u Rijeci, 2009.
[2] Pavković, B. et al.: Preliminarna energetska studija i izvješće o energetskom pregledu za dom za stare i nemoćne osobe Peščenica u Zagrebu, Tehnički fakultet u Rijeci, 2009.

6.7. HOTELI I SLIČNE ZGRADE ZA KRATKOTRAJNI BORAVAK, ZGRADE UGOSTITELJSKE NAMJENE

Složenost sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije te pripreme potrošne vode u hotelima i ugostiteljskim objektima uvelike će ovisiti o ponudi koja je na raspolaganju gostima za vrijeme boravka. Sukladno tomu hoteli podliježu kategorizaciji koja se u Republici Hrvatskoj vrši prema Pravilniku o razvrstavanju, kategorizaciji i posebnim standardima ugostiteljskih objekata. Hoteli visokih kategorija moraju zadovoljiti određene, vrlo visoke standarde. Prema hrvatskim standardima hoteli mogu imati dvije, tri, četiri ili pet zvjezdica. Ovakav način kategorizacije važi za postojeće hotele, dok novoizgrađeni hoteli mogu biti kategorizirani s tri, četiri ili pet zvjezdica.

Hotelima s dvije zvjezdice obično upravljaju sami vlasnici. Hoteli ove kategorije su najčešće građeni na dvije do četiri etaže. Smješteni su u blizini jeftinijih atrakcija, glavnih raskrižja cesta i nadomak javnog prijevoza. Namještaj i ostali sadržaji svode se na najosnovnije. Većina hotela ove kategorije nema vlastiti restoran, bazen niti prostor predviđen za rekreaciju. Termotehnički sustavi ovih objekata čine sustav grijanja i pripreme potrošne tople vode, tek ponegdje (no nije uvjet!) lokalne jedinice za hlađenje. Ventilacija prostorija vrši se prirodnim provjetravanjem.

Hoteli i ugostiteljski objekti, bez obzira na kategoriju, koji posluju samo ljeti, ne moraju imati sustav grijanja. Također, provjetravanje prostorija hotela, neovisno o kategoriji, dopušteno je izvesti prirodnim ili mehaničkim putem.

Hoteli s tri zvjezdice u pravilu nude nešto prostraniji smještaj koji se odlikuje dobro opremljenim sobama i uređenim predvorjima. U sklopu hotela obično se nalaze restorani srednje veličine koji su otvoreni od doručka do večere. Usluga parkiranja, fitness centri i bazeni često su dostupni. Hoteli s tri zvjezdice kao i u slučaju hotela s dvije zvjezdice moraju imati sustav pripreme potrošne tople vode, hlađenje u prostorijama za blagovanje te hlađenje soba s individualnom regulacijom temperature, ako se radi o novom objektu. U većini slučajeva ovi hoteli posjedovat će sustav grijanja.

Hoteli s četiri i pet zvjezdica su uglavnom veliki, formalni hoteli s profinjenim prostorom recepcije te uslugom. Najčešće su smješteni u blizini drugih hotela iste kategorije i središta grada. Razina usluge znatno je iznad prosječne, a sobe su dobro osvijetljene i namještene otmjenim namještajem. Hoteli ove kategorije imaju jedan ili više vlastitih restorana na raspolaganju, uslugu parkiranja u garaži, a dostupni su i fitness i SPA centri, klimatizirane kongresne prostorije, te jedan ili više grijanih bazena. Uvjet je kontrola temperature u svim prostorijama koje se hlade i uređajima za čuvanje hrane.

Sustavi grijanja, hlađenja ventilacije i klimatizacije u hotelima i ugostiteljskim objektima imaju drugačiji način pogona u odnosu na zgrade poslovne namjene. Dok je vrijeme i istovremenost korištenja ureda poslovnih zgrada uglavnom monotono (ponedjeljak-petak od 8 do 15 h), hotelske sobe su različito korištene. Iz razloga što prosječna istovremenost korištenja hotelskih soba iznosi tek oko 60% termotehnički sustavi moraju biti u mogućnosti pružiti fleksibilan pogon; rad u različitim opterećenjima te održati funkcionalnost prije isključenju/uključivanju pojedinih dijelova postrojenja. Također, hoteli i poslovne zgrade razlikuju se i po vremenu rada termotehničkih sustava. Dok se u slučaju poslovnih zgrada rad noću i vikendom/blagdanima uglavnom izbjegava, u slučaju hotela sustavi su u pogonu cijelog dana tijekom cijele godine.

Sustavi grijanja, klimatizacije i ventilacije hotela u pravilu se sastoje od centralnog sustava za pripremu zraka i lokalnog sobnog uređaja s izmjenjivačem za potrebe grijanja i/ili hlađenja zraka. Centralni sustav pripreme zraka sustavom kanala dovodi pripremljen zrak u svaku sobu. Zrak se u sobu ubacuje u prostor spavaće ili dnevne sobe (ventilacijski kanal dovodnog zraka nalazi se u spuštenom stropu hodnika), a odsisava preko kupaonice. Upravo radi mogućnosti lokalnog isključivanja/uključivanja pojedinog sustava grijanja/hlađenja u hotelima se uglavnom koriste ventilokonvektori ili sobni klima uređaji. U slučaju lokalnog grijanja s centralnom ventilacijom, dovedeni zrak se u ovisnosti o temperaturi vanjskog zraka i temperature u prostoriji zagrijava radijatorom postavljenim ispod prozora. U slučaju klimatizacije ventilokonvektorom, dovedeni zrak iz centralnog sustava zagrijava se ili hladi dvocijevnim/četverocijevnim ventilokonvektorom najčešće postavljenim u spušteni strop hodnika. Temperatura zraka u prostoriji i rad ventilokonvektora regulira se lokalno termostatom postavljenim u prostoriju. Raspon regulacije temperature u pravilu je uzak, svega 0,5 do 1°C u odnosu na centralno postavljenu temperaturu. Ponekad se za klimatizaciju soba u hotelima koriste i indukcijski uređaji stalnog protoka zraka koji su najčešće smješteni ispod prozora te indukcijski uređaji s promjenjivim protokom zraka koji su smješteni pod stropom hodnika. U tom slučaju svježi zrak se iz centralnog sustava kanalima dovodi do indukcijskog uređaja, miješa se s recirkulirajućim zrakom iz prostorije te se po potrebi grije ili hladi te ubacuje u sobu. Kada se radi o uređaju s promjenjivim protokom zraka, količina zraka koji se ubacuje u sobu te zraka koji se istovremeno odsisava iz kupaonice regulira se klapnama za prigušivanje (opremljene elektromotorima) postavljenim u dovodni i odsisni kanal. Količina zraka koja će se ubaciti/odsisati iz prostora može se regulirati po želji, lokalno ili centralno (Direct Digital Control regulatorima). Temperatura u prostoru regulira se termostatom koji ventilom djeluje na dotok hladne ili tople vodi u izmjenjivače u indukcijskom uređaju. Sukladno broju soba u hotelu koji se ne koristi, smanjit će se ukupna potrebna količina svježeg zraka koji je potrebno pripremiti i distribuirati u i iz prostorije. Primjenom ventilatora s

elektromotorima promjenjive brzine vrtnje moguće je uštedjeti između 20 i 30% energije u odnosu na klasične sustave.
Što se tiče potrošnje energije u hotelima i njene strukture ona se značajno razlikuje od slučaja do slučaja, te je nemoguće sa sigurnošću odrediti njene jasne granice. Potrošnja energije hotela i zgrada ugostiteljske namjene u prvom redu ovisi o kategoriji, odnosno sadržajima koje hotel nudi i sezoni rada (rad samo u ljetnoj sezoni ili tijekom cijele godine). U odnosu na ostale zgrade, posebice poslovne, značajan dio energije u hotelima potroši se za potrebe zagrijavanja tople vode. Iz toga razloga preporuča se upotreba sunčevih kolektora te dizalica topline u sprezi s raznim dostupnim izvorima energije (morska voda, podzemna voda, bušotinski izmjenjivači topline ili pak zrak) čija će primjena u pravilu biti financijski opravdana.

6.7.1. Primjer 1: hotel u Lovranu

Zgrada hotela Excelsior projektirana je i izgrađena 1986. godine u tada dominantnom stilu moderne arhitekture i za to razdoblje karakterističnim ravnim krovom. Proteže se kroz jedanaest etaža na bruto površini od 24.000 m^2. Hotel ima kategoriju 4 zvjezdice.
U suterenu zgrade smještena je garaža hotela. Na etaži prizemlja, prvom i četvrtom katu smješten je veći dio različitih sadržaja hotela: trim-dvorana, aperitiv bar, taverna uz grill, prostor za čuvanje djece (sala za sastanke), kongresna dvorana, kuglana i biljarska dvorana, aperitiv bar, mala dvorana, poslovni prostori, zatvoreni bazen, kontrolna soba i 6 hotelskih soba, kavana, Moca bar, recepcija i TV dvorana, aperitiv bar, 7 ureda i 6 trgovina. Na drugom katu smještena su dva restorana, kuhinja, skladište kuhinje, noćni klub i 6 hotelskih soba. Ostale etaže su popunjene hotelskim sobama. Hotel ukupno sadrži 169 soba i 9 apartmana. Raspolaže s 333 kreveta i 179 pomoćna ležaja.

Slika 6.92 Hotel Excelsior u Lovranu

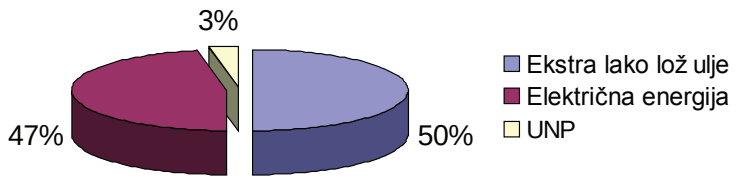
Hotel je zatvoren u zimskim mjesecima (od studenog do ožujka), izuzev razdoblja božićnih i novogodišnjih praznika.
Zadnji put hotel je renoviran 2005. godine kada mu je uređena unutrašnjost, pri čemu je na većem djelu objekta radijatorsko grijanje zamijenjeno ventilokonvektorima koji se koriste za grijanje i za hlađenje.
Objekt je spojen na elektrodistributivnu mrežu, vodovod i telefon. Ukapljeni naftni plin (UNP) smješten u nadzemnom spremniku volumena 5 m^3 koristi se za potrebe kuhanja.
U tablici 6.52 prikazana je ukupna i specifična potrošnja energije izražena po m^2 površine objekta (21.000 m^2) za referentnu godinu (prosjek potrošnje energije u 2005., 2006. i 2007. godini).

Tab. 6.52 Potrošnja energije i vode u referentnoj godini

Energent	Potrošnja [kWh/god] ili [m³/god]	Specifična potrošnja [kWh/(m²god)]	Specifični trošak [kn/kWh] ili [kn/m³]	Trošak [kn/god]
Električna energija	1,179.670	56,20	0,662	780.965,94
Ekstra lako loživo ulje	1,259.829	60,00	0,70	881.880,00
UNP	63.972	3,00	0,32	20.471,00
Voda	22.544	-	10,00	225.440,00

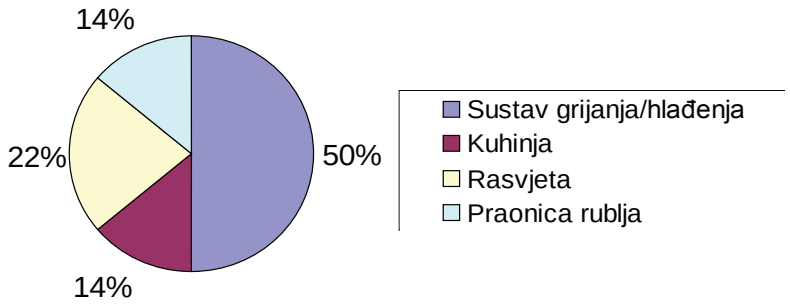
Napomena: specifični i ukupni trošak za električnu energiju odnosi se na promatrano razdoblje 2005.-2007., dok su cijene loživog ulja, ukapljenog naftnog plina i vode navedene za srpanj 2008.

Ukupna potrošnja električne energije, ulja i propan-butan plina izražena u kWh za referentnu godinu iznosi 2.503.471 kWh, od čega 50,3% otpada na ulje, 47,1% na električnu energiju, te 2,6% na propan-butan plin (slika 6.93).



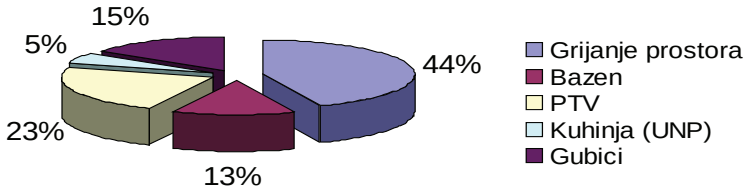
Slika 6.93 Struktura potrošnje energenata

Specifična potrošnja energije objekta od 119,2 kWh/m² je zadovoljavajuća. U navedenom potrošnji znatan postotak čini električna energija. Ako se izuzme električna energija, dobiva se specifična potrošnja toplinske energije, koja iznosi 63 kWh/m². Ne treba zaboraviti da je hotel, osim za božićnih i novogodišnjih blagdana, u zimskim mjesecima zatvoren.
Struktura potrošnje električne energije prikazana je na slici 6.94. Oko 50% električne energije potroši se za potrebe grijanja, hlađenja, klimatizacije, ventilacije i pripreme potrošne tople vode, 22% za rasvjetu te po 14% u kuhinji i u praonici rublja.



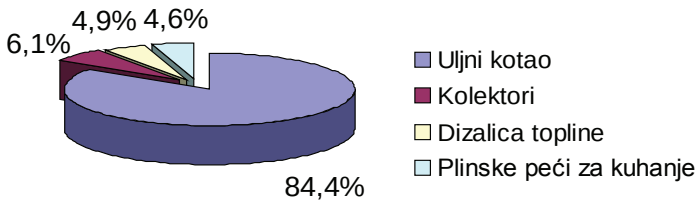
Slika 6.94 Struktura potrošnje električne energije

U slučaju potrošnje toplinske energije, odnosno ekstra lakog loživog ulja i ukapljenog naftnog plina, 44% se potroši za potrebe grijanja prostorija, 23% za potrebe pripreme potrošne tople vode, 15% na gubitke u sustavu proizvodnje, distribucije i predaje topline, 13% zagrijavanje prostora i vode u bazenu te 5% za potrebe pripreme hrane u kuhinji (slika 6.95).



Slika 6.95 Struktura potrošnje toplinske energije

Slika 6.96 prikazuje udjele energenata u ukupnoj proizvodnji toplinske energije u hotelu. Vidljivo je da 84,5% od ukupne proizvodnje toplinske energije dolazi iz uljnih kotlova, što je izuzetno veliki postotak s obzirom da termotehničko postrojenje koristi 200 m^2 solarnih kolektora za zagrijavanje PTV-a, a dizalica topline također ima mogućnost predgrijavanja kako PTV tako i vode za zagrijavanje prostora.



Slika 6.96 Prikaz udjela modelirane potrošnje toplinske energije po energentima

Godišnji potencijal toplinske energije iz solarnih kolektora (modelirana godišnja proizvodnja toplinske energije s 200 m^2 solarnih kolektora za područje Rijeke) iznosi 110.000 kWh/god. Izuzevši zimske mjesece potencijal iznosi 85.000 kWh. U slučaju da se sva proizvedena toplina iskoristi za zagrijavanje PTV-a, to bi značilo uštedu od 66.300,00 kn/godinu, odnosno oko 10.000 litara loživog ulja godišnje.

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Zgrada je izgrađena kao armirano betonska skeletna konstrukcija. Zidovi su izvedeni od blok opeke. Krov je u jednom dijelu ravan, dok je po obodu objekta kos, prekriven crijepom. Prozori su aluminijski i datiraju iz vremena gradnje objekta.
Budući da građevinska dokumentacija iz koje bi se mogli vidjeti sastavi zidova, podova i stropova, nije bila dostupna, tijekom izrade elaborata, koeficijenti prolaska topline ovojnice hotela uzeti su iz literature koja je vrijedila u vrijeme gradnje objekta.

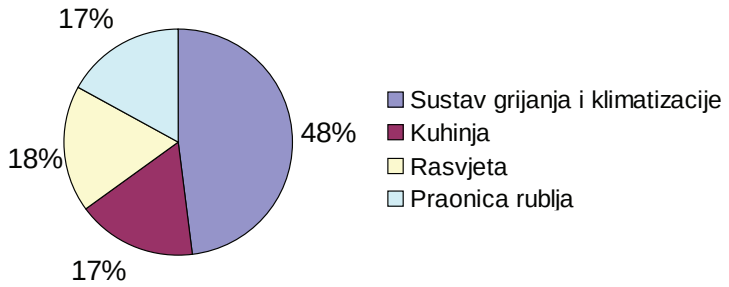
Tab. 6.53 Karakteristike elemenata konstrukcije vanjske ovojnice hotela Excelsior

Dio ovojnice zgrade	Koeficijent prolaska topline [W/m^{2}K]	Koeficijent prolaska topline NN 79/05 [W/m^{2}K]
Zid	0,79	0,45
Pod	0,68	0,50
Strop	0,57	0,30
Prozori	2,5	1,8

U pogledu minimalne toplinske zaštite i najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline U (W/m^{2}K) Tehničkog propisa o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05), predmetni građevinski dijelovi ne zadovoljavaju zadanim zahtjevima. Treba međutim naglasiti, da iako građevinski dijelovi ovojnice zgrade nemaju toplinska svojstva koja su propisana, ona od njih ne odstupaju značajno.

Sustavi potrošnje električne energije

Ukupna instalirana električna snaga potrošača u hotelu Excelsior iznosi 954 kW. 48% ukupne instalirane električne snage pripada grupi potrošača u sustavu grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije (elektromotori pumpi, ventilatora, kompresora i električni grijači), oko 18% u sustavu rasvjete, te 17% na potrošače u kuhinji i 17% na ostale potrošače u praonici rublja (perilice, sušilice, pegle).



Slika 6.97 Udio instalirane električne snage pojedinih grupa potrošača

Sustav rasvjete hotela Excelsior mogao bi se podijeliti na dva dijela, novi i stari. Novi sustav, obuhvaćen rekonstrukcijom 2005. godine, te stari, koji je ostao u izvornom stanju, projektiran i izveden prilikom gradnje hotela 1986. godine.
Naime, 2005. godine hotel je renoviran, te je tom prilikom rekonstrukcijom obuhvaćen i veliki dio sustava rasvjete. Nova rasvjeta izvedena je u svim onim prostorijama i dijelovima hotela koji su namijenjeni smještaju gostiju, dok je stari sustav rasvjete zadržan u servisnim i pomoćnim prostorima koje koristi osoblje hotela.
Novi sustav rasvjete, projektiran i izveden 2005. godine, u potpunosti odgovara prostoru, te ispunjava zahtjeve koji se danas stavljaju pred moderne sustave rasvjete, kako u pogledu tehničkih karakteristika i kvalitete svjetla tako i u pogledu energetske učinkovitosti. Ugrađene su moderne svjetiljke s, uglavnom, štednim ili halogenim žaruljama. S obzirom na relativno kratko razdoblje korištenja, novi sustav rasvjete je u očekivano besprijekornom stanju.
Stari, izvorni sustav rasvjete ima čisto funkcionalnu i praktičnu ulogu osvjetljavanja bez potrebe za ispunjavanjem estetskih zahtjeva, kao u prvom slučaju. Sukladno tome, stari sustav rasvjete čini rasvjeta fluorescentnim cijevima i svjetiljkama s klasičnim žaruljama. Na pojedinim mjestima su, zbog dotrajalosti ili djelomične rekonstrukcije, stare fluorescentne svjetiljke zamijenjene novima. Stanje ovoga dijela sustava rasvjete je u skladu s njegovom starošću, te su uočljivi tragovi dugogodišnjeg korištenja.
Ukupna instalirana snaga rasvjete u hotelu iznosi 173,5 kW. Najveći dio čini halogena rasvjeta sa 67,2 kW, što predstavlja 38,7% ukupne instalirane snage rasvjete. Energetski učinkovitu rasvjetu čine štedna rasvjeta s 33,2 kW ili 19%, te rasvjeta fluorescentnim cijevima na koju otpada 31% ili 53,2 kW. Ostatak od 19,8 kW ili 11,3% otpada na energetski neučinkovitu rasvjetu klasičnim žaruljama sa žarnom niti. U iznosu instalirane snage kod fluorescentne rasvjete uračunata je i potrošnja magnetskih prigušnica koje su neizostavni dio svake svjetiljke s fluorescentnim cijevima. Naime, kao primjer može se navesti svjetiljka s jednom i dvije 65 W T8 fluorescentne cijevi i magnetskom prigušnicom. Takva svjetiljka s modernijim magnetskim prigušnicama troši u prvom slučaju dodatnih 9 W, a u drugom slučaju 15 W, tako da cijela svjetiljka ukupno troši 74 W, odnosno 145 W. Većina fluorescentne rasvjete koristi po dvije cijevi snage 36 W, što rezultira ukupnom snagom od 80 W po svjetiljci.

Sustav grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode (PTV)

Sustav grijanja zgrade i pripreme potrošne tople vode izveden je pomoću uljne kotlovnice, s dva kotla, svaki snage 1,594 MW. Energent za kotlovnicu je ekstra lako loživo ulje (LUEL), smješteno u ukopani dvoplašni spremnik kapaciteta 50 m^3.
Zagrijana voda temperature 90°C distribuira se toplovodnim razdjelnikom do grijača klima komora, grijača PTV-a i ventilokonvektora. Kotao se napaja omekšanom vodom, pripremljenom u ionskim omekšivačima.

Većina prostorija hotela grije se i hladi ventilokonvektorima (parapetne, kazetne, kanalne i podstropne izvedbe) koji su spojeni na četverocijevni, a ponegdje na dvocijevni sustav distribucije tople i hladne vode. Regulacija temperature prostora grijanih/hlađenih ventilokonvektorima moguća je na strani zraka i na strani vode. Ventilokonvektori su na razvod tople/hladne vode priključeni preko troputnih elektromotornih ventila i kuglastih slavina. Cijevna mreža posjeduje ventile za hidrauličko balansiranje. Kupaonice i prostori sanitarija griju se čeličnim cijevnim radijatorima, u obliku ljestvi, opremljeni ventilima s termostatskom glavom.

Ventilacija hotelskih soba vrši se prirodnim putem, otvaranjem prozora dok su prostori specifične namjene (bar, bazeni, restorani, kuhinja, tuševi, sanitarije, saune i drugi) opremljeni odisnom ili odsisno-tlačnom ventilacijom. Automatskom regulacijom povezanom na CNUS regulira se temperatura prostora na strani vode, a omjerom svježeg i recirkuliranog zraka upravlja osjetnik kvalitete i temperature zraka. Elektromotor ventilatora u tlačnoj klima komori ima promjenjivu brzinu vrtnje.

Regulacija temperature u sobama i ostalim sadržajima hotela provodi se centralnim nadzornim i upravljačkim sustavom (CNUS), s mogućnošću korekcije temperature po prostoriji ±0,5°C. Ljetna postavka temperature prostorije iznosi 26°C, dok se zimi temperatura prostorija održava na 22°C.

Primijenjen je sustav „inteligentnih soba". Balkonska vrata (staklene stijene) i ulazna vrata opremljeni su mikroprekidačima koji iz rada isključuju ventilokonvektore kod njihovog otvaranja.

Sustav pripreme potrošne tople vode priključen je na tri različita toplinska izvora. Sustav omogućuje zagrijavanje PTV-a preko dva vertikalna bojlera, od kojih je svaki volumena 4.000 litara i učinka 94,2 kW, a koji su spojeni na toplovodni sustav uljnih kotlova koji se koriste za dogrijavanje vode. Na isti sustav spojen je i spremnik volumena 2.500 litara, učinka 71,4 kW za potrebe kuhinje.

Za zagrijavanje PTV-a koristi se i 100 sunčevih kolektora, postavljenih na krov objekta, južno orijentiranih, ukupne površine 200 m^2 (slika 6.98). Kolektori su spojeni na dva spremnika vode, svaki volumena 8.000 litara.

Elementi automatske regulacije osiguravaju dobavu pripremljene potrošne tople vode iz sustava sunčeve akumulacije ili iz akumulacije otpadne kondenzatorske topline, ovisno o tome koja ima višu temperaturu. U slučaju da je temperatura u sunčevoj akumulaciji viša, onda se po potrebi ta voda nadopunjuje vodom iz akumulacije otpadne kondenzatorske topline.

Osigurana je mogućnost povremenog zagrijavanja sustava PTV-a na 65°C, radi sprječavanja stvaranja legionele.

Slika 6.98 Sunčevi kolektori smješteni na krovu zgrade

Zagrijavanje PTV-a moguće je i pomoću dizalice topline. Za akumulaciju PTV-a se osim navedenih spremnika koriste i četiri spremnika, svaki volumena 5.000 litara. Temperatura vode u spremnicima održava se na 45°C. Samo se u spremniku volumena 2.500 litara, za potrebe kuhinje, temperatura vode održava na 60°C. Ukupni volumen svih spremnika za PTV iznosi 46.500 litara.

Za potrebe hlađenja prostorija u hotelu koristi se rashladni agregat čiji učinak hlađenja iznosi 2 x 688,5 kW (1,38 MW).

Na rashladniku se voda hladi s 12 na 7°C nakon čega se vodi do potrošača.

Rashladni agregat se koristi i kao dizalica topline. Toplina kondenzacije vodom hlađenog kondenzatora se pri tom koristi za zagrijavanje vode zatvorenog i otvorenog bazena, te pripremu PTV-a preko dva izmjenjivača topline, smještena u kondenzatorskom krugu. Kada nema potrebe za korištenjem topline kondenzacije kondenzator se preko posrednog izmjenjivača topline hladi morskom vodom. Za punjenje zatvorenog i otvorenog bazena koristi se morska voda.

Agregat ima također mogućnost prekretanja procesa i rada u režimu grijanja, u prijelaznom razdoblju jesen/proljeće. Kao

izvor topline se za dizalicu topline u tom slučaju koristi morska voda, preko izmjenjivača topline, u temperaturnom režimu 10/5°C. Temperaturni režim sustava isparivač-izmjenjivač topline na strani vode je 4/9°C. Temperaturni režim vode za grijanje je 47/42°C.

Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti

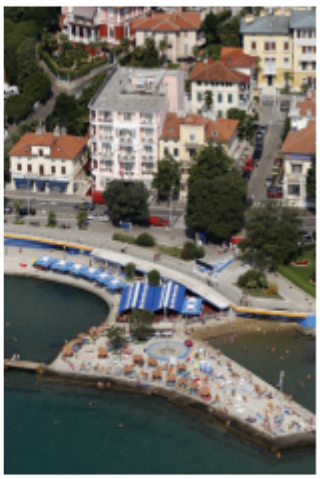
U tablici 6.54 navedene su predložene mjere ušteda. Razdoblje povrata ulaganja za rekonstrukciju automatske regulacije sustava i ugradnje mjerila toplinske energije iznosi ispod jedne godine. Slično je i sa zamjenom preostale rasvjete sa žarnom niti.

Tab. 6.54 Mjere povećanja energetske učinkovitosti

Mjere	Opis	Investicija	Procijenjene uštede		Procijenjene uštede	Razdoblje povrata ulaganja
		kn	kWh/god.	Ulje, l	kn/god.	godina
1.	Regulacija sustava grijanja i PTV-a	40.000,00	125.000	0,00	90.000,00	0,45
2.	Modernizacija klasične rasvjete	12.500,00	23.581	-	15.714,00	0,8
	Racionalnije korištenje el. uređaja	0,00	46.000	-	30.600,00	0,00
UKUPNO		**52.500,00**	**194.581**	**0,00**	**136.314,00**	**0,4**

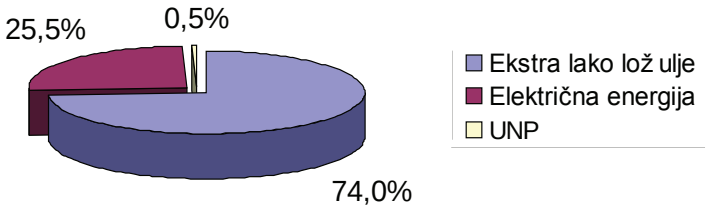
6.7.2. Primjer 2: hotel u Opatiji

Hotel Mozart (eks Esplanade) nalazi se u Opatiji, Ulica maršala Tita 138. Povijest hotela Mozart je vrlo bogata i seže do 1896. godine. Hotel je izgrađen u mediteranskom stilu, ali je opremljen najsuvremenijom hotelskom tehnologijom pa je kategoriziran u prvu kategoriju – hotel s pet zvjezdica. Hotel ima 26 soba, 2 apartmana i rezidencijalni apartman „402" s ukupno 58 ležaja. Sve sobe su prostrane, klimatizirane, namještene secesijskim namještajem. Sobe su dvokrevetne, a podijeljene su na „one standard", „superior" i „deluxe" kategoriju. Gostima su besplatni i sadržaji novootvorenog centra Cosmetic Studio Mozart.
Hotel radi tijekom cijele godine i u njemu je zaposleno 16 djelatnika.



Slika 6.99 Hotel Mozart u Opatiji

Korisna površina grijano/hlađenog prostora prema kojoj je izračunata specifična potrošnja energije i specifični financijski trošak iznosi 2.262,00 m^2. U zgradi postoji sustav grijanja, sustav klimatizacije, ventilacije, hlađenja, pripreme potrošne tople vode (PTV), sustav pitke vode i sustav rasvjete. Od energenata u zgradi se koristi električna energija, ekstra lako loživo ulje, propan-butan plin (samo za potrebe pripreme hrane) te voda.
Pitka voda u hotelu se koristi za tuširanje, pranje ruku, ispiranje sanitarija u sobama i zajedničkim toaletima, pripremu hrane u kuhinji i pranje suđa, za saune te kao bazenska voda.
Na slici 6.100. prikazana je raspodjela potrošnje energije u zgradi. Odavde je vidljivo da 74% ukupne energije otpada na potrošnju loživog ulja, 25,5% na električnu energiju i 0,5% na plin (propan-butan).



Slika 6.100 Struktura potrošnje energenata u 2007. godini

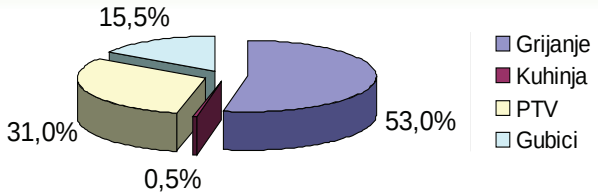
Kako prikupljeni podaci o kupljenoj količini ekstra lakog loživog ulja nisu mjerodavni za procjenu potrošnje energije za potrebe grijanja prostora, bazenske vode i pripremu potrošne tople vode u tablici 6.65 prikazana je modelirana potrošnja energenata za referentnu 2007. godinu.

Tab. 6.55 Potrošnja energije u 2007. godini

Energent	Potrošnja [kWh/god]; [m^3/god]	Specifična potrošnja [kWh/(m^{2}god)]	Specifični trošak [kn/kWh]; [kn/m^3]	Trošak [kn/god]
Električna energija	160.639	71,02	0,683	109.716,44
Ekstra lako loživo ulje	467.914	206,86	0,61	285.427,54
Plin (propan-butan)	2.176	0,96	0,32	696,32
Voda	2.322	-	13,11	30.441,42

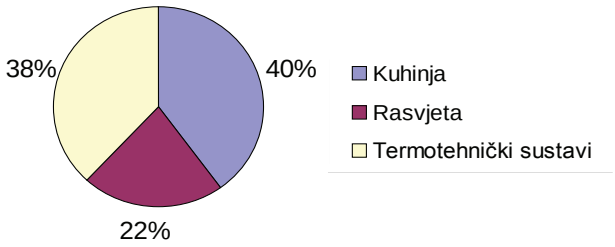
Napomena: specifični i ukupni trošak energenata i vode odnosi se na proračunsku 2007. godinu

Treba napomenuti da je u 2008. godini došlo do naglog povećanja potrošnje loživog ulja, no provedena analiza pokazuje da je najvjerojatniji uzrok tome neispravan rad kotla ili njegovog plamenika. Da bi se to utvrdilo sa sigurnošću, investitoru je preporučena provedba probnih ispitivanja kvalitete izgaranja, odnosno mjerenje toplinskih karakteristika postojećeg kotla.
Modeliranjem potrošnje toplinske energije po pojedinim potrošačima vidljivo je da se za potrebe grijanja na godišnjoj razini utroši 52,75% toplinske energije, za pripremu PTV-a 31,03%, dok 15,76% otpada na gubitke u generatoru topline (kotlu). Svega 0,46% ukupne toplinske energije potroši se na pripremu hrane u kuhinji korištenjem plina u bocama (propan-butan), slika 6.101.



Slika 6.101 Struktura potrošnje toplinske energije

S druge strane većina električne energije potroši se u kuhinji, oko 40%, dok se u termotehničkim sustavima potroši oko 38%, a za potrebe rasvjete 22%, slika 6.102.



Slika 6.102 Struktura potrošnje električne energije

Opis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Objekt hotela razvijena je arhitektonska građevina koja se sastoji od šest etaža (podrum, prizemlje i četiri kata). Zgrada hotela Mozart je čvrsta monolitna građevina. Vertikalna nosiva konstrukcija je zidana, s nosivim i obodnim zidovima od pune opeke obostrano ožbukanim ukupne debljine 65 cm. Toplinska izolacija vanjske ovojnice prema ovoj vrijednosti nije dostatna što se moglo očekivati s obzirom da je objekt izgrađen početkom 20. stoljeća, davno prije donošenja prvih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada u Hrvatskoj iz 1970. godine (Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada – Službeni list SFRJ 35/70). Zbog toga dolazi do povećanih toplinskih gubitaka zimi i do pregrijavanja prostorija u ljetnim mjesecima. Maksimalna vrijednost koeficijenta prolaska topline za vanjski zid koji propisuje Tehnički propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) iznosi 0,45 W/(m^{2}K).

Svi prozori i vanjska vrata su od PVC profila, ostakljeni dvoslojnim termoizolacijskim staklom. Ostakljenje s vanjske strane je s polureflektirajućim staklom. Prozori u suterenu imaju zaštitne rešetke od mesinga s vanjske strane. Prozori i ostakljena balkonska vrata imaju duple zastore (teške neprozirne i tanke) za zamračivanje. Stolarija je još u dobrom stanju, prozori i vrata se dobro zatvaraju i dobro brtve.

Krov zgrade je viševodni, u jednom dijelu ravan, dok je po obodu zgrade kos, obložen valovitim salonitnim pločama (prije je bio obložen bakrenim limom). Presjek krovišta je sljedeći: gipsani strop s podkonstrukcijom (debljina 5 cm), čelična konstrukcija (57 cm), drvene grede 10/14, termoizolacija (između greda 8 cm), drvena oplata (2,5 cm), hidroizolacija, salonitne ploče. Prohodni ravni dio krova kao završni dio ima betonske ploče u sloju pijeska, gdje su sljubnice ispunjene katranom. Prilikom pregleda ustanovljeno je da ploče ne izgledaju ozbiljno oštećeno, ali je vidljiv rast trave iz sljubnica betonskih ploča, što znači da je došlo do prodora vlage između ploča. Vlaga tako prodire do sloja pijeska gdje se zadržava. U zimskom razdoblju može onda doći do zamrzavanja zadržane vode i povećanja njenog volumena što može izazvati oštećenja u svim slojevima konstrukcije. Vlažni pijesak predstavlja i dobru podlogu za razvoj biljaka čije korijenje može imati jako loš utjecaj na hidroizolaciju. Zato se u svakom slučaju može preporučiti sanacija krovišta, kako kosog dijela gdje bi se zamijenile stare salonit ploče, tako i ravnog dijela gdje se može primijeniti hidroizolacija materijalima novije generacije na bazi sintetičke gume. Treba naglasiti da, iako krov nema toplinska svojstva koja su propisana, ona od njih ne odstupaju značajno.

Prema dostupnoj dokumentaciji nije poznat sastav vanjskog zida podruma (prema tlu) pa se pretpostavlja sljedeći sastav: gips

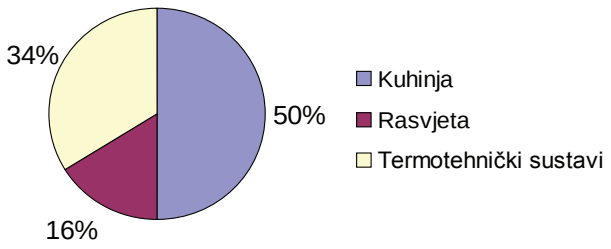
(1 cm), termoizolacija (6 cm), puna opeka (20 cm), cementna žbuka (2 cm), bitumen (1 cm) i šljunak (20 cm). Za takav sastav vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline iznosi 0,46 W/(m^2 K) što je manje od maksimalno dopuštene vrijednosti.
Pod podruma ima sljedeći sastav: kamene ploče (2 cm), cementna smjesa (3 cm), estrih (4 cm), termoizolacija (6 cm), hidroizolacija (1 cm), betonska podloga (8 cm) i lomljenac (20 cm). Za takav sastav poda podruma vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline iznosi 0,49 W(m^2 K) što je manje od maksimalno dopuštene vrijednosti.
Svi pregradni zidovi objekta su od šuplje opeke debljine 10 i 12 cm, obostrano ožbukani i oličeni. Unutrašnji zidovi oko energetskog bloka i prostorije za spremnike goriva su betonski debljine 20 cm. Zidovi kuhinje, pomoćnih prostorija uz kuhinju te u sanitarnim grupama (zahodi, tuševi) i kupaonicama obloženi su keramičkim pločicama do visine 2 m. Konstrukcija ostakljenog dijela restorana izrađena je od metalnih čeličnih profila (stupovi i krovni nosači). Čelična konstrukcija je sa stropne strane zaštićena gipsanim pločama debljine 5 cm.
Svi podovi u radnim prostorijama su topli podovi s koeficijentom prolaska topline 0,90 W/(m^{2}K) na tlu i 0,75 W/(m^{2}K) iznad negrijanih podrumskih prostora. Svi podovi na tlu i kupaonicama su hidroizolirani.
Temelji su betonski s elementima toplinske i hidroizolacije.

Tab. 6.56 Karakteristike elemenata konstrukcije vanjske ovojnice hotela Mozart

Dio ovojnice zgrade	Koeficijent prolaska topline [W/m^{2}K]	Koeficijent prolaska topline NN 79/05 [W/m^{2}K]
Zid	0,99	0,45
Zid prema tlu	0,46	0,50
Pod	0,49	0,50
Krov	0,37	0,30
Prozori	2,5	1,8

Sustavi potrošnje električne energije

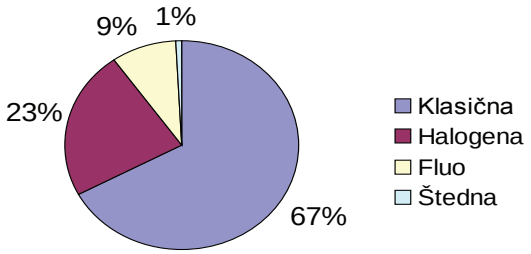
Ukupne instalirana električna snaga potrošača u hotelu Mozart iznosi 168 kW. 50% ukupne instalirane električne snage pripada grupi potrošača u kuhinji, 34% u sustavu grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije (elektromotori pumpi, ventilatora, kompresora i električni grijači), te 16% u sustavu rasvjete, slika 6.103.



Slika 6.103 Udio instalirane električne snage pojedinih grupa potrošača

Ukupna instalirana električna snaga rasvjete iznosi 26,7 kW. Najveći dio postojećeg sustava rasvjete hotela Mozart projektiran je i izveden prilikom rekonstrukcije objekta 1994. godine, s iznimkom prostora dvorane za opuštanje i dvorane za vježbanje u podrumu, koji su renovirani i otvoreni krajem 2007. godine. Rasvjeta je u objektu izvedena svjetiljkama s fluorescentnim, klasičnim, halogenim i štednim žaruljama, a prema broju i instaliranoj snazi rasvjetnih tijela, prevladava rasvjeta energetski neučinkovitim, klasičnim žaruljama sa žarnom niti. Kako je zbog stilskog uređenja hotela prednost dana estetskom doživljaju, a ne funkcionalnosti ili energetskoj učinkovitosti, upravo se u najvećem dijelu hotela, onom namijenjenom za smještaj gostiju nalazi taj tip rasvjete.
Rasvjeta fluorescentnim cijevima koristi se uglavnom u prostoru podruma i prizemlja gdje se nalaze servisni i pomoćni prostori

koje koristi osoblje hotela (kuhinja, kotlovnica, prostorije osoblja, itd.).
Halogena rasvjeta nalazi se u nedavno renoviranom i otvorenom prostoru dvorane za opuštanje i dvorane za vježbanje u podrumu, dok se štedne žarulje tek odnedavno koriste, i to isključivo u prostoru stubišta te na hodnicima katova.
Sustav rasvjete hotela u relativno je dobrom stanju, s pokojom iznimkom u servisnim prostorijama gdje su na pojedinim mjestima uočljivi tragovi dugogodišnjeg korištenja. S druge strane nedavno renoviran dio rasvjete u prostorima dvorane za opuštanje i dvorane za vježbanje u potpunosti odgovara prostoru, te ispunjava zahtjeve koji se danas stavljaju pred moderne sustave rasvjete, kako u pogledu tehničkih karakteristika tako i u pogledu kvalitete svijetla. S obzirom na relativno kratko razdoblje korištenja, novi sustav rasvjete je u očekivano besprijekornom stanju.
Najveći udio ima energetski neučinkovita rasvjeta klasičnim žaruljama s 18,0 kW, što predstavlja 67,29% ukupne instalirane snage rasvjete. Energetski učinkovitu rasvjetu čine štedna rasvjeta sa samo 0,23 kW ili 0,87%, te rasvjeta fluorescentnim cijevima na koju otpada 8,90% ili 2,4 kW. Ostatak od 6,1 kW ili 22,93% otpada na halogenu rasvjetu.



Slika 6.104 Udio električne snage pojedinog tipa rasvjete u ukupnoj instaliranoj električnoj snazi rasvjete hotela Mozart

Sustav grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode (PTV)

Grijanje objekta i priprema potrošne tople vode izvedena je centralno, pomoću toplovodnog kotla proizvođača Toplota iz 1970. godine, na ekstra lako loživo ulje, ukupnog toplinskog učinka 400 kW, u režimu 70/60°C. Regulacija rada kotla je automatizirana, pri čemu se regulira temperatura vode kotlovskog kruga i rad uljnog plamenika, te se na osnovu informacije osjetnika temperature kontrolira temperatura vode u cijevnim razvodima za ventilacijske konvektore, ventilacijske klima jedinice, cijevni razvod radijatorskog grijanja te temperatura potrošne vode u spremnicima tople vode.
Kotao se napaja vodom iz vodovoda bez ionskog omekšivača vode. Za širenje vode prilikom zagrijavanja i zadržavanja tlaka u sustavu koristi se zatvorena ekspanzijska posuda volumena 600 l.
U kotlovnici postoje tri spremnika tople vode temperature kapaciteta 3×1,25 m^3. Dva spremnika služe za potrebe sanitarne potrošne vode hotela i dvorane za opuštanje, a jedan za potrebe kuhinje. Sanitarna potrošna voda zagrijava se na temperaturu od 45°C, odnosno maksimalno 60°C. U sklopu spremnika sanitarnog PTV-a instaliran je toplovodni spiralni grijač, koji osim mogućnosti zagrijavanja sanitarne vode, ima za zadatak onemogućiti (spriječiti) nastajanje mikroorganizama (bakterija Legionella pneumophillia), odnosno vršiti prevenciju od mogućnosti zaraze legiomnarskom bolešću. Toplinska obrada podrazumijeva grijanje PTV-a na 80°C, tj. na temperature na kojima bakterije ugibaju. Predviđeno je trajanje tretmana (postupka zaštite) od 30 min. Pri postupku uključene su sve pumpe na instalaciji PTV-a, čime se kompletna cijevna instalacija, uključivo s armaturom i samim spremnicima PTV-a „ispere“ toplom vodom od 80°C. Postupak „toplinske obrade“ instalacije PTV-a predviđen je svakih 30 dana, a istog uključuje, prati i isključuje centralni automatski sustav DDC regulacije. Postupak je predviđen u noćnim satima.
Pripremu hladne vode (u režimu 7/12°C) za hlađenje objekta vrši se pomoću freonskog kompresorskog agregata ukupnog rashladnog učinka 90 kW, smještenog na krovu objekta, s radnom tvari R22, ukupnog rashladnog učinka 90 kW. Radna tvar R22 spada u skupinu HCFC plinova s potencijalom razgradnje ozonskog sloja ODP = 0.055 i potencijalom globalnog zagrijavanja GWP_{100} = 1.700. Ukidanje distribucije freona R22 prema zakonskoj regulativi (Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj i fluoriranim stakleničkim plinovima, NN 92/12) je datum ulaska Republike Hrvatske u Europsku zajednicu.
Distribucija toplinskog i rashladnog učinka u prostorije hotela izvedena je pomoću ventilokonvektora (sobe, apartmani, hodnici, dvorana za opuštanje), sustava s odsisno-tlačnim ventilacijskim klima jedinicama (restoran, aperitiv bar, salon, dvorana za opuštanje), podnim grijanjem (dvorana za opuštanje) te radijatorima (kupaonice i sanitarije).
U zimskom razdoblju (razdoblje grijanja) s vanjskim temperaturama -6°C do +15 (12)°C (prestanak rada sustava u režimu grijanja), predviđena je temperatura grijanih prostora od 20°C.

U ljetnom razdoblju (razdoblje hlađenja) s vanjskim temperaturama od +35°C do +26°C, predviđena je temperatura hlađenih prostora od 24°C.
Hotel Mozart ne posjeduje sustav klimatizacije u punom značenju te riječi. Ventilacijskim konvektorima zrak se u prostoru samo zagrijava ili hladi strujanjem tople ili hladne vode u izmjenjivaču topline ventilokonvektora. U instaliranim klima-komorama za grijanje i hlađenje dvorane za opuštanje u podrumu i prostora u prizemlju, zrak se isto tako samo grije ili hladi, dok se vlažnost, buka, čistoća i strujanje zraka u prostoru ne mogu regulirati.
Opće provjetravanje prostorija u sobama i apartmanima riješeno je prirodnom ventilacijom otvaranjem prozora.
Dvorana za opuštanje u podrumu i prostorije u prizemlju ventilirani su sustavom tlačnih ventilacijskih klima jedinica s odsisnim krovnim ventilatorima, opremljenim frekventnim pretvaračima (varijabilna brzina vrtnje ventilatora).
Sanitarije koje nemaju vanjske prozore, provjetravaju se mehaničkom odsisnom ventilacijom zidnim ventilatorima koji odvode odsisani zrak do krova slobodno u atmosferu. Tim načinom ostvaruje se preko 8 izmjena zraka.
Ventilacija kuhinje je ostvarena odsisnom napom (s mastolovcima) i odsisnim krovnim ventilatorom, kojim se ostvaruje preko 20 izmjena zraka u prostoru kuhinje.

Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti

U tablici 6.57 prikazane su predložene mjere povećanja energetske učinkovitosti u hotelu Mozart.

Tab. 6.57 Prijedlog mjera povećanja energetske učinkovitosti – hotel Mozart

Mjere	Opis	Ulaganje [kn]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Razdoblje povrata ulaganja [godina]
1	Promjena kotla na loživo ulje	70.000,00	55.406,80	33.798,15	2,1
2	Priprema PTV-a sunčevim kolektorima	250.600,00	48.778,00	29.755,00	8,4
3	Izolacija toplinsko izolacijskom žbukom	364.582,00	16.186,37	9.873,69	36,9
4	Modernizacija klasične rasvjete	17.500,00	19.245,00	13.950,00	1,2
5	Ugradnja kompenzatora jalove energije	10.000,00	-	4.609,00	2,2
UKUPNO		712.682,00	139.616,17	91.985,84	7,7

Napomena: procjena novčanih ušteda svedena je na cijenu ekstra lakog loživog ulja

Promjena kotla na loživo ulje u ovom slučaju spada u mjere s kratkim razdobljem povrata ulaganja. Budući da postojeći kotao radi s vrlo niskim stupnjem korisnosti, kupnjom niskotemperaturnog kotla na ekstra lako loživo ulje nove generacije, godišnji stupanj korisnosti povećao bi se do 20%.
No kako se u okviru projekta plinofikacije Primorsko-goranske županije planira uvođenje distribucijskog sustava plinovoda i distribucija plina na području priobalja i otoka, predlaže se potpuna rekonstrukcija kotlovnice, odnosno uvođenje plina u zgradu hotela kao energenta. Trenutno je jedino moguća primjena ukapljenog naftnog plina (UNP, propan-butan) dok se uvođenje distribucijskog sustava zemnog plina u Primorsko-goranskoj županiji očekuje u razdoblju od pet godina.
Uvođenjem ukapljenog naftnog ili prirodnog plina kao energenta moguće je znatno smanjiti pogonske troškove sustava grijanja jer je cijena 1 kWh toplinske energije, dobivene izgaranjem ulja, dvostruko viša od cijene 1 kWh toplinske energije proizvedene propan-butan plinom i trostruko viša od proizvedene prirodnim plinom. Promjenom goriva za grijanje, prelaskom s loživog ulja na propan-butan plin, povećava se godišnji stupanj iskoristivosti cijelog sustava. Plin je ekološki prihvatljivije gorivo od loživog ulja, iz razloga što ne sadrži sumpor, ne stvara čađu, dobro se miješa sa zrakom te stoga izgara pravilnije i čišće. Također, proizvodi izgaranja plina nisu u toj mjeri štetni za okoliš kao prilikom izgaranja loživog ulja.

Prvi korak u realizaciji ove mjere je izrada Projekta rekonstrukcije postojeće uljne kotlovnice. Plinske kotlovnice moraju zadovoljiti stroge uvjete koje propisuje Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje, gradnju, pogon i održavanje plinskih kotlovnica, te Pravilnik o ukapljenom naftnom plinu.
Smještaj kotlovnice u zgradi ovisi o njezinoj visini (tablica 6.58).

Tab. 6.58 Smještaj kotlovnice ovisno o visini zgrade

Visina zgrade [m]	Smještaj
< 22	- proizvoljan
22 - 40	- na krovu - u prislonjenoj zgradi
> 40	- u zasebnoj, samostojećoj zgradi

Kotlovnica koja koristi UNP može se smjestiti u podrumske prostorije, ako je podrum ukopan najviše do 2/3 visine, s time da je gornja trećina (jedan vanjski zid) u slobodnom prostoru. S obzirom da je postojeća uljna kotlovnica smještena u podrumskom prostoru hotela, ova bi mjera zahtijevala preseljenje kotlovnice na novu lokaciju, s time da nova prostorija ne smije biti ispod razine okolnog tla, a najmanje dva zida moraju biti u slobodnom prostoru, jer je hotel zgrada u kojoj se stalno ili povremeno okuplja veći broj ljudi. Isto tako, kotlovnica mora imati barem jedan vanjski zid. Pri tome moraju biti zadovoljeni svi termotehnički i sigurnosni zahtjevi što mora biti provedeno u suradnji s arhitektom. Konačnu ocjenu daje inspektor zaštite od požara.
Poštujući uvjete Pravilnika predlaže se smještaj plinske kotlovnice na krov građevine u zgradi postrojenja lifta koju bi trebalo prenamijeniti, odnosno rekonstruirati u prostor plinske kotlovnice, sukladno predmetnom Pravilniku.
Nakon toga potrebno je provesti još sljedeće:

1.Najam i instalacija spremnika za UNP:

- Najam i instalacija malog spremnika ukapljenog naftnog plina, kao kompanija PROplin d.o.o., Zagreb. Kontakt: www. proplin. hr, Savska 41/II, 10000 Zagreb, tel.: 01/6001-900, fax: 01/6001-955
- Kontaktirati lokalni distributivni centar PROplina, Adresa: Šoići b.b. 51000 Rijeka, tel.: 051/405-050, fax: 051/405-011, e—mail: dc.rijeka@proplin.hr
- Priprema potrebne tehničke dokumentacije:

• Stranka podnosi zahtjev nadležnom MUP-u (Inspekcija zaštite od požara) sa sljedećom dokumentacijom:

- kopija katastarskog plana
- situacijski nacrt u mjerilu 1:500
- ovjerenu tehničku dokumentaciju za smještaj malog spremnika – tehnički opis s predviđenim zonama opasnosti i sigurnosnim udaljenostima, tlocrt spremnika s ucrtanim temeljnim stopama, prikaz gromobranske zaštite i uzemljenja

- Ugovaranje najma malog spremnika s PROplinom
- Postavljenje malog spremnika i izvođenje plinskih instalacija, kontrolni inspekcijski pregled

• nakon što stranka preuzme rješenje, stranka organizira izvođenje radova i postavljanje spremnika, atest uzemljenja, tlačno ispitivanje cjevovoda

• na osnovu uspješno obavljenog inspekcijskog pregleda, koju je obavio inspektor zaštite od požara, stranci se izdaje odobrenje za korištenje malog spremnika, na osnovu kojeg se može puniti propan-butan plin u mali spremnik

- S obzirom na potrošnju, preporuča se najam podzemnog spremnika kapaciteta 5.000,00 litara. Mjesečni najam podzemnog spremnika iznosi 438,00 kn. Moguća je i jednokratna godišnja uplata uz 10% popusta od 4.730,00 kn za podzemni spremnik

2. Izvedba plinske instalacije od budućeg spremnika za UNP do nove kotlovnice, iznosi oko 800 kn po metru duljine instalacije
3. Izvedba nove kotlovnice na krovu zgrade

4. Dobava i montaža plinskog niskotemperaturnog kotla učinka 400 kW
5. Izvedba novog dimnjaka
6. Demontaža i zbrinjavanje postojećeg uljnog kotla, te montaža i priključivanje novog plinskog kotla
7. Atestiranje dimnjaka kod područnog dimnjačara.

Kako se za potrebe potrošne tople vode u hotelima visoke kategorije, u što spada hotel Mozart, u prosjeku troši preko 100 litara po gostu i danu, te činjenici da se zgrada nalazi u primorskoj Hrvatskoj, predlaže se priprema potrošne tople vode sunčevim kolektorima. Iz toga razloga provedena je računalna simulacija isplativosti njihove primjene. Prema broju kreveta i broja noćenja određena je dnevna potrebna količina potrošne tople vode te sukladno tome i ukupna površina sunčevih kolektora koja može zadovoljiti dane potrebe. Proračun je izveden za 30 jedinica sunčevih kolektora, ukupne površine 60 m^2 kroz cijelu godinu. Kolektori su postavljeni prema jugu, inklinacije 45°, u pet grupa po šest kolektora. U sprezi s kolektorima, predviđena su dva spremnika PTV-a jediničnog kapaciteta 2 m^3. Predviđeno je postavljanje solarnih kolektora na južnu kosinu krova hotela.

Tab. 6.59 Specifikacija opreme i troškovnik, kao opreme proizvođača Horvatić d.o.o.

Br.	Opis	Jedinična cijena [kn]	Kom.	Ukupna cijena [kn]
1.	Solarni spremnik Duo SST, 2.000 litara	26.000,00	2	52.000,00
2.	Solarni kolektor RA	3.000,00	30	90.000,00
3.	Ulaz hladne vode (sigurnosni ventili, ekspanzija, filtar, omekšivač, fitinzi ...)	3.900,00	1	3.900,00
4.	Ulaz tople vode (termo ventil, bypass ...)	1.300,00	1	1.300,00
5.	Regulacija	3.900,00	1	3.900,00
6.	Alu nosači, kosi	1.430,00	15	21.450,00
7.	Spojni pribor	610,00	5	3.050,00
8.	Pumpna grupa	5.000,00	1	5.000,00
9.	Cijevi s izolacijom	15.000,00	1	15.000,00
10.	Transport i montaža	55.000,00	1	55.000,00
UKUPNO				**250.600,00**

Ugradnjom ovog sustava solarnih kolektora moguće je ostvariti godišnju uštedu od 48.778 kWh energije, odnosno 29.775,00 kn godišnje, svedeno na cijenu ekstra lakog loživog ulja. Vrijeme trajanja instalacije iznosi oko 30 godina.
Hotel Mozart spada u zaštićeni spomenik kulture pa se uređenje prostora i fasade moraju vršiti pod nadzorom Zavoda za zaštitu spomenika kulture kako bi se očuvao njezin izvorni oblik. Zbog toga se za uređenje fasade može preporučiti jedino primjena toplinsko izolacijske žbuke radi smanjenja ukupnog koeficijenta prolaska topline koji trenutno iznosi oko 0,99 W/(m^{2}K) pa stoga ne zadovoljava Tehnički propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) koji propisuje maksimalno dopuštenu vrijednost 0,45 W/(m^{2}K).
Primjenom toplinsko izolacijske žbuke dobila bi se vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline vanjskih zidova 0,77 W/(m^{2}K) što i dalje ne bi zadovoljavalo zakonski dopuštenu vrijednost, ali bi se godišnje uštedjelo oko 16.186 kWh godišnje (oko 9.874,00 kn godišnje svedeno na cijenu ekstra lakog loživog ulja) te bi se podigao osjećaj ugode boravka u prostoru.
Kako je već ranije spomenuto, najveći udio rasvjete s više od dvije trećine instalirane snage otpada na energetski neučinkovitu rasvjetu klasičnim žaruljama sa žarnom niti. Upravo je na tom dijelu moguća najveća ušteda el. energije.
Ukupna godišnja potrošnja električne energije za potrebe rasvjete iznosi 35.749 kWh, odnosno 25.915,00 kuna, s time da 18.642,00 kune otpadaju na trošak za energiju, a 7.273,00 kn otpada na trošak za snagu.
Prema tome, klasična rasvjeta godišnje potroši 24.056 kWh struje ili 17.438,00 kuna, od čega 12.544,00 kuna otpada na trošak za energiju, a ostatak od 4.894,00 kuna na trošak za snagu.
Zamjenom postojećih žarulja sa žarnom niti snage 60 i 75 W, s ekvivalentnim štednim žaruljama snage 11, odnosno 15 W, u prvom slučaju ušteda po žarulji iznosi 49 W ili 81,70% električne energije, a u drugom slučaju ušteda iznosi 60 W ili 80%. Treba napomenuti da štedne žarulje (CFL – Compact Fluorescent Lamps) imaju bolju svjetlosnu korisnost (70 – 90 lm/W) za razliku od standardnih žarulja (9 – 17 lm/W). Uz to životni vijek štednih žarulja kreće se do 15.000 sati dok je životni vijek obične klasične

žarulje do 1000 radnih sati čime se postižu uštede i u održavanju.
Prosječnom uštedom od 80%, na klasičnoj rasvjeti potencijalna ušteda iznosi 19.245 kWh ili 13.950,00 kuna godišnje.
Cijene štednih žarulja renomiranih proizvođača vrhunskih karakteristika s vijekom trajanja od 15.000,00 sati kreću se između 35 – 65 kuna.
Prosječnom cijenom od 50 kuna te potrebnom količinom od oko 350 žarulja koje bi trebalo zamijeniti, dolazi se do iznosa ulaganja od 17.500 kuna. Povrat uloženih sredstava može se očekivati za 1,25 godina, odnosno nešto više od 1 godine i 3 mjeseca.

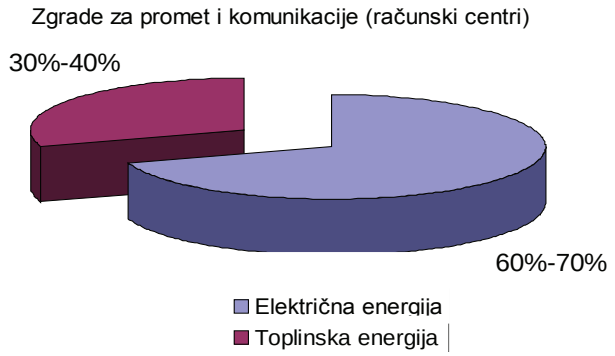
LITERATURA:

1. Donjerković Petar. Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I i II. Alfa, Zagreb, 1996.
2. Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković. Grejanje i klimatizacija 05/06. Šesto, izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.
3. Ćurko T., Ruševljan M., Soldo V., Burul V., Soldo B.O. Studija izvodljivosti za projekt energetske učinkovitosti hotela Excelsior u Lovranu. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb. Srpanj 2008. Financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.
4. Ćurko T., Mudrinić S., Grozdek M., Burul V. Studija izvodljivosti za projekt energetske učinkovitosti hotela Mozart u Opatiji. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb. Rujan 2008. Financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.

6.8. ZGRADE ZA KOMUNIKACIJE I RAČUNSKI CENTRI (TERMINALI, POSTAJE, ZGRADE ZA PROMET, POŠTE, TELEKOMUNIKACIJSKE ZGRADE

Provedba energetskog pregleda

Ono što zgrade za promet i komunikacije (računski i telekomunikacijski centri) čini drugačijima u energetskom smislu naspram ostalih nestambenih zgrada (poslovnih zgrada, školskih i fakultetskih ustanova, športskih dvorana i drugih) je struktura potrošnje energije. Dok se godišnja potrošnja energije poslovnih zgrada smještenih na području kontinentalne Hrvatske kreće u omjeru 60-80% u korist toplinske energije naspram 40-20% električne energije, struktura potrošnje zgrada za promet i komunikacije je obrnuta. Naime, zgrade te namjene trošit će u prosjeku 60-70% električne i tek 40-30% toplinske energije godišnje. Razlog tomu u prvom redu leži u količini instalirane računalne i komunikacijske opreme koja je u radu 24 sata dnevno tijekom cijele godine. S druge pak strane za njihov ispravan rad, elektroničku i računalnu opremu potrebno je izdašno hladiti, odnosno svu proizvedenu toplinu potrebno je učinkovito odvoditi u okolinu, što se pak čini rashladnim i klimatizacijskim sustavima koji najčešće troše upravo električnu energiju.



Slika 6.105 Struktura godišnje potrošnje energije zgrada za promet i komunikacije

Zgrade za promet i komunikacije (računski i telekomunikacijski centri) uglavnom su građevine sa složenim tehničkim sustavima, koji obuhvaćaju centralne sustave grijanja i pripreme potrošne tople vode, centralnim rashladnim sustavima te sustavima ventilacije i klimatizacije kao i složenim sustavima električnih instalacija s pomoćnim agragatima kao izvorima napajanja u slučaju nestanka električne energije.

Radi iznimne složenosti tehničkih sustava takvi objekti, uz rijetke iznimke, imaju stručne službe kvalificiranih i visokokvalificiranih kadrova, zaduženih za energetiku, što će provedbu energetskog pregleda i prikupljanje podataka za izradu energetskog certifikata značajno pojednostaviti. Podatke o potrošnji energenata i vode potrebno je zatražiti u računovodstvu, no nerijetko se u takvim sustavima ugrađuju mjerila potrošnje toplinske i električne energije te vode, koja u zavisnosti od mjesta gdje su ugrađena, mogu svrsishodno poslužiti za izračun i dokaz stupnja korisnosti pojedinih tehničkih sustava. Također, tehnička dokumentacija u ovim objektima uglavnom je uredna i lako dostupna.

Kao i ostalim slučajevima, uputno je i prilikom izrade energetskog pregleda ovih građevina, prije odlaska na objekt, oformiti radnu skupinu i pažljivo napraviti preliminarni plan posjeta. Iz razloga što se radi o zgradi sa složenim tehničkim sustavima, nerijetko će biti potrebno sastaviti tim stručnjaka s više od jednim inženjerom svake struke. To se posebice odnosi na inženjere strojarstva i elektrotehnike kojih je za ovakve građevine poželjno angažirati po minimalno dvoje, a po potrebi i više. Također, u ovim slučajevima obilazak zgrade i sustava bit će potrebno obaviti u više navrata. To ponajprije ovisi o veličini zgrade, dostupnoj tehničkoj dokumentaciji i broju angažiranih stručnjaka. Dok će u većini slučajeva za samu građevinu i elemente vanjske ovojnice zgrade biti dovoljan jedan inženjer građevine/arhitekture i jednodnevan posjet, za pregled termotehničkih i elektrosustava bit će potrebno više dana, uglavnom od 2 za građevine manje površine do 5 za građevine velike površine. Termine pregleda zgrade nije uputno zakazati sukcesivno, već s razmakom od nekoliko dana, gdje će se upravo to razdoblje između posjeta iskoristiti za energetsku analizu i proračune.

Prije prvog radnog posjeta, koordinator radne skupine dužan je najaviti se investitoru i iznijeti mu u kratkim crtama tijek odvijanja energetskog pregleda s planiranim datumima posjeta. U razgovoru je svakako potrebno naglasiti koje je materijale i dokumentaciju potrebno prirediti za početak izrade pregleda. Razgovor je potrebno obaviti s voditeljem službe održavanja ili osobom koja ima mogućnost organizacije pojedinih službi (računovodstva, održavanja itd.) unutar kuće. Pritom je uputno još jednom, nakon obavljenog razgovora, pisanim putem (mail, faks, poštom) obavijestiti investitora o nakanama i planu izvođenja pregleda s popisom materijala koji će poslužiti za izradu pregleda. Pored mjesečnih računa za energente i vodu za trogodišnje razdoblje to su građevinska dokumentacija izvedenog stanja, tehnička dokumentacija sustav grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije te elektroinstalacija.

Sa ciljem da se skrati vrijeme boravka na terenu i pregled učini učinkovitijim, prvi sastanak radne skupine poželjno je organizirati prije prvog obilaska zgrade. Na prvom sastanku potrebno je iz dostupnih računa analizirati potrošnju energije i vode te iz tehničke dokumentacije iščitati specifičnosti pojedinog tehničkog sustava i na taj način pripremiti se za pregled. Već inicijativni pregled računa i dokumentacije može ukazati na eventualne probleme u radu sustava i na mjesta pretjerane potrošnje energije koje je potom prilikom pregleda moguće do detalja razjasniti.

Ako je to moguće, obilazak zgrada za promet i komunikacije poželjno je planirati u proljeće ili jesen kada svi tehnički sustavi rade, odnosno kada je potrebno i grijanje i hlađenje zgrade te kada je moguće provjeriti njihove parametre rada i otkriti eventualne nedostatke.

Snimak postojećeg stanja građevine i energetskih sustava zgrada za promet i komunikaciju poželjno je napraviti na unaprijed pripremljenim obrazcima, fotografskim dokumentiranjem detalja te provedbom jednostavnih mjerenja koja podrazumijevaju uglavnom mjerenje temperature zraka u pojedinim prostorijama, temperatura dijelova termotehničkih sustava (polazne i povratne temperature vode kotla, polazne i povratne temperature hladne vode rashladnika vode, temperature zraka na izlazu iz kondenzatora rashladnika, temperaturu zraka na izlazu iz ventilacijskih/klimatizacijskih komora itd.), sastava dimnih plinova kotlovskog postrojenja, termografskim snimanjem temperaturne raspodjele vanjske ovojnice zgrade, osvjetljenja unutar prostorija, električne snage elektromotora i dr.

U tablicama 6.60 do 6.69 nalaze se primjeri obrazaca za popis potrošača toplinske i električne energije te elemenata vanjske ovojnice zgrade.

Tab. 6.60 Primjer obrasca za popis električne telekomunikacijske, računalne i uredske opreme

Prostorija	Vrsta potrošača	Broj jedinica	Snaga jedinice [W]	Ukupna snaga [W]
Računalna hala	računalni clusteri	75	2.400	180.000
Terminali	računala i pisači	200	300	66.000
Prizemlje(112)	hladnjak	1	300	300
K 1 (115)	fotokopirni uređaj	1	300	300
K 2 (115)	računalo	1	200	200
UKUPNO				

Tab. 6.61 Primjer obrasca za popis elektromotora

Uređaj	Broj jedinica	Snaga/komadu [W]	Snaga ukupno [W]
Tlačni ventilator klima komore 1	2	18500	37000
Odsisni ventilator klima komore 1	2	15000	30000
Rekuperator topline klima komore 1	2	250	500
Cirkulacijska pumpa grijača klima komore 1	2	435	870
Rashladni kompresor	1	187.500	187.500
UKUPNO			

Tab. 6.62 Primjer obrasca za popis električne rasvjete

Prostorija	Tip rasvjete	Broj svjetiljki	Broj rasvjetnih tijela u svjetiljki	Snaga rasvjetnog tijela [W]	Ukupna snaga [W]
Prizemlje (110)	štedna - fluokompaktne	4	2	11	88
P(112)	žarna nit	1	1	60	60
P(113)	žarna nit	3	1	100	300
UKUPNO					

Tab. 6.63 Primjer obrasca za popis uređaja za proizvodnju ogrjevnog učinka

Uređaj	Proizvođač, model i tip uređaja	Proizvođač i tip plamenika	Godina proizvodnje	Energent	Ogrjevni učinak [kW] / temp. režim [°C]	Sustav predaje topline	Tip regulacije
Toplovodni plinski kotao	Viessmann, Vitoplex 100, niskotemperaturni	Giersch, MG1-Z-L-N	2002.	Zemni plin	460 kW / 75-60°C	Ventilokonvektori i radijaorsko grijanje	Temperatura polaznog voda
Električni toplovodni kotao	Helios	-	1995.	Električna energija	24 / 55-40	Podno grijanje	Stupnjevana regulacija el. grijača
Električni bojler	Vaillant	-	2008.	Električna energija	1	Potrošna topla voda	Izlazna temperatura vode
UKUPNO							

Tab. 6.64 Primjer obrasca za popis uređaja za predaju ogrjevnog/rashladnog učinka (radijatora, ventilokonvektora i podnog grijanja)

Prostorija	Potrošač	Smještaj	Broj radijatora/ ventilo-konvektora	Broj rebara	Proizvođač i model	Ukupni kapacitet grijanja/ hlađenja [kW]	Komentar
06	Radijator	Južni zid	1	13	Lipovica SE500S	1,3	Novi
06	Ventilokonvektor	Istočni zid	1	-	GEA	Qg=18; Qh=16	Četvorocijevni
101	Radijator	Sjeverni zid	4	15	Lipovica S700/80	12	Termostatski ventili
101	Ventilokonvektor	Južni zid	2	-	GEA	Qg=8; Qh=7	Stari
105	Radijator	Južni zid	4	12	Lijevani	7,2	Termostatski ventili
201	Podno grijanje	Pod	-	-	polipropilenske cijevi (PP 197) 20 x 2 mm	6,5	Regulacija miješanjem
UKUPNO							

Tab. 6.65 Primjer obrasca za popis uređaja za ventilaciju i klimatizaciju

Klima komora	Zona / prostorija	Kapacitet klima komore [m³/h]	Ogrjevni učinak/ režim [kW]/[°C]	Rashladni učinak [kW]	Mogućnost ovlaživanja	Regulacija dobave svježeg zraka [m³/h]	Temp. ubacivanja zraka zima/ljeto [°C]	Rekup./ regen.	D x Š x V [m]	dp ekst. [Pa]	Sastav komore
KK 21	Centralna klima komora	27.200	466 kW/ 110-70°C 155 kW/ 110/70°C	237 kW / 7-12°C	DA (200 kg/h)	0 - 100%	20°C / 28°C	NE	7,5 x 2 x 1,7	300	Žaluzine. Filtarska sekcija. Prigušivač buke. Sekcija grijača. Sekcija hladnjaka. Ventilatorska sekcija. Ovlaživačka sekcija. Odvajač kapljica. Sekcija dogrijača.
VK 23	4 i 5 / perimetrija I kata sjever, jugoistok i jugozapad	4.500 (1.300 sjever, 1.500 jugoistok i 1.700 jugozapad)	14,8 sjever, 14,8 jugoistok, 14,8 jugozapad / 90-70	12 sjever, 12 jugoistok, 12 jugozapad / 7-12°C	NE	0 – 100 %	22/26	NE			Mješačka sekcija. Filtarska sekcija. Ventilatorska sekcija. Regulacija dovoda svježeg zraka vodi se prema temperaturi vanjskog zraka.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Tab. 6.66 Primjer obrasca za popis cirkulacijskih pumpi

Krug	Potrošači	Proizvođač i tip pumpe	Protok [m³/h]	dp [kPa]	Snaga elektromotora i brzina vrtnje [kW / 1/min]
Ogrjevne vode	Klima komore, kanalski dogrijači i ventilokonvektori	Grundfos, CPD 80/130	30	160	3 kW / 2800 min^{-1}
Rashladne vode	Centralna klima komora	CPD 80/130	25	155	3 kW / 2800 min^{-1}
Rashladne vode	Primarni krug rashladnika	CDM 125/213	55	125	4 kW
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

Tab. 6.67 Primjer obrasca za popis split i multi split rashladnih sustava

Sustav hlađenja	Hlađeni prostor	Izvedba jedinice	Rashladni/ ogrjevni učinak Snaga kompresora
VRV 1	Tajništvo (101)	Zidna jedinica	Q_h=7,1 kW Q_g=8,0 kW
	Soba za sastanke (102)	Zidna jedinica	Q_h=7,1 kW Q_g=8,0 kW
	Ured savjetnika (103)	Zidna jedinica	Q_h=3,6 kW Q_g=4,0 kW
	Kabinet predstojnika (105)	Stropna kazetna jedinica	Q_h=14,0 kW Q_g=16,0 kW
	-	Vanjska kompresorsko-kondenzatorska jedinica s mogučnošću povrata topline. Omogućeno istovremeno nezavisno grijanje i hlađenje pojedinih prostorija. Odvod kondenzata odvija se gravitacijskim putem. Jedinica se smješta na krov zgrade.	$Q_{h,uk}$=28 kW P_h=7 kW $Q_{g,uk}$=31,5 kW P_g=7,4 kW
S 1	Kadrovska	2 x parapetna izvedba	Q_h= 2 x 3,8 kW
		Vanjska kompresorsko-kondenzatorska	$Q_{h,uk}$=7,6 kW P_h=2 kW
UKUPNO			

Tab. 6.68 Primjer obrasca za unos podataka o posrednom sustavu hlađenja (rashladnika vode)

Uređaj	Proizvođač, model i godina proizvodnje uređaja	Rashladni učinak [kW] / temp. režim [°C]	Električna snaga kompre-sora [kW]	Radna tvar	Br. rashladnih krugova / ukupno punjenje R.T. [kg]	Reku-peracija topline	Sustav preuzi-manja topline	Tip regulacije
Rashladnik vode	Carrier, 30RB402, 2007.	388 kW / 7-12°C	175	R 410A	2 / 77 kg	NE, ali je moguće	Venti-lokon-vektori i klima komore	Temperatu-ra polaznog voda
UKUPNO								

Tab. 6.69 Primjer obrasca za popis elemenata vanjske ovojnice zgrade

Element vanjske ovojnice zgrade	Sastav i debljina	Površina [m²]	Orijentacija	Komentar (opis)
Vrata tip 1	Aluminijski okvir, jednostruko IZO staklo 6 mm	3	JI	Dobro stanje, ugrađena 2006. godine
Prozor	Jednostruki drveni prozor s dvostrukim izolacijskim staklom (4/16/4 mm) s plinovitim punjenjem, low E premazom i 3 strukim brtvljenjem	3 x 2,7	S	Novo ugrađeni prozori
Ravni krov	Armiranobetonska ploča 14 cm, beton za pad 7 cm, parna brana, termoizolacija 6 cm, hidroizolacija, šljunak 10 cm	220	Horizontalna	Loše odvođenje oborinskih voda, loše izveden pad i hidroizolacija

Zgrade za promet i komunikaciju (računski centri) su građevine kod kojih je prostor s elektroničkom opremom i računalima smješten u zasebne prostorije tzv. „računalne hale". Radna mjesta s terminalima te uredi gdje borave ljudi nalaze se kao izdvojene cjeline. Karakteristično za ovakve objekte je kontinuirano korištenje „računalnih hala" kroz cijelu godinu, dok se ostatak zgrade koristi kao i u slučaju poslovnih objekata u radno vrijeme, obično od 08 do 18 h.

Temperatura zraka i relativna vlažnost zraka u prostorijama gdje se nalazi elektronička i računalna oprema, a ne borave ljudi, strogo je propisao proizvođač elektroničke opreme te se općenito kreće u granicama 18 do 27°C i 40 do 75% relativne vlažnosti, ovisno o tome je li sustav u radu ili ne. U prostorijama gdje rade ljudi temperaturu zraka potrebno je održavati između 20 i 26°C. Prosječna disipacija topline elektroničke i računalne opreme u „računalnim halama" kreće se od 300 do 500 W/m² postolja, dok u pojedinim slučajevima može doseći i 1000 W/m².

Kao posljedica ovakvog značajnog električnog i toplinskog opterećenja te postavljenih uvjeta i načina korištenja zgrade javlja se iznimno visoka potrošnja električne energije.

Kako je ovakve građevine uglavnom potrebno hladiti tijekom cijele godine, i u vrijeme sezone grijanja, sustav distribucije rashladnog i ogrjevnog učinka izvodi se četverocijevnim sustavima. Grijanje, odnosno hlađenje prostorija gdje borave ljudi (uredima, komunikacijskim koridorima, terminalima) uglavnom se izvodi ventilokonvektorima i/ili klimatizacijskim sustavima.

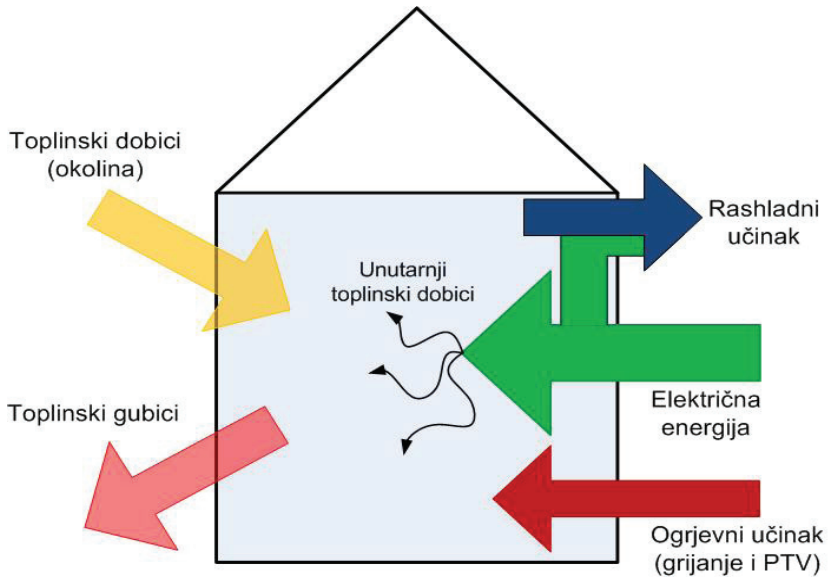
Način hlađenja prostorija s računalnom opremom ovisi o veličini računalnog sustava, no uglavnom se izvodi ohlađenim zrakom koji se do računalnih ormara (engl. rack) dovodi odozdo, kroz dvostruki pod, a odsisava kroz spušteni strop, smješten iznad

računalnih registara. Zrak se najčešće priprema u klima komorama smještenim u zasebnim strojarnicama. Za manja rashladna opterećenja do 100 kW primjenjuju se rashladni ormari opremljeni s kompletnim rashladnim uređajem i isparivačem s direktnim isparivanjem. Radi sigurnosti često se pored isparivača s direktnom ekspanzijom u njih ugrađuju i hladnjaci s vodom kao rashladnim sredstvom. U posljednje vrijeme sve je više u primjeni upravo hlađenje računalnih registara direktnim vodenim hlađenjem gdje se rashladni uređaji smještaju u isti prostor s računalima.

Prema godišnjoj potrošnji energije, tehničke sustave u zgradama za promet i komunikaciju (računski centri) moguće je podijeliti na:

- sustave potrošnje električne energije, koji se dijele na:
  - sustave elektroničke (telekomunkacijske) i računalne opreme;
  - sustavi rashladne opreme (elektromotori rashladnih kompresora, elektromotori ventilatora kondenzatora/isparivača);
  - sustavi ventilacijske i klimatizacijske opreme (elektromotori ventilatora),
  - sustave rasvjete i
  - ostale potrošače u što spadaju npr. elektromotorni pogoni dizala i električni potrošači u kuhinji.
- sustave potrošnje toplinske i rashladne energije
  - sustavi grijanja (kotlovi);
  - sustavi ventilacijske i klimatizacijske opreme (grijači i hladnjaci);
  - sustavi hlađenja (rashladnici vode);
  - sustavi pripreme potrošne sanitarne vode.

Pored sustava potrošnje energije potrebno je sagledati i sustave potrošnje vode posebice ako se za potrebe hlađenja kondenzatora rashladnika vode koristi svježa voda kao nadopuna u evaporativnim rashladnim tornjevima.
Udio instalirane električne snage pojedinih podsustava ovisi uvelike o instaliranoj snazi elektroničke i računalne opreme. Potrebno je naglasiti da u zgradama za promet i komunikaciju, ponajviše u računskim centrima, instaliranu električnu snage elektroničke i računalne opreme prati instalirani rashladni kapacitet rashladnih uređaja.

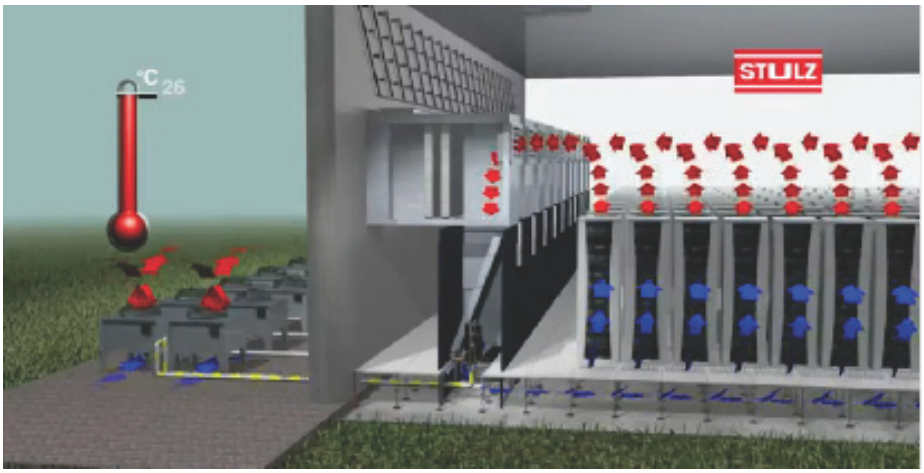


Slika 6.106 Tokovi energije zgrada za promet i komunikacije

Opće o mjerama energetske efikasnosti u zgradama za promet i komunikaciju (računski centri)

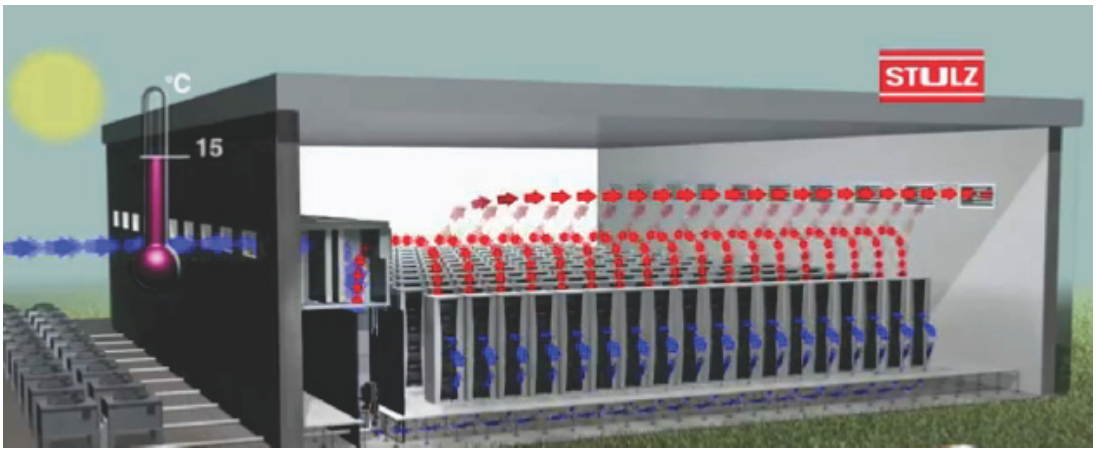
Primjena prirodnog hlađenja

Budući da je zgrade za komunikacije i promet potrebno hladiti tijekom cijele godine, i ljeti i zimi, potrebno je razmotriti mogućnost primjene prirodnog hlađenja (engl. free-cooling) u razdobljima kada to vanjski uvjeti dopuštaju, odnosno kada je temperatura okoliša dovoljno niska. Pri temperaturama okoline višim od 24°C, hlađenje računalnih centara izvodi se na klasičan način, centralnim rashladnim uređajem. U slučajevima kada je vanjska temperatura zraka između 18°C i 24°C, vanjski svježi zrak koristi se djelomično za potrebe hlađenja računalnih registara. Ostatak potrebnog rashladnog učinka za hlađenje računalne opreme namiruje se rashladnim uređajem.



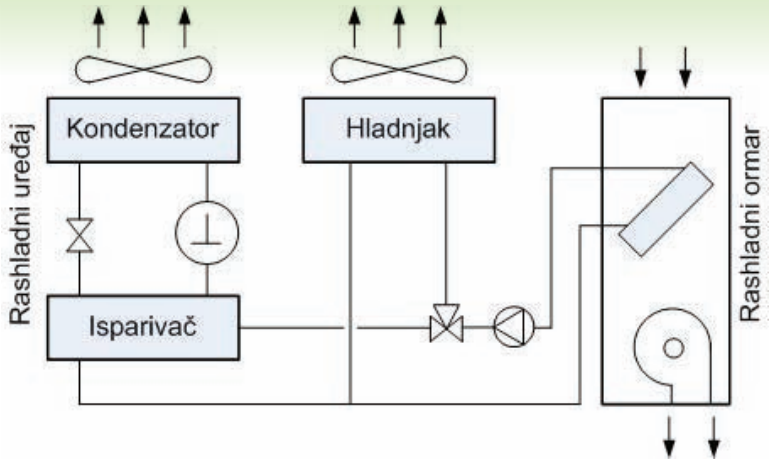
Slika 6.107 Konvencionalno hlađenje računalnih centara rashladnim uređajem [3]

U slučajevima kada je temperatura zraka niža od 17°C, za hlađenje računalnih registara koristi se samo svježi vanjski zrak koji je prošao filtraciju i kojem su pritom uklonjene nečistoće i čestice koje mogu oštetit opremu.



Slika 6.108 Primjena prirodnog hlađenja računalnih centara [3]

U slučajevima kada nije dopušteno direktno hlađenje vanjskim zrakom, hlađenje računalne opreme moguće je izvesti posrednim putem (vidi primjer na slici 6.109). U tom slučaju vanjskim zrakom hladi se posredni prijenosnik energije (npr. smjese vode i glikola) kojim se pak hladi zrak u prostoriji recirkulacijom.

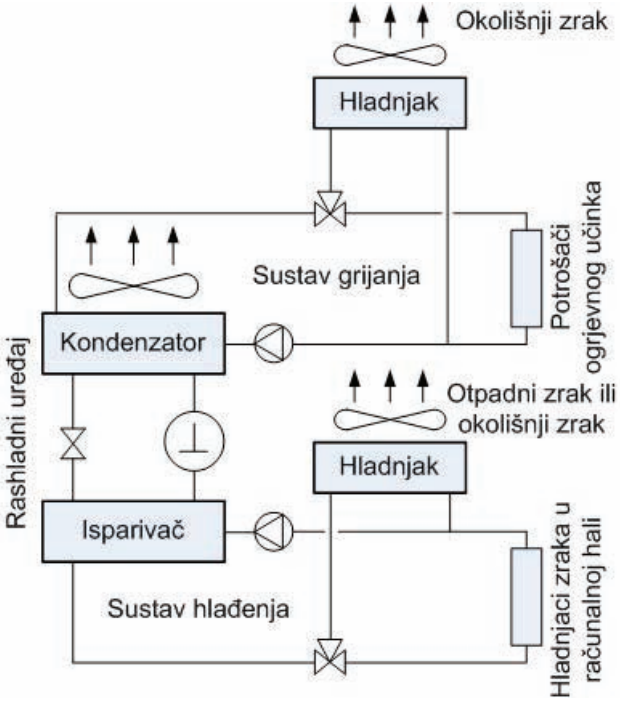


Slika 6.109 Primjer posrednog hlađenja vanjskim zrakom

Kod većih postrojenja koja rade neprekidno primjenom prirodnog hlađenja moguće je postići značajne uštede energije (i do 50%). Prije prijedloga primjene prirodnog hlađenja, potrebno je napraviti detaljnu tehničko-ekonomsku analizu pri čemu je svakako potrebno uzeti u obzir potrebnu energiju za pogon pratećih uređaja kao što su pumpe i ventilatori.

Iskorištenje topline kondenzacije

U zgradama za promet i komunikacije kod kojih su razvod sustava grijanja i predaja toplinskog učinka prikladni za rad u niskotemperaturnom režimu, 45-50°C, moguće je smanjiti potrošnju toplinske energije iskorištenjem topline kondenzacije za potrebe grijanja (slika 6.110). Pritom je potrebno napomenuti da primjena sustava za iskorištenje topline kondenzacije isključuje mogućnost primjene sustava prirodnog hlađenja.



Slika 6.110 Primjer iskorištenja topline kondenzacije

Iskorištenje topline disipacije računalne opreme za potrebe grijanja

Disipacija topline elektroničke i računalne opreme moguće je djelomično ili pak u potpunosti iskoristiti za potrebe grijanja svježeg zraka kojim je potrebno ventilirati uredski prostor.
U slučaju kada se za ventilaciju uredskih prostorija koristi mehanički ventilacijski sustav, zrak koji se zagrije uslijed rada elektroničke i računalne opreme u računalnoj hali, moguće je iskoristiti za zagrijavanje svježeg vanjskog zraka niže temperature ili sekcijom za rekuperaciju, smještene u klima komorama namijenjenim za klimatizaciju uredskih prostora ili direktnim ubacivanjem u tretirani prostor u slučaju kada je hlađenje računalne opreme izvedeno direktnim ubacivanjem svježeg vanjskog zraka. Naime, ubacivanjem u prostor računalne hale svježem zraku se mijenja samo temperatura i relativna vlažnost, no ne i kvaliteta jer u tom prostoru u pravilu ne borave ljudi.

Obnova elemenata vanjske ovojnice zgrade

Često su zgrade za promet i komunikacije (računski centri) novijeg datuma gradnje, zamišljene i izvedene s ostakljenim pročeljem. U tom slučaju pokazuje se prikladnim provjeriti kritična mjesta na vanjskoj ovojnici zgrade gdje može doći do pojave toplinskih mostova te razmotriti mjeru zamjene stolarije, izolacije zidova i krovova te po mogućnosti sanacije toplinskih mostova.
Iako zamjena vanjske stolarije u takvim zgradama teško može biti ekonomski opravdana (povrat ulaganja u ovisnosti o stanju postojeće stolarije može iznositi značajno više od 15 godina), njena zamjena dovest će do povećanja ugode boravka u prostoru. Naime, kod stolarije s izraženim toplinskim mostovima, površine prozora s unutarnje strane prostorije i osobe koje u njoj borave, intenzivnije će izmjenjivati toplinu mehanizmom zračenja nego u slučaju kada toplinskih motova nema. Drugim riječima kod stolarije s izraženim toplinskim mostovima osobe će se osjećati nelagodnije pri istoj temperaturi zraka nego u slučaju kada toplinski mostovi ne postoje, te će iz tog razloga postavljene temperature zraka u zimskom razdoblju morati biti više, a ljeti niže od potrebnih.

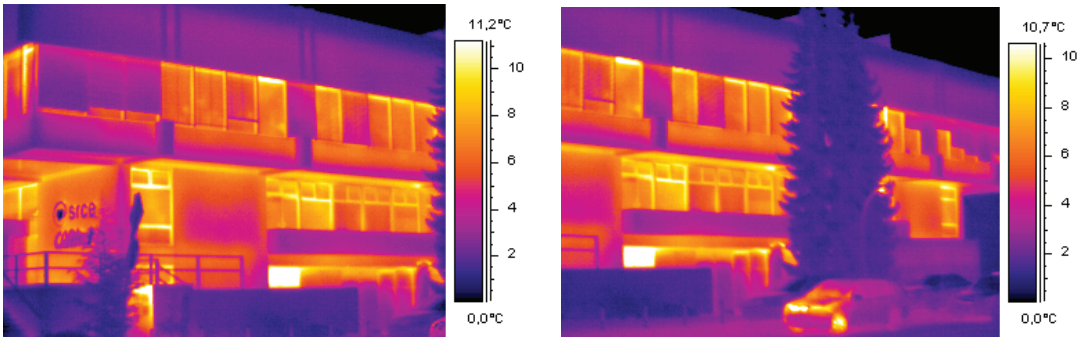
6.8.1. Primjer: Zgrada Sveučilišnog računskog centra – SRCE, Zagreb

Zgrada Sveučilišnog računskog centra – SRCE u ulici Josipa Marohnića 5 u Zagrebu, izgrađena je 1975. godine kao slobodno stojeći objekt ukupne korisne površine 3.600 m^2. U zgradi se nalaze dvije institucije, Sveučilišni računski centar (SRCE) i Hrvatska akademska i istraživačka mreža (CARNet) zajedno s pripadajućom infrastrukturom.

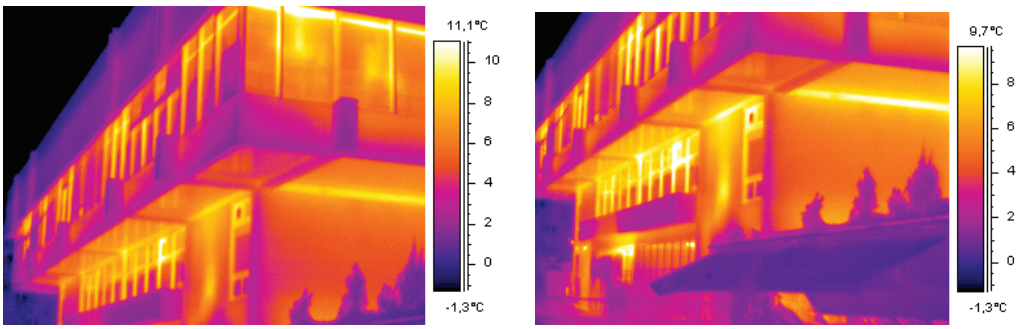
Slika 6.111 Zgrada Sveučilišnog računskog centra – SRCE

Zgrada je građena na tri etaže, prizemlje, prvi i drugi kat. Po namjeni se sastoji od dvije cjeline; računskog centra („računalna hala“) koja se nalazi u središtu objekta te prostorija opće namjene smještenih u prizemlju; javnog terminala, restorana, učionica, dijela za korisnike, telekomunikacijskog čvora, kotlovnice. Uredi CARnet-a i SRCA su smješteni na prvom i drugom

katu u perifernom dijelu zgrade. Javni i poslovni dio zgrade radi radnim danom od 8 do 17 sati kada u zgradi boravi oko 120 zaposlenih i u prosjeku oko 100 korisnika. Telekomunikacijska i računalna oprema u računalnoj hali u pogonu je neprekidno.
Građevina je prilično pravilnog oblika; kubus s relativno malom površinom vanjskih ploha u odnosu na volumen. Skeletna konstrukcija objekta izvedena je kao armirano betonska, dok je krovište ravno i prekriveno šljunkom. Pročelje zgrade izvedeno je aluminijskom stolarijom s IZO ostakljenjem. Vanjski prozori i vrata na 1 i 2 katu postavljeni su za vrijeme izgradnje zgrade (1975. godine), dotrajali su i toplinski u lošem stanju. Na vanjske prozore postavljena su sjenila. Stolarija u prizemlju je također aluminijska s IZO ostakljenjem, zamijenjena 2003. godine.
Građevinski elementi vanjske ovojnice zgrade izvedeni su bez elemenata toplinske izolacije. Analizom termografskih snimaka moguće je uočiti značajne gubitke topline kroz gotovo sve elemente ovojnice zgrade te mjesta nastajanja toplinskih mostova (Slika 6.112 i Slika 6.113).

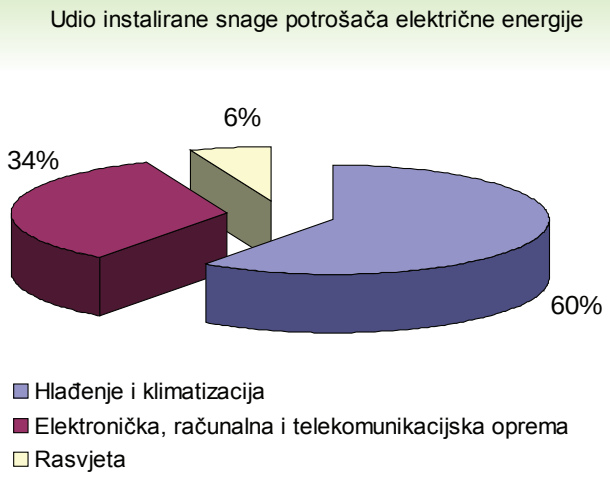


Slika 6.112 Termografska snimka zapadne strane zgrade



Slika 6.113 Toplinski most na spoju podne ploče drugog kata i zida

Potrošači električne energije, ukupne instalirane snage 800 kW, podijeljeni su na sustav elektroničke, računalne i telekomunikacijske opreme, sustav hlađenja i klimatizacije te sustav rasvjete. Udio instaliranih snaga pojedinih potrošača električne energije prikazan je na slici 6.114.



Slika 6.114 Udio instaliranih snaga pojedinih potrošača električne energije

Najveći udio instaliranih kapaciteta električnih potrošača ima sustav hlađenja i klimatizacije. Električne potrošače u sustavima hlađenja i klimatizacije čine elektromotori kompresora, cirkulacijskih pumpi, ventilatora (klima komorama i ventilokonvektora), elektrootporni ovlaživači, električni grijači itd. Elektronička, računalna i telekomunikacijska oprema sudjeluje tek s 34% u ukupno instaliranoj snazi električnih potrošača. Iako sustavima hlađenja i klimatizacije pripada najveći udio u ukupnoj instaliranoj električnoj snazi, potrebno je napomenuti da to ne znači da će ti sustavi ujedno i trošiti najviše električne energije. Čak štoviše, u objektima ovoga tipa, radi uglavnom kontinuiranog rada, elektronička, elektronička i računalna oprema trošit će kudikamo više električne energije od sustava hlađenja i klimatizacije, u prosjeku i do dvostruko više.

Sustavi grijanja, hlađenja, klimatizacije i ventilacije te pripreme potrošne tople vode (PTV)

Toplina za grijanje zgrade proizvodi se dvama niskotemperaturnim kotlovima na zemni plin, ukupne toplinske snage 865 kW pri temperaturnom režimu 75/60°C. Regulacija učinka kotlovskog postrojenja vrši se promjenom polazne temperature vode u ovisnosti o vanjskoj temperaturi zraka. Uglavnom sva proizvedena toplinska energija potroši se za grijanje zgrade. Tek vrlo malo toplinske energije, i to u zimskom razdoblju, potroši se za pripremu sanitarne tople vode.
Hlađenje zgrade izvedeno je jednim rashladnikom vode ukupnog rashladnog učinka 600 kW, dvama rashladnim ormarima smještenim u „računalnoj hali", jedan rashladnog učinka 60 kW (posjeduje 2 vlastita rashladna kompresora), a drugi 100 kW (nema vlastite rashladne kompresore, priključen je na centralni rashladnik vode) te jediničnim split sustavima kojima se dodatno hlade specifične prostorije kao npr. prostorija UPS-a (engl. Uninterruptible power supply).
Sustav distribucije tople i hladne vode izveden je četverocijevnom mrežom na koje su spojeni ventilokonvektori (u uredima), radijatori (sanitarni čvorovi) te klima komore kojima se priprema zrak za klimatizaciju računalne hale, učionica, restorana.
Četverocijevna mreža hladne i tople vode posjeduje elemente za hidrauličko balansiranje. Kako bi se osigurala hidraulička ravnoteža mreže u povratne cjevovode ugrađeni su ručni regulacijski ventili, s ispustom i mogućnošću mjerenja protoka, a u polazne vodove obični zaporni te predstrujni ventili. Četverocijevnom mrežom omogućena je visoka fleksibilnost pri klimatiziranju prostora, odnosno omogućeno je istovremeno grijanje i hlađenje pojedinih dijelova zgrade.
Klimatizacija prostora u zgradi vrši se pomoću tri klima komore, visokotlačnog tipa, s brzinom strujanja zraka većom od 10 m/s. Klimatizacija prizemlja vrši se klima komorom kapaciteta tlačnog ventilatora 10.800 m^3/h, a odsisnog 8.100 m^3/h. Snaga ugrađenog toplovodnog grijača u režimu 75/60°C iznosi 75 kW, dok je snaga hladnjaka u režimu 7/12°C 90 kW. Klima komore za klimatizaciju prvog i drugog kata postavljene su u kućicu na krovu građevine. Kapacitet komore za klimatizaciju prvog kata iznosi 12.000 m^3/h, a drugog kata 13.800 m^3/h. Zrak se za prostore predavaonica ubacuje kroz rešetke u dvostrukom podu, a u prostor restorana, kroz parapetne istrujne rešetke. Regulacija količine ubacivanog i odsisanog zraka vrši se CO_2 senzorima. Klima komore se sastoje od jednobrzinskih tlačnih i odsisnih ventilatora s frekventnim upravljačima, pločastih rekuperatora topline, filtarskih sekcija, toplovodnih grijača, hladnjaka, eliminatora kapljica, komore za ovlaživanje elektroparnim ovlaživačem.
Zagrijavanje zraka u komorama vrši se u toplovodnom grijaču, vodom iz centralne kotlovnice, a hlađenje u hladnjaku vodom pripremljenom u rashladnom postrojenju.
Elementi automatske regulacije klima komore spregnuti su s centralnim nadzornim sustavom, a sastoje se od kontinuiranog

elektromotornog pogona žaluzine s povratnom oprugom, diferencijalnog presostata filtara, diferencijalnog presostata rada ventilatora, frekventnog regulatora, troputnog regulacijskog ventila s motornim pogonom na hladnoj vodi, termostata za zaštitu protiv smrzavanja s kapilarom kanalskih nalijegajućih osjetnika temperature te cirkulacijskih pumpi za hladnu i toplu vodu. Frekventnim regulatorom tlačnog i odsisnog ventilatora održava se konstantan tlak u tlačnom kanalu. Temperatura tlačenog zraka (zagrijanog/ohlađenog) vrši se u ovisnosti o temperaturi u povratnom kanalu pomoću troputnog miješajućeg ventila i pumpe na vodenoj strani. Vlaga se regulira elektroparnim ovlaživačem zraka upravljanim higrostatom, ugrađenim u odsisni kanal.
Ventilacija sanitarnih čvorova izvedena je kao prisilna. Zrak se iz sanitarnih čvorova izbacuje krovnim i kanalnim ventilatorima.
Regulacija učinka ventilokonvektora vrši se troputnim miješajućim ventilatorima na vodenoj strani i višebrzinskim ventilatorima na zračnoj strani. Nastali kondenzat prilikom hlađenja se pumpama s nepovratnim ventilom, bakrenim cjevovodom, odvodi u vertikale do kanalizacije.
Grijanje sanitarnih čvorova izvedeno je aluminijskim radijatorima, proizvođača Lipovica, model Ekonomik SE 500 S. Svako ogrjevno tijelo opremljeno je ručnim regulacijskim ventilom na polazu i prigušnicom na povratu.
Temperatura zraka u uredima održava se na 23 °C zimi i 26 °C ljeti.
Regulacija dnevnog i noćnog režima rada grijanja postoji i provodi se, ali ne centralno već lokalno po pojedinoj prostoriji. Temperatura prostora noću ugađa se na 20 °C zimi i 23 °C ljeti. Postavljanjem temperature noću u ljetnom razdoblju na nižu vrijednost od potrebne, želja je akumulirati rashladni učinak u materijalu građevine noću tako da se danju može veći dio rashladnog kapaciteta preusmjeriti na hlađenje vitalnog dijela zgrade, računalne hale.
Sustavi potrošnje vode u gospodarskim objektima mogu se podijeliti na sustave pitke, sanitarne i tehnološke vode. U zgradi postoji samo sustav pitke vode. SRCE nema vlastitih izvora vode tako da se sva potrošena količina namiruje iz lokalne vodovodne mreže, poduzeća „Gradsko komunalno gospodarstvo d.o.o. - podružnica vodoopskrba i odvodnja", Zagreb. Pitka voda se u objektu koristi za pranje ruku, ispiranje sanitarija u zajedničkim toaletima, te u kuhinji uglavnom standardnom armaturom, većinom jednoručnim miješalicama.
Priprema potrošne tople vode, korištene za higijenske potrebe u sanitarnim čvorovima i kuhinji, zimi se vrši postojećim kotlovima u akumulacijskom spremniku volumena 500 litara, dok se tijekom ljeta zagrijava električnim grijačem snage 2 kW.

Sustav elektroničke, računalne i telekomunikacijske opreme

S udjelom od 70% u ukupnoj instaliranoj električnoj snazi sustava elektroničke, računalne i telekomunikacijske opreme sudjeluje mreža računala (engl. clusteri), postavljeni u računalnu halu. Ostalih 30% čine osobna računala, telekomunikacijska i ostala elektronička oprema.

Sustav rasvjete

U ukupnoj instaliranoj električnoj snazi sustav rasvjete sudjeluje tek sa 6%. 89% rasvjete, izraženo u instaliranoj električnoj snazi svjetiljki, čini fluorescentna rasvjeta, 6% štedna i tek 5% klasična rasvjeta. Postojeći sustav rasvjete je star svega 7 godina.
Jasno je vidljivo da je potencijal ušteda električne energije zamjenom sustava rasvjete zanemariv i ekonomski teško opravdan.

Analiza potrošnje energije

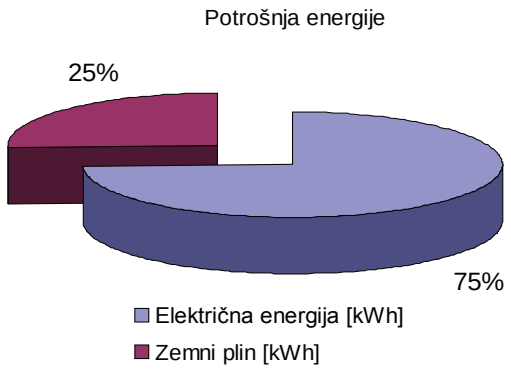
Potrošnja električne energije, zemnog plina i vode dobivena je temeljem računa za razdoblje 2004. – 2006. godine i prikazana je u tablici 6.70.

Tab. 6.70 Potrošnja energije i vode

Energent	Potrošnja energije		
	2004.	2005.	2006.
Električna energija [kWh]	1.362.765	1.477.369	1.780.454
Zemni plin [kWh]	797.374	680.087	608.993
Voda [m^3]	2.566,00	2.676,00	2.886,00

Kao što je prikazano u tablici 6.76 vidljivo je da se potrošnja energije kroz promatrano razdoblje mijenja. Potrošnja električne

energije raste, dok je potrošnja toplinske energije u opadanju. Razlog porasta potrošnje električne energije je instalacija nove, snažnije računalne opreme. Sukladno s time raste i potreba za hlađenjem, no s manjim prirastom.
U 2006. godini 75% posto ukupno potrošene energije činila je potrošnja električne energije, a tek 25% toplinske energije proizvedene iz zemnog plina, slika 6.115.



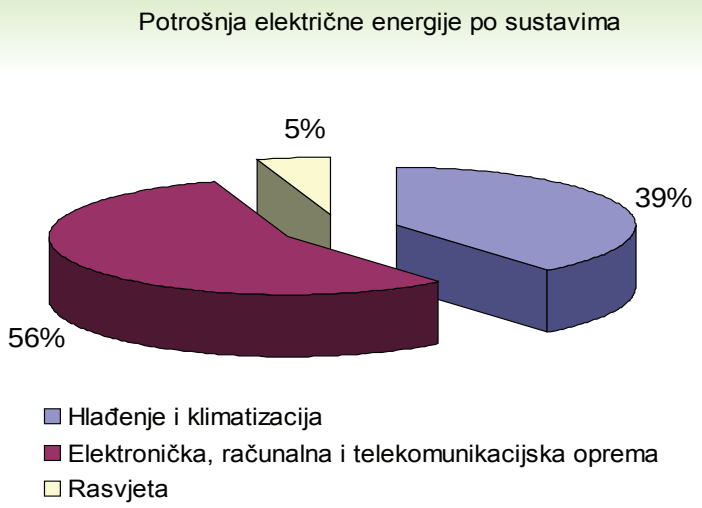
Slika 6.115 Udjeli potrošnje energije u zavisnosti o energentu

Specifična potrošnja električne i toplinske energije prikazana u tablici 6.71 izračunata je na temelju proračunske korisne površine zgrade, a vode s obzirom na ukupan broj zaposlenika i korisnika.

Tab. 6.71 Specifična potrošnja energije (indeksi potrošnje)

Energent	Specifična potrošnja energije		
	2004.	2005.	2006.
Električna energija [kWh/m^2]	379	410	495
Zemni plin [kWh/m^2]	221	189	169
Voda [m^3/osoba]	12	12	13

Prema prikazanim indeksima potrošnje energije moguće je uočiti da je potrošnja električne energije iznimno visoka (čak 495 kWh/m^2), uz istovremeno vrlo visoku potrošnju toplinske energije. Potrošnja toplinske energije, koja se u slučaju ovakvih zgrada koristi isključivo za potrebe grijanja, u visini od 170 do 220 kWh/m^2 daleko premašuje današnje standarde koji se odnose na potrošnju energije za potrebe grijanja nestambenih zgrada.
Također, potrebno je istaknuti činjenicu da sva električna energija koja se potroši za pogon elektroničke i računalne opreme u konačnici pretvori u toplinsku energiju koju je moguće i svakako je barem djelomično potrebno iskoristiti za potrebe grijanja ostalih prostorija.
Izradom energetske analize i simulacijama potrošnje električne energije, dobivena je potrošnja električne energije za potrebe rada računalne opreme, sustava hlađenja i rasvjete (slika 6.116). 56% ili oko 1.000.000 kWh od ukupno potrošene električne energije u 2006. godini potroši se za rad računalne i elektroničke opreme. Za potrebe hlađenja i klimatizacije potroši se 700.000 kWh te oko 80.000 kWh za potrebe rasvjete, slika 6.116.



Slika 6.116 Udjeli potrošnje električne energije u zavisnosti o sustavu

Iz priloženog je jasno da će mjere za povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje potrošnje energije, a time i tekućih pogonskih troškova biti potrebno prvenstveno tražiti u optimizaciji rada termotehničkih sustava, sustava grijanja, hlađenja, ventilacije i klimatizacije te obnovi elemenata vanjske ovojnice zgrade.
Specifična potrošnja vode je niska i uglavnom odgovara potrošnji ovoga tipa nestambenih objekta.
Potrošnju energije prate emisije stakleničkih plinova. Emisija CO_2, stakleničkog plina s najvećim značajem, ovise o količini i tipu energenta koji se koristi. U ovom slučaju to je električna energija i zemni plin. U tablici 6.72 navedene su emisije ugljikovog dioksida u ovisnosti o energentu i godini. Za potrošnju električne energije emisija CO_2 iznosi 0,53 kg/kWh, za zemni plin 0,20 kg/kWh te za transport vode 0,50 kg/m^3.

Tab. 6.72 Emisija CO_2 za postojeću potrošnju energije i vode

Energent	Emisija CO_2 [kg]		
	2004.	2005.	2006.
Električna energija	722.265	783.006	943.641
Zemni plin	159.475	136.017	121.799
Voda	1.283	1.338	1.443

Opis predloženih mjera energetske učinkovitosti

Sukladno prethodno provedenoj analizi, smanjenje potrošnje energije zgrade SRCA, predloženo je kroz tri grupe mjera:
- građevinskim zahvatima;
- povećanjem učinkovitosti termotehničkih sustava;
- povećanjem učinkovitosti elektrosustava.

Građevinske mjere

Građevinske mjere predložene su s namjerom da se u prvom redu smanji potreba zgrade za energijom grijanja (zemni plin) i hlađenja (električna energija), odnosno da se smanje gubici topline zimi i neželjeni dobici topline ljeti. Građevinske mjere uključuju zahvate na vanjskoj ovojnici zgrade, odnosno u prvom redu zamjenu vanjskih prozora i vrata, zatim izolaciju krova i poda drugog kata otvorenog prema okolini, te naposljetku izolaciju zidova.
Predlaže se zamjena svih starih vanjskih aluminijskih prozora i vrata na prvom i drugom katu (ukupno oko 1.200 m^2), novom aluminijskom stolarijom (5 komornim profilima) ostakljenom sa termoreflektirajućim IZO-staklom, 6+14+6 mm i ukupnog koeficijenta prolaska topline prozora od 1,1 W/m^{2}K. Specifična godišnja ušteda toplinske energije koju je moguće ostvariti

zamjenom trenutno postavljene aluminijske stolarije preporučenom, kreće se od 150 do 200 kWh po kvadratnom metru staklene površine. Okvirna cijena aluminijske stolarije, gore navedenih karakteristika, s ugradnjom iznosi oko 2.500,00 kn po m^2.

Izolacija ravnog krova (1.500 m^2) i poda drugog kata otvorenog prema okolini (500 m^2), preporuča se izvesti aplikacijom termoizolacijskih ploča kamene vune debljine 10,0 cm na krov građevine, maksimalne vrijednosti toplinske vodljivosti 0,040 W/mK, čime se dobiva vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline od 0,24 W/m^2K, što je manje nego zakonom predviđena maksimalna vrijednost 0,30 W/m^2K. Sloj toplinske izolacije potrebno je dodati s gornje, vanjske strane krova. Radovi koje je potrebno izvesti uključuju, odstranjivanje šljunka i hidroizolacije do nosive betonske ploče, te postavljanje parne brane, termoizolacijskih ploča kamene vune, hidroizolacije i nasip oblutaka.

Također, preporuča se postavljanje termoizolacijskih ploča debljine 10,0 cm na vanjsku stranu poda drugog kata. Primjenom navedene izolacije dobiva se vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline 0,26 W/m^2K < Umax=0,40 W/m^2K.

Izolacija vanjskih zidova građevine (550 m^2) preporuča se izvesti aplikacijom termoizolacijskih ploča kamene vune (fasadnih lamela) debljine 6 do 10,0 cm, maksimalne vrijednosti toplinske vodljivosti 0,041 W/mK, čime se dobiva vrijednost ukupnog koeficijenta prolaska topline 0,26 W/m^2K (< Umax=0,4 W/m^2K). Kako je cijena investicije aplikacije izolacije debljine 10 cm viša za oko 20% od one za 6 cm, preporuča se postavljanje izolacije debljine 10 cm.

Cijena materijala i radova izolacije građevine iznose od 250,00 do 300,00 kn/m^2.

Povećanje učinkovitosti termotehničkih sustava

Povećanje učinkovitosti termotehničkih sustava predlaže se kroz tri mjere, i.e. kroz regulaciju temperature zraka u prostoru ureda, reviziju centralnog sustava hlađenja – rashladnika vode te modernizacijom sustava hlađenja računalne hale.

Prilikom pregleda zgrade ustanovljeno je da se temperatura ureda tijekom zime održava u dvojakom režimu, danju na visokih 23 °C i 20 °C noću. Također, temperatura se u ljetnom razdoblju, održava na 26 °C danju, a noću na 23 °C. Na ovaj način pokušava se skladištiti određeni dio rashladnog učina tijekom noći kako bi rashladno postrojenje bilo rasterećenije danju. No potrebno je svakako napomenuti da zgrada SRCA spada u objekte lake gradnje te da u samom materijalu građevine nije moguće uskladištiti zamjetnije količine energije. Kao razlog ovako visoke postavljene temperature prostora zimi navodi se ugoda. Naime, pri nižim temperaturama prostora zračenje staklenih ploha i metalnih okvira prozora stvara osjećaj hladnoće i nelagode unatoč visokoj temperaturi zraka u prostoru. Iz toga razloga preporuča se tijekom dana spuštanje unutrašnjih sjenila na prozorima kako bi se eliminirao utjecaj zračenja hladnih prozorskih ploha. Isto vrijedi i ljeti. Također, ugradnjom nove stolarije omogućilo bi se smanjenje temperatura prostora uz istodobno povećanje osjećaja ugode.

Ugađanjem i regulacijom temperature prostora na projektne vrijednosti, 21 °C danju i 18 °C noću u zimskom razdoblju te 29 °C noću ljeti, moguće je značajno smanjiti toplinske gubitke u sezoni grijanja i dobitke u ljetnom razdoblju.

Kako u zgradi već postoji automatska regulacija temperature prostora, ulaganje u ovu mjeru se svodi na ugađanje pojedinih regulatora bez daljnje investicije u novcu.

Izračun uštede proveden je za regulaciju temperature prostora od 2 °C, sniženje temperature s 23 °C na projektnih 21°C u razdoblju grijanja. Sniženje temperature prostora u razdoblju grijanja za dva stupanja, rezultira uštedom energije od 75.578 kWh.

Povećanje učinkovitosti centralnog sustava hlađenja – rashladnika vode

Prilikom pregleda centralnog rashladnog postrojenja uočene se nepravilnosti u radu rashladnika vode. Naime, hlađenje kondenzatora kompresorske jedinice izveden je posredno, odnosno osigurava se dvama suhim izmjenjivačima topline, jediničnim nominalnim rashladnom učinka 350 kW. 30%-tna mješavina etilen-glikola i vode cirkulira između kondenzatora (gdje mješavina preuzima toplinu te se radi toga zagrijava) i dva suha izmjenjivača topline smještena na krovu građevine, gdje se toplina preuzeta na kondenzatoru predaje okolnom zraku. U ljetnom razdoblju, kada temperatura vanjskog zraka poraste iznad 32 °C, suhi izmjenjivači topline su u nemogućnosti predati toplinu generiranu na kondenzatoru okolnom zraku što u prvom redu uzrokuje porast izlazne temperature glikola iz hladnjaka, a potom i porast tlaka u rashladnom sustavu i sigurnosno isključivanje kompresora iz pogona. Na taj način zgrada ostaje bez hlađenja čime je ozbiljno ugroženo održavanje temperature računalnih jezgri u granicama.

Također, zamijećeno je da šesterostupanjska regulacija rashladnog učinka kompresora ne funkcionira zadovoljavajuće. Ako tlak u kondenzatoru poraste preko postavljene granice, što je indikacija da suhi izmjenjivači nisu dostatnog kapaciteta, regulacija isključuje kompresore iz rada u potpunosti, umjesto da ih isključuje stupnjevano i na taj način osigura rad uređaja sa smanjenim kapacitetom.

U ovom slučaju, rashladni uređaj većinu vremena radi u gornjem dopuštenom području što rezultira nižim rashladnim učinkom i višom potrošnjom električne energije. Općenito vrijedi da je rad rashladnog postrojenja krajnje neučinkovit kada radi na temperaturama kondenzacije višim ili temperaturama isparivanja nižim od projektnih.
Razlog nepravilnog načina rada rashladnog sustava je premala količina mješavine etilen-glikola i vode u optoku između kondenzatora i suhih hladnjaka. Zahvatom na grupi cirkulacijskih pumpi te povećanjem protoka, parametri rada rashladnog sustava su dovedeni u projektom propisane granice.
Sljedećim, vrlo pojednostavljenim računom pokazana je važnost vođenja rashladnih uređaja u projektnim pogonskim uvjetima s obzirom na uštedu energije, odnosno energetsku učinkovitost.
Faktor hlađenja (engl. COP *coefficient of performance*) rashladnika vode sa stapnim kompresorima u sustavima klimatizacije u temperaturnom režimu hladne vode 7/12°C, općenito se kreće od 3,0 do 4,5 u zavisnosti od gradnje uređaja te o temperaturi kondenzacije. Pri nižim temperaturama kondenzacije (izdašno hlađenje kondenzatora) faktor hlađenja je viši, dok će pri višim temperaturama okoline i slabijem hlađenju kondenzatora temperatura kondenzacije porasti, utječući na smanjenje faktora hlađenja rashladnog stroja. Ako kondenzator radi previsoke temperature okoline nije u mogućnosti predati svu toplinu okolini, temperatura te sukladno tomu i tlak radne tvari može porasti do te mjere da je potrebno sigurnosno iskapčanje pojedinih stupnjeva kompresora ili čak cijelog sustava.
Uz pretpostavku prosječnog godišnjeg rashladnog učinka rashladnika vode za potrebe klimatizacije prostora i hlađenja hale od 200 kW te faktora hlađenja rashladnika 4,5 pri temperaturi kondenzacije 32°C, proizlazi da je za ostvarivanje spomenutog učinka potrebna električna snaga za pogon kompresora od 45 kW. Porastom temperature kondenzacije za isti ostvareni rashladni učinak potrebno je uložiti više energije, odnosno pri temperaturi kondenzacije od 40°C faktor hlađenja rashladnog stroja pada na vrijednost 3,5 što ima za posljedicu porast potrebne snage za pogon kompresora od oko 20% na 57 kW.

Tab. 6.73 Emisija CO_2 za postojeću potrošnju energije i vode

	Temperatura kondenzacije 30 [°C]	**Temperatura kondenzacije 40 [°C]**
Godišnje vrijeme rada rashladnog uređaja [h]	8.760	8.760
Prosječan godišnji rashladni učinak [kW]	200	200
Faktro hlađenja [-]	4,5	3,5
Prosječna snaga kompresora [kW]	45	57
Godišnja potrošnja električne energije elektromotora kompresora [kWh]	394.200	499.320
UŠTEDA [kWh]	**105.120**	

Modernizacija sustava hlađenja računalne hale

Računalna hale se tijekom cijele godine hladi rashladnim ormarima, rashladnog učinka 60 kW, centralnim rashladnim postrojenjem preko izmjenjivača topline u drugom rashladnom ormaru rashladnog učinka 100 kW.
Omogući li se hlađenje hale pomoću vanjskog zraka (engl. free cooling), kod temperatura ispod +17 °C, moguće je ostvariti znatne uštede električne energije.
Uz pretpostavku prosječne godišnje toplinske snage disipacije računalne opreme od 100 kW (vrlo konzervativna pretpostavka s obzirom na maksimalnu disipaciju od 180 kW), dolazi se do 876.000 kWh toplinske energije koju je potrebno odvesti iz hale.
Koristeći rashladne uređaje za potrebe hlađenje prostora hale s prosječnim godišnjim faktorom hlađenja od 4, godišnje se utroši 219.000 kWh električne energije samo za pogon kompresora.
Nasuprot tomu, za područje Zagreba broj sati u godini s temperaturom zraka nižom od +17 °C iznosi 6.173.
Sukladno tomu moguće je uštedjeti 6.173 od ukupnih 8.760 sati pogona kompresora rashladnih uređaja, odnosno 154.325 kWh električne energije za pogon kompresora.

Iskorištenje topline disipacije računalne opreme za potrebe grijanja
Zagrijani zrak iz hale moguće je djelomično iskoristiti za zagrijavanje svježeg vanjskog zraka sekcijom za rekuperaciju, smještenu u klima komorama namijenjenim za klimatizaciju uredskih prostora. Teoretski gledano moguće je uštedjeti 542.200 kWh toplinske energije u razdoblju grijanja.

Potrebni radovi i oprema za provođenje ove mjere uključivala bi:

- izradu projekta ventilacije hale;
- izvođenje zasebnih ventilacijskih kanala od istrujnih otvora hale do okoline i klima komora;
- postavljanje kanalnih ventilatora, filtara, regulacijskih žaluzija, usisnih rešetaka, prigušivača buke, regulacijske automatike i ostale ventilacijske opreme.

Tab. 6.74 Rekapitulacija predloženih mjera energetske učinkovitosti za zgradu SRCE Zagreb

Mjere	Opis	Investicija	Procijenjene uštede		Procijenjene uštede	Razdoblje povrata ulaganja
		kn	kWh/god.	Plin, m^3/god	kn/god.	godina
1.	Zamjena vanjske drvene stolarije	3.000.000,00	210.000	21.000	107.100,00	28
2.	Izolacija ravnog krova i poda	500.000,00	76.325	7.632	38.923,20	12
3.	Izolacija vanjskih zidova	165.000,00	24.200	2.420	12.342,00	13
4.	Regulacija temperature prostora	0,00	75.578	7.578	38.647,80	0
5.	Povećanje učinkovitosti sustava hlađenja – rashladnika vode	80.000,00	107.120	0	101.764,00	0,8
6.	Modernizacija sustava hlađenja hale	500.000,00	154.325 (el. en.)	0	146.608,75	3,4
7.	Iskorištenje topline disipacije računalne opreme za potrebe grijanja	450.000,00	524.200 (top. En.)	52.420	267.342,00	2,4
Ukupno		**4.895.000,00**	**1.017.423 top. en. 154.325 el. en**	**101.742**	**822.977,00**	**6**

LITERATURA:

1. Donjerković Petar. Osnove i regulacija sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije I. i II. Alfa, Zagreb, 1996.
2. Recknagel, Sprenger, Schramek, Čeperković. Grejanje i klimatizacija 05/06. Šesto, izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Interklima, Vrnjačka Banja, 2004.
3. Stulz GmbH, http://www.stulz.de/
4. Ćurko T., Grozdek M., Burul V. Studija izvodljivosti za projekt energetske učinkovitosti Sveučilišnog računskog centra – SRCE, Zagreb. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb. Siječanj 2008. Financirao UNDP Projekt Poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj.

6.9. SPORTSKE DVORANE

Sportske dvorane i bazeni grade se u većim naseljima za potrebe održavanja sportskih i drugih priredbi i odvijanja treninga sportskih klubova, dok se uz osnovne i srednje škole dvorane grade uglavnom radi kineziioloških aktivnosti učenika u okviru školskog programa, te manifestacija u okviru djelatnosti škole. Školske dvorane često udomljuju poneki sportski klub čija se aktivnost odvija u vrijeme kada se ne održava nastava. Vrijeme korištenja takvih objekata je vrlo različito, s prekidima tijekom dana, tako da su grijanja projektirana da osiguraju brzo zagrijavanje uz relativno manju potrošnju energije. Upravo iz razloga brzog zagrijavanja, uglavnom se za grijanje dvorana koriste termoventilacijski sustavi, ali kod manjih školskih dvorana nije rijedak slučaj centralnog grijanja opskrbom toplinom iz školske kotlovnice. Veće sportske dvorane posebno one s gledalištima, ponekad imaju predviđen i sustav klimatizacije koji osigurava hlađenje u vrijeme većih toplinskih opterećenja. Sporedne prostorije (garderobe, sanitarije, tuševi, hodnici, kancelarije i sale za sastanke) uglavnom se griju radijatorima. Hlađenje pojedinih prostora najčešće je lokalnim sustavima (split uređaji), a tamo gdje je predviđeno hlađenje zraka s centralnim rashladnim uređajem ugrađuju se ponekad ventilatorski konvektori za grijanje i hlađenje prostora.
Kompleksniji termotehnički sustavi mogu se naći u bazenima posebno većim gradskim kompleksima, s obzirom da je tamo potrebno provesti razvlaživanje zraka bazena, grijanje i filtraciju vode bazena i eventualno hlađenje prostorija za boravak ili ugostiteljskih prostora uz bazen. Također su uobičajena podna grijanja za sanitarne prostore i plohe uz vodeni prostor bazena. U najčešćem broju slučaja radi se o prostorima povećane visine (cca. 4-10 m), pa je njihovo grijanje povezano s problemom distribucije topline na takav način da se ona usmjeri na mjesta gdje je i potrebna.

Provedba energetskog pregleda

Kod energetskog pregleda ovakvih objekata, posebno školskih sportskih dvorana, ne može se očekivati značajnija tehnička podrška stručnih službi ili domara, koji uglavnom nisu u dovoljno mjeri tehnički obučeni i ne poznaju dovoljno dobro tehničke sustave zgrade. Također nisu dostupni i podaci o potrošnji energenata. Energetski pregled je relativno lako obaviti jer se najčešće radi o manjem broju prostorija. Ovisno o namjeni dvorane termotehnički su sustavi različiti, pa se kod školskih i manjih lokalnih dvorana mogu očekivati jednostavni, a kod većih gradskih dvorana s tribinama za publiku i klupskim prostorijama jednog ili više sportskih klubova o složenim termotehničkim sustavima. Starije dvorane obično nisu dobro toplinski izolirane, te je dobro provesti termografsko snimanje objekta radi utvrđivanja stanja vanjske ovojnice. Kao i kod ostalih pregleda, organizirani tim, koji provodi pregled, treba se sastojati od barem po jednog inženjera svake struke. Pregled se može obaviti u jednom danu uz eventualnu naknadnu kontrolu i razjašnjenje detalja tijekom drugog obilaska. Kao i uvijek, potrebno je prvi obilazak kombinirati s uvodnim razgovorom sa službama korisnika ili vlasnika i osigurati preuzimanje sve dostupne projektne dokumentacije. Također je važno obaviti prethodne dogovore prije posjete, te dobro planirati pregled temeljem ranije dostavljenih informacija. Obilazak je poželjno planirati u zimskom razdoblju, tj. u sezoni grijanja, kada su vidljivi svi eventualni nedostaci sustava i kad se eventualna mjerenja mogu provesti u stvarnim radnim uvjetima sustava grijanja.
Kada se radi o školama, korisnici često traže izradu certifikata za školu, ne razlučujući pritom različite toplinske karakteristike i način korištenja škole i sportske dvorane. U tom slučaju potrebno je izdati odvojene certifikate za zgradu škole i za dvoranu.

Opće o mjerama energetske učinkovitosti u dvoranama i bazenima

U manje dvorane ugrađuju se radijatori, cijevni registri, zračni grijači ili termoventilacijski sustavi. Toplinska energija distribuira se iz kotlovnica obično loženih loživim uljem ili plinom. Priprema potrošne vode predstavlja značajnu stavku, a osigurana je centralnom, a rjeđe lokalnom pripremom potrošne tople vode. U gradovima unutrašnjosti, sustavi grijanja mogu biti povezane na sustave vrelovodnih ili parnih grijanja s odgovarajućim toplinskim podstanicama. Hlađenje najčešće nije prisutno, osim ponegdje lokalnim sustavima u kancelarijama i sobama (split sustavi), te ponekad u zajedničkim prostorima kao što su restorani. Temperature u dvoranama kreću se oko 15 – 18°C, dok je u prostorijama za boravak temperatura oko 20°C. Kod bazena je situacija drukčija, pa se u hali bazena temperatura treba održavati na 28-30°C uz gornju granicu relativne vlažnosti u hali bazena od 70%.Ovisno o tome, mijenjat će se i stvarna potrošnja energije građevine.

Uvjeti korištenja uvjetuju veću potrebnu energiju za zagrijavanje potrošne tople vode i kod dvorana i kod bazena. Kao moguća mjera energetske učinkovitosti, u današnjem stanju cijena opreme i energije, može se pokazati opravdanim ugradnja sustava zagrijavanja potrošne vode solarnim kolektorima. Jednostavno vrijeme povrata ulaganja za ovu mjeru može se očekivati u granicama 6-8 godina, što je prihvatljiva vrijednost. Kod prijedloga tehničkog rješenja treba provesti optimizaciju površine ugrađenih kolektora s aspekta troškova, uvažavajući postojeći način grijanja potrošne vode koji nakon ugradnje sustava za

korištenje sunčeve energije služi za dodavanje one topline koju ne mogu proizvesti solarni kolektori. Odabir neprimjereno velikih površina solarnih kolektora vodi u neekonomičan rad.

Od korištenja obnovljivih izvora energije za pripremu sanitarne tople vode može se još izdvojiti primjena dizalica topline koje istovremeno služe za hlađenje garderoba, prostora za boravak i ugostiteljskih prostora.

Potrošnja hladne vode također nije zanemariva, pa dolaze u obzir mjere štednje vode kao što su perlatori na slavinama i tuševima, štedljivi vodokotlići, jednoručne slavine, ugradnja tuševa umjesto kada, pa i korištenje ventila s ograničenim trajanjem protoka ili pak žetona za ograničenje jednokratne potrošnje.

U dvoranama se vrlo često pokazuju opravdanima mjere toplinske izolacije zidova i stropova. Ponekad stropovi dvorana nisu uopće toplinski izolirani već je pokrov postavljen direktno na metalnu podkonstrukciju, bez izolacije. U svakom slučaju potrebno je odgovarajuću pažnju posvetiti stropu dvorane, posebno iz razloga što se radi o visokom prostoru kod kojega se topli zrak skuplja pod stropom i gubici kroz strop su iz toga razloga značajno povećani.

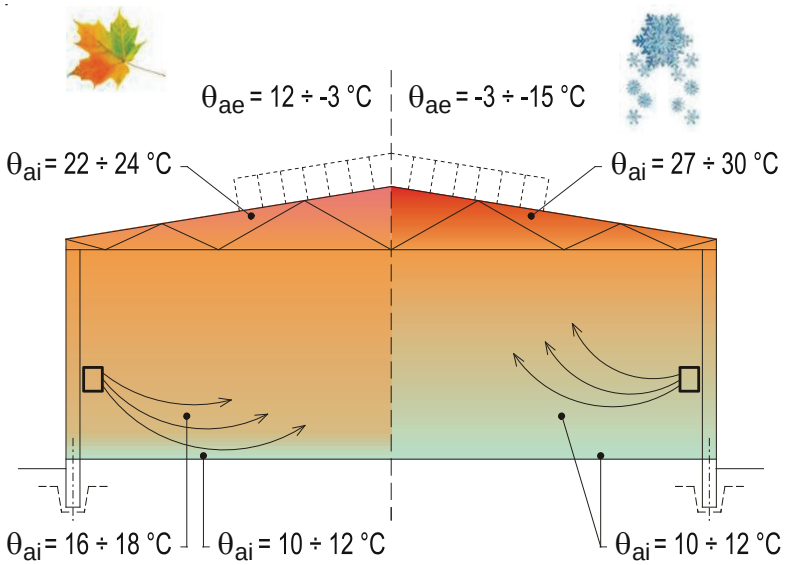
U dvoranama se mogu pronaći velike staklene površine ostakljene jednostrukim staklima. Mjera zamjene ovih stakala pokazuje se vrlo prikladnom, s brzim razdobljem povrata ulaganja i dobrim energetskim učincima.

Slika 6.117 Jednostruka stakla na prozorima školske sportske dvorane

Jedan od većih problema kod dvorana, koje se najčešće griju konvektivnim, toplozračnim grijanjima je stratifikacija zraka u prostoru zbog koje se topli zrak prirodnim uzgonom diže u visoku zonu ispod krova dvorane, povećavajući na taj način toplinske gubitke, dok je istovremeno temperatura u prizemnom dijelu, u kojem borave ljudi, nedostatna. Kompenzacija takvog problema povećavanjem postavne vrijednosti temperature vodi k daljnjem povećanju gubitaka, posebno kod loše projektiranih sustava distribucije zraka. Zbog jednostavnosti termotehničkih sustava projektanti ponekad izbjegavaju dulje razvode kanala za zrak, pa projektiraju ventilacijske sustave s centralnim odvodom uz klima komoru koja se često smješta pod strop dvorane, dok je distribucija toplog zraka također neadekvatnim rešetkama, što može rezultirati nemogućnošću dospijevanja toploga zraka do poda dvorane, kako je to prikazano na slici 6.118.

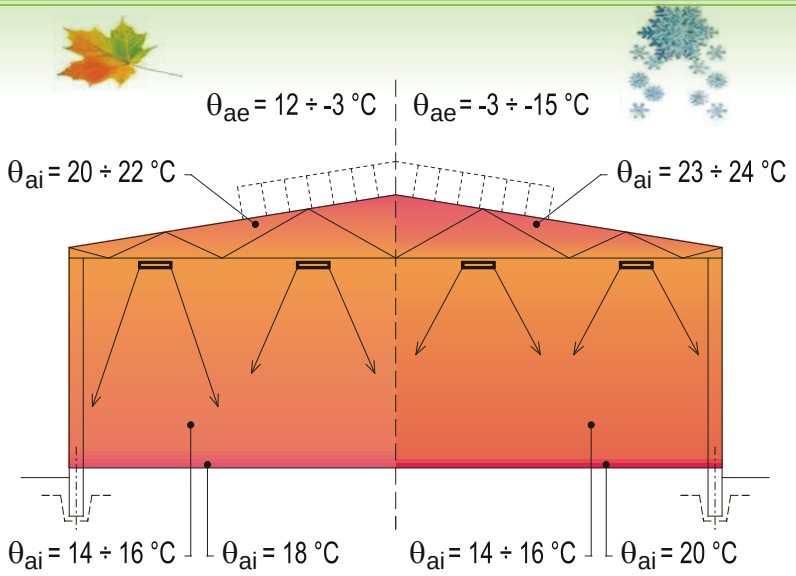
Slika 6.118 Kratka veza kod strujanja zraka u dvorani [1]

Bez obzira jesu li takve greške napravljene ili ne, svojstvo konvektivnog grijanja je da za posljedicu ima nepovoljnu distribuciju temperature po visini.



Slika 6.119 Distribucija temperature u dvorani s konvektivnim grijanjem tijekom jeseni i proljeća lijevo, tijekom zime desno [2]

Takva se situacija može donekle ublažiti odgovarajućim distribucijskim otvorima za zrak i puštanjem kanala odsisnog zraka do poda dvorane, kako će biti prikazano u primjeru na kraju ovoga poglavlja. Dobro rješenje za ovakav problem je i korištenje grijanja zračenjem (vrelovodni ili vrelouljni zračeći paneli, plinska grijanja zračenjem). Povoljnija distribucija temperature rezultira manjim toplinskim gubicima s jedne strane, dok je s druge strane temperaturu zraka u prostoru moguće održavati nižom, jer je operativna temperatura u granicama ugodnosti zbog utjecaja zračenja toplih panela. Naravno, prijedlog ovakve mjere može se dati uz izračun energetskih i ekonomskih učinaka, ali za provedbu je poželjna prethodna detaljna energetska studija, a nužno je da ovlašteni projektant izradi projekt takve rekonstrukcije..



Slika 6.120 Distribucija temperature u hali s grijanjem zračenjem (vrelovodni zračeći paneli), uvjeti tijekom jeseni i proljeća lijevo, tijekom zime desno [2]

Eventualna zamjena kotla opravdana je kao i uvijek tek kod dotrajalih kotlova, starijih od 25 do 30 godina. Kod zamjene kotla potrebno je izraditi projekt uz prethodnu provedbu proračuna ušteda u odnosu na druge moguće tipove kotla, vodeći računa o meteorološkim uvjetima lokacije, projektnim temperaturama i učinku ugrađenih ogrjevnih tijela.

Eventualni prijedlog zamjene energenta povezan je s detaljnim simulacijama potrošnje energenta, nije uvijek provediv i obično su uz zamjenu energenta povezani i troškovi izrade projekta, gradnja nove kotlovnice, ali i uređenje kotlovnice u skadu sa zahtjevima odgovarajućih pravilnika, što se posebno odnosi na slučaj prelaska na loženje plinom.

Mjere vezane na elektrotehničke sustave najčešće obuhvaćaju zamjenu rasvjetnih tijela sa žarnim nitima energetski učinkovitim rasvjetnim tijelima. Tu su vremena povrata ulaganja relativno kratka. Ugradnja senzora prisutnosti koji gase rasvjetu u prostoru u vrijeme kada u njemu nitko ne boravi također je isplativa, jer osigurava od nemarnog ponašanja korisnika.

6.9.1. Primjer 1: Izolacija građevine i rekonstrukcija termotehničkih sustava sportske dvorane

Za sportsko rekreacijski kompleks 3. maj, u vlasništvu grada Rijeke, Tehnički fakultet u Rijeci izradio je 2004. godine dvije studije,i, od kojih je prva [3] imala za zadatak utvrditi je li potrebna i isplativa ugradnja toplinske izolacije zgrade, dok je zadatak druge studije [4] i kasnije izrađenog projekta bila sanacija sustava grijanja kompleksa i distribucije zraka u dvorani za koji je pregledom utvrđeno da ne osigurava dobro zagrijavanje prostora dvorane.
Prva studija obuhvatila je izradu proračuna toplinskih i rashladnih opterećenja za potrebe grijanja i klimatizacije kompleksa te izradu proračuna potrošnje energije za grijanje i hlađenje tijekom cijele godine. U okviru proračuna analiziran je utjecaj eventualnog poboljšanja toplinske izolacije zgrade (zamjena postojećeg limenog krovnog pokrova odgovarajućim toplinski izoliranim krovnim pokrovom, moguća zamjena stakala i sl.). Prikazan je utjecaj poboljšane izolacije objekta na potrošnju energije. Također je dana analiza investicijskih troškova za eventualno poboljšanje izolacije i financijski učinci smanjenih troškova energije.

Kontrola strojarskog projekta instalacija ukazala je na korektno proveden proračun gubitaka topline objekta. Odabrana količina zraka za ventilaciju je također dovoljna da s predviđenom temperaturom dovodnog zraka pokrije gubitke topline dvorane, a odabrani sustav osigurava i dovoljnu količinu svježeg zraka. Za ventilaciju je odabran sustav koji se sastoji od dviju tlačnih i dviju odsisnih ventilacijskih komora kapaciteta po 8500 m^3/h zraka. Za svaku od dvije termoventilacijske grupe predviđena je rekuperacija topline rotacijskim regenerativnim izmjenjivačima topline. Projektiranje ove vrste regenerativnih izmjenjivača

topline bilo je uobičajeno u vrijeme izrade ovoga projekta, ali je kasnije napušteno zbog brojnih pogonskih problema koji se javljaju pri njihovoj uporabi. Naime, često se događalo da remen rotora regeneratora spadne ili pukne, odnosno da dođe do kvara elektromotora, te kroz regenerator koji ne rotira ne protječu svježi i otpadni zrak naizmjence, pa se regenerator ne čisti od prašine i s vremenom se zapuni. On tada služi kao prepreka struji zraka i sustav klimatizacije obično uopće ne funkcionira, što je danas slučaj na predmetnoj instalaciji. Kao rješenje ovoga problema predloženo je ukloniti regenerativni rotacijski izmjenjivač topline i umjesto njega ugraditi pločasti rekuperator s obilaznim vodovima, a postoji i mogućnost da se do potpune zamjene postojećih komora novima ne ugradi nikakav uređaj za povrat topline.

Distribucija zraka je stropnim rešetkama. Ventilacijske rešetke smještene su na visini 7,6 m od terena, pa zbog takvog načina ugradnje ne osiguravaju da ugrijani ventilacijski zrak dospije do prostora namijenjenog za boravak ljudi. S druge strane, odsis zraka je za svaku klima komoru na jednom mjestu, preko rešetke ugrađene na usisnoj strani odvodnog klima uređaja, smještene na visini 7 m iznad terena, što znači da odsisna komora doprinosi da se cirkulacija toploga zraka odvija u gornjoj zoni, a da zrak ne uspije doći do zone boravka ljudi (Slika 6.118).

Pogrešna pretpostavka korisnika je bila da je krovni pokrov izveden samo od trapeznog lima. Kako nijedan dio nije bio dostupan za vizuelni pregled, rezanjem trapeznog lima pokrova utvrđeno je da je krovni pokrov izveden iz dva trapezna lima između kojih je ugrađena toplinska izolacija od mineralne vune 60 mm u oblozi od PVC folije (slika 6.121 lijevo). Ova činjenica u značajnoj mjeri utječe na sva daljnja razmatranja ekonomičnosti zamjene krovnog pokrova. Provjereno je također koja je vrsta stakla ugrađena na jugozapadnoj i sjeveroistočnoj strani dvorane i utvrđeno je da se ne radi o jednostrukom staklu, što je bila pretpostavka već o izolirajućem staklu 4+8+4 mm. Kako se ovdje radi o značajno velikim površinama (slika 6.121 desno). Ova činjenica je bila važna za daljnja razmatranja.

Slika 6.121 Izolacija krovnog pokrova i staklene stijene

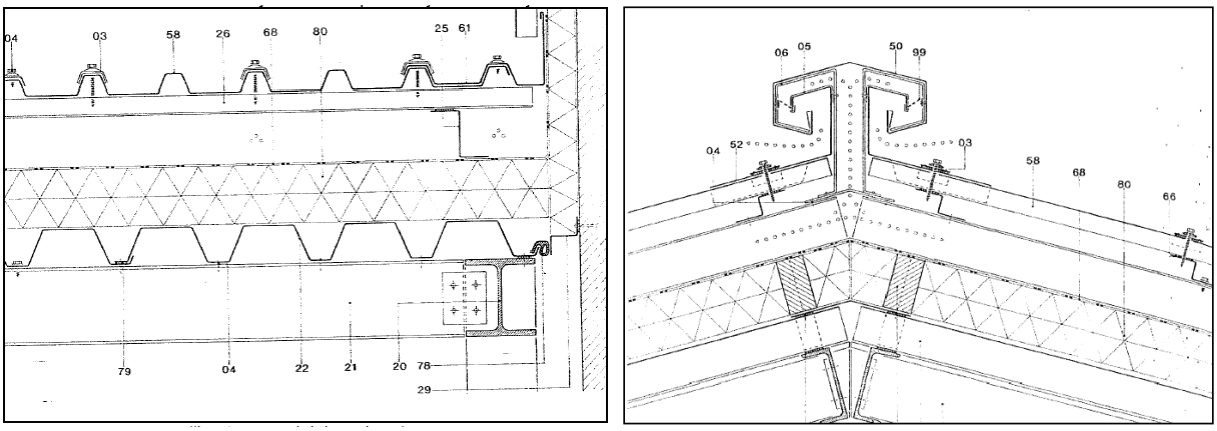
Simulacije potrošnje energije za poboljšanu izolaciju zgrade

Proračun gubitaka i dobitaka topline je proveden prema propisima za proračun dobitaka topline VDI 2078 i za gubitke topline DIN 4701, uz korištenje softwarea razvijenog na Tehničkom fakultetu u Rijeci, koji se uobičajeno koristi za navedene proračune. Analizirana su dva slučaja i to postojeća i poboljšana izolacija. Za postojeću izolaciju određeni su transmisijski gubici topline 100,7 kW, ventilacijski gubici 20,2 kW i dodatna toplina za zagrijavanje ventilacijskog zraka 159,46 kW.
Potreban učinak hlađenja građevine je bio 103,9 kW, a za hlađenje ventilacijskog zraka od vanjskog stanja do stanja prostorije trebalo je 85 kW, ukupno 188,9 kW.

Pod poboljšanom izolacijom analizirano je postavljanje samonosive „sendvič“ izolacije debljine izolacijskog poliuretanskog sloja 120 mm, što bi osiguralo koeficijent prolaska topline od oko 0,3 W/m^{2}K, što je znatno bolje od koeficijenta prolaska topline postojećeg krovnog pokrova koji iznosi 0,8 W/m^{2}K.

Također je bila predviđena ugradnja ventiliranog krova, čime bi se u velikoj mjeri smanjio dobitak topline uslijed sunčevog

zračenja, kako će se vidjeti u nastavku proračuna. Prikaz presjeka kroz krovište s navedenom izolacijom i ventiliranim krovištem, kao i prikaz sljemena takvog krovišta dan je na slici 6.122.



Slika 6.122 Karakteristični presjeci ventiliranog krova

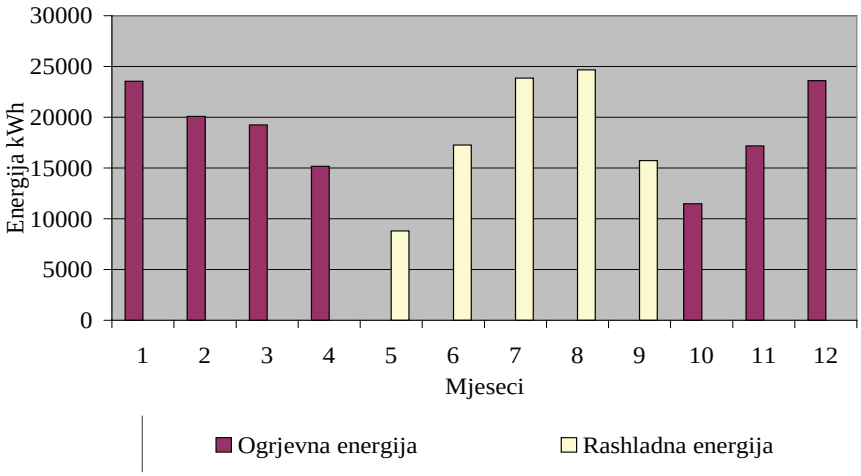
Zamjena stakala nije razmatrana, jer ugrađena termoizolacijska stakla predstavljaju dobro rješenje, zasad uobičajeno u graditeljstvu. Istina je da postoje i bolje izolirana stakla koja sprječavaju i dotok sunčeve energije (koeficijent prolaska topline za takva stakla kreće se oko k=1,1 W/m^{2}K, a koeficijent propuštanja sunčevog zračenja b=0,4), ali takva stakla su skupa i neprimjerena za objekt ove namjene.

Za novu izolaciju određeni su transmisijski gubici topline 82 kW, ventilacijski gubici 20,2 kW i dodatna toplina za zagrijavanje ventilacijskog zraka 159,46 kW.

Potreban učinak hlađenja građevine u ovom slučaju je 65,2 kW, a za hlađenje ventilacijskog zraka od vanjskog stanja do stanja prostorije treba dodatnih 85 kW, pa je to ukupno 150,2 kW.

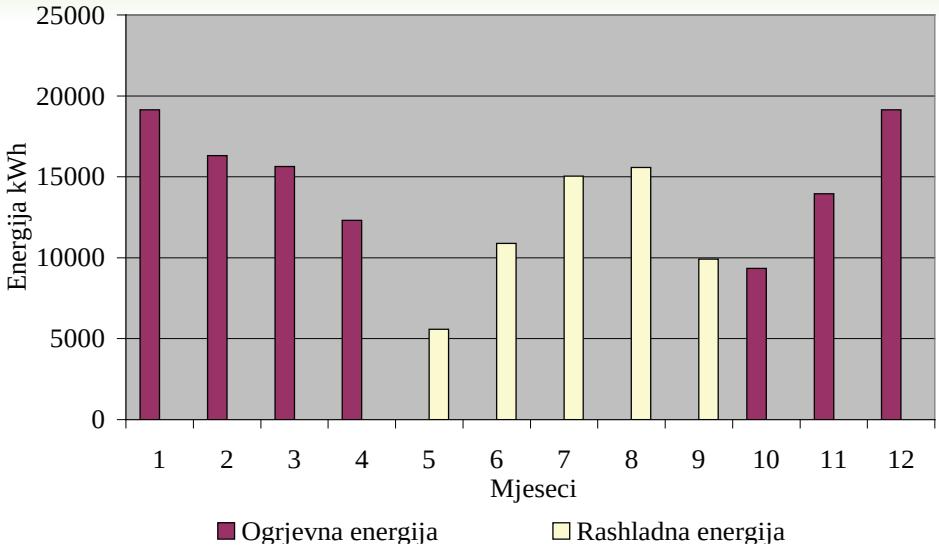
Potrošnja ogrjevne i rashladne energije dobivena je korištenjem računalnog modela za dva slučaja:

Prvi slučaj – postojeća izolacija



Slika 6.123 Potrošnja ogrjevne i rashladne energije dvorane za slučaj postojeće izolacije

Drugi slučaj – poboljšana izolacija



Slika 6.124 Potrošnja ogrjevne i rashladne energije dvorane za slučaj poboljšane izolacije

U postojećem stanju objekta, utrošene električna energija za pogon dizalice topline koja osigurava proizvodnju 130.328 kWh ogrjevne i 90.310 kWh rashladne energije za grijanje i hlađenje dvorane iznosi prema rezultatima simulacija 47.685 kWh (slučaj postojeće izolacije dvorane).

Za slučaj da se ugradi poboljšana izolacija, potrebno je 105.840 kWh ogrjevne i 57.025 kWh rashladne energije, za što se troši 35.904 kWh električne energije za pogon rashladnog uređaja / dizalice topline.

Razlika utrošene električne energije između prvog i drugog slučaja iznosi 11.781 kWh.

Treba imati u vidu da je ova procjena rađena za cjelodnevni rad sustava, uz uvjet održavanja željene temperature u objektu tijekom cijele godine, dakle i za hlađenje tijekom ljeta, što u dosadašnjem načinu rada nije bio slučaj. Stvarna potrošnja značajno će ovisiti o načinu korištenja, kao i o meteorološkim uvjetima koji mogu odstupati od uvjeta opisanih referentnom godinom.

Bez obzira na to, rezultati simulacije ukazuju pouzdano na red veličine očekivanih ušteda energie primjenom poboljšane izolacije.

Ocjena ekonomičnosti

Analiza je rađena 2004. godine uz usvajanje cijene električne energije od 1 kn/kWh, što je bilo znatno više od tadašnje cijene (danas je to dostignuto u višoj tarifi). Ocjena ukupne godišnje uštede bila je oko 12.000 kn.

Investicija u krovni pokrov s poboljšanom izolacijom kakav je opisan naprijed, procijenjena je bila na 250.000 kn.

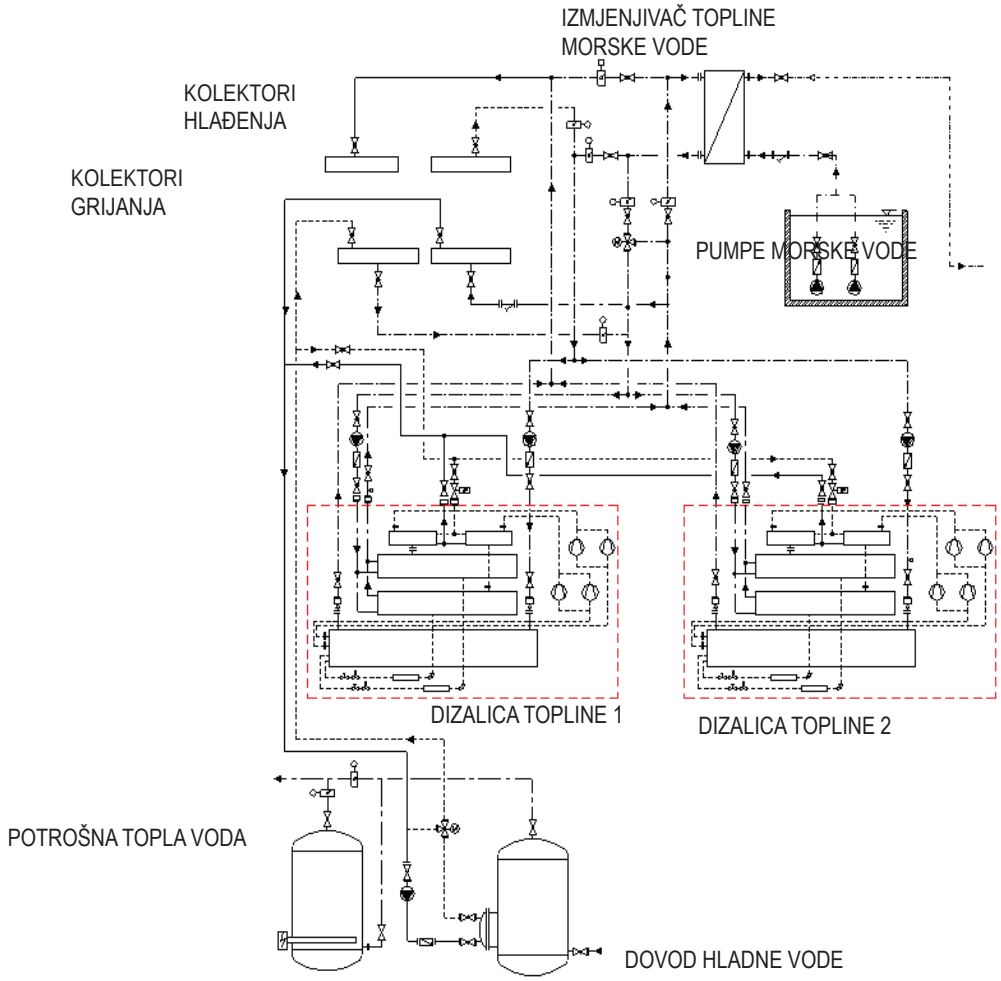
Dodatna investicija u sanaciju nosive konstrukcije kakva bi se trebala provesti za slučaj ugradnje krovnog pokrova s poboljšanom izolacijom (čija je masa veća od mase postojećeg krovnog pokrova), procijenjena je na 100.000 kn (točnija ocjena troškova ugradnje mogla bi uslijediti tek nakon izrade idejnog projekta zamjene postojećeg krovnog pokrova novim).

Ukupno bi trebalo investirati oko 350.000 kn, dok bi se godišnja ušteda kretala oko 12.000 kn, pa se investicija može smatrati neopravdanom s ekonomskog gledišta i od nje se odustalo.

Sustav grijanja, hlađenja i distribucije zraka

Za cijeli kompleks je još 1987. godine projektiran i izgrađen sustav grijanja dizalicama topline s morskom vodom kao toplinskim izvorom. Toplinski učinak energane je određen za potrošnju topline sustava grijanja i termoventilacije od 736 kW, dok ugrađena instalacija hlađenja zahtijeva rashladni učinak od 116 kW. Ogrjevna i rashladna energija proizvodi se radom dvije dizalice topline PWCL/HP 480/132, proizvod "Termofriz" Split, a toplinski izvor zimi, odnosno ponor topline ljeti je morska voda i voda iz podzemnih izvora koji se slijevaju u prostor upojnog bunara smještenog na udaljenosti 40 m od energane, u blizini obalnog ruba.

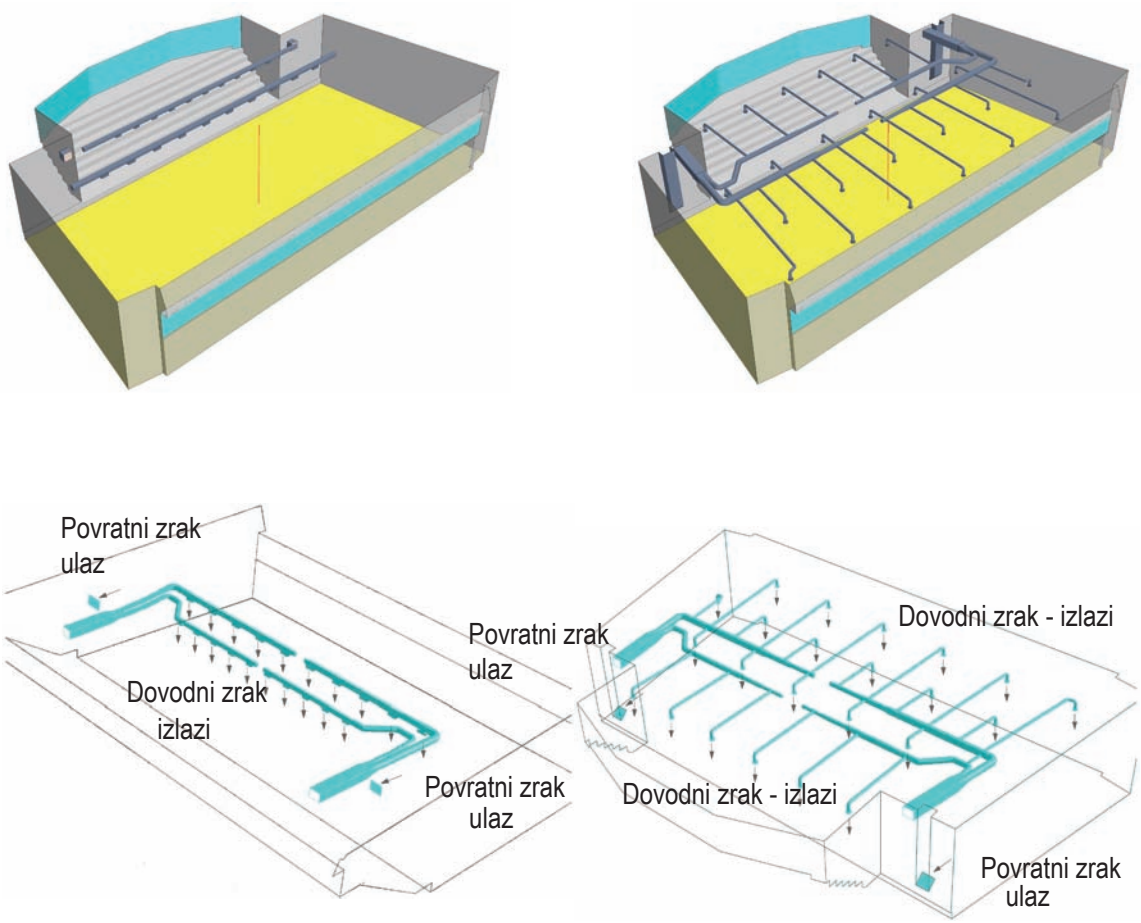
Tehničkim rješenjem sanacije [3] predviđeno je uređenje (zamjena cjevovoda, armature i izolacije) krugova cirkulacije vode kroz isparivače i kondenzatore dizalica topline, servis dizalica topline, zamjena pumpi za cirkulaciju kroz isparivače i kondenzatore, zamjena pumpi za dobavu morske vode, čišćenje izmjenjivača topline morske vode i priprema energane za ugradnju sustava automatskog upravljanja i nadzora, te najnužnije intervencije na sustavu potrošnje ogrjevne i rashladne energije. Također je bilo predviđeno izvršiti uređenje sustava grijanja, hlađenja i klimatizacije, omogućiti hlađenje svih objekata i uvesti automatski centralni nadzorni i upravljački sustav.



Slika 6.125 Shematski prikaz ogrjevno – rashladne energane rekreacijskog kompleksa 3. maj

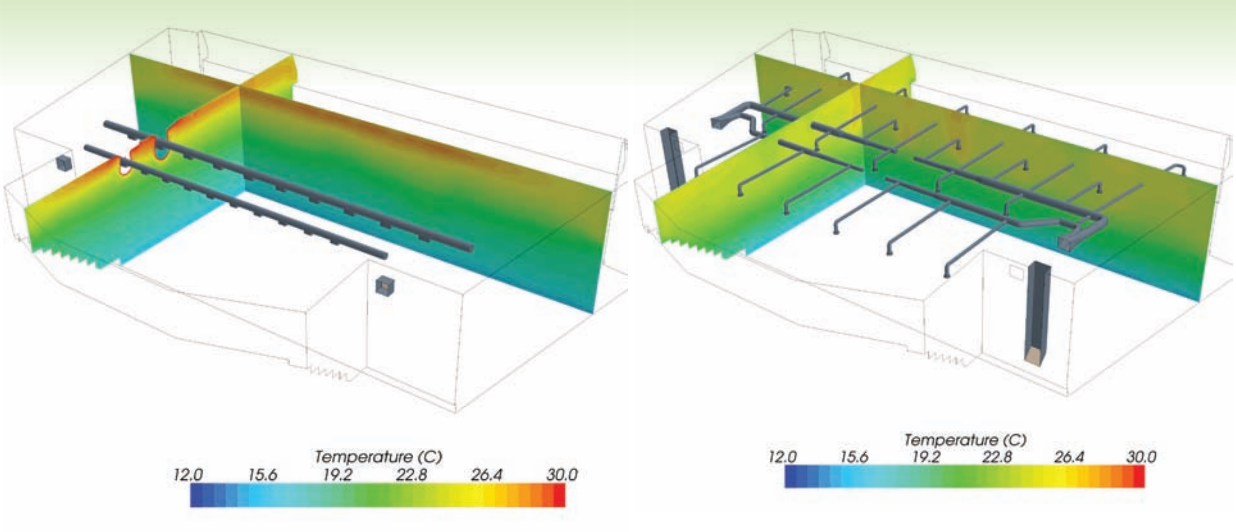
Problemi koji su se pojavili oko distribucije zraka u samoj dvorani bili su nepogodna distribucija temperatura i lokalno previsoke brzine strujanja zraka. Oni su uglavnom bili uzrokovani nepravilnim pozicioniranjem dovodnih i odvodnih otvora za zrak, te odabirom vrste i dimenzije dovodnih otvora, ali i nepravilnim radom regenerativnih izmjenjivača topline u sustavima

termoventilacije koji su uzrokovali smanjenje protoka zraka. Nakon odabira tehničkog rješenja (projekt [4]) promijenjena je vrsta i pozicija dovodnih otvora (slika 6.126 desno). Umjesto otvora za dovodni zrak smještenih pod stropom dvorane predviđen je usis odvodnog zraka pri podu dvorane, a za distribucijske otvore odabrani su difuzori s promjenjivom geometrijom iz kojih je istrujavanje zimi prema dolje, a ljeti u stranu. Pravilna distribucija zraka utvrđena je numeričkom simulacijom (CFD – Computational Fluid Dynamics) čiji se dio rezultata prikazuje na slikama 6.127 do 6.133.

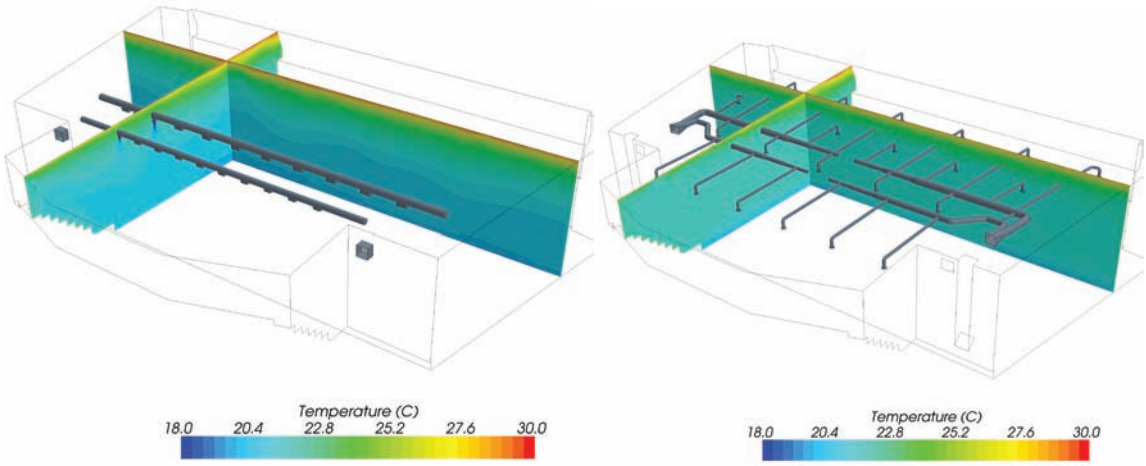


Slika 6.126 Kanali za distribuciju zraka: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

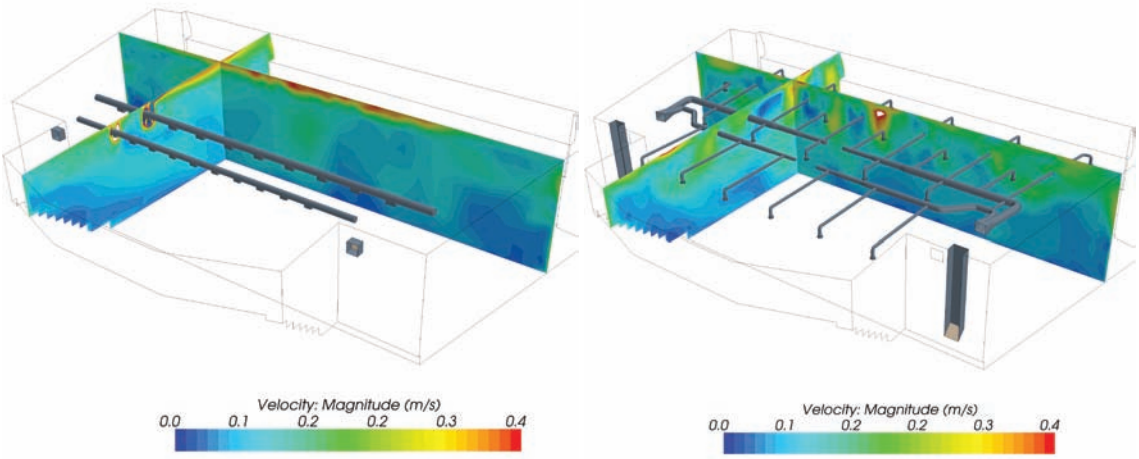
Predloženim rješenjem temperature u prostoru boravka su ujednačene, a brzine koje su za postojeće stanje ponegdje prelazile dopušteneene vrijednosti, smanjene su u zoni boravka.



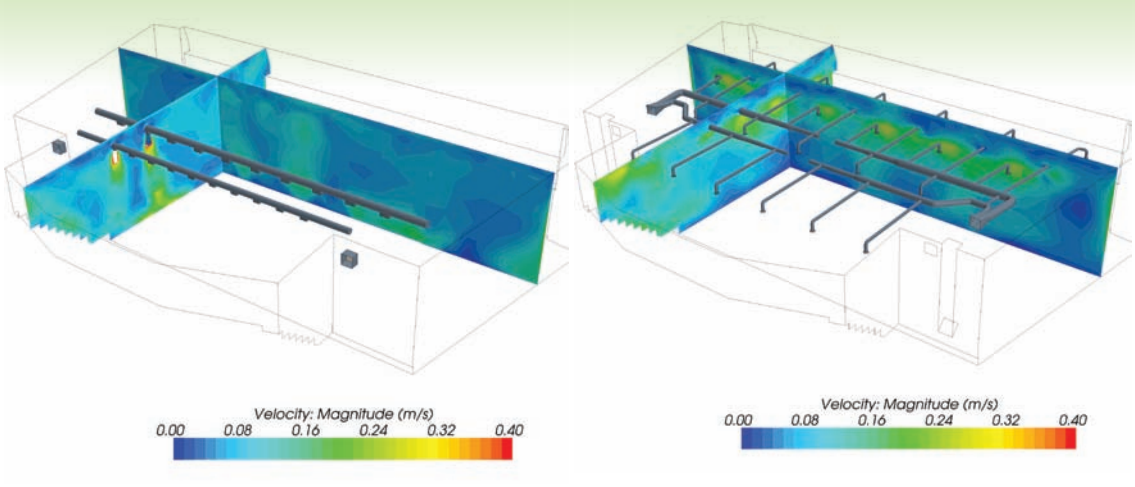
Slika 6.127 Distribucija temperatura zimi: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje



Slika 6.128 Distribucija temperatura ljeti: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

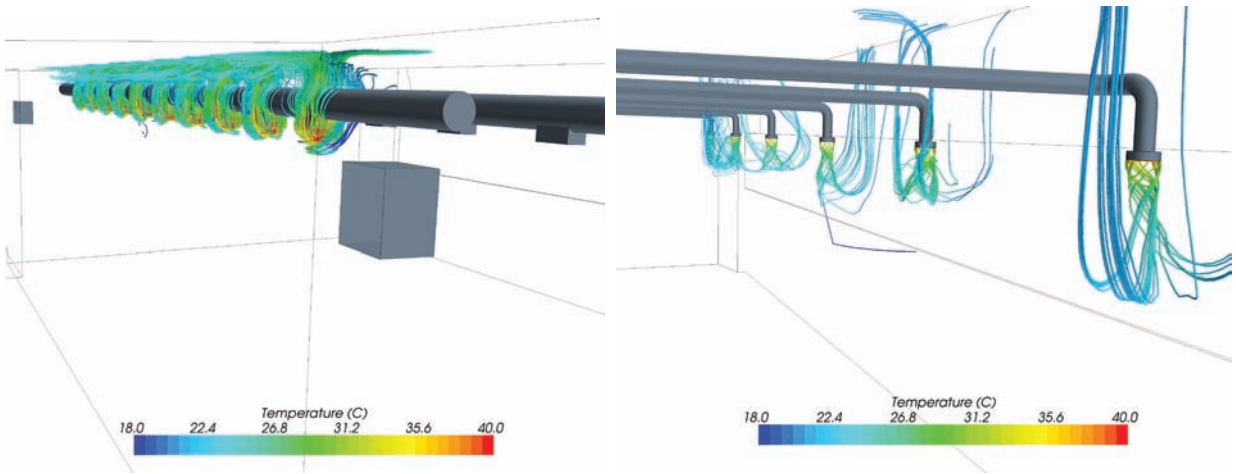


Slika 6.129 Distribucija brzina zraka zimi: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje



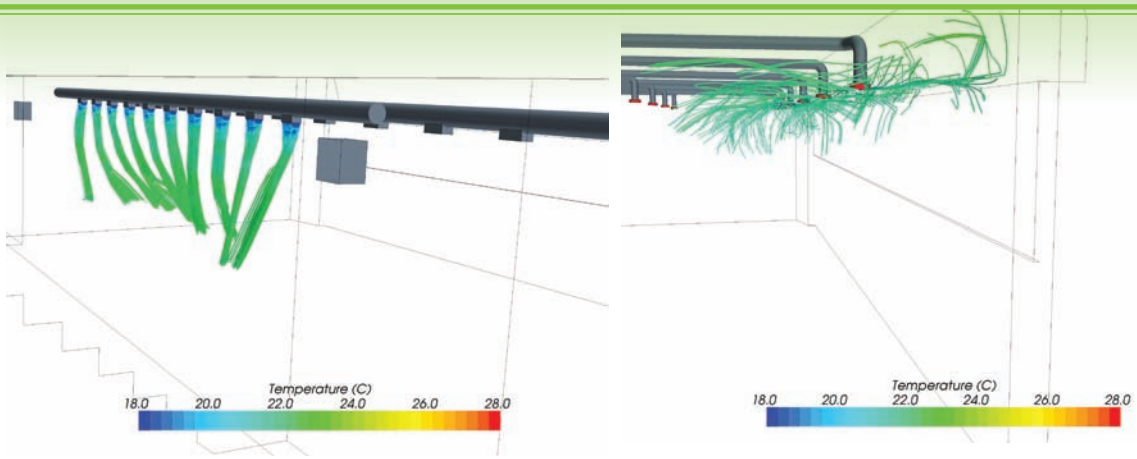
Slika 6.130 Distribucija brzina zraka ljeti: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

Iz slike strujnica zraka za postojeće i novopredloženo stanje u zimskom radu vidi se da se on usmjerava više prema zoni boravka, umjestio da ostaje pri vrhu prostora i pregrijava ga.



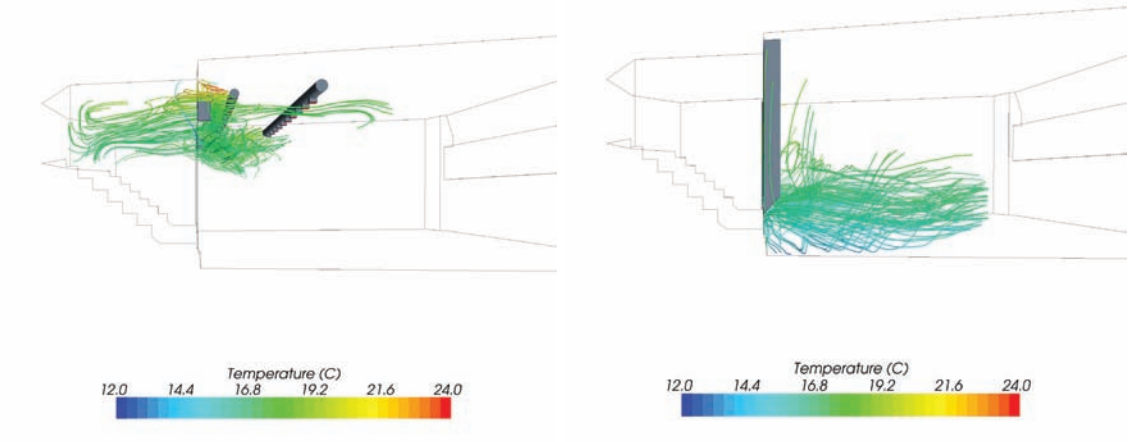
Slika 6.131 Strujnice zimi: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

U ljetnom radu kod postojećeg bi se sustava (koji inače nije radio u režimu hlađenja) događalo slijevanje hladnog zraka u zonu boravka, što je primjenom predloženog rješenja izbjegnuto.



Slika 6.132 Strujnice ljeti: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

Pozicioniranjem otvora odvodnog zraka pri dnu dvorane, ostvareno je bolje ispiranje prostora, posebno u zimskom radu.



Slika 6.133 Strujnice oko otvora odvodnog zraka: lijevo - postojeće stanje; desno - predloženo i projektirano stanje

LITERATURA

[1] Čarija, Z., Pavković, B., Franković, B.: Numerical Study of Air-Flow and Heat Transfer Inside a Sports Hall, Strojarstvo, 52(2010)5, 569-576

[2] Kabele, K. et. al: REHVA Gudebook Energy Efficient Ventilation of Large Halls, REHVA, 2011

[3] Pavković, B: Analiza opravdanosti poboljšanja toplinske izolacije sportske dvorane "SRC 3. MAJ" Rijeka, Tehnički fakultet u Rijeci, 2004.

[4] Pavković, B: Tehničko rješenje sanacije i funkcionalnog osposobljavanja energane "SRC 3. MAJ" Rijeka – termotehničke instalacije, Tehnički fakultet u Rijeci, 2002.

[3] Pavković, B: Prijedlog sanacije sustava za distribuciju topline sportske dvorane dvorane "SRC 3. MAJ" Rijeka, Tehnički fakultet u Rijeci, 2004.

6.10. ZGRADE VELEPRODAJE I MALOPRODAJE

6.10.1. Detaljni energetski pregled u svrhu izdavanja energetskog certifikata - Trgovački centar „Supernova“ Karlovac / izvor: EIHP

Energetskim pregledom prikupljaju se i obrađuju podaci vezani uz potrošnju svih energenata na lokaciji radi procjene potencijala mogućih ušteda. Sve predložene uštede moraju zadovoljiti hrvatske propise i norme te se njima u većini slučajeva podižu radni uvjeti i sigurnost.

Analiziran je potencijal trgovačkog kompleksa Supernova Karlovac, koji se nalazi u Prilazu Većeslava Holjevca 12 u Karlovcu, na k.č. 2007/2 k.o. Karlovac i ukupne površine 46.683 m^2. Sastoji se od dvije zgrade:

- objekt A – glavna zgrada, bruto razvijene površine 11.293,49 m^2
- objekt B – prateća zgrada, bruto razvijene površine 7.157,16 m^2.

Ukupna površina trgovačkog centra iznosi 18.450,65 m^2.

S arhitektonsko-građevnog stajališta te s obzirom na vanjsku konstrukciju od montažnih elemenata na pročelju nije moguće dodatno izolirati vanjsku ovojnicu, uz prihvatljivo razdoblje povrata ulaganja. Na zgradama su primijenjene i odgovarajuće mjere zaštite od prekomjernog osunčanja na staklenim elementima pročelja.

Na lokaciji se za zadovoljavanje energetskih potreba koriste električna energija i prirodni plin. Objekti A i B opskrbljuju se potrebnom toplinskom energijom za grijanje iz zajedničke kotlovnice na prirodni plin, a za potrebe hlađenja objekata ugrađeni su rashladnici vode. Kao krajnji elementi u sustavu grijanja/hlađenja ugrađeni su kazetni i parapetni ventilokonvektori. Za djelomičnu klimatizaciju prostora koriste se klima komore. Priprema potrošne tople vode u svim objektima izvedena je lokalno pojedinačnim električnim bojlerima, te preko centralnog spremnika potrošne tople vode. Električna energija se na lokaciji koristi za napajanje rasvjete, rashladnih agregata i pomoćnih elemenata u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme tople vode, računalne opreme, reklamne opreme, kuhinjske opreme i ostalog.

Kao **referentna godina** za potrošnju i troškove za električnu energiju i prirodni plin uzeta je **druga polovica 2010. godine i prva polovica 2011. godine**, razdoblje kada trgovački centar počinje raditi punim kapacitetom. Ukupna godišnja potrošnja energije prema referentnoj godini iznosila je **4.913.515 kWh**. Ukupni troškovi za energiju u referentnoj godini iznosili su **3.572.002,51 kn**. **Svi troškovi i sve cijene prikazane su bez PDV-a**.

Prema određenim energetskim razredima u *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada („Narodne novine“ br. 36/10)* zgrade Trgovačkog centra „Supernova“ u Karlovcu su svrstane u **energetski razred C (50 < C ≤ 100 %)**, prema sljedećim proračunatim specifičnim vrijednostima relativne godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za nestambene zgrade $Q_{H,nd,rel}$ (%):

- **Trgovački centar „Supernova“ Karlovac – Objekt A68,48%**
- **Trgovački centar „Supernova“ Karlovac – Objekt B62,41%**

Energetskom analizom prepoznate su mjere energetske učinkovitosti u gospodarenju energijom, sustavima potrošnje toplinske hlađenje te u sustavima potrošnje električne energije, uz mogućnost korištenja električne energije, proizvedene fotonaponskim sustavom kao i upravljanje vršnim opterećenjem na elektroenergetski sustav.

Prema analizi potencijala za uštedu energije i dugoročnog strateškog planiranja energetike na lokaciji Supernova Karlovac u smislu redoslijeda i prioriteta implementacije mjera predlaže se:

- Uspostava **sustava gospodarenja energijom** kao temeljna mjera kojom se stvaraju preduvjeti za implementaciju ostalih mjera;
- **Promjena ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije** potpisivanjem ugovora o opskrbi kao administrativna mjera;
- **Revitalizacija unutarnje rasvjete** kao mjera koja generira izrazite ekonomske, energetske i ekološke dobrobiti;
- **Upravljanje vršnim opterećenjem** kao mjera eliminiranja nepotrebnih troškova;
- **Ugradnja fotonaponskog sustava** kao mjera iskorištavanja obnovljivih izvora energije na lokaciji.

U sljedećoj tablici prikazane su sve analizirane mjere, uključujući procjenu potrebne investicije, ekonomsko, energetsko te ekološko vrednovanje.

Tab. 6.75 Sažeti prikaz analiziranih mjera

Mjera	Investicija [kn]	Procijenjene godišnje uštede			JPP [god.]	Smanjenje emisije CO_2 [kg/god.]
		El. energija [kWh]	Prirodni plin [m³]	Ukupno [kn]		
1. Uspostava sustava gospodarenja energijom	810.000	320.395	5887,14	230.738	3,5	180.995
2. Revitalizacija unutarnje rasvjete	199.800	595.273	-	391.239	0,5	315.495
3. Provjera isplativosti ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije	0	-	-	92.040	-	-
4. Upravljanje vršnim opterećenjem	200.000	-	-	46.174	4,3	-
5. Ugradnja fotonaponskog sustava	12.826.000	556.500		1.318.905,00	9,7	294.945

Dio predloženih mjera energetske učinkovitosti je u međuovisnosti te su u tablici prikazane procijenjene uštede proračunate pod pretpostavkom da se niti jedna druga mjera neće implementirati.
Rezultati energetskog pregleda koji su prikazani u ovom izvješću, predstavljaju preporuke za potencijalne energetske uštede koje u nekim segmentima treba detaljnije istražiti i analizirati. Naime, prije eventualne realizacije zahvata koji traže znatnija ulaganja, treba provesti detaljna snimanja svih eksploatacijskih parametara sustava (broj sati rada, opterećenje i sl.) te napraviti detaljnu tehno-ekonomsku analizu. Tek potom se može pristupiti izradi glavnog i izvedbenog projekta te realizaciji.

Slika 6.134 Sjeverno pročelje TC Supernova Karlovac – objekt A

Zgrada TC Supernova Karlovac nalazi se u Karlovcu, Prilaz Većeslava Holjevca 12. Sastoji se od 2 objekta:
- objekt A – glavni objekt (izgrađen 2010. godine)
- objekt B – prateći objekt (izgrađen 2010. godine).

Oba objekta su izvedena u 1. fazi izgradnje – završenost do roh-bau faze, te su kasnijim fazama izgradnje za koje su ishođene odvojene uporabne dozvole, namjeni privedeni ukupno 31 zaseban poslovni prostor različite površine i namjene, koji zajedno čine TC Supernova Karlovac.

Zgrada A se sastoji od prizemlja bruto razvijene površine 11.064,5 m², te podruma u kojem je smještena sprinkler stanica i spremnik vode za gašenje požara ukupne površine 228,99 m². Konstruktivno je objekt A podijeljen na sjevernu i južni dilataciju. Organizacijom prostora, sjeverna dilatacija objekta A je identična objektu B, dok se u južnoj dilataciji nalaze veliki prodajni prostori, skladišta, komunikacije, zajednički prostori, uredski i tehnički prostori. Na krovu se nalaze platforme za smještaj ventilacijskih komora i vanjskih jedinica rashladnih uređaja. Sjeverna dilatacija (dilatacija 2) je funkcionalno odijeljena od

dilatacije 1, i u njoj se nalaze tehničke prostorije i četiri odvojena specijalizirana prodajna prostora.
U tehničkim prostorijama smještena su dva transformatorska bloka, prostorije srednjeg i niskog napona, plinska kotlovnica s mjerno redukcijskom stanicom i stubištem prema sprinkler stanici u podrumu.
Nosiva konstrukcija objekta je čelična, s osnovnim rasterom nosive konstrukcije 16,5 x 11,0 m i 16,5 x 8,3 m.

Zgrada B sastoji se od prizemlja bruto razvijene površine 7.157,16 m^2. U objektu B nalazi se 8 specijaliziranih prodajnih prostora, vezanih na zajedničku kotlovnicu smještenu u dilataciji 2.

Nosiva konstrukcija objekta je čelična, s osnovnim rasterom nosive konstrukcije 14,0 x 11,0 m.

Vanjsku granicu sustava prema potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje zgrade predstavlja mjerno-redukcijska stanica – mjerenje prirodnog plina za potrebe grijanja zgrade. Prema tome, čitav kompleks je podijeljen na dvije toplinske zone, koje se poklapaju s vanjskim gabaritima grijanog obujma objekata A i B.

Tab. 6.76 Prikaz grijanih površina

Zgrada	Grijana površina A_k(m^2)	Neto grijani volumen V(m^3)
Objekt A	10.491,93	53.828,35
Objekt B	6.679,40	31.632,54

Prodajni prostori su grijani na unutarnju temperaturu 20°C. Hlađenje prodajnih prostora je individualno regulirano prema potrebama i traženim standardima svakog prodajnog prostora.

Konstruktivni sustav, kao i sastav vanjske ovojnice oba objekta je identičan, te se vanjska ovojnica sastoji od vanjskih zidova grijanih prostora, vanjskih zidova tehničkih prostorija, ostakljenih konstrukcija vanjske ovojnice, krova i podova na tlu.

Z1 U=0,32W/m^{2}K vanjski neprozirni zid prema vanjskom zraku – sendvič paneli od profiliranog lima s ispunom mineralnom vunom debljine 12 cm.
Z1b U=0,44 W/m^{2}K – vanjski neprozirni zid prema vanjskom zraku, s unutarnjom oblogom g.k. pločama – sendvič paneli od profiliranog lima s ispunom mineralnom vunom debljine 12 cm, i dodatnom unutarnjom oblogom od g.k. ploča.
Z2 U=0,44 W/m^{2}K– sokl – a.b. zid debljine 30 cm s vanjskom izolacijom XPS-om i završnom sokl žbukom.

Z11 U=0,44 W/m^{2}K – vanjski zid tehničkih prostorija – a.b. zid debljine 20 cm s vanjskom izolacijom XPS-om i završnom akrilatnom žbukom.

K1 U=0,27 W/m^{2}K – ravni krov iznad grijanih prostora – profilirani čelični lim s toplinskom izolacijom mineralnom vunom debljine 14 cm, te završnom polimernom hidroizolacijskom trakom slobodno položenom. Dijelom je na površinama krova izloženim hodnom opterećenju zbog pristupa rashladnim i ventilacijskim uređajima izvedena dodatna obloga betonskim pločama.

S1 U=0,4 W/m^{2}K – zid prema negrijanim tehničkim prostorijama – armirani beton 20 cm s oblogom Kombivol pločama 100 mm
S2 U=0,39 W/m^{2}K – zid prema kotlovnici – a.b. debljiine 20 cm s oblogom Kombivol pločama 100 mm

P2-a i P3a U=0,43 – pod na tlu prizemlja – rubni dio – završna podna obloga na a.b. temeljnoj ploči 30 cm i toplinska izolacija XPS debljine 6 cm

Slika 6.135 Karakteristični prozor i detalj

B-1, B-2, B-3, U=1,49 Wm²/K - prozori su od plastificiranog aluminija s prekinutim toplinskim mostom i dvostrukim brtvljenjem. Ostakljenje je dvostruko low-e izolacijsko staklo 4+16+4 mm. Dio ostakljenih stijena prizemlja je izveden s dodatnom zaštitom od osunčanja folijama kojima se smanjuje ukupna prolaznost osunčanja kroz ostakljenu površinu. Prozori ureda su izvedeni s vanjskom zaštitom od osunčanja aluminijskim žaluzinama.
KK-1 krovne kupole U=1,7 W/m²K – polikarbonatni svjetlarnici na krovu objekta A i B.

6.10.1.1. Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje zgrade

Potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje je proračunata u skladu s HRN EN ISO 13790: 2008 Energetska svojstva zgrada – Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora, metoda proračuna po mjesecima.
Grijanje je predviđeno na 20˚C, a hlađenje na 26˚C. Referentna klimatska postaja za zgradu je Karlovac, s meteorološkim podacima identičnim za referentnu klimu kontinentalna Hrvatska, te se vrijednosti potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje za stvarnu i referentnu klimu poklapaju .

6.10.1.2. Rezultati proračuna

Tab. 6.77 Objekt A

Bruto grijani volumen / Neto grijani volumen	V_e (m³) / V (m³)	70.826,78 / 53.828,35
Korisna površina	A_k (m²)	10.491,93
Oplošje grijanog dijela zgrade	A (m²)	24.718,67
Faktor oblika zgrade	f_0 (-)	0,35
Unutarnja temperatura grijanja	˚C	20
Potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd}$ (kWh)	915.341,59
Specifična godišnja potrebna energija za grijanje	$Q'_{H,nd}$ (kWh/m³a)	12.92
Maksimalno dopuštena Specifična godišnja potrebna energija za grijanje	$Q'_{H,nd}$ (kWh/m³a)	18,87
Unutarnja temperatura hlađenja	˚C	26
Potrebna toplina za hlađenje	$Q_{C,nd}$ (kWh)	9.396
Specifična godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q'_{C,nd}$ (kWh/m³a)	0,13

Tab. 6.78 Objekt B

Bruto grijani volumen / Neto grijani volumen	V_e (m³) / V (m³)	41.621,76 / 31.632,54
Korisna površina	A_k (m²)	6.679,40
Oplošje grijanog dijela zgrade	A (m²)	16.189,19
Faktor oblika zgrade	f_0 (-)	0,39
Unutarnja temperatura grijanja	˚C	20
Potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd}$ (kWh)	507.259,62
Specifična godišnja potrebna energija za grijanje	$Q'_{H,nd}$ (kWh/m³a)	12.19
Maksimalno dopuštena Specifična godišnja potrebna energija za grijanje	$Q'_{H,nd}$ (kWh/m³a)	19,53
Unutarnja temperatura hlađenja	˚C	26
Potrebna toplina za hlađenje	$Q_{C,nd}$ (kWh)	24.811,39
Specifična godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q'_{C,nd}$ (kWh/m³a)	0,78

Niska razina potrebne toplinske energije za hlađenje posljedica je orijentacije i zasjenjenja ostakljenih konstrukcija vanjske ovojnice, u kombinaciji s niskom propusnošću ukupnog osunčanja ostakljenja ($g^{\perp}$=0,44 do 0,60). Proračunati rezultati odstupaju od stvarnih potreba zbog ulaznih parametara proračuna prema projektnoj dokumentaciji i Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, čime su vrijednosti unutarnjih dobitaka zgrade od 5W/m² podcijenjene u odnosu na stvarnu vrijednost unutarnjih dobitaka, međutim, prema navedenom propisu u proračunu potrebne topline za grijanje uračunavaju se s tom vrijednošću.
Zgrade zadovoljavaju zahtjeve *Tehničkog propisa o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN 110/08 i 89/09) u pogledu maksimalno dopuštene specifične godišnje toplinske energije za grijanje.

6.10.1.3. Sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode

Trgovački centar Supernova u Karlovcu sastoji se od dva objekta :
- objekt A (EKZ+FMZ 1) u kojemu najveću površinu zauzima prodajni prostor Interspara;
- objekt B (FMZ 2) koji se sastoji od 8 prodajnih prostora, svaki s vanjskim ulazom.

Slika 6.136 Shema cjelokupnog kompleksa SUPERNOVA – lijevo A dio, desno B dio

Oba objekta svoje toplinske potrebe zadovoljavaju iz zajedničke kotlovnice na prirodni plin. U kotlovnici se nalaze dva niskotemperaturna kotla proizvođača HOVAL tip MAX 3. Kotlovi su različitog toplinskog učina, veći je 870 kW a manji 720 kW što ukupno iznosi 1.590 kW. Za potrebe hlađenja oba objekta postavljenih je šest rashladnika vode ukupnog rashladnog učina 1092,8 kW s R 407C kao radnom tvari. Distribucija rashladne i toplinske energije, odvija se preko stropnih ventilokonvektora. Osim rashladnih uređaja, na krovu je smješteno i pet klima komora, proizvođača PRO KLIMA za djelomičnu klimatizaciju prostora.

Priprema potrošne tople vode odvija se samo u rashladnoj podstanici prodajnog prostora Interspar koja se zagrijava otpadnom toplinom nastalom u rashladnim kompresorima. Volumen spremnika za PTV je 2.000 litara. Uz navedeni sustav postoje još samo 2 manja električna bojlera u sanitarnim prostorijama.

Termotehnički sustav grijanja prostora je zajednički za oba objekta a glavni dio sustava (kotlovnica) nalazi se u objektu A. U kotlovnici su dva nova niskotemperaturna kotla proizvođača HOVAL tip MAX 3 u čeličnoj izvedbi na prirodni plin s predtlačnim ventilatorskim plamenicima proizvođača Riello RS 100 tl 232/698. Kotlovi su različitog učina , tako da je prvi kotao tipa MAX 3 750, toplinskog učina 870 kW i stupnja djelovanja 92,5%. Drugi kotao je tipa MAX 3 620, toplinskog učina 720 kW i stupnja djelovanja 92,4%. Prema projektu je predviđeni temperaturni režim 75/55°C. Temperatura polaza se vodi klizno u ovisnosti o vanjskoj temperaturi.

Slika 6.137 Instalirani niskotemperaturni kotlovi HOVAL tipa MAX 3 na prirodni plin

Ekspanziju sustava osigurava se membranskom ekspanzijskom posudom WILLO-EXPANSION-H-206-T-100, volumena 1000 litara, koja omogućuje prihvat viška vode i sprječava ulazak zraka u instalaciju.

Dimni plinovi nastali izgaranjem prirodnog plina u ložištima kotlova izbacuju se preko dva odvojena dimnjaka promjera od nehrđajućeg čelika u atmosferu. Promjer spojnih dimovodnih cijevi (dimnjača) preko kojih se kotlovi priključuju na dimnjak iznosi 350 mm s izolacijom od kamene vune debljine 20 cm. Na spojnoj cijevi između kotla i dimnjaka ugrađena su vratašca za kontrolu i čišćenje.

Toplinska energija proizvedena u niskotemperaturnim kotlovima, razvodi se pomoću tri cirkulacijske pumpe proizvođača WILLO, do toplinski izolirane hidrauličke skretnice proizvođača MEIBEIS tip MH-200, a zatim do razdjelnika / sabirnika pa do krajnjih elemenata u sustavu grijanja.

Slika 6.138. Toplinski izolirana hidraulička skretnica , te razdjelnik/sabirnik podsustava razvoda toplinske energije - za cjelokupni objekt

Korištenjem hidrauličke skretnice razdvaja se krug vode na primarni i sekundarni, odnosno na stranu proizvođača topline i stranu potrošača. Protok primara i sekundara su potpuno odvojeni. Konstrukcijski gledano, hidraulička skretnica je posuda s četiri priključka međusobno zavarena, po dva za svaki neovisni krug primara i sekundara.
U podsustavu razvoda toplinske energije sustava grijanja postoje ukupno tri kruga grijanja:
Krug grijanja 1: objekt A - prodajni prostor Interspar
Krug grijanja 2: objekt A – FMZ 1 i ostatak EKZ dijela
Krug grijanja 3: objekt B - svih 8 prodajnih prostora.

Krajnji podsustav termotehničkog sustava grijanja, u kojemu dolazi do predaje toplinske energije na prostor koji je potrebno grijati u sezoni grijanja, je podsustav izmjene topline. Kao ogrjevna tijela u sezoni grijanja, odnosno rashladna tijela u sezoni hlađenja koriste se kazetni ventilokonvektori za ugradnju u spušteni stop (trgovine) te radijatori u hodnicima, uredima, WC i sl.

Slika 6.139 Ventilokonvektori u prostorima objekta Supernova

U A dijelu i nekim prostorima B dijela, osim ventilokonvektora, izveden je i sustav zračnog grijanja, gdje se preko klima komora, kanala te na kraju istrujnih rešetki, ubacuje zagrijani zrak.

Sustav hlađenja objekta A čine 2 rashladnika od kojih jedan opskrbljuje rashladnom energijom prodajni prostor Interspara dok je drugi rashladnik vezan na ostatak EKZ dijela, te za kompletan FMZ 1. Oba rashladnika su proizvođača RHOSS tip TCAESY 4320 rashladnog učina 325 kW i električne snage kompresora 121 kW što daje faktor hlađenja EER od 2,7. Rashladnik se sastoji u kompletu s hidromodulom, spremnikom od 750 litara, pumpom, ekspanzijskom posudom zaštitom od smrzavanja te automatikom. Takav rashlađeni medij temperaturnog režima 7/12 °C, distribuira se u ventilokonvektore i klima komore.

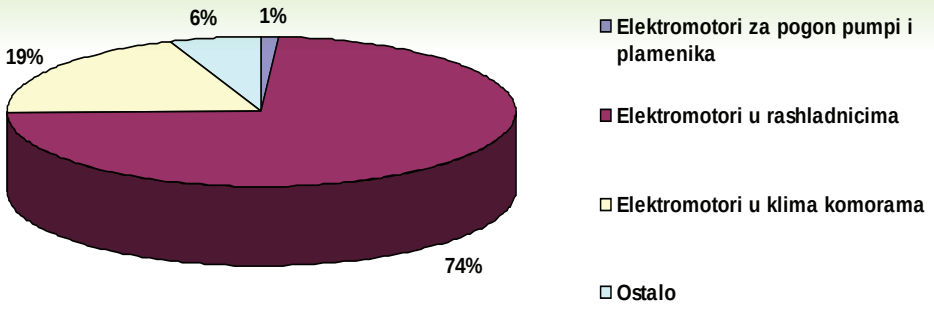
Slika 6.140 Rashladnik proizvođača RHOSS tip TCEASY 4320

Unutar skladišnog prostora Interspara, postoji i dodatni rashladni sustav s dva rashladnika, koji centralno priprema rashladni medij za sve rashladne vitrine unutar prodajnog prostora, te za prostor skladištenja i dubokog smrzavanja namirnica. Otpadna toplina nastala prilikom rada ovih rashladnika, koristi se za pripremu potrošne tople vode koja se akumulira u spremniku od 2.000 litara.

Slika 6.141 Rashladnik unutar skladišta i spremnik PTV-a V= 2.000 litara

6.10.1.4. Sumarni prikaz potrošača električne energije u sustavima grijanja, pripreme potrošnje tople vode, ventilacije i hlađenja

Instalirana električna snaga:538 kW U prethodnim poglavljima dane su specifikacije pojedinih potrošača električne energije te se ovdje navodi samo sumarni pregled. Potrošači se sastoje od elektromotora raznih specifikacija i radnih potreba te u manjem dijelu grijača. Raspodjela glavnih grupa potrošača prema instaliranoj snazi dana je sljedećom slikom.



Slika 6.142 Raspodjela glavnih grupa potrošača električne energije u sustavima grijanja, pripreme potrošnje tople vode, ventilacije i hlađenja prema instaliranoj snazi

Uz prikazane potrošače u sustavima grijanja, pripreme potrošnje tople vode, ventilacije i hlađenja potrebno je istaknuti i sustav za hlađenje rashladnih vitrina i komora čija ukupna instalirana snaga iznosi dodatnih 150 kW.

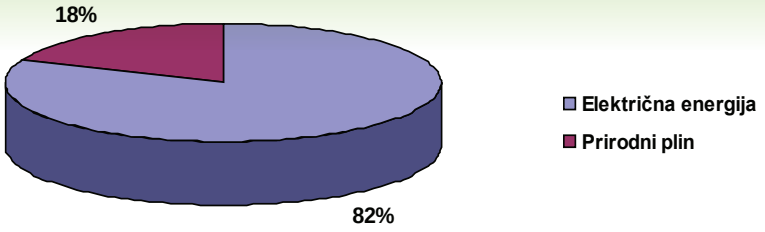
Električna energija se na lokaciji preuzima na srednjem naponu (10 kV) te postoji jedno mjesto preuzimanja, odnosno postavljeno je jedno brojilo električne energije od strane dobavljača na srednjnaponskoj strani.
Napajanje niskonaponske elektroenergetske mreže objekta riješeno je preko dva transformatora nazivnih snaga od 1,6 MVA.
Iz transformatorske stanice niskonaponskim se razvodom napajaju glavni razvodni ormari (GR1 i GR2), smješteni u zgradi A. Iz GR1, napajanje je riješeno preko osam glavnih grana:
- Prema prodajnim prostorima koji se nalaze u zgradi A te im se pristupa iz zajedničkog hodnika;
- Prema zajedničkim prostorima koji se nalaze u zgradi A (hodnici i uredski prostori službi za održavanje i osiguranje kompleksa);
- Prema prodajnim prostorima u zgradi A kojima se pristupa direktno izvana (četiri grane);
- Prema Intersparu te
- Prema rashladniku A i pripadajućem ventilacijskom sustavu.

Iz GR2, napajanje je riješeno preko osam glavnih grana:
- Prema prodajnim prostorima koji se nalaze u zgradi B;
- Prema rashladniku za Interspar;
- Prema vanjskoj rasvjeti;
- Prema sigurnosnim sustavima (četiri grane) te
- Prema strojarskim sustavima koji se nalaze u/na zgradi B (kotlovnica, klima komore i slično).

Uz već spomenute i definirane potrošače električne energije u poglavlju 4, na lokaciji se nalaze i ostali sustavi koji su opisani u sljedećim poglavljima.

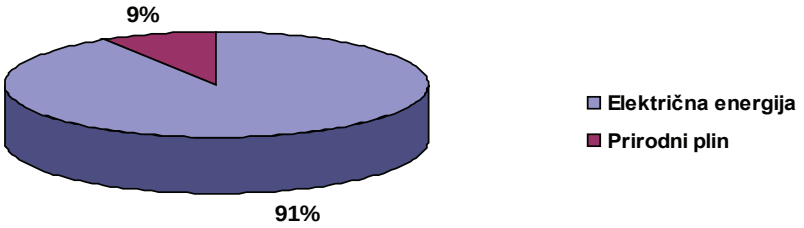
6.10.1.5. Energetska analiza

Kako bi se razumjela potrošnja energije u Trgovačkom centru Supernova napravljen je pregled utrošene energije i pratećih troškova. U pregledu potrošnje po pojedinim energentima napravljena je bilanca potrošnje po pojedinim tipovima trošila. Troškovni pregled se i kao pregled potrošnje energije odnosi na tzv. referentnu potrošnju.
Kao **referentna godina** za potrošnju i troškove za električnu energiju i prirodni plin uzeto je zadnjih 12 mjeseci (od 06/2010).
Električna energija se na lokaciji koristi za napajanje rasvjete, rashladnih agregata i pomoćnih elemenata u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i pripreme tople vode, računalne opreme, elektromotora za pogon dizala i pomičnih stepenica, reklamne opreme, kuhinjske opreme i ostalo.
Trgovački centar se tijekom zime grije p vlastitim kotlovnicama koje za energent koriste prirodni plin. Električna energija pokriva oko 82%, a prirodni plin oko 18% energetskih potreba. Ukupna godišnja potrošnja energije prema referentnoj godini iznosila je **4.913.515 kWh**.



Slika 6.143 Udjeli pojedinih oblika u referentnoj potrošnji energije

Ukupni troškovi za energiju u prema referentnoj godini iznosili su **3.572.002,51 kn**. Referentni troškovi su dobiveni tako da su se na referentnu potrošnju energije primijenjene trenutno važeće cijene (na datum 01.06.2011.). **Svi troškovi i sve cijene prikazane su bez PDV-a**. U navedeni iznos nisu uključeni troškovi eventualnih zateznih kamata u slučaju ne plaćanja računa na vrijeme. Najveći udio u ukupnim godišnjim troškovima s 91% pokriva električna energija, slijedi prirodni plin s 9% što je prikazano na sljedećoj slici.
Prikazana energetska i troškovna bilanca vidljivo prikazuju raspodjelu potrošnje i troškova te jasno ukazuju gdje postoji najveći potencijal uštede energije, odnosno financijskih sredstava.



Slika 6.144. Udjeli pojedinih oblika u referentnim troškovima za energiju

6.10.1.6. Prijedlog mjera energetske učinkovitosti

Tab. 6.79 Sumarni prikaz svih mjera

Mjera	Investicija [kn]	Procijenjene godišnje uštede			JPP [god.]	Smanjenje emisije CO_2 [kg/god.]
		El. energija [kWh]	Prirodni plin [m³]	Ukupno [kn]		
1. Uspostava sustava gospodarenja energijom	810.000	320.395	5.887	230.738	3,5	180.995
2. Revitalizacija unutarnje rasvjete	199.800	595.273	-	391.239	0,5	315.495
3. Provjera isplativosti ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije	0	-	-	92.040	-	-
4. Upravljanje vršnim opterećenjem	200.000	-	-	46.174	4,3	-
5. Ugradnja fotonaponskog sustava	12.826.000	556.500		1.318.905,00	9,7	294.945

6.10.1.7. Energetski certifikat

Prema određenim energetskim razredima u *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada („Narodne novine" br. 36/10)* zgrade Trgovačkog centra „Supernova" u Karlovcu su svrstane u **energetski razred C (50 < C ≤ 100 %)**, prema sljedećim proračunatim specifičnim vrijednostima relativne godišnje potrebne toplinske energije za grijanje za nestambene zgrade $Q_{H,nd,rel}$ (%):

- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt A68,48%**
- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt B62,41%.**

Prema proračunatim vrijednostima relativne vrijednosti godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd,rel}$ zgrade ispunjavaju odredbe Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada.

Predložene mjere energetske učinkovitosti za zgradu:

Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt A:

- Uspostava sustava gospodarenja energijom, JRP (jednostavni razdoblja povrata investicije) 3,5 g.
- Revitalizacija unutarnje rasvjete – smanjenje broja rasvjetnih tijela i ugradnja senzora osvijetljenosti, JRP do 1 g.
- Promjena ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije – ugovor o opskrbi, JRP odmah
- Upravljanje vršnim opterećenjem, JRP 4,3 g.
- Ugradnja fotonaponskog sustava, JRP 9,7 g.

Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt B:

- Uspostava sustava gospodarenja energijom, JRP (jednostavni razdoblje povrata investicije) 3,5 g.
- Revitalizacija unutarnje rasvjete – smanjenje broja rasvjetnih tijela, JRP do 1 g.
- Promjena ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije – ugovor o opskrbi, JRP odmah
- Upravljanje vršnim opterećenjem, JRP 4,3 g.
- Ugradnja fotonaponskog sustava, JRP 9,7 g.

6.10.1.8. Zaključak

Na temelju energetskog pregleda, provedenih analiza i preliminarnih proračuna, može se zaključiti da postoji značajan potencijal za implementaciju mjera energetske učinkovitosti na lokaciji Supernova Karlovac.

Toplinska svojstva vanjske ovojnice su u skladu sa zahtjevima *Tehničkog propisa o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti zgrada ("Narodne novine" br. 110/08)* u pogledu maksimalno dopuštene specifične godišnje potrebne energije za grijanje $Q_{h,nd',max}$ (kWh/m³a):

- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt A**

$12,92 < Q_{h,nd,max} = 18,87$ kWh/m³a

- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt B**

$12,19 < Q_{h,nd,max} = 19,53$ kWh/m³a

a u energetskoj certifikaciji zgrada prema *Pravilniku o energetskom certificiranju zgrada* (*"Narodne novine" br. 113/08 i 36/10*), ove su zgrade klasificirane **u energetski razred C** tj. $Q_{H,nd,rel}$ ≤100 %:

- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt A68,48%**
- **Trgovački centar „Supernova" Karlovac – Objekt B62,41%.**

S obzirom na relativno kratka razdoblja povrata sredstava, većina predloženih mjera za koje su izražene uštede mogu se smatrati isplativim, odnosno tehnički, ekološki i ekonomski opravdanim.

U smislu redoslijeda i prioriteta implementacije mjera predlaže se:

- U prvom koraku **uspostava sustava za gospodarenje energijom** kao organizacijska mjera kojom se uspostavlja nadzor, praćenje i kontrola potrošnje energenata. Također, uspostavom SGE-a stvaraju se i detaljni vremenski okviri za implementaciju svih sljedećih mjera. Kroz implementaciju SGE-a provela bi se i detaljna analiza dostupnih energenata na lokaciji uz provjeru isplativosti ugovorenog tarifnog modela za preuzimanje električne energije.
- U drugom koraku **revitalizacija unutarnje rasvjete** kao mjera koja se realizira u okviru redovnog održavanja zgrade, a donosi iznimne ekonomske, energetske i ekološke dobrobiti.

- U trećem koraku **upravljanje vršnim opterećenjem** kao mjera koja zahtijeva nešto veća ulaganja, ali ima velike financijske koristi.
- U četvrtom koraku **ugradnja fotonaponskog sustava** kao mjera koje zahtijeva iznimna ulaganja i detaljnu provjeru svih eksploatacijskih uvjeta, ali ima velike energetske, financijske i ekološke dobrobiti.

7. PRORAČUN EKOLOŠKIH UŠTEDA TEMELJEM UŠTEDA U ENERGETSKOJ POTROŠNJI

7.1. Faktor emisije CO_2

Emisije CO_2 smatraju se značajnim doprinosom energetskih postrojenja narušavanju toplinske ravnoteže Zemlje. Sve mjere energetske učinkovitosti koje se propisuju i primjenjuju, imaju prvenstveo za cilj smanjenje emisija CO_2 i taj cilj je pretpostavljen ekonomskim učincima smanjenja potrošnje energenata. Obveza donošenja faktora emisije CO_2 još uvijek nije izvršena na razini RH, pa se ovdje daju dosada poznate vrijednosti tih faktora.

Tab. 7.1 Faktori emisije CO_2 za različita fosilna gorina prema IPCC metodologiji

Izvor energije	EF_C [kgC/GJ]	H_d [MJ/kg(m³)]	O_C [-]	$EF_C \cdot O_C \cdot 44/12$ [$kgCO_2$/GJ]
Ekstra lako loživo ulje*	20,2	42,71	0,99	73,33
Loživo ulje*	21,1	40,19	0,99	76,59
Ukapljeni plin	17,2	46,89	0,99	62,44
Kameni ugljen	25,8	24,90	0,98	92,71
Mrki ugljen	26,2	19,03	0,98	94,15
Lignit	27,6	11,72	0,98	99,18
Prirodni plin	15,3	34,00	0,995	55,82

** - ekstra lako i lako loživo ulje su grupirani i prikazani kao ekstra lako loživo ulje, a srednje i teško loživo ulje kao loživo ulje*

Tab. 7.2 Specifični faktori emisije CO_2 po jedinici goriva i jedinici korisne topline

Izvor energije	Faktor emisije CO_2		
	po naturalnoj jedinici goriva [$kgCO_2$/kg (ili m³)]	po energetskoj jedinici goriva [$kgCO_2$/kWh]	po jedinici korisne topline [$kgCO_2$/kWh]
Ekstra lako loživo ulje*	3,13	0,264	0,318
Loživo ulje*	3,08	0,276	0,332
Ukapljeni plin	2,93	0,225	0,264
Kameni ugljen	2,31	0,334	0,439
Mrki ugljen	1,79	0,339	0,446
Lignit	1,16	0,357	0,470
Prirodni plin	1,90	0,201	0,236

** - ekstra lako i lako loživo ulje su grupirani i prikazani kao ekstra lako loživo ulje, a srednje i teško loživo ulje kao loživo ulje*

Tab. 7.3 Specifični faktori emisije CO_2 za električnu energiju

Izvor energije	Faktor emisije CO_2	
	po jedinici električne energije [$kgCO_2/kWh$]	po jedinici korisne topline [$kgCO_2/kWh$]
Električna energija	0,376	0,383

** - prosjek za razdoblje od 2005. do 2007. godine prema podacima HEP-a (Godišnje izvješće HEP-a)*

Tab. 7.4 Specifični faktori emisije CO_2 za toplinu

Izvor energije	Faktor emisije CO_2
	po jedinici finalne energije (ili korisne topline) [$kgCO_2/kWh$]
Javne toplane - Zagreb*	0,257
Javna toplana - Osijek*	0,265
Javna kotlovnica - ekstra lako loživo ulje	0,343
Javna kotlovnica - loživo ulje	0,359
Javna kotlovnica - prirodni plin	0,261
Javne kotlovnice - prosjek za Hrvatsku*	0,300

- prosjek za razdoblje od 2005. do 2007. godine prema podacima iz energetskih bilanci (Energija u Hrvatskoj)

8. OSNOVE EKONOMSKOG PRORAČUNA

Cilj je Direktive 2010/31/EU promicati poboljšanja energetskih svojstava zgrada uz uvažavanje lokalnih vanjskih klimatskih uvjeta, zahtjeva za toplinskom ugodnošću unutarnjeg prostora te **troškovne učinkovitosti**. Posljednji zahtjev obvezuje dionike uključene u provedbu energetskih pregleda i energetsko certificiranje zgrada na poznavanje osnova ekonomskih ocjena investicijskih projekata. U ovom se poglavlju predstavljaju osnovne metode za ocjenu investicijskih projekata.

Ocjena investicijskog projekta podrazumijeva skup radnji, čiji je cilj analiziranje opravdanosti i prihvatljivosti toga projekta te u konačnici donošenje investicijske odluke. U pravilu, postoje dva osnovna pristupa ocjeni investicijskog projekta: **statički** i **dinamički** pristup. Kod statičkog pristupa, učinkovitost investicijskog projekta ocjenjuje se samo u jednom jedinom razdoblju vijeka projekta, dok se u dinamičkom pristupu projekt ocjenjuje u tijekom čitavog svog vijeka. Osim u obuhvaćenom vremenu, ova se dva pristupa razlikuju i prema ciljevima, metodama i točnosti rezultata. Cilj je statičkog pristupa da pruži grubi uvid u učinkovitost projekta, pa se analiziraju samo neposredni učinci unutar projekta, a točnost rezultata je manja. Dinamički pristup ocjeni ima za cilj definitivnu spoznaju učinkovitosti, uključuje neposredne i posredne učinke projekta u analizu, uzima u obzir vremenske preferencije novca, a točnost rezultata je veća. Značajke ova dva pristupa određuju i njihovo korištenje.
Prema mjerodavnoj regulativi, u Hrvatskoj razlikujemo opći i detaljni energetski pregled. Svaki od njih završava odgovarajućom studijom, koja po svojim karakteristikama može odgovarati onome što se u ekonomskoj teoriji i praksi naziva predinvesticijska i investicisjka studija.

Cilj predinvesticijske studije je pružiti informaciju o svrsishodnosti daljnje detaljne analize projekta, pa se u njoj koristi uglavnom statički pristup. Ipak, preporučljivo je koristiti se barem nekim metodama dinamičke ocjene, a pri tome poglavito mislimo na razdoblje povrata investicije, koje mora biti iskazano za svaku predloženu mjeru u izvješću o (općem) energetskom pregledu zgrade.

U investicijskoj studiji (koja je rezultat detaljnog energetskog pregleda) primjenjuju se i statički i dinamički pristup. Tu je ipak od posebne važnosti dinamički pristup jer upravo on sadrži analitički postupak i rezultate nužne za donošenje konačne investicijske odluke o prihvaćanju ili neprihvaćanju projekta za izvedbu.

Ovo je poglavlje podijeljeno u četiri dijela. U prvom se dijelu objašnjava metoda razdoblja povrata. Ovu metodu neki autori (prvenstveno iz tehničke sfere) navode kao statičku, dok se u ekonomskoj teoriji ona ubraja u dinamičke metode. Bez obzira na to, a zbog svoje jednostavnosti i raširenog korištenja, metoda razdoblja povrata investicije obrađuje se zasebno. Razdoblje povrata minimalna je razina ekonomske ocjene svake predložene mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i mora za svaku mjeru biti iskazan u izvješću o energetskom pregledu. Drugi i treći dio ovog poglavlja daju pregled statičkih i dinamičkih metoda ocjene projekata, a u posljednjem se dijelu naglašava nužnost analize troškova u cijelom životnom vijeku projekta, jer jedino takav pristup daje komparativnu prednost projektima energetske učinkovitosti, koji u pravilu imaju više investicijske troškove od manje učinkovitih rješenja.

8.1. JEDNOSTAVNO RAZDOBLJE POVRATA

Razdoblje povrata predstavlja vremenski interval nakon kojega će se kapital uložen u mjeru energetske učinkovitosti vratiti iz godišnjih primitaka projekta (novčanih ušteda koje su rezultat ušteda energije). Izračunava se kao omjer uloženog kapitala i godišnjih primitaka (ušteda):

$$T_P = \frac{I_0}{V} \qquad (8.1)$$

gdje su:

I_0	investicija	[kn]
V	prosječne godišnje uštede	[kn]
T_P	razdoblje povrata	[god]

Godišnje uštede (V_t) izračunavaju se kao prosječni godišnji izbjegnuti trošak energije, tj. umnožak godišnjih ušteda energije i prosječnog jediničnog troška energije:

$$V = E \cdot p_E \qquad (8.2)$$

gdje su:

E	prosječna godišnja ušteda energije	[kWh]
p_E	prosječna cijena energije	[kn/kWh]

U jednadžbu (8.2) potrebno je uključiti i još neke uštede ako su primjenjive na dani projekt, kao primjerice sniženje naknade za angažiranu električnu snagu, smanjenje naknada za okoliš, smanjenje operativnih troškova i troškova održavanja, i dr.

Jednadžba (8.1) pretpostavlja jednake godišnje novčane uštede energije, što u stvarnosti ne mora biti slučaj, pa se u najopćenitijem slučaju koristi formula:

$$I_0 = \sum_{t=1}^{Tp} V_t \qquad (8.3)$$

gdje T_p predstavlja razdoblje povrata.

Primjer: (Jednostavno) razdoblje povrata

U poslovnoj zgradi instalirano je 200 žarulja sa žarnom niti snage 60 W. Kao mjera energetske učinkovitosti nameće se zamjena navedenih žarulja fluokompaktnim žaruljama ekvivalentnog svjetlosnog toka ali snage 20 W. Izračunajte razdoblje povrata za ovu mjeru energetske učinkovitosti.

Izračun ušteda i troškova prikazan je u tablici 8.1.

Tab. 8.1 Primjer izračuna troškova, ušteda i jednostavnog razdoblja povrata

	Instalirano	Novi sustav
Rasvjetni sustav	Žarulje sa žarnom niti 60 W	Fluokompaktne žarulje 20 W
Instalirana snaga (W)	60	20
Broj rasvjetnih tijela	200	200
Instalirana snaga (kW)	12.00	4.00
Godišnji troškovi za snagu (kW)**	10,029.60	3,357.74
Godišnje vrijeme rada (h)	1,500	1,500
Godišnje utrošena el. energija (MWh)	18.00	6.00
Godišnji troškovi za energiju kn/god*	8,820.00	2,940.00
(A) Godišnja ušteda, snaga i energija (kn)		**12,551.86**
(B) Potrebna investicija (kn)	200 fluokompaktnih žarulja 1kom = 70 kn	**14,000.00**
Jednostavno razdoblje povrata investicije (god)		**1.12**
* cijena električne energije u VT 0,49 kn/kWh	**prosječna cijena snage je 69,95 kn/kW	

Napomena: Troškovi snage i energije izračunati uz uvažavanje cijena prema ugovorenom tarifnom modelu. Također treba uočiti da u ovom primjeru nisu u obzir uzeti troškovi održavanja, koji će se također smanjiti jer fluokompaktne žarulje imaju uobičajeno osam do deset puta dulji vijek trajanja od žarulja sa žarnom niti, pa će se potreba za njihovom zamjenom smanjiti.

Uz pretpostavku da je cijena jedne fluokompaktne žarulje 70 kn i da nema dodatnih troškova rada (npr. zamjenu žarulja radi osoblje zgrade u sklopu redovnog održavanja), ukupna investicija iznosi 14.000 kn, pa je razdoblje povrata:

$$T_P = \frac{I_0}{V} = \frac{14.000}{8.347,20} = 1,12 \ god$$

Dakle, investicija će se vratiti za nešto više od 1 godine.

Sa stajališta rizika investiranja povoljnije je da se sredstva uložena u neki projekt vrate u što je moguće kraćem razdoblju. Neki projekt će se ocijeniti financijski isplativim, ako vraća uložena sredstva u razdoblju kraćem od unaprijed definiranog maksimalno prihvatljivog broja godina. Koliko je taj broj godina ovisi o samom investitoru. Tako je nekim tvrtkama prihvatljivo svako ulaganje koje se vrati za manje od 10 godina, dok je za pojedince to prihvatljivo razdoblje povrata uobičajeno puno kraće.

Metoda razdoblja povrata je vrlo jednostavna za korištenje, ali je njezin glavni nedostatak što ne uzima u obzir učinke projekta nakon što se vrate investicijski troškovi, tj. ne razmatra cijeli životni vijek projekta (tzv. vrijeme efektuiranja projekta), pa se ne može upotrijebiti za usporedbu isplativosti projekata s različitim vijekom trajanja. Također, ova metoda ne uzima u obzir vremensku preferenciju novca, tj. činjenicu da se vrijednost novca s vremenom mijenja, o čemu će više riječi biti u poglavlju o dinamičkim metodama ocjene investicijskih projekata.

8.2. STATIČKE METODE EKONOMSKE OCJENE INVESTICIJSKOG PROJEKTA

Statički pristup ocjeni projekta podrazumijeva analizu njegove učinkovitosti korištenjem podataka o uspješnosti poslovanja u reprezentativnoj godini poslovanja. Za reprezentativnu godinu odabire se godina punog korištenja kapaciteta u kojoj još dospijevaju obveze po osnovi korištenja tuđih izvora financiranja projekta.

Statička analiza investicijskog projekta temelji se na izračunu različitih pokazatelja, za čiji se izračun uobičajeno koriste podaci iz financijskih izvještaja tvrtke, kao što su račun dobiti i gubitka, bilanca, a prema potrebi koriste se i podaci iz posebnih tabličnih prikaza strukture investicija, izvora financiranja, te broja i kvalifikacijske strukture radnika. Taj pristup ocjeni je zapravo standardni račun ekonomičnosti i rentabilnosti, koji se, zahvaljujući svojoj jednostavnosti i brzini dobivanja rezultata, uspješno može primjenjivati za osnovnu orijentaciju o učinkovitosti projekta.

Moguće je izračunati mnogo različitih pokazatelja, ali je njihov broj potrebno svesti na razumnu mjeru, koja daje dovoljan uvid u troškovnu učinkovitost projekta. Također, izbor pokazatelja za statičku ocjenu projekta ovisi uvelike o značajkama projekta. Tako, primjerice, u ocjeni kapitalno intenzivnih projekata više će služiti pokazatelji koji dovode u vezu investicije i poslovanje, dok će za radno intenzivne projekte važnost tih pokazatelja biti manja, a porast će važnost pokazatelja koji dovode u vezu rad i poslovanje. U pravilu, projekti energetske učinkovitosti su dominantno kapitalno, a ne radno intenzivni projekti, pa je tako potrebno i odabrati pokazatelje. Najčešće se koriste sljedeći pokazatelji:

1. rentabilnost ukupnih poslovnih sredstava = neto dobit / (osnovna+obrtna sredstva)
   - Rentabilnost ukupnih poslovnih sredstava je omjer između neto dobiti i ukupnih poslovnih sredstava, tj. osnovnih i obrtnih sredstava. Sve veličine su iz referentne godine projekta, što znači da je to godišnja neto dobit, a vrijednost osnovnih sredstava njihova je neamortizirana vrijednost na kraju reprezentativne godine, a obrtna sredstva jednaka su njihovoj vrijednosti u toj godini. Projekt je prihvatljiviji, što je vrijednost pokazatelja veća, dok je njegova granično prihvatljiva vrijednost jednaka nuli. Tada neto dobit iznosi nula, a kad bi ona bila negativna, projekt bi ostvarivao gubitak i ne bi bio prihvatljiv.
2. rentabilnost s gledišta vlasnika = neto dobit / vlastiti kapital
   - Rentabilnost s gledišta vlasnika je omjer između neto dobiti i vlastitog kapitala u referentnoj godini. Taj pokazatelj daje informaciju koliko se jedinica dobiti ostvaruje na jedinicu uloženog kapitala vlasnika. Projekt je prihvatljiviji što je vrijednost tog pokazatelja veća. Njegova granično prihvatljiva vrijednost jednaka je nuli, a eventualna negativna vrijednost značila bi da se predviđa gubitak u projektu.

3. rentabilnost prometa = neto dobit / ukupni prihod
   - Rentabilnost prometa je omjer između neto dobiti i ukupnog prihoda u referentnoj godini. Tako se ukazuje na udjel neto dobiti u ukupnom prihodu, pa je projekt to prihvatljiviji što je vrijednost pokazatelja veća. Granična prihvatljiva vrijednost pokazatelja jednaka je nuli, jer bi njegova negativna vrijednost bila posljedica gubitka u projektu.
4. obrtaj poslovnih sredstava = ukupni prihod / (osnovna + obrtna sredstva)
   - Obrtaj poslovnih sredstava je omjer između ukupnog prihoda u reprezentativnoj godini i korištenih poslovnih sredstava u toj godini. Ta sredstva uključuju neotpisanu vrijednost osnovnih sredstava i vrijednost obrtnih sredstava, koja će se iskoristiti u poslovanju te godine. Za projekt je to bolje što sredstva ostvaruju veći godišnji ukupni prihod. To znači da je godišnji obrtaj poslovnih sredstava veći, te da je i vrijednost tog pokazatelja veća.
5. neto dobit po zaposlenom = neto dobit / broj zaposlenih
   - Neto dobit po zaposlenom omjer je između neto dobiti i broja zaposlenih, a pokazuje rentabilnost iskorištenog rada u referentnoj godini. Projekt je prihvatljiv, ako je vrijednost tog pokazatelja veća, a granično prihvatljiva vrijednost jednaka je nuli, jer negativna neto dobit ili gubitak nisu prihvatljivi u projektu.

Vrlo se često kao statički pokazatelj navodi **stopa prinosa.** Ona je relativni izraz oplodnje investiranog kapitala u pojedinim godinama njegove eksploatacije. Stopa prinosa pokazuje iznos čiste dobiti iz reprezentativne godine eksploatacije projekta po svakoj jedinici uloženoga kapitala. Stopu prinosa (Sp) računamo kao kvocijent čiste (neto) dobiti (D) *iz računa dobiti i gubitka* promatrane godine i ukupnih ulaganja (I_0), a iskazuje se u postotcima:

$$Sp = \frac{ND}{Io} \qquad (8.4)$$

gdje su:

ND	čista (neto) dobit	[kn]
I_0	investicija	[kn]

Za izračun stope prinosa obično se uzima referentna godina eksploatacijskog vijeka projekta, jer će se u toj godini ukupni prihodi i rashodi stabilizirati na željenoj (programiranoj) razini. Nakon što se odabere referentna godina eksploatacijskoga vijeka te sačini projekcija računa dobiti i gubitka, stopu prinosa je jednostavno izračunati.

Primjer: Stopa prinosa

Razmotrimo primjer investiranja u zamjenu žarulja sa žarnom niti flokompaktnim žaruljama. Neto dobit iz tog projekta su izračunate uštede koje iznose 12.552 kn. Ukupna investicija iznosi 14.000 kn, pa je prema tome stopa prinosa jednaka:

$$Sp = \frac{ND}{Io} = \frac{12.552}{14.000} = 0,897 = 89,7\%$$

Prednost je statičnog pristupa tržišnoj ocjeni projekta u tome što je on jednostavan i lako razumljiv u proračunu i interpretaciji, jer je veći dio tih pokazatelja i inače u upotrebi pri izradu periodičkih i godišnjih poslovnih izvješća tvrtke. Najveća je prednost statičkog pristupa ta što on omogućava usporednu analizu planiranih učinaka projekta s već ostvarenim učincima tvrtke temeljem usporedbe istovjetnog skupa pokazatelja.

Osnovni nedostatak statičkog pristupa ocjeni je u tome što referentna godina, ma koliko pažljivo izabrana, često nije dovoljno reprezentativna za cijeli vijek projekta, jer različiti vremenski raspored primitaka i izdataka u vijeku projekta teško može biti adekvatno prikazan jednom jedinom godinom. Osim toga, taj pristup zanemaruje vremenske preferencije u procesu investiranja i poslovanja, što je apsolutna nužnost u vođenju investicijske i poslovne politike.

8.3. DINAMIČKE METODE IZRAČUNA TROŠKOVA

8.3.1. Osnove – vremenska vrijednost novca, diskontiranje, neto primici i životni vijek projekta

Dinamičke metode ocjene isplativosti investicijskog ulaganja uzimaju u obzir vrijednost novčanih tokova u ovisnosti o vremenu u kojem se transakcija odvija. U projektima poboljšanja energetskih svojstava zgrada uobičajeno imamo investiciju u sadašnjem trenutku (u trenutku *t=0*) te buduće primitke projekta koji su rezultat smanjenih troškova za energiju.

Postupkom koji se naziva **diskontiranje** sve te buduće novčane tokove (uštede) svodimo na sadašnju vrijednost novca. Diskontiranje se vrši množenjem buduće vrijednosti novca diskontnim faktorom koji ovisi o prihvaćenoj kamatnoj (diskontnoj) stopi i duljini vremena između realizacije toga novčanog toka (isplate) i referentnog vremena (uobičajeno početak projekta, odnosno *t=0*). Matematički se diskontiranje budućih novčanih ušteda koje su rezultat smanjenog troška za energiju provodi na sljedeći način:

$$V_0 = \frac{V_t}{(1+k)^t} \qquad (8.5)$$

gdje su:

V_0	sadašnja vrijednost uštede V_t	[kn]
V_t	ušteda u trenutku t	[kn]
t	vrijeme između trenutka realizacije uštede t i realizacije investicije (t=0)	[god]
k	diskontna stopa	

Faktor $\frac{1}{(1+k)^t}$ naziva se **diskontni faktor**.

Primjer: Diskontiranje

Saznali ste da ćete za pet godina primiti nasljedstvo u iznosu 20.000 kn. Ako kao diskontnu stopu primijenite stopu inflacije od 5%, izračunajte koliko bi vam taj novac danas vrijedio?

$$V_0 = \frac{V_t}{(1+k)^t} = \frac{20.000}{(1+0,05)^{10}} = 12.278\ kn$$

Dakle, to je nasljedstvo preračunato na sadašnju vrijednost znatno manje od 20.000 kn.

Najveći je problem kod dinamičkih metoda odrediti diskontnu stopu. Diskontna stopa neke tvrtke određuje se korištenjem veličine koja se naziva prosječni ponderirani trošak kapitala tvrtke[1], a pokazuje kamatnu stopu po kojoj je tvrtka (ulagač) voljna investirati.

Valja razlikovati nominalnu i realnu diskontnu stopu. Nominalna diskontna stopa je u pravilu jednaka kamatnim stopama bankovnih kredita i uvijek je veća od inflacije[2]. **Realna diskontna stopa je nominalna korigirana prema stopi inflacije, relativnom povećanju cijene energije i drugim mogućim relevantnim povećanjima cijena**. Ako se radi korekcija samo po stopi inflacije, realna diskontna stopa računa se prema izrazu:

$$k = \frac{k_n - i}{1+i} \qquad (8.6)$$

Ako se rade grube procjene, može se koristiti sljedeća jednadžba:

$$k = k_n - i \qquad (8.7)$$

1 Objašnjenje načina izračuna prosječnog ponderiranog troška kapitala tvrtke prelazi obuhvat ovog Priručnika. Za više detalja pogledati npr. Orsag, S.: Budžetiranje kapitala – Procjena investicijskih projekata, Masmedia, Zagreb, 2002.

2 Inflacija se definira kao prosječno godišnje povećanje cijena roba i usluga.

Složenije će pak procjene u obzir uzeti i **moguće godišnje povećanje cijena energije (*e*)**, pa će realna diskontna stopa povrata biti:

$$k = \frac{1}{1+e}\left[\frac{k_n - i}{1+i}\right] - e \qquad (8.8)$$

gdje su:

k	realna diskontna stopa
k_n	nominalna diskontna stopa
i	stopa inflacije
e	relativna stopa porasta cijena energije

Cijena energije je vrlo bitan parametar u projektima energetske učinkovitosti, jer će isplativost projekta ovisiti o tome kolike su neto godišnje uštede. Kako cijena energije raste, projekt energetske učinkovitosti postaje financijski sve atraktivniji.

Također treba istaknuti da se u ocjene isplativosti investicija uvijek ulazi s vrijednosti **neto primitaka**. Neto primici su razlika planiranih godišnjih prihoda i godišnjih troškova vezanih uz projekt. Tu veličinu u ovom dokumentu označavamo s ***V***, a ona predstavlja neto novčane uštede koje su posljedica projekta energetske učinkovitosti. Kada se određuje vrijednost V u obzir treba uzeti sve uštede (zbog smanjenje potrošnje energije, angažirane snage, potrebe za održavanjem i sl.), ali ne treba zanemariti ni eventualne nove troškove, ako što su primjerice troškovi obvezne zamjene opreme nakon određenog vremena.

Za dinamičke metode ocjene investicijskih projekata vrlo je važno poznavati **životni vijek projekta**. Razlikuje se tehnički i ekonomski životni vijek projekta. Tehnički životni vijek neke opreme podrazumijeva ono razdoblje u kojemu oprema tehnički ispravno funkcionira, dok je ekonomski životni vijek ono razdoblje nakon kojega je isplativo zamijeniti postojeću opremu. Ako se oprema mijenja zbog zastarjelosti, napretka tehnologije, promjene u standardima i regulativi i sl., ekonomski životni vijek je kraći od tehničkog. U ekonomskim se procjenama uvijek koristi ekonomski životni vijek. Ovaj ekonomski životni vijek projekta naziva se **razdoblje efektuiranja**. U tom razdoblju investicijski projekt stvara pozitivne novčane tokove i profit koji se mogu tretirati kao njegov doprinos povećanju sadašnje vrijednosti tvrtke/investitora. U tablici 8.2 dane su preporučene vrijednosti ekonomskog životnog vijeka uobičajenih mjera energetske učinkovitosti u zgradama[3].

Tab. 8.2 Životni vijek uobičajenih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti u zgradama

Br.	Mjera poboljšanja energetske učinkovitosti	Životni vijek mjere (godine)
Kućanstva (stambene zgrade) - tehničke mjere i programi		
1.a	Toplinska izolacija zgrade: izolacija zidova	**30**
1.b	Toplinska izolacija zgrade: izolacija tavana/krova	**25**
2.	Eliminiranje propuha i smanjenje zakopropusnosti zgrade	**5**
3.	Prozori s dobrim toplinskim karakteristikama	**30**
4.	Zamjena postojećeg spremnika tople vode novim	**15**
5.	Izolacija cijevi za dovod tople vode	**20**
6.	Instalacija izolacijskog materijala između radijatora i zida	**18**
7.	Mali bojleri snage do 30 kW	**20**
8.	Veliki bojleri iznad 30 kW	**25**
9.	Kontrola grijanja: vremensko upravljanje, termostati i termostatski ventili	**10**
10	Povrat otpadne topline	**17**
11.	Štedne armature za toplu vodu s ograničenjem protoka	**15**
12.a	Dizalice topline: zrak-zrak	**10**
12.b	Dizalice topline: zrak-voda	**15**

3 Podaci u tablici su preuzeti iz preporuka Europske komisije danih u dokumentu: "Recommendations on measurement and verification methods in the framework of Directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services".

12.c	Dizalice topline: zemlja	**25**
13.	Energetski učinkovit sobni rashladni uređaj	**15**
14.	Novi ili revitalizirani sustav daljinskog grijanja	**30**
15.	Sunčevi toplinski kolektori za pripremu tople potrošne vode	**20**
16.	Energetski učinkoviti kućanski hladnjaci, ledenice i kombinacije	**15**
17.	Energetski učinkovite perilice posuđa, rublja, sušilice i perilice-sušilice rublja	**12**
18.a	Elektronički uređaji (npr. DVD, računalo)	**3**
18.b	Televizori	**5**
19.	Energetski učinkovite žarulje (fluokompaktne)	**6.000 sati**
20.	Fluorescentna rasvjeta s elektroničkim prigušnicama	**15**
21.	Energetski učinkovita arhitektura	**25**
22.	Mikrokogeneracija	**15**
23.	Fotonaponski sunčevi paneli	**23**
Kućanstva (stambene zgrade) - organizacijske mjere i programi		
24.	Hidrauličko balansiranje u sustavu za grijanje tako da je topla voda u sustavu raspoređena optimalno po prostorijama	**10**
Kućanstva (stambene zgrade) - mjere i programi za promjenu ponašanja		
25.	Uštede električne energije (npr. isključivanje rasvjete u prostorijama koje se više ne koriste, isključivanje elektroničkih uređaja)	**2**
26.	Uštede toplinske energije (npr. smanjivanje ili isključivanje grijanja u prostorijama koje se više ne koriste	**2**
27.	Pametno mjerenje koje pruža informacije o potrošnji energije	**2**
Usluge (nestambene zgrade) - tehničke mjere i programi		
28.	Prozori s dobrim toplinskim karakteristikama	**30**
29.	Toplinska izolacija zgrade: izolacija zidova, izolacija tavana/krova	**25**
30.	Povrat otpadne topline	**20**
31.	Energetski učinkovita arhitektura (optimizacija toplinskih svojstava građevnih materijala, orijentacija građevine prema prirodnom svjetlu i izvorima topline, uporaba prirodne ventilacije)	**25**
32.a	Dizalice topline: zrak-zrak	**10**
32.b	Dizalice topline: zrak-voda	**15**
32.c	Dizalice topline: zemlja	**25**
33.	Energetski učinkoviti rashladni uređaji u sustavu klimatizacije	**17**
34.	Energetski učinkoviti sustavi ventilacije (mehanički kontrolirani sustavi koji izvlače iskorišteni zrak i dobavljaju prethodno zagrijani zrak	**15**
35.	Komercijalno hlađenje	**8**
36.	Energetski učinkovita uredska oprema (stolna i prijenosna računala, pisači, fotokopirni uređaji, faks uređaji)	**3**
37.a	Kogeneracija ispod 5 MW	**15**
37.b	Kogeneracija iznad 5 MW	**20**
38.	Senzori pokreta kojim se isključuje rasvjeta kada nema nikoga u prostoriji	**10**
39.	Energetski učinkovita rasvjeta u novom ili renoviranom uredu	**12**
40.	Energetski učinkovita rasvjeta na javnim površinama (npr. cestovna rasvjeta)	**15**
41.	Individualni ili zajednički bojleri nazivne snage veće od 30 kW	**25**
Usluge (nestambene zgrade) - organizacijske mjere i programi		
42.	Sustav gospodarenja energijom (npr. praćenje potrošnje energije, ISO, EMAS)	**5**

Najznačajnije dinamičke metode ocjene projekata su metoda neto sadašnje vrijednosti i metoda interne stope profitabilnosti. To su ujedno i temeljne metode financijskog odlučivanja.

8.3.2. Čista sadašnja vrijednost

Čista sadašnja vrijednost (oznaka S, engl. *net present value* - NPV) predstavlja današnju vrijednost svih budućih ušteda ostvarenih tijekom vremena efektuiranja projekta (od godine t=1 do godine t=T) umanjenu za investicijske troškove (u godini t=0). Svi se budući novčani tokovi projekta (primici i izdaci) množe diskontnim faktorom i tako se svode na sadašnju vrijednost.

Matematička formulacija čiste sadašnje vrijednosti[4] je sljedeća:

$$S_0 = \left(\frac{V_1}{(1+k)^1} + \frac{V_2}{(1+k)^2} + \ldots + \frac{V_T}{(1+k)^T} \right) - I_0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \qquad (8.9)$$

Jednadžba (8.9) predstavlja opći slučaj kada se novčani tokovi projekta (uštede) mogu razlikovati iz godine u godinu. Ipak, pojednostavljeno se često pretpostavlja da će uštede biti jednake svake godine, a tada se čista sadašnja vrijednost izračunava prema izrazu:

$$S_0 = V \cdot \frac{1-(1+k)^{-T}}{k} - I_0 \qquad (8.10)$$

Nulta čista sadašnja vrijednost označava da je projekt sposoban vratiti uloženi kapital, a projekti s pozitivnom čistom sadašnjom vrijednošću imaju višu profitabilnost od one koja se zahtijeva na tržištu. Najveća poteškoća kod primjene ove metode jest odabir diskontne stope, koji znatno može utjecati na veličinu čiste sadašnje vrijednosti.

Primjer: Čista sadašnja vrijednost

Vlasnik stambene zgrade želi instalirati termostatske ventile na sve radijatore. Ocijenio je da bi ukupna investicija (oprema i radovi) iznosila 11.500 kn, a godišnje uštede energije bi iznosile 19.000 kWh. Uz pretpostavku da je cijena energije 0,15 kn/kWh, da je nominalna diskontna stopa 7%, a inflacija 3%, odredite čistu sadašnju vrijednost projekta. Je li projekt isplativ?

Prvo izračunamo godišnje neto uštede:

$$V = E \cdot p_E = 19.000 \cdot 0{,}15 = 2.850 \ \ kn/god$$

Realna diskontna stopa iznosi:

$$k = \frac{k_n - i}{1+i} = \frac{0{,}07 - 0{,}03}{1+0{,}03} = 0{,}04 = 4\%$$

Vrijeme efektuiranja ovog projekta odredimo prema tablici 8.2 i ono iznosi 10 godina.

Čista sadašnja vrijednost iznosi:

$$S = V \cdot \frac{1-(1+k)^{-T}}{k} - I_0 = 2.850 \cdot \frac{1-(1+0{,}04)^{-10}}{0{,}04} - 11.500 = 11.616 \ \ kn$$

Kako je čista sadašnja vrijednost ovog projekta pozitivna,zaključuje se da je projekt isplativ i preporuča se njegova provedba kao troškovno učinkovite mjere poboljšanja energetskih svojstava zgrade.

8.3.3. Interna stopa profitabilnosti

Interna stopa profitabilnosti (engl. *Internal Rate of Return* - IRR) je druga temeljna metoda ocjene isplativosti nekog projekta. Temelji se na čistoj sadašnjoj vrijednosti. Ideja interne stope profitabilnosti je pronaći diskontnu stopu R za koju je projekt još uvijek isplativ, dakle za koju je čista sadašnja vrijednost S=0.

---

4 Iz opće formule za čistu sadašnju vrijednost mogu se izračunati i drugi pokazatelji isplativosti projekta. Najčešće su to diskontirano razdoblje povrata *(vrijeme T za koje je potrebno da se investicija I_0 izjednači s zbrojem diskontiranih novčanih tokova V_t) i* **relativna čista sadašnja vrijednost** *koja predstavlja čistu sadašnju vrijednost podijeljenu s ukupnom investicijom I_0 (a pokazuje koliko novčanih jedinica generira svaka uložena novčana jedinica).*

$$S_0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{V_t}{(1+R)^t} - I_0 = 0 \qquad (8.11)$$

Ako su godišnji novčani tokovi (uštede) jednaki, tada vrijedi jednakost:

$$S_0 = V \cdot \frac{1-(1+R)^{-T}}{R} - I_0 = 0 \qquad (8.12)$$

Interna stopa profitabilnosti je ona diskontna stopa koja svodi čiste novčane tokove projekta u cijelom vijeku efektuiranja na vrijednost njegovih investicijskih troškova. Za razliku od kriterija čiste sadašnje vrijednosti gdje se pomoću unaprijed definirane diskontne stope izračunava sadašnja vrijednost budućih novčanih tokova, u ovoj se metodi diskontna stopa pojavljuje kao nepoznanica.

Kriterij za prihvaćanje projekta svakako će biti najviša interna stopa profitabilnosti. Svaka će tvrtka na osnovu svog troška kapitala odrediti koja je to donja granica prihvatljivosti.

Primjer: Interna stopa profitabilnosti

Izračunajmo sada kolika je interna stopa profitabilnosti projekta ugradnje termostatskih ventila iz prethodnog primjera. Podsjetimo se, radi se o investiciji veličine 11.500 kn, s godišnjim uštedama od 2.850 kn. Za koju bi se kamatnu stopu više isplatilo novac uložiti u bankovnu štednju?

Iz jednadžbe (8.12) primjenom funkcijskog kalkulatora ili MS Excela izračunamo R koji uz vrijeme efektuiranja 10 godina iznosi 21,14%.

U prethodnom je potpoglavlju izračunato da je realna diskontna stopa 4%

Kako je interna stopa profitabilnosti R veća od realne diskontne stope, zaključujemo da je projekt isplativ.

R je u svojoj biti realna diskontna stopa, pa ju je, kako bi bila usporediva s kamatom na štednju u banci, potrebno 'pretvoriti' u nominalnu stopu na sljedeći način:

$$k_n = k \cdot (1+i) + i = 0{,}2114 \cdot (1+0{,}3) + 0{,}3 = 0{,}5178 = 51{,}78\%$$

Dakle, ako su kamate u banci na štednju veće od 51,78%, tada se više isplati novac uložiti na štednju, nego u mjeru energetske učinkovitosti koja ima internu stopu profitabilnosti 21,14%.
Upravo je ovo najveća vrijednost metode unutarnje stope povrata. Ona u obzir uzima vremensku preferenciju novca i omogućava usporedbu s drugim investicijskim mogućnostima na tržištu (npr. štednja u banci).

8.3.4. Analiza osjetljivosti

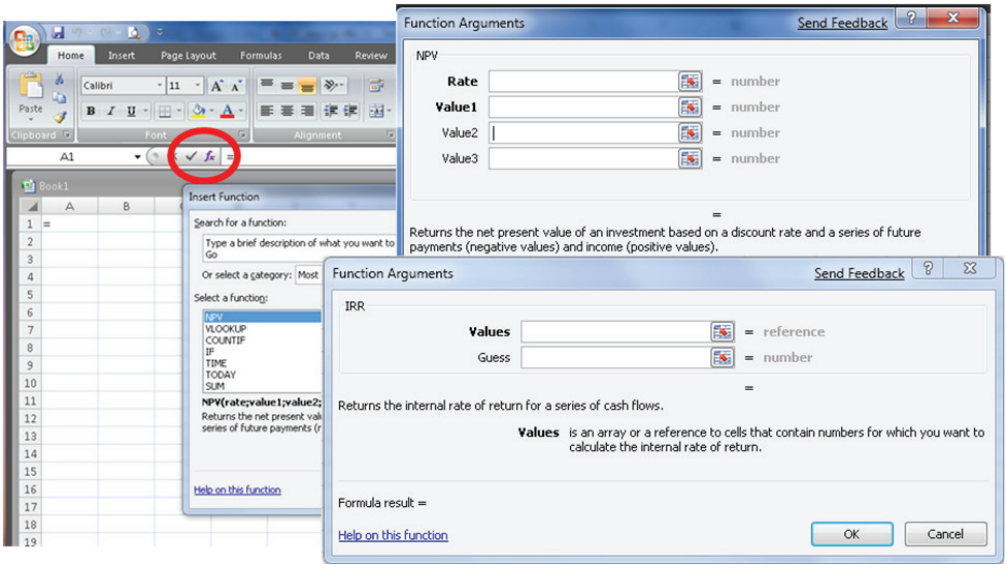
Rezultati ekonomske ocjene investicijskih projekata su nesigurni jer se temelje na budućim vrijednostima ulaznih parametara koje se u današnjem trenutku ne mogu znati s apsolutnom sigurnošću. Tipični primjeri takvih parametara su:

- vijek trajanja investicijskog projekta;
- investicijski troškovi;
- uštede energije i povezane novčane uštede;
- cijena energije;
- diskontna stopa;
- tečaj.

Cilj analize osjetljivosti je kvantificirati ekonomske posljedice alternativnih vrijednosti ključnih ulaznih parametara. Prema tome, za razmatrani projekt/mjeru energetske učinkovitosti potrebno je definirati kritične parametre i ponoviti ekonomsku analizu (izračun razdoblja povrata, čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti) uz promijenjene vrijednosti tih parametara kako bi se predvidjele moguće posljedice po troškovnu učinkovitost projekta.

Primjer: Korištenje MS Excela za izračun čiste sadašnje vrijednosti, interne stope profitabilnosti i analizu osjetljivosti

MS Excel omogućava vrlo jednostavan i brz izračun čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti, pomoću svojih ugrađenih funkcija (slika 8.1).



Slika 8.1 Funkcije NPV i IRR u Excelu

Također, nakon što se odrede kritični faktori za proračun, vrlo se jednostavno provodi analiza osjetljivosti. Razmotrimo to na primjeru ugradnje termostatskih ventila u stambenoj zgradi, za koji smo već izračunali čistu sadašnju vrijednost i internu stopu profitabilnosti. Prikaz izračuna u Excelu dan je u tablici 8.3. Treba istaknuti da je tablica dana u obliku koji dopušta detaljniju razradu troškova i primitaka projekta, negoli smo mi u primjeru pretpostavili te je kao takva univerzalni predložak za izračun dinamičkih pokazatelja isplativosti projekta.

Tablica 8.3 Izračun čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti u Excelu

God.	Troškovi			Primici				Tijek novca (neto primici)	Kumulativni tijek novca	Diskontirani neto primici (sadašnja vrijednost)
	Fiksni troškovi	Ostali troškovi	Ukupni troškovi	Uštede ostvarene projektom	Novi primici ostvareni projektom	Prodaja opreme	Ukupno			
0	11.500		11.500					-11.500	-11.500	-11.500
1				2.850			2.850	2.850	-8.650	2.740
2				2.850			2.850	2.850	-5.800	2.635
3				2.850			2.850	2.850	-2.950	2.534
4				2.850			2.850	2.850	-100	2.436
5				2.850			2.850	2.850	2.750	2.342
6				2.850			2.850	2.850	5.600	2.252
7				2.850			2.850	2.850	8.450	2.166
8				2.850			2.850	2.850	11.300	2.082
9				2.850			2.850	2.850	14.150	2.002
10				2.850			2.850	2.850	17.000	1.925
				Diskontna stopa za izračun NPV			**d=**	**4,00%**		
				Čista sadašnja vrijednost			**NPV =**	**11.616**		
				Interna stopa profitabilnosti			**IRR =**	**21,14%**		

Čistu sadašnju vrijednost u gornjem primjeru izračunali smo uz pretpostavku da je diskontna stopa jednaka 4%.

Za isplativost ovoga projekta možemo identificirati tri kritična parametra: (1) investicijski trošak, (2) cijenu energije i (3) diskontnu stopu. Variranjem tih ulaznih parametara možemo vidjeti kao se mijenjaju pokazatelji isplativosti. Rezultati analize osjetljivosti dani su u Tablici 8.4.

Tablica 8.4 Analiza osjetljivosti

	NPV	Promjena (%)	IRR	Promjena (%)
Osnovni slučaj	11.616		21,14%	
Investicija 20% veća	9.316	-19,80%	15,95%	-24,55%
Cijena energije 20% manja	6.993	**-39,80%**	14,87%	**-29,67%**
Diskontna stopa 20% veća	10.722	-7,69%	21,14%	

Ovakva jednostavna analiza osjetljivosti je vrlo indikativna jer pokazuje koji je ulazni parametar najznačajniji za isplativost projekta. U našem slučaju, možemo reći da je to cijena energije jer se njezinom promjenom mijenjaju godišnji primici projekta (uštede) te je promjena čiste sadašnje vrijednosti projekta najveća.

8.4. ANALIZA TROŠKOVA U ŽIVOTNOM VIJEKU ZGRADE

Prilikom donošenja odluka o investicijama u novu opremu ili sustave nužno je provesti analizu primitaka i troškova kroz čitav predviđeni životni vijek proizvoda/sustava. Dakle, uz početnu investiciju, u obzir je potrebno uzeti i troškove pogona, održavanja, energije, zaštite okoliša (naknade za emisije), dekomisije i odlaganja opreme nakon isteka radnog vijeka. Takva se analiza naziva analizom troškova u životnom vijeku (*engl. Life-Cycle-Cost Analysis – LCCA*).

Naime, neke jednostavnije metode, poput jednostavnog razdoblja povrata, razmatraju samo koliko se brzo vrati početna investicija, ne uzimajući u obzir nikakve druge troškove i dobiti tijekom životnog vijeka opreme/sustava. LCCA se temelji na analizi ekonomskog toka projekta, koji prikazuje sve primitke i troškove projekta za svaku godinu njegovog životnog vijeka, a različite opcije rangira koristeći dinamičke metode, u prvom redu čistu sadašnju vrijednost i internu stopu profitabilnosti.

LCCA nužno je primjenjivati upravo za projekte energetske učinkovitosti, jer se njome ocjenjuje mogu li se povećani početni investicijski troškovi ekonomski opravdati smanjenim troškovima za energiju kroz razmatrani životni vijek sustava ili čak cijele zgrade, ali i drugim čimbenicima koji utječu na troškove rada sustava (primjerice, smanjenje iznosa naknada za emisije, smanjeni troškovi održavanja i sl.).

Dakle, LCCA je ekonomska tehnika kojom se procjenjuju sveukupni troškovi posjedovanja i korištenja nekog objekta (kuće, zgrade i dr.) ili sustava kroz razdoblje njegovog korištenja. LCCA utvrđuje današnju vrijednost svih budućih troškova vezanih uz neku zgradu ili sustav. Ti troškovi tipično uključuju:

- početnu investiciju (zemljište, projektiranje, građevinski radovi, oprema);
- operative troškove (troškovi energije i vode);
- troškove održavanja;
- troškove zamjene opreme (prema očekivanom životnom vijeku opreme);
- troškove dekomisije i odlaganja;
- ostale troškove (razne naknade, porezi i sl.).

Troškove je potrebno umanjiti za vrijednost zgrade ili sustava koju će imati na kraju razmatranog razdoblja (amortizacija).

LCCA potrebno je svakako provesti ako postoji nekoliko alternativa i potrebno je odabrati ekonomski najpovoljniju. Kriterij će biti, dakako, najniži LCC. Posebice je preporučljivo LCCA provesti već u fazi inicijalnog rješenja, odnosno dizajna, primjerice pri projektiranju nove zgrade. Tada je moguće odabrati sve one opcije koje će dugoročno imati najmanje troškove, jer opcija koja ima najmanje investicijske troškove nije nužno ekonomski najisplativija opcija.

Primjer: Usporedba dviju zgrada temeljena na LCCA-u

Pretpostavimo da neka tvrtka razmatra kupnju poslovne zgrade. U uži izbor su ušle dvije zgrade – jedna izgrađena 1980-ih godina čija je cijena 35 milijuna kn, a druga je izgrađena 2010. godine uz uvažavanje svih građevnih propisa, a njezina je cijena 45 milijuna kn. Investiciju ćete financirati kreditom uz 4,5% kamate i na rok otplate 20 godina. Zgradu ćete koristiti najmanje tih 20 godina, pa će se troškovi izračunati za to razdoblje. S obzirom da nakon isteka 20 godina ni jedna od navedenih zgrada neće zahtijevati rušenje, troškovi dekomisije se u ovom slučaju zanemaruju. Pitanje je – koju ćete zgradu odabrati?

Ako je jedini kriterij najniža cijena, onda ćete se odlučiti za stariju zgradu. No, kod ovakvih investicija, kao i općenito kod svih investicija u mjere energetske učinkovitosti, potrebno je provesti LCCA. Rezultati LCCA za navedeni primjer dani su u tablici 8.5.

Tablica 8.5 LCCA za kupnju zgrade

Br.	*LCCA stavke(kn)*	*Stara zgrada (1980)*	*Nova zgrada (2010)*
1	*Prodajna cijena*	*35.000.000*	*45.000.000*
2	*Ukupan iznos kredita*	*53.172.753*	*68.326.133*
3	*Troškovi za energiju*	*2.450.000*	*400.000*
4	*Troškovi za vodu*	*60.000*	*32.000*
5	*Troškovi održavanja*	*2.200.000*	*750.000*
6	*Troškovi dekomisije*	*0*	*0*
7	*Ostali (nespecificirani) troškovi*	*100.000*	*100.000*
8	*Prodajna vrijednost*	*20.000.000*	*40.000.000*
	LCC (2+3+4+5+6+7-8)	***37.982.753***	***29.208.533***

Napomena: *brojevi su izmišljeni i služe samo kao ilustracija primjene LCCA metode*

S obzirom na dani skup uvjeta, tvrtka bi trebala odabrati novu zgradu. Iako stara zgrada ima manju cijenu (a time i manje kamate na kredit), nova zgrada ima mnogo niže troškove rada (energije, vode, održavanja). Tijekom životnog vijeka, ukupni troškovi će biti manji ako tvrtka kupi zgradu s većom početnom cijenom. U ovom slučaju, to se može pripisati činjenici da je nova zgrada značajno energetski učinkovitija i zahtijevat će manje popravke.

Ovaj jednostavni primjer zorno ilustrira važnost LCCA, a njezina bi primjena trebala postati imperativ za projekte izgradnje, rekonstrukcije i kupovine zgrada. Poglavito ju je važno integrirati u postupke javne nabave. LCCA treba biti temeljena na vrlo detaljnoj analizi karakteristika zgrade i troškova povezanih s korištenjem te zgrade.

LITERATURA

1.*Cleaner Production, Energy Efficiency and Renewables in Croatia* - Training programme on Financial Engineering, ENSI Energy Saving International AS, Zagreb, 2004.
2.Orsag, S. : *Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata*, Masmedia, Zagreb, 2002.
3.Žanić, V. : Poslovni plan poduzetnika, Ministarstvo gospodarstva RH, Masmedia, Zagreb, 1999.
4.Bendeković, J. :*Planiranje investicijskih projekata*, Ekonomski institut Zagreb, Zagreb, 1993.

9. PREGLED MOGUĆIH MEHANIZAMA POTICANJA NA NACIONALNOJ I MEĐUNARODNOJ RAZINI

Veliki potencijal, ali istovremeno i jedini način ostvarenja preuzetih ciljeva smanjenja energetske potrošnje u Republici Hrvatskoj je integralni i sustavni pristup energetskoj obnovi postojećih zgrada uz značajno povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada. U prijedlogu 2. Nacionalnog akcijskog plana za energetsku učinkovitost (2.NAPEnU) Republike Hrvatske, naglasak je stavljen upravo na sustavnu energetsku obnovu postojećeg sektora zgrada na gotovo nula energetski standard, kao i poticanje gradnje novih gotovo nula energetskih zgrada. Postavljeni ciljevi su izrazito ambiciozni i teško ostvarivi bez sustavnog i kontinuiranog pristupa provedbi i bez osiguravanja snažnih mehanizama financiranja. Komercijalne banke polako razvijaju modele povoljnijih uvjeta kreditiranja za projekte energetske učinkovitosti, no oni još uvijek nisu prepoznati kao sigurno i jednostavno ostvarivo ulaganje. Pojedini gradovi i županije lokalno također razvijaju mrežu poticaja energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije. U nastavku je dan pregled raspoloživih mehanizama poticanja na nacionalnoj i međunarodnoj razini.

9.1. JAVNO PRIVATNO PARTNERSTVO

Javno privatno partnerstvo (JPP) je zajedničko, kooperativno djelovanje javnog sektora s privatnim sektorom u proizvodnji javnih proizvoda ili pružanju javnih usluga. Javni sektor se javlja kao proizvođač i ponuđač suradnje – kao partner koji ugovorno definira vrste i opseg poslova ili usluga koje namjerava prenijeti na privatni sektor i koji obavljanje javnih poslova nudi privatnom sektoru. Privatni sektor se javlja kao partner koji potražuje takvu suradnju, ako može ostvariti poslovni interes (profit) i koji je dužan kvalitetno izvršavati ugovorno dobivene i definirane poslove.

Cilj javno privatnog partnerstva je ekonomičnija, djelotvornija i učinkovitija proizvodnja javnih proizvoda ili usluga u odnosu na tradicionalan način pružanja javnih usluga. JPP javlja u različitim područjima javne uprave, u različitim oblicima, s različitim rokom trajanja i s različitim intenzitetom, a najčešće u slučajevima kada javna uprava nije u mogućnosti neposredno obavljati javne poslove u vlastitoj režiji iz dva razloga:

- zbog nedovoljne stručnosti djelatnika javne uprave, kada su u pitanju specifično stručni poslovi (npr. medicina, nafta i sl.);
- zbog velikih troškova izvedbe javnih poslova u vlastitoj režiji (npr. nabavka građevinske mehanizacije).

Karakteristike projekata JPP su:

- dugoročna ugovorna suradnja (maksimalno 40 godina) između javnog i privatnog sektora,
- stvarna preraspodjela poslovnog rizika izgradnje, raspoloživosti i potražnje (dva od navedena tri rizika moraju biti na privatnom partneru)

Zakonom o JPP (NN 129/08) definirani su modeli JPP-a u Hrvatskoj i to:

- ugovorni oblik JPP-a (koncesijski model i PFI – privatno financirana inicijativa);
- statusni oblik JPP-a (trgovačko društvo u mješovitom vlasništvu javnog i privatnog sektora)

Europska unija donijela je Zelenu knjigu o javno-privatnom partnerstvu Europske unije o javnim ugovorima i koncesijama. U tom se dokumentu analizira pojava JPP-a, i to ponajprije radi njihove klasifikacije, kako bi se utvrdilo koji oblici takvog povezivanja spadaju pod propise EU-a o javnim nabavama, a koji se mogu ugovarati na drugi način. Budući da se na Hrvatsku kao pristupnu članicu EU-a ne odnosi navedeni propis, Vlada RH donijela je Smjernice za primjenu ugovornih oblika JPP-a (NN 98/2006), kojima potiče i usmjerava jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave u realizaciji projekata javne infrastrukture putem JPP-a te definira različite kriterije za projekte JPP-a. Za provedbu Zakona o JPP-u ključna je uloga Agencije za javno-privatno partnerstvo (www.ajpp.hr), čije su temeljne zadaće i ovlasti:

- odobravanje prijedloga projekata javno-privatnog partnerstva, dokumentacije za nadmetanje, te konačnih nacrta ugovora;
- objavljivanje popisa odobrenih projekata javno-privatnog partnerstva i sudjelovanje u njihovom predstavljanju potencijalnim ulagačima;
- ustrojavanje i vođenje Registra sklopljenih ugovora o javno-privatnom partnerstvu;
- praćenje provedbe sklopljenih ugovora o javno-privatnom partnerstvu;
- međunarodna suradnja u svrhu unaprjeđivanja teorije i prakse javno-privatnog partnerstva;
- izučavanje domaće i inozemne prakse u primjeni javno-privatnog partnerstva;

- sudjelovanje u izradi krovnih strategija, važnih za primjenu javno-privatnog partnerstva;
- predlaganje prilagodbi zakona i propisa važnih za primjenu najbolje prakse u pripremi i provedbi projekata javno-privatnog partnerstva;
- izdavanje provedbenih uputa;
- davanje stručnih tumačenja o pitanjima iz područja javno-privatnog partnerstva;
- propisivanje programa izobrazbe za područje javno-privatnog partnerstva;
- primjena suvremenih tehnologija u svrhu stvaranja i upravljanja nacionalnim centrom znanja za područje javno-privatnog partnerstva.

Prednost financiranja projekata javno-privatnim partnerstvom je u činjenici da se takva investicija ne promatra kao povećanje javnog duga. Ključan uvjet nalazi se u klasifikaciji imovine koja se razmatra uz ugovor o partnerstvu. Imovina iz ugovora ne smatra se imovinom grada samo ako postoji čvrst dokaz da privatni partner snosi većinu rizika vezanog uz partnerstvo. U uvjetima kandidature za članstvo u Europskoj uniji, javno-privatno partnerstvo doprinosi daljnjoj stabilnosti tržišta i privatizaciji državnog portfelja što izravno utječe na održavanje trenda povećanja izravnih stranih ulaganja.

9.2. ESCO MODEL

ESCO je skraćenica od Energy Service Company i predstavlja generičko ime koncepta na tržištu usluga na području energetike. ESCO model obuhvaća razvoj, izvedbu i financiranje projekata s ciljem poboljšanja energetske učinkovitosti i smanjenja troškova za pogon i održavanje. Cilj svakog projekta je smanjenje troška za energiju i održavanje ugradnjom nove učinkovitije opreme i optimiziranjem energetskih sustava, čime se osigurava otplata investicije kroz ostvarene uštede u razdoblju od nekoliko godina, ovisno o klijentu i projektu.

Rizik ostvarenja ušteda u pravilu preuzima ESCO tvrtka davanjem jamstava, a pored inovativnih projekata za poboljšanje energetske učinkovitosti i smanjenja potrošnje energije, često se nude i financijska rješenja za njihovu realizaciju. Tijekom otplate investicije za energetsku učinkovitost, klijent plaća jednaki iznos za troškove energije kao prije provedbe projekta koji se dijeli na stvarni (smanjeni) trošak za energiju te trošak za otplatu investicije. Nakon otplate investicije, ESCO tvrtka izlazi iz projekta i sve pogodnosti predaje klijentu. Svi projekti su posebno prilagođeni klijentu te je moguće i proširenje projekta uključenjem novih mjera energetske učinkovitosti uz odgovarajuću podjelu investicije. Na taj način klijent je u mogućnosti modernizirati opremu bez rizika ulaganja, jer rizik ostvarenja ušteda može preuzeti ESCO tvrtka. Uz to, nakon otplate investicije klijent ostvaruje pozitivne novčane tokove u razdoblju otplate i dugoročnih ušteda.

Dodatna prednost ESCO modela predstavlja činjenica da tijekom svih faza projekta korisnik usluge surađuje samo s jednom tvrtkom po principu sve na jednom mjestu, a ne s više različitih subjekata, čime se u velikoj mjeri smanjuju troškovi projekata energetske učinkovitosti i rizik ulaganja u njih. Također, ESCO projekt obuhvaća sve energetske sustave na određenoj lokaciji što omogućava optimalan izbor mjera s povoljnim odnosom investicija i ušteda.

Korisnici ESCO usluge mogu biti privatna i javna poduzeća, ustanove i jedinice lokalne samouprave.

Najveća ESCO tvrtka u Hrvatskoj je HEP ESCO, tvrtka u sastavu Hrvatske elektroprivrede koja je osnovana 2003. godine. Za tu svrhu je Hrvatska elektroprivreda d.d., odnosno HEP ESCO primio zajam Svjetske banke u iznosu od 4,4 milijuna eura i donaciju Global Environment Facilitya u iznosu od 5 milijuna dolara. HEP ESCO trenutačno provodi više od 60 projekata javne rasvjete, zgradarstva, industrije i sustava opskrbe energijom.

9.3. REVOLVING FOND

Revolving fond je financijski mehanizam specijaliziran za financiranje jasno definiranih vrsta projekata koji se osniva multilateralnim sporazumom između državnih/međunarodnih ustanova i financijskih institucija. Razlog za osnivanje revolving fondova je nesklad između tržišne ponude i potražnje za financiranjem energetski učinkovitih projekata. Nekoliko je različitih modela, odnosno načina na koji se fond može osnovati i financirati.

Prvi model uključuje sporazum između države i komercijalnih banaka o osnivanju revolving fonda, pri čemu se sredstva prikupljaju iz državnog proračuna ili namjenskim porezom. Inicijalna, obično bespovratna sredstva fonda mogu osigurati

međunarodne institucije poput GEF-a (Global Environmental Facility) ili Svjetske banke. Komercijalnim bankama se za financiranje projekata energetske učinkovitosti odobravaju beskamatni krediti iz samog fonda što rezultira kamatnim stopama znatno povoljnijim od tržišnih. Međutim, banke imaju pravo traženja kreditnog osiguranja u obliku financijske ili materijalne imovine zajmoprimca. Krajnji korisnici mogu biti javna poduzeća, ustanove i jedinice lokalne samouprave, mali i srednji poduzetnici, te ESCO kompanije. Brigu o naplati plasmana preuzimaju banke koje su dužne u roku vratiti u fond pozajmljena sredstva ili plaćaju zatezne kamate. Na ovaj način država se osigurava od tržišnog rizika osim oportunitetnog troška pozajmljenih beskamatnih sredstava. Kako se zajmovi vraćaju u fond, oslobađaju se sredstva za izdavanje novih zajmova te na taj način novac stalno cirkulira u sustavu. Najveća mana ovoga koncepta svakako je u potrebi za uvođenjem dodatnih poreznih davanja iz kojih bi se fond financirao.

Drugi model razlikuje se od prvog prvenstveno načinom financiranja i smanjenom ulogom države. Umjesto beskamatnih sredstava, komercijalnim bankama se omogućava korištenje garancije koju obično izdaju međunarodne institucije poput GEF-a. Na temelju garancije za koju plaćaju određenu kamatu banke plasiraju komercijalne kredite po kamatnim stopama nižim od tržišnih. Do sada su u regiji zabilježene tri uspješne provedbe ovog modela, sve u tadašnjim zemljama kandidatima za ulazak u EU:

- CEEF – Commercializing Energy Efficiency Finance
- HEECP – Hungary Energy Efficiency Co-Financing Program
- REEF - Romanian Energy Efficiency Fund.

Usprkos tome što je većina dosadašnjih iskustava korištenja revolving fond financijskog mehanizma ograničena na fondove na nacionalnoj razini, ovaj se mehanizam može uspješno primijeniti i za financiranje projekata na lokalnoj razini.

9.4. HRVATSKA BANKA ZA OBNOVU I RAZVOJ HBOR

Hrvatska banka za obnovu i razvitak (HBOR) osnovana je 12. lipnja 1992. godine donošenjem Zakona o Hrvatskoj kreditnoj banci za obnovu (HKBO) (NN 33/92). HBOR je razvojna i izvozna banka osnovana sa svrhom kreditiranja obnove i razvitka hrvatskog gospodarstva. Osnivač i 100%-tni vlasnik HBOR-a je Republika Hrvatska koja jamči za sve nastale obveze. Temeljni kapital utvrđen je Zakonom o HBOR-u (NN 138/06) u visini od 7 milijardi kuna čiju dinamiku uplate iz Državnog proračuna određuje Vlada Republike Hrvatske.

U travnju 2004. godine, potpisivanjem Sporazuma o suradnji uspostavljena je poslovna suradnja između Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU) i HBOR-a radi pružanja potpore i poticanja ulaganja u projekte zaštite okoliša, energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Radi pokretanja i uspješne realizacije što većeg broja projekata energetske učinkovitosti u Hrvatskoj FZOEU i HBOR kontinuirano raspisuju natječaje za dodjelu financijskih sredstava u obliku kredita, subvencija i donacija za projekte iz područja:

- održive gradnje;
- poticanja korištenja obnovljivih izvora energije (Sunce, vjetar, biomasa i dr.);
- poticanja održivog razvoja ruralnih prostora;
- zaustavljanje migracija iz ruralnih u urbana područja;
- zaštite okoliša i dr.

Jedinice lokalne i područne samouprave, njihova komunalna i trgovačka društva, obrtnici te druge pravne i fizičke osobe mogu dobiti kredite za ulaganja u osnovna i trajna obrtna sredstva za navedene namjene. HBOR u pravilu kreditira do 50% predračunske vrijednosti investicije bez uključenog poreza na dodanu vrijednost. U sklopu investicije može se, ako to priroda investicije dopušta, financirati i do 30% trajnih obrtnih sredstava od iznosa ukupno odobrenog kredita. Za kreditna sredstva namijenjena za financiranje u okviru tih namjena, postoji mogućnost subvencioniranja kamatne stope u visini od dva posto sredstvima FZOEU-a. Ova linija kreditiranja započela je 2005. godine, a unutar nje je u 2006. i 2007. godini financirano 10 projekata u privatnom sektoru.

Najmanji iznos kredita je ograničen na 100.000 kuna dok najveći iznos nije ograničen, a ovisi o HBOR-ovim mogućnostima financiranja, konkretnom investicijskom programu, kreditnoj sposobnosti krajnjeg korisnika, te vrijednosti i kvaliteti ponuđenih instrumenata osiguranja. Rok otplate iznosi maksimalno 12 godina, uz poček od 2 godine. Iznimno, za infrastrukturne projekte rok otplate može biti do 15 godina, uključujući poček do 5 godina.

9.5. FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ENERGETSKU UČINKOVITOST

Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOIEU) osnovan je Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 107/03) sukladno odredbama članka 60. stavka 5. Zakona o zaštiti okoliša (NN 82/94 i 128/99) i članka 11. Zakona o energiji (NN 68/01), a započeo je s radom 1. siječnja 2004. godine.
Fond je osnovan kao izvanproračunski fond u svojstvu pravne osobe i s javnim ovlastima utvrđenima Zakonom o fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Cilj fonda je sudjelovati svojim sredstvima u financiranju nacionalnih energetskih programa imajući u vidu postizanje energetske učinkovitosti, odnosno korištenja obnovljivih izvora energije.

Sredstva za financiranje djelatnosti Fonda osiguravaju se iz namjenskih prihoda Fonda od:
- naknada onečišćivača okoliša;
- naknada korisnika okoliša;
- naknada na opterećivanje okoliša otpadom;
- posebnih naknada za okoliš na vozila na motorni pogon.

Sredstva Fonda se dodjeljuju na temelju provedenog javnog natječaja sukladno odredbama Zakona o Fondu za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (NN 154/08 i NN 18/09), Programu rada i financijskom planu Fonda (NN 183/04). Javni natječaj objavljuje se u Narodnim novinama, na web stranicama Fonda, te u javnim glasilima. Korisnici mogu biti jedinice lokalne samouprave, trgovačka društva i druge pravne osobe, obrtnici te fizičke osobe.

Sredstva fonda dodjeljuju se :
- beskamatnim zajmovima;
- subvencijama;
- financijskim pomoćima;
- donacijama.

9.6. PROGRAMI EUROPSKE UNIJE I INSTRUMENT PRETPRISTUPNE POMOĆI

Sredstva Europske unije koja se stavljaju na raspolaganje za projekte korištenja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti, dostupna su kroz različite programe pretpristupne pomoći i Programe Europske unije, pri čemu postoje značajne razlike u temeljnoj logici poslovanja i namjeni. Program pretpristupne pomoći je individualiziran za svaku zemlju i usuglašava se s Europskom komisijom, dok su programi Europske unije namijenjeni svim članicama EU-a i pridruženim članicama koje temeljem Memoranduma o razumijevanju (engl. Memorandum of Understanding – MoU) pristupe programu te za sudjelovanje plaćaju članarinu.

Instrument pretpristupne pomoći – IPA

Svim jedinicama lokalne i regionalne samouprave u Republici Hrvatskoj je za financiranje projekata obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti dostupan instrument pretpristupne pomoći *IPA (Instrument for Pre-Accession Assistance). IPA je instrument pretpristupne pomoći za razdoblje od 2007. do 2013. godine, koji zamjenjuje dosadašnje programe CARDS, PHARE, ISPA i SAPARD. Program IPA* uspostavljen je Uredbom Vijeća EU-a, a njegova financijska vrijednost za sedmogodišnje razdoblje iznosi 11,468 milijardi eura.

Osnovni cilj IPA programa je pomoći državama kandidatkinjama i potencijalnim kandidatkinjama u procesu usklađivanja njihovih zakonodavstava s pravnom stečevinom EU-a te pripremi za korištenje strukturnih fondova. Republika Hrvatska korisnica je IPA programa od 2007. godine do trenutka stupanja u članstvo EU-a. Za koordinaciju programa IPA u RH zadužen je Središnji državni ured za razvojnu strategiju i koordinaciju fondova Europske unije (SDURF), a za financijsko upravljanje Ministarstvo financija.
Program IPA sastoji se od sljedećih pet sastavnica:
- Pomoć u tranziciji i izgradnja institucija;
- Prekogranična suradnja;
- Regionalni razvoj (transport, okoliš, ekonomski razvitak);
- Razvoj ljudskih potencijala;
- Ruralni razvoj.

Jedinice lokalne samouprave za provedbu identificiranih mjera energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije može prijaviti na sljedeće programe:

- Pomoć u tranziciji i jačanje institucija (2010.-2012.). Prihvatljive aktivnosti/projekti obuhvaćaju reformu statističkog sustava za evidentiranja energetske potrošnje te institucionalno jačanje za upravljanje EU strukturnim fondovima;
- Prekogranična suradnja (2010.-2012.). Prihvatljive aktivnosti/projekti uključuju mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti, kvalitete zraka i zajedničko prostorno planiranje te nabavka i razvoj računalnog programa za prikupljanje podataka o energetskoj potrošnji u raznim sektorima.

Udio potpore u ukupnim prihvatljivim troškovima je 85%, a potpore su između 20.000 i 300.000 eura. Financijska sredstva, odnosno proračun za razdoblje 2010.-2012. još je nepoznat jer još nisu potpisani Financijski sporazumi s Europskom komisijom.

9.6.1. Transnacionalni program Jugoistočna Europa (SEE)

U okviru druge komponente programa IPA – Prekogranična suradnja, Republika Hrvatska je u partnerstvu sa susjednim državama izradila šest bilateralnih programa prekogranične suradnje te je bila uključena u izradu Transnacionalnog programa za jugoistočnu Europu i Mediteran programa transnacionalne suradnje. Program se financira iz Europskog fonda za regionalni razvoj, koji je za programsko razdoblje 2007.-2013. godina predvidio proračun od 206 milijuna eura. Sudjelovanje država koje nisu članice EU-a financirat će se iz IPA pretpristupnog programa i Europskog programa za susjedstvo.

Programsko područje obuhvaća 16 europskih zemalja: Hrvatsku, Rumunjsku, Bugarsku, Sloveniju, Mađarsku, Grčku, Albaniju, Crnu Goru, Srbiju, Bosnu i Hercegovinu, Makedoniju, Austriju, Slovačku, Italiju (regije Lombardia, Veneto, Puglia, Friuli-Venezia-Giulia, Trento, Bolzano, Emilia Romagna, Umbria, Marche, Abruzzo i Molise), Ukrajinu i Moldaviju.

Prioriteti programa su sljedeći:
1. Olakšavanje inovacija i poduzetništva;
2. Zaštita i poboljšanje okoliša;
3. Poboljšanje pristupačnosti;
4. Razvoj transnacionalne sinergije za održivi razvoj područja.

Program je namijenjen neprofitnim organizacijama i institucijama koje žele raditi na prekograničnom projektu s najmanje jednim prekograničnim partnerom. U projektnom partnerstvu moraju se nalaziti partneri iz najmanje tri različite države, od kojih jedna mora biti država članica EU-a. Također, partneri sudjeluju u sufinanciranju projekta s 15% udjelom koji se ravnopravno raspodjeljuje među partnerima. Sudjelovanje država nečlanica EU-a u programu bitan je element samog Programa. Države nečlanice potiču se da u potpunosti sudjeluju u Programu. Programi Europske unije u kojima RH može sudjelovati

9.6.2. Program za konkurentnost i inovacije (CIP) / program Inteligentna Energija za Europu (IEE)

Program za konkurentnost i inovacije (CIP) se operativno dijeli na tri programa od kojih Program inteligentna energija za Europu (IEE) pokriva područje zaštite okoliša i energetske učinkovitosti. CIP za razdoblje 2007. – 2013. godine na raspolaganju ima proračun od 3,6 milijardi eura, od čega IEE program na raspolaganju ima 730 milijuna eura.

Osnovni ciljevi IEE programa su sljedeći:
- povećati energetsku učinkovitost te racionalno korištenje izvora energije;
- promicati nove i obnovljive izvore energije i poticati raznolikost energetskih izvora;
- promicati energetsku učinkovitost i korištenje novih i obnovljivih izvora energije u transportu.

Koordinator aktivnosti za IEE program u RH je Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, a aktivnosti koje Europska komisija sufinancira grupirana su u sljedeća četiri područja:
1. SAVE (unapređivanje energetske učinkovitosti i promoviranje racionalnog korištenja energije, posebice u zgradarstvu i industriji), s godišnjim proračunom od 7,7 milijuna eura, uključuje specifične prioritete:
- energetski učinkovite zgrade;
- energetska učinkovitost u industrijskim postrojenjima;

2. ALTENER (promoviranje korištenja novih i obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne i toplinske energije),s godišnjim proračunom od 19,6 milijuna eura, uključuje specifične prioritete:
- električna energija iz obnovljivih izvora energije;
- grijanje/hlađenje iz obnovljivih izvora energije;

- obnovljivi izvori energije u kućanstvima;
- biogoriva;

3. STEER (promoviranje učinkovitijeg korištenja energije te primjena novih i obnovljivih goriva u prometu), s godišnjim proračunom od 50 milijuna eura, čiji specifični prioriteti su:
- alternativna goriva i čista vozila;
- energetski učinkovit promet;

4. Integrirane aktivnosti (kombinacija gore navedenih područja)-prioriteti:
- osnivanje lokalnih i regionalnih energetskih agencija;
- europsko umrežavanje za lokalne akcije;
- inicijativa energetskih usluga;
- inicijativa edukacije na području inteligentne energije;
- inicijative vezane za standarde proizvoda;
- inicijativa kombiniranja toplinske i električne energije.

Subjekti koji sudjeluju u programu moraju biti pravne osobe, javne ili privatne te međunarodne organizacije sa sjedištem u jednoj od zemalja članica EU-a, zemljama EFTA-e (Norveška, Island i Lihtenštajn) i Hrvatskoj.

9.6.3. Sedmi okvirni program – FP7

Sedmi okvirni program FP7 (*FP – Framework Programme*) je glavni instrument Europske unije za financiranje znanstvenih istraživanja i razvoja, a aktivnosti uključuju organizaciju suradnje između sveučilišta, istraživačkih centara i industrije (uključujući mala i srednja poduzeća), te pružanje financijske podrške za zajedničke projekte.
Za razliku od prethodnih okvirnih programa, koji su trajali od tri do pet godina, Sedmi okvirni program traje sedam godina, od 1. siječnja 2007. do kraja 2013. godine. FP7 je dizajniran tako da poboljša uspješnost u odnosu na prethodne programe, koji su imali za cilj formiranje Europskog istraživačkog područja i razvijanje ekonomije Europe zasnovane na znanju.

FP7 se dijeli u četiri kategorije:
- Suradnja: Potpora međunarodnoj suradnji u istraživanjima kojima je cilj jačanje konkurentnosti europske proizvodnje;
- Ideje: Potpora pionirskim istraživanjima u obliku financiranja višedisciplinarnih istraživačkih projekata pojedinačnih timova;
- Ljudi: Potpora daljnjem školovanju, mobilnosti profesionalnom razvoju istraživača;
- Kapaciteti: Potpora jačanju i optimalnom korištenju istraživačkih i inovacijskih kapaciteta diljem Europe.

Ukupni proračun iznosi 50,5 milijardi eura za sedmogodišnji program FP7 te dodatnih 2,7 milijardi eura za petogodišnji Euroatom program za nuklearna istraživanja. Jezgru FP7 programa,čini program Suradnja, predstavljajući dvije trećine ukupnog proračuna. Važna tematska područja programa Suradnja čine i Energija i Okoliš, a istraživanja se prije svega odnose na prilagodbu postojećeg energetskog sustava u održiviji, konkurentniji i sigurniji sustav.
Na natječaje FP7 mogu se javiti odgovarajuće institucije poput sveučilišta, istraživačkih centara, trgovačkih društava – posebno mala i srednja poduzeća – ili samostalni istraživači, jedinice lokalne samouprave iz više država članica i trećih zemalja. Konzorcij predlagatelja projekta obično uključuje komplementarne članove iz sektora gospodarstva i znanosti. Većinom su za sudjelovanje u programu potrebne tri različite pravne osobe iz različitih država članica ili zemalja kandidatkinja.

9.6.4. CONCERTO program

U sklopu FP7 programa pokrenuta je posebna inicijativa pod nazivom CONCERTO koja ima za osnovni cilj poticanje lokalnih zajednica u provedbi aktivnosti za povećanje energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije. U sklopu ove inicijative podupire se razvoj novih i inovativnih tehničkih rješenja za energetski održiv razvitak lokalnih zajednica.
Godišnji proračun CONCERTO inicijative iznosi 150 milijuna eura, a korisnici sredstava su istraživački centri, tvrtke, mala i srednja poduzeća, agencije, komore, lokalne i regionalne uprave i sveučilišta. Na natječaj se mogu prijaviti članice EU-a, države kandidatkinje te Lihtenštajn, Norveška i Island. Sufinanciranje Europske komisije na CONCERTO projektima iznosi od 50 do 100% direktnih troškova, ovisno o aktivnostima i legalnom statusu prijavitelja.

Prihvatljive aktivnosti u sklopu CONCERTA uključuju sljedeće:
- integraciju korištenja obnovljivih izvora energije i mjera energetske učinkovitosti;
- izgradnju ekozgrada;

- izgradnju kotlovnica na biomasu;
- uspostavljanje sustava kogeneracije;
- učinkovito upravljanje potrošnjom energije i njeno skladištenje te samim time povećanje sigurnosti opskrbe potrošača energijom.

Zajednice koje su uključeni u CONCERTO program imaju znatne prednosti za sve građane na lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini u borbi protiv klimatskih promjena i poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom:

- Zajednice će imati koristi od vidljivosti kao uzora prethodnicima u području unapređivanja sredstava za održivo upravljanje energijom, što doprinosi globalnim ciljevima Europske unije u borbi protiv klimatskih promjena i poboljšanje sigurnosti opskrbe energijom.
- Uključenost u CONCERTO omogućuje razmjenu znanja, iskustava i informacija između članica.
- Stanovnici svih zajednica imaju koristi od čistijeg lokalnog okruženja, na taj način poboljšava se kvaliteta života i zdravlje građana.

Danas oko 5 milijuna europskih građana živi u CONCERTO zajednicama i oko 300.000 ljudi direktno (žive ili rade u zgradama) ili indirektno imaju koristi od aktivnosti provođenih u sklopu CONCERTO projekta. Procjenjuje se da će CONCERTO zajednica prije 2010. godine postići smanjenje CO_2 od oko 310.000 t/godišnje

9.7. STRUKTURNI INSTRUMENTI EUROPSKE UNIJE

Strukturni instrumenti u službi su kohezijske politike Europske unije, čiji je osnovni cilj ostvariti gospodarsku i društvenu koheziju, odnosno ujednačen razvitak unutar Europske unije. Strukturni instrumenti stvoreni su kako bi se pomoglo onim regijama Europske unije koje zaostaju u razvoju. Cilj je umanjiti razlike među regijama i stvoriti bolju gospodarsku i društvenu ravnotežu među zemljama članicama. U pretpristupnom razdoblju, Hrvatska i ostale zemlje kandidatkinje za članstvo imaju se priliku pripremiti za upravljanje i korištenje fondova EU-a pretpristupnim programom IPA-e.

Fondovi iz kojih se financira kohezijska politika su:

1.Europski socijalni fond (European Social Fund, ESF);

2.Europski fond za regionalni razvoj (European Fund for Regional Development, ERDF);

3.Kohezijski fond (Cohesion Fund, CF).

Strukturni fondovi na raspolaganju su zemljama članicama Europske unije koje imaju potrebe za dodatnim, EU ulaganjima u ujednačen i održiv gospodarski i društveni razvoj. Hrvatska će imati pravo na sredstva iz ovih fondova nakon stupanja u članstvo EU-a.

Kohezijska politika Unije predstavlja oko trećinu ukupnih proračunskih izdataka EU-a (35,7%) te je tako druga po veličini proračunska stavka za razdoblje 2007.-2013., vrijedna ukupno 347,41 milijardu eura.

Cijela Europska unija obuhvaćena je jednim ili više ciljeva kohezijske politike. Za utvrđivanje zemljopisne klasifikacije, Europska komisija svoju odluku temelji na statističkim podacima. Europa je podijeljena na niz regija koje odgovaraju klasifikaciji poznatoj po kratici NUTS (Nomenklatura prostornih jedinica za statistiku).

Republika Hrvatska je za potrebe korištenja strukturnih fondova, podijeljena u tri NUTS 2 regije.

9.7.1. Europski fond za regionalni razvoj (ERDF)

Europski fond za regionalni razvoj (European Regional Development Fund – ERDF) namijenjen je razvoju socijalne i gospodarske kohezije u EU-u kako bi se smanjile razlike u socio-ekonomskoj razvijenosti regija. Sredstva se uglavnom koriste za poboljšanje infrastrukture, lokalnog razvoja i zaštitu okoliša. Fond podupire mala i srednja poduzeća, proizvodne investicije, poboljšanje infrastrukture i lokalni razvoj, ulaganja u obrazovanje i zaštitu zdravlja u regijama.

9.7.2. Kohezijski fond (CF)

Financijski mehanizam uspostavljen 1993. za financiranje velikih infrastrukturnih projekata u EU-u na području prometa i zaštite okoliša. U Financijskoj perspektivi 2007.-2013. vrijednost mu je oko 55 milijardi eura. Korisnici su zemlje članice čiji je BDP po stanovniku manji od 90% prosjeka EU-a. Fond uz ERDF financira višegodišnje investicijske programe.

9.7.3. Europski socijalni fond (ESF)

Europski socijalni fond (European Social Fund – ESF) potiče usavršavanje i pomoć pri zapošljavanju. Najvažniji je financijski instrument za promicanje zaposlenosti i razvijanje ljudskih potencijala. Neka su od najvažnijih područja djelovanja borba protiv dugoročne nezaposlenosti i isključenosti s tržišta rada, stvaranje novih radnih mjesta, obrazovanje i usavršavanje, jednake mogućnosti za žene i muškarci na tržištu rada.

Hrvatski će korisnici moći koristiti ESF tek nakon priključenja Europskoj uniji, no u pretpristupnom razdoblju, komponente I. i IV. Instrumenta za pretpristupnu pomoć (IPA) služe upravo kao priprema za korištenje ESF fonda.

9.7.4. Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas (JESSICA)

JESSICA predstavlja inicijativu Europske komisije za održivi razvoj i obnovu gradskih sredina, planiranu u razdoblju od 2007.- 2013. godine. Projekt se provodi u suradnji s Europskom investicijskom bankom, Razvojnom bankom Vijeća Europe te komercijalnim bankama. Ovom inicijativom potiču se upravljačka tijela u zemljama članicama kako bi dio svojih sredstava iz strukturnih fondova (pretežno ERDF) investirale u tzv. Urban development fund. On bi funkcionirao kao svojevrsni revolving fond, tj. kontinuirani izvor financijskih sredstava uz čije bi financijske instrumente (garancije, zajmove, udjele u dobiti) komercijalne banke izdavale zajmove krajnjim korisnicima. Korisnici zajmova uključuju lokalne i regionalne uprave, agencije, državnu upravu, ali i privatne investitore.

Ciljevi inicijative uključuju:
- osiguranje investicija u obnovu gradova i razvojnih projekata u regijama EU;
- fleksibilnije i lakše upravljanje urbanim fondovima;
- lakše dobivanje dodatnih sredstava od EIB-a, CEB-a i drugih banaka;
- razvoj bankarskih proizvoda namijenjenih kreditiranju obnove gradskih objekata.

Za svaku zemlju članicu koja pokaže interes za osnivanjem takvog fonda izrađuje se posebna studija na temelju koje se određuju karakteristike budućeg fonda i instrumenti financiranja. Realizacija inicijative očekuje se u razdoblju 2007.-2013. godine. Do početka 2009. godine, zabilježen je veliki interes za JESSICA program, a izrađene su ukupno 23 studije za 14 zemalja članica. Hrvatska će ulaskom u EU i potpisivanjem memoranduma također ostvariti pravo na sudjelovanje u ovom programu.

9.7.5. Joint Assistance to Support Projects in European Regions (JASPERS)

JASPERS predstavlja oblik pomoći zemljama članicama EU-a koje su pristupile nakon 2004. godine. Europska komisija, EBRD i EIB formirali su 2006. godine u suradnji s Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bankom ovu inicijativu kao formu tehničke pomoći članicama pri izradi projekata koji se natječu za financijsku pomoć od EU fondova. Realizacija inicijative očekuje se u razdoblju 2007.-2013. godine.

Područja na kojima se nudi stručna pomoć uključuju:
- unapređenje prometne infrastrukture unutar i izvan Transeuropske mreže: željeznički, cestovni i riječni promet;
- intermodalni prometni sustavi i njihova interoperabilnost;
- čisti gradski i javni promet;
- projekti zaštite okoliša, energetske učinkovitosti te upotreba obnovljivih izvora energije;
- javno-privatna partnerstva.

Program JASPERS provode visokokvalificirani stručnjaci sa sjedištem u Luksemburgu te u regionalnim uredima centralne i istočne Europe. Ne postoje financijske potpore već se nudi besplatna tehnička pomoć nacionalnim provedbenim tijelima, uključenim u pripremu velikih projekata. JASPERS se razrađuje u obliku godišnjeg akcijskog plana u suradnji sa zainteresiranim

zemljama članicama te Europskom komisijom. Fokus je na projektima čija vrijednost prelazi € 25mil. (zaštita okoliša) te € 50mil. za projekte prometne infrastrukture.

9.7.6. Joint European Resources for Micro to medium Enterprises (JEREMIE)

JEREMIE je inicijativa pokrenuta kao rezultat analize veličine kompanija u zemljama EU-a. Utvrđeno je kako 91,5% svih poduzeća ima do 9 zaposlenika te da postoji jasna korelacija između rasta plasmana kredita tim relativno rizičnim subjektima i gospodarskog rasta. Upravo zbog spomenutog rizika, mala poduzeća se suočavaju s najvećim preprekama pri pribavljanju financijskih sredstava na tržištu. Projekt je nastao kao plod suradnje EIB, EIF (European Investment Fund) i ERDF kojim se žele osigurati povoljniji uvjeti financiranja malog poduzetništva, pružiti im tehničku pomoć, subvencije ili garancije pri zaduživanju. Model se odvija u više faza: u početnoj fazi EIF i Europska komisija prikupljaju sredstva i surađuju s vladama zemalja članica koje se prijave za JEREMIE program. Izrađuje se analiza financijskog tržišta kojim se nastoji utvrditi jaz između ponude i potražnje za kreditiranjem malih i srednjih poduzetnika. Na temelju analize, koja će biti dostupna svim zainteresiranim stranama, kreira se akcijski plan za smanjenje utvrđenog jaza. Izradu analize i plana financiraju EIF i ERDF. Europska komisija u suradnji s predstavnicima zemalja članica uređuju operativni program kojim se određuju konkretne mjere i izvori subvencija. Zemlje članice odgovorne su za implementaciju programa i projekata kao i formiranje fonda kojim upravlja menadžer delegiran od vlade pojedine zemlje. Fond prikuplja dio sredstava od potpora iz ERDF-a namijenjenih zemlji članici te ga pretvara u financijske proizvode: garancije, venture kapital ili u za savjetodavnu i tehničku pomoć. Korisnici mogu biti poduzeća do 250 zaposlenika i godišnjim prometom manjim od 50 milijuna eura. Namjena korištenja sredstava nije strogo definirana i može uključivati projekte u poljoprivredi, industriji, uslužnim djelatnostima, zaštiti okoliša, kao i za osnivanje novih i modernizaciju postojećih poduzeća. Realizacija inicijative očekuje se u razdoblju 2007.-2013. godine.

9.7.7. European Local Energy Assistance (ELENA)

ELENA je usluga tehničke pomoći pokrenuta u suradnji Europske komisije i Europske investicijske banke krajem 2009. godine. Glavni izvor financiranja ELENA-e dolazi od programa Intelligent Energy Europe (IEE). Tehnička pomoć pružat će se gradovima i regijama pri razvoju projekata energetske učinkovitosti i privlačenju dodatnih investicija, pri čemu su obuhvaćene sve vrste tehničke podrške potrebne za pripremu, provedbu i financiranje investicijskog programa. Europska komisija predvidjela je sredstva u visini od 15 milijuna eura namijenjenih korisnicima za programe koji su u skladu s ukupnim energetskim ciljevima EU-a. Ključan kriterij pri selekciji projekata bit će njihov utjecaj na ukupno smanjenje emisije CO_2, a prihvatljivi projekti uključuju izgradnju energetski učinkovitih sustava grijanja i hlađenja, investicije u čišći javni prijevoz, održivu gradnju i sl.

9.7.8. Western Balkans sustainable energy direct financing facility

Europska banka za obnovu i razvoj osnovala je 2008. godine poseban fond pod nazivom Western Balkans sustainable energy direct financing facility (WeBSEDFF), namijenjen financiranju projekata energetski održivog razvitka u zemljama tzv. Zapadnog Balkana.

Cilj ove kreditne linije je financiranje projekata koje potiču energetsku učinkovitost, a korisnici su privatna mala i srednja poduzeća. Osim same financijske pomoći, EBRD pruža stručnu savjetodavnu te tehnička pomoć. WeBSEDFF fond raspolaže proračunom u iznosu 66 milijuna eura, od kojih je 50 milijuna eura namijenjeno za kredite, a 11 milijuna eura za poticaje.

Krediti se plasiraju preko lokalnih banaka koje pristanu na suradnju s WeBSEDFF. Kamatne stope su tržišne uz obvezno osiguranje u obliku imovinskog ili financijskog kolaterala. Visina individualnog kredita kreće se u rasponu od 100 tisuća do 2 milijuna eura. Poticaji se izdaju u obliku smanjenja glavnice kredita i to tek po realizaciji projekta. Visina poticaja ovisi o postignutom smanjenju emisije CO_2. Maksimalni iznos poticaja može biti u visini 15-20% od ukupnog kredita. Prosječno dospijeće kredita iznosi od 6 do 8 godina za projekte energetske učinkovitosti te od 10 do 12 godina za projekte obnovljivih izvora energije, uz prikladno razdoblje počeka.

Projekti kvalificirani za kreditiranje dijele se u dvije skupine:

- obnovljivi izvori energije – solarni sustavi, vjetroelektrane, sustavi na biomasu, i dr.;
- energetska učinkovitost u industriji – kotlovnice, parni kotlovi, sustavi grijanja i hlađenja te kombinacija svih energetskih pogona.

Procjenu isplativosti ulaganja provode projektni konzultanti, a odabrani će biti samo dugoročno financijski održivi projekti. Uloga konzultanata svodi se na provjeru sukladnosti projekta sa zadanim kriterijima, procjenu potencijalnog smanjenja emisije CO2, kao i pružanje savjetodavne pomoći.
Kriteriji koje projekti moraju zadovoljavati su sljedeći:
- tehnički kriteriji – projekt garantira uštedu energije od barem 20% za projekte energetske učinkovitosti u industriji, te minimalnu stopu financijskog povrata za projekte obnovljive izvore energije;
- financijski kriteriji – poduzeće mora počivati na financijskim stabilnim osnovama;
- ostalo – projekti koji zahtijevaju nabavu dozvola, licenci i koncesija moraju te zahtjeve dobiti na transparentan način, sukladan smjernicama EBRD.

Odluka o odabiru projekata donosi se u roku od 4 do 9 mjeseci od početnog razgovora sa strankom.
Krajem 2009. pokrenuto je i financiranje komponente programa koja ima za cilj uklanjanje institucionalnih i zakonodavnih nedostataka i prepreka pri uspostavi tržišta za energetski učinkovite projekte. Planirani budžet iznosi 1,5 milijuna eura.

9.7.9. Otvoreni regionalni fond za Jugoistočnu Europu

Od 2007. godine Njemačka organizacija za tehničku suradnju (GTZ) je oformila novi instrument za financiranje regionalnih razvojnih projekta. Općenito, GTZ projekti su često orijentirani prema ostvarivanju tehničkih preduvjeta u lokalnim samoupravama da same prijavljuju projekte prema EU fondovima ili da to rade u partnerstvu s drugim lokalnim samoupravama. U ime njemačkog Federalnog ministarstva za gospodarsku suradnju i razvoj (BMZ) oformili su Otvoreni regionalni fond za jugoistočnu Europu.
Otvoren regionalni fond nadopunjuje klasične instrumente tehničke suradnje, kao što su savjetovanje, izgradnja mreže, upravljanje znanjem i trening. Svojim radom želi stvoriti i povećati prekograničnu suradnju, povezati već postojeće znanje, iskustava i kapaciteta zemalja u regiji te stvoriti pozitivnu konkurenciju među zemljama.
Na projektima partneri mogu biti iz javnog, civilnog i privatnog sektora u zemljama jugoistočne Europe – iz Albanije, Bosne i Hercegovine, Hrvatske, Makedonije, Crna Gore, Srbije, Kosovo, a do neke mjere, također i iz Bugarske i Rumunjske, partneri mogu razviti i implementirati projektne prijedloge zajedno s Fondom. Prijedlozi moraju uključivati nekoliko zemalja i rezultati se moraju moći prenijeti na druge zemlje u regiji. Nadalje, ovi projekti pridonose harmonizaciji s EU-om: pružanjem podrške za proces stabilizacije i pridruživanja, ili kroz provedbu pravne stečevine.

U sklopu Otvorenog regionalnog fonda za jugoistočnu Europu djeluju četiri fonda koji određuju tematski kontekst za mjere:
- Otvoreni regionalni fond za vanjsku trgovinu jugoistočne Europe;
- Otvoreni regionalni fond za modernizaciju usluga općina jugoistočne Europe;
- Otvoreni regionalni fond za pravni oblik jugoistočne Europe;
- Otvoreni regionalni fond za energetsku učinkovitost i obnovljive izvore energije za jugoistočnu Europu.

Cilj Otvorenog regionalnog fonda za energetsku učinkovitost i obnovljive izvore energije jugoistočne Europe je financiranje projekata za sigurnu opskrbu energijom jugoistočne Europe kroz učinkovitiju potrošnju energije i rastuću uporabu obnovljivih izvora energije.

Uvjet za pristupanje Otvorenom regionalnom fondu za energetsku učinkovitost i obnovljive izvore energije za jugoistočnu Europu je da su partneri na projektu iz najmanje 3 države. Partneri moraju sudjelovati u jednakim iznosima na projektu. Projekti obično traju 2-3 godine. Fond sudjeluje financijski u projektu u iznosu od 100.000-400.000 eura ili pružanjem usluga (izrada studija, koncepata, razrada ciljeva, izrada strategija). Njemačko federalno ministarstvo za gospodarsku suradnju i razvoj (BMZ) mora odobriti projekt. Aktivnosti i tematski prioriteti se razvijaju s partnerima tijekom detaljnog planiranja projekata.