

Priručnik za energetske savjetnike



Poticanje energetske
efikasnosti u Hrvatskoj

„Zahvaljujemo se Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost koji je omogućio tiskanje ovog priručnika“

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 166 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.

Copyright © 2008.

Nakladnik:

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj

Urednica: dr.sc. Vlasta Zanki

Autori: mr.sc. Vesna Bukarića, dr.sc. Damir Dović, Željka Hrs Borković,
dr.sc. Vladimir Soldo, mr.sc. Boris Sučić, dr.sc. Srećko Švaić, dr.sc. Vlasta Zanki

Lektura: Vicko Krampus

Grafičko oblikovanje i naslovnica: Predrag Rapaić

Tisak: Tiskara Zelina d.d.

Tiskano u Zagrebu, Hrvatska

Prvo izdanje 2008.

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 665027

ISBN 978-953-7429-06-5

PREDGOVOR

Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) i Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP) sredinom 2005. godine pokrenuli su projekt "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj". Cilj projekta je podizanje svijesti o efikasnoj potrošnji energije te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetske efikasne (EE) tehnologija, materijala i usluga u sektoru zgradarstva u Hrvatskoj.

Najvažnija ciljna skupina kojoj se projekt obraća su kućanstva, odnosno građanstvo. Da bi se građanstvo informiralo i educiralo o energetske efikasnosti te o dostupnim energetske efikasnim tehnologijama i uređajima na tržištu, potrebno je:

- upoznati građane s konceptom i mogućnostima energetske efikasnosti;
- ustanoviti i etablirati kanale za informiranje i savjetovanje građanstva o mjerama energetske efikasnosti;
- obrazovati kadrove za stručno i objektivno savjetovanje građanstva o raspoloživim i isplativim mjerama energetske efikasnosti.

Jedan od ciljeva projekta je uspostava energetske savjetovališta namijenjenih građanima zainteresiranima za primjenu mjera energetske efikasnosti u vlastitom domu. Savjetovališta trebaju biti prepoznata u javnosti i lako dostupna, a savjeti besplatni i stručni.

Odgovarajući okvir za takva savjetovališta predstavlja lokalna i regionalna uprava. Zato je UNDP - Projekt poticanja energetske efikasnosti potaknuo uspostavljanje *Info centara energetske efikasnosti (EE info centara)* koji će se osnivati u suradnji sa svim županijama i većim gradovima. U EE info centrima građani će se savjetovati o mogućnostima smanjenja potrošnje energije primjenom mjera energetske efikasnosti u njihovim domovima.

Da bi se osigurala stručnost i utemeljenost pruženih savjeta, UNDP je u suradnji s Društvom za oblikovanje održivog razvoja organizirao tečaj za zainteresirane djelatnike lokalnih i regionalnih uprava – buduće energetske savjetnike.

Svrha tečaja je osposobljavanje polaznika za kvalitetno provođenje energetske savjetovanja. Polaznici tečaja će biti zaposlenici lokalnih i regionalnih uprava s predznanjem iz jednog od navedenih područja: strojarstvo, elektrotehnika, građevina ili arhitektura.

Kako se radi o osobama s temeljnim tehničkim predznanjem, tečaj je koncipiran na način da pruži uvid u sva tehnička znanja povezana s uporabom energije u zgradarstvu, na stručnoj razini. Stoga je ovaj priručnik pripremljen kao početna literatura budućih energetske savjetnika a pruža osnovna znanja vezana za: toplinsku zaštitu zgrada, potrošnju energije u sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije i potrošnje tople vode, kao i za potrošnju električne energije za rasvjetu i električne uređaje. Posebna poglavlja govore o primjeni obnovljivih izvora energije u kućanstvima, kao i o ekonomskoj procjeni projekata energetske efikasnosti.



Voditelj projekta poticanja energetske efikasnosti

Dr.sc. Zoran Morvaj

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Zoran Morvaj".



Urednica priručnika

Dr.sc. Vlasta Zanki

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Vlasta Zanki".

SADRŽAJ

1.	UVODNO O ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI... 7	4.	GRIJANJE STAMBENIH PROSTORA57
1.1.	Što je energetska učinkovitost? 8	4.1.	Opći pojmovi58
1.2.	Razlozi ZA energetska učinkovitost 8	4.2.	Ponašanje ljudskog tijela i osjećaj ugone58
1.3.	Pravni i institucionalni okvir za energetska učinkovitost u Republici Hrvatskoj 8	4.2.1.	<i>Utjecaj površinske temperature unutarnjih ploha i temperature zraka u prostoriji</i>59
1.4.	Pravni okvir za energetska učinkovitost u Europskoj uniji 9	4.3.	Potrebna toplina za objekt60
1.5.	Aktualno stanje energetske učinkovitosti u Republici Hrvatskoj i budući izazovi11	4.3.1.	<i>Određivanje potrebne topline za objekt</i>60
2.	POTROŠNJA ENERGIJE U ZGRADAMA15	4.3.2.	<i>Potrebna snaga sustava grijanja</i>60
2.1.	Općenito o energiji16	4.3.3.	<i>Ogrjevna vrijednost goriva</i>61
2.2.	Energetska (toplinska) bilanca zgrade16	4.4.	Način grijanja stambeni prostorija61
2.3.	Analiza ukupnih energetske potreba zgrade17	4.4.1.	<i>Osnovni zahtjevi za sustave grijanja</i>61
2.4.	Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova19	4.4.2.	<i>Podjela sustava grijanja</i>61
2.5.	Ocjena učinkovitosti potrošnje energije u zgradi19	4.4.3.	<i>Pojedinačno grijanje prostorija</i>61
3.	TOPLINSKA ZAŠTITA ZGRADE23	4.4.4.	<i>Centralno grijanje</i>62
3.1.	Uvod24	4.4.5.	<i>Učinkovitost pojedinih elemenata sustava grijanja</i>62
3.2.	Energetsko stanje i potencijal postojećih zgrada u Republici Hrvatskoj24	4.5.	Pojedinačno grijanje prostorija63
3.2.1.	<i>Zgrade građene prije 1970 godine</i>26	4.6.	Centralno grijanje65
3.2.2.	<i>Zgrade građene u razdoblju od 1970 do 1987</i>27	4.6.1.	<i>Vrste centralnog grijanja</i>65
3.2.3.	<i>Zgrade građene u razdoblju od 1987 do 2006</i>28	4.6.1.1.	<i>Gravitacijsko toplovodno grijanje (otvoreno)</i>65
3.2.4.	<i>Novogradnja usklađena s novim Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obveznom primjenom od 1. srpanj 2006 godine</i>29	4.6.1.2.	<i>Toplovodno grijanje s cirkulacijskom crpkom u sustavu</i>65
3.3.	Građevinska regulativa u području toplinske zaštite u Republici Hrvatskoj danas i utjecaj EU direktiva30	4.6.1.3.	<i>Jednocijevni i dvocijevni sustavi</i>66
3.3.1.	<i>Građevinska regulativa u području toplinske zaštite u zgradama u Republici Hrvatskoj</i>30	4.6.2.	<i>Izvori topline u sustavima centralnog grijanja</i>66
3.3.2.	<i>Zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti u zgradama u Europskoj uniji</i>31	4.6.2.1.	<i>Kotlovi</i>66
3.4.	Nove zgrade i savjeti za projektiranje i gradnju33	4.6.2.2.	<i>Plinske grijalice s atmosferskim plamenikom</i>68
3.5.	Adaptacija i rekonstrukcija postojećih zgrada u svrhu povećanja energetske učinkovitosti36	4.6.3.	<i>Plamenici za EL loživo ulje i plin</i>68
3.5.1.	<i>Toplinska izolacija vanjskog zida</i>37	4.6.4.	<i>Sustav razvoda tople vode</i>68
3.5.2.	<i>Toplinska izolacija krova ili stropa prema negrijanom tavanu</i>38	4.6.4.1.	<i>Dvocijevni sustavi</i>68
3.5.3.	<i>Toplinska izolacija poda na tlu i poda iznad otvorenog ili negrijanog prostora</i>39	4.6.4.2.	<i>Jednocijevni sustavi</i>68
3.5.4.	<i>Toplinski most</i>39	4.6.4.3.	<i>Dimenzioniranje sustava za razvod topline</i>69
3.5.5.	<i>Prozori, staklene stijene, vanjska vrata</i>40	4.6.4.4.	<i>Smjernice za projektiranje</i>70
3.6.	Pregled dostupnih materijala za toplinsku zaštitu i primjeri iz prakse42	4.6.5.	<i>Podno, zidno i stropno grijanje</i>70
3.7.	Niskoenergetske i pasivne kuće48	4.6.6.	<i>Ogrjevna tijela</i>70
3.8.	Zaključak54	4.6.6.1.	<i>Smanjeni učinak ogrjevnih tijela</i>71
		4.6.7.	<i>Regulacija i sigurnosni uređaji sustava centralnog grijanja</i>74
		4.6.7.1.	<i>Regulacija</i>74
		4.6.7.2.	<i>Sigurnosni uređaji i oprema</i>76
		4.7.	Dimnjak76
		4.8.	Posebnost grijanja na plin i EL loživo ulje78
		4.8.1.	<i>Plinski aparati i instalacije</i>78
		4.8.2.	<i>Uređaji na EL loživo ulje i instalacija</i>78
		4.9.	Zakonska regulativa i norme78
		5.	VENTILACIJA I HLA ENJE STAMBENOG PROSTORA81
		5.1.	Ventilacija82
		5.1.1.	<i>Prirodna ventilacija</i>82
		5.1.2.	<i>Mehanička ventilacija</i>83
		5.2.	Hlađenje (grijanje) stambenog prostora84
		5.2.1.	<i>Rashladne jedinice</i>84
		5.2.2.	<i>Dizalice topline</i>87

6. PRIPREMA POTROŠNE TOPLE VODE	93	8.4.2. Savjeti za poboljšanje učinkovitosti korištenja kućanskih električnih uređaja	123
6.1. Uvod	94	8.4.2.1. Hladnjaci i ledenice	124
6.2. Načini pripreme potrošne tople vode	94	8.4.2.2. Štednjaci	124
6.2.1. Protočni bojleri	94	8.4.2.3. Mikrovalne pećnice	125
6.2.2. Akumulacijski bojleri	94	8.4.2.4. Perilice i sušilice rublja	125
6.2.3. Kombinirani plinski bojleri	95	8.4.2.5. Perilice posuđa	125
6.2.4. Kotlovi s indirektno grijanim spremnikom (centralna priprema vode)	96	8.4.2.6. Električni uređaji za pripremu potrošne tople vode	125
6.2.5. Solarni kolektori	96	8.4.2.7. Električni uređaji za grijanje/hlađenje boravišnog prostora	126
6.2.6. Dizalice topline u pripremi PTV-a	96	8.4.2.8. Mali kućanski uređaji	126
6.3. Spremnici PTV-a	97	8.5. Sustavi za inteligentno upravljanje u kućanstvu – inteligentne zgrade	126
6.4. Mjerenje potrošnje PTV-a	97	8.6. Tarifni sustavi za preuzimanje električne energije u kućanstvima	126
7. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U KUĆANSTVU	99	8.7. Kompenzacija jalove snage	128
7.1. Sunčeva energija	100	8.8. Dostupnost opreme na tržištu	129
7.1.1. Karakteristike sunčeve energije	100	8.9. Zaključak	129
7.1.2. Aktivno korištenje sunčeve energije uz pomoć sunčevih kolektora	100	9. EKONOMSKA PROCJENA PROJEKATA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI	131
7.1.2.1. Sunčevi kolektori	100	9.1. Osnove ekonomike projekta	132
7.1.2.2. Efikasnost kolektora	101	9.1.1. Ekonomski parametri	132
7.1.2.3. Spajanje kolektora	101	9.1.2. Vremenska vrijednost novca	133
7.1.2.4. Solarni toplovodni sustavi	102	9.2. Ocjena isplativosti projekta	133
7.1.2.5. Dimenzioniranje solarnih toplovodnih sustava	103	9.2.1. Razdoblje povrata	133
7.1.3. Fotonaponske ćelije	104	9.2.2. Diskontirano razdoblje povrata	134
7.1.4. Uporaba sunčeve energije u R. Hrvatskoj	105	9.2.3. Čista sadašnja vrijednost	134
7.1.5. Proizvođači solarne opreme	105	9.2.4. Indeks profitabilnosti	135
7.2. Biomasa	105	9.2.5. Metoda anuiteta	136
7.2.1. Biomasa kao spremnik energije	105	9.2.6. Interna stopa profitabilnosti	136
7.2.1.1. Karakteristike biomase	106	9.3. Analiza novčanih tokova (cash flow)	137
7.2.1.2. Karakteristike drvne mase kao goriva	106	9.4. Procjena troškova u životnom ciklusu projekta (Life Cycle Cost Analysis)	140
7.2.2. Uređaji za izgaranje biomase	107	9.5. Pregled mogućih izvora financiranja i poticaja za projekte energetske učinkovitosti	140
7.2.3. Preporuke	109	9.5.1. Porezne olakšice	140
7.3. Kogeneracija u kućama	109	9.5.2. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost	140
7.4. Energija vjetra	110	9.5.3. Hrvatska banka za obnovu i razvoj (HBOR)	141
7.4.1. Općenito o energiji vjetra	110	10. ENERGETSKI PREGLED ZGRADE	143
7.4.2. Karakteristike vjetroturbina	110	RIJEČNIK POJMOVA	146
7.4.3. Male vjetroturbine	110		
8. ELEKTRIČNA ENERGIJA U KUĆANSTVU	113		
8.1. Uvodno o električnoj energiji	114		
8.2. Potrošnja električne energije u kućanstvu	114		
8.3. Električna rasvjeta	117		
8.3.1. Općenito o svjetlu – svjetlosne veličine	117		
8.3.2. Izvori svjetlosti	118		
8.3.2.1. Standardne (obične) žarulje	118		
8.3.2.2. Halogene žarulje	119		
8.3.2.3. Fluorescentne žarulje	119		
8.3.2.4. Fluokompaktne žarulje i štedne žarulje	120		
8.3.3. Regulacija – upravljanje rasvjetom, ovisnost o dnevnom svjetlu	122		
8.4. Kućanski uređaji	122		
8.4.1. Označavanje električnih uređaja	122		



1. Uvodno o energetskej učinkovitosti



1. UVODNO O ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI

1.1. Što je energetska učinkovitost?

Pod pojmom energetska učinkovitost podrazumijevamo učinkovitu uporabu energije u svim sektorima krajnje potrošnje energije: industriji, prometu, uslužnim djelatnostima, poljoprivredi i u kućanstvima.

Definirajmo ponajprije energetska učinkovitost:

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane.

Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije (energenata) za obavljanje istog posla – funkcije (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjetu, proizvodnju raznih proizvoda, pogon vozila, i dr.).

Važno je istaknuti da se energetska učinkovitost nikako ne smije promatrati kao štednja energija. Naime, štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok učinkovita uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja. Nadalje, poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije ne podrazumijeva samo primjenu tehničkih rješenja. Štoviše, svaka tehnologija i tehnička oprema, bez obzira koliko učinkovita bila, gubi to svoje svojstvo ukoliko ne postoje educirani ljudi koji će se njome znati služiti na najučinkovitiji mogući način.

Prema tome, može se reći da je energetska učinkovitost prvenstveno stvar svijesti ljudi i njihovoj volji za promjenom ustaljenih navika prema energetski učinkovitijim rješenjima, negoli je to stvar kompleksnih tehničkih rješenja. Stoga je i prilikom davanja preporuka za poboljšanje energetske učinkovitosti najprije potrebno razmotriti navike potrošača i usmjeriti ih k (s(a)vjesnijim izborima. Takve su mjere besplatne, a mogu donijeti doista značajne uštede. Tek kada je razina svijesti potrošača o potrebi učinkovite uporabe energije razvijena, potrebno je potrošača usmjeravati na nove, tehničke mjere za smanjenje potrošnje energije, o čijoj primjeni će se odlučiti na temelju njihove isplativosti, a čime će se uz energetska podići i ekonomska učinkovitost.

1.2. Razlozi ZA energetska učinkovitost

Zaštita okoliša

Nepobitna je činjenica da je pristup energiji po prihvatljivim cijenama ključan preduvjet gospodarskog i socijalnog razvoja svakog društava. No, proizvodnja energije i njezina uporaba značajno utječu na okoliš, uzrokujući zagađenja lokalnog i regionalnog karaktera (smog, kisele kiše i sl.), ali i globalne probleme poput globalnog zagrijavanja i rezultirajućih klimatskih promjena.

Naime, energija se još uvijek većinom proizvodi iz fosilnih goriva: ugljena, nafte i naftnih derivata i prirodnog plina. Njihovim sagorijevanjem u atmosferu se ispuštaju razni polutanti poput sumpornog dioksida SO_2 , dušičnih oksida NO_x , čestica te ugljičnog dioksida CO_2 . Plinovi SO_2 i NO_x osim njihovog potencijalno štetnog djelovanja na zdravlje, poznati su kao „kiselici“ plinovi jer njihovom transformacijom prilikom daljinskog transporta nastaju kiselici sastojci koji se talože iz atmosfere u obliku mokrog (kisele kiše) i suhog taloženja. Osim zakiseljavanja, NO_x sudjeluje u eutrofikaciji i stvaranju štetnog prizemnog ozona. S druge strane, staklenički plin CO_2 je najznačajniji uzročnik globalnog zatopljenja.

Valja, stoga, imati na umu da se energija uvijek proizvodi kako bi zadovoljila potrošnju – proizvodnja je uzrokovana potrošnjom, pa nepažljiva, neučinkovita

potrošnja uzrokuje nepotrebno veliku proizvodnju, a time i nepotrebno velik negativan utjecaj na okoliš.

Poboljšana učinkovitost uporabe energije rezultirat će njezinom smanjenom potrošnjom, što vodi i smanjenju proizvodnje energije. Može se reći da svaki kWh energije koji ne potrošimo znači određenu količinu onečišćujućih plinova koji nisu ispušteni u atmosferu. Prema tome, učinkovitom uporabom energije podiže se kvaliteta vlastitog okoliša te se pridonosi globalnoj borbi za suzbijanje klimatskih promjena.

Ekonomska učinkovitost

Energija nije besplatna, na nju se troši dio kućnog (ili poslovnog) budžeta – svaki mjesec dolaze računi za električnu energiju, prirodni plin, toplinsku energiju iz gradske toplinske mreže, vodu. Kada se tome dodaju i troškovi goriva za vozila, mjesečni iznos može biti veoma značajan. Stoga je jasno da smanjena potrošnja energije uslijed njezine učinkovitije uporabe donosi i proporcionalne novčane uštede.

1.3. Pravni i institucionalni okvir za energetska učinkovitost u Republici Hrvatskoj

Politika energetske učinkovitosti se do sada u Hrvatskoj provodila putem nacionalnih energetskih programa, Strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske i usvajanjem energetskog zakonodavstva. No, energetska učinkovitost postaje sve značajnija odrednica hrvatske energetske politike, pa je izrađena i nacionalna strategija energetske učinkovitosti – Master plan energetske učinkovitosti za Hrvatsku.

U zakonodavnom okviru, kojim se uređuju odnosi u energetskom sektoru Republike Hrvatske (“Narodne novine” br. 68/01, 177/04, 76/07), te strateškim dokumentima razvitka energetskog sektora i zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj (Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske, “Narodne novine” br. 38/02, Nacionalna strategija zaštite okoliša, “Narodne novine” br. 46/02, Nacionalni energetski programi i drugi) učinkovito korištenje energije, kogeneracija (istodobna proizvodnja toplinske i električne energije u jedinstvenom procesu) i korištenje obnovljivih izvora energije, utvrđeno je, u skladu s postojećim stanjem energetskog sektora i razvojnim opredjeljenjem, kao interes Republike Hrvatske. Poseban položaj energetske učinkovitosti definiran je i u Zakonu o energiji (“Narodne novine” br. 68/01, 177/04 76/07), koji eksplicitno izražava pozitivan stav Republike Hrvatske prema energetskoj učinkovitosti i izrijekom kaže da je učinkovito korištenje energije i korištenje obnovljivih izvora energije u interesu Republike Hrvatske. Osim toga, Zakon o energiji propisuje da proizvodi koji za svoj rad koriste energiju, moraju biti opremljeni oznakom o energetskoj učinkovitosti proizvoda, temeljem čega je donesen Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja (“Narodne novine” br. 133/05), koji se i primjenjuje od 1. svibnja 2006. Tipovi kućanskih uređaja na koje se ovaj Pravilnik odnosi su: hladnjaci, zamrzivači i njihove kombinacije, strojevi za pranje rublja, sušila i njihove kombinacije, strojevi za pranje suđa, pećnice, izvori svjetla i uređaji za hlađenje i klimatizaciju.

Energetska učinkovitost u zgradarstvu u nadležnosti je Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Zakon o prostornom uređenju i gradnji (“Narodne novine” br. 76/07) navodi uštede energije i toplinsku zaštitu kao jedan od bitnih zahtjeva za građevinu. Isti Zakon također navodi da svaka zgrada mora imati certifikat o energetskim svojstvima. Certificiranje zgrada ipak nije do kraja riješeno u Hrvatskoj, jer nedostaje podzakonski akt (pravilnik) kojim će se propisati uvjeti, sadržaj i način izdavanja certifikata. Toplinski zahtjevi za građevine propisani su kroz Tehnički propis o uštedi

toplinske energije i toplinskoj zaštiti zgrada ("Narodne novine" br. 79/05, 155/05, 74/06), prema kojemu je iskaznica potrebne topline za grijanje zgrade sastavni dio projektne dokumentacije i mora biti dostupna na uvid kupcima, najmprirocima i drugim ovlaštenim korisnicima zgrade ili njenog dijela. Više detalja o sadržaju iskaznice bit će dano u poglavlju o toplinskoj zaštiti zgrada.

Energetska učinkovitost sastavni je dio i politike zaštite okoliša. Zakon o zaštiti okoliša ("Narodne novine" br.110/07) navodi da se zahvati u okolišu trebaju planirati i izvoditi tako da što manje opterećuju okoliš, vodeći pri tome racionalnom korištenju prirodnih dobara i energije. Nadalje, Nacionalna strategija zaštite okoliša ("Narodne novine" br. 46/02) kao prioritete zaštite okoliša u energetske sektoru nalaže uvođenje poreznih olakšica za kućanske uređaje koji su energetske učinkovitiji te izradu sektorskih programa racionalnog korištenja energije.

Institucionalni okvir za energetske učinkovitost u Hrvatskoj uključuje dva ključna ministarstva. U prvom redu to je Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP) kao ministarstvo nadležno za energetiku. Nadalje, energetska učinkovitost je svakako i pitanje zaštite okoliša pa je dijelom i u nadležnosti Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG), a posebice se to odnosi na energetske učinkovitost zgrada. Provedba pravilnika o energetske označavanju uređaja u nadležnosti je Državnog inspektorata.

Vrlo značajna institucija za energetske učinkovitost u Hrvatskoj je Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Fond je osnovan radi financiranja pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unapređivanja okoliša te u području energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije te predstavlja značajnu institucionalnu i financijsku podršku provođenju projekata energetske učinkovitosti u Republici Hrvatskoj. Više mogućnostima za iskorištavanje sredstava Fonda bit će riječi u poglavlju o ekonomskim karakteristikama projekata energetske učinkovitosti.

I na kraju, valja istaknuti da je Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGORP) zajedno s Programom Ujedinjenih naroda za razvoj (United Nations Development Programme - UNDP) pokrenulo i provodi sveobuhvatni program za učinkovito korištenje energije "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj". Cilj projekta je podizanje svijesti građana i javnog sektora o učinkovitoj potrošnji energije u sektoru zgradarstva, te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetske efikasnih (EE) tehnologija, materijala i usluga u Hrvatskoj. Projekt je započeo u srpnju 2005. g., i provodit će se do kraja 2009. godine. Obuka energetske savjetnika samo je jedna od aktivnosti ovog projekta, o čemu više možete saznati na www.energetska-efikasnost.undp.hr. Aktivnosti započete na Projektu će se nastaviti provoditi i poslije prestanka projekta kroz institucije koje će biti naknadno određene.

1.4. Pravni okvir za energetske učinkovitost u Europskoj uniji

Sve europske države bez izuzetka opredijelile su se da u svoje strategije energetske razvika i zaštite okoliša ugrade planove za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije i uporabu obnovljivih izvora energije i da implementiraju zakonodavni okvir u kojemu će ti planovi biti ostvareni. Sama Europska unija se u nizu dokumenata strateški opredijelila za poboljšanje energetske učinkovitosti, a posebice su značajni sljedeći dokumenti: Zelena knjiga o energetske učinkovitosti od 22. lipnja 2005., Zelena knjiga o energetici od 8. ožujka 2006. te Akcijski plan za energetske učinkovitost (ACTION PLAN FOR ENERGY EFFICIENCY: Realising the potential - Saving 20% by 2020). Područje energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije u Europskoj uniji uređuje

se nizom direktiva, koje pokrivaju sljedeća ključna područja:

- Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora
- Kogeneracija (istodobna proizvodnja toplinske i električne energije u jedinstvenom procesu)
- Označavanje energetske učinkovitosti kućanskih uređaja
- Ekodizajn uređaja koji koriste energiju
- Energetska učinkovitost u zgradarstvu
- Učinkovitost krajnje potrošnje energije i energetske usluge.

Pregled EU direktiva koje pokrivaju ova područja, kao i odgovarajući hrvatski zakonski akti u kojima su potpuno ili djelomično sadržani zahtjevi tih direktiva dan je u tablici 1.1.

Tablica 1.1. Pregled europskog i hrvatskog zakonodavstva iz područja obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti

Područje	EU direktiva ¹	Hrvatsko zakonodavstvo
Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora	Direktiva 2001/77/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 27. rujna 2001. o unaprjeđenju električne energije iz obnovljivih izvora na unutrašnjem tržištu električne energije	Zakon o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07) Zakon o tržištu električne energije (NN 177/04, 76/07) Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/07) Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/07)
Kogeneracija	Direktiva 2004/8/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 11. veljače 2004. o unaprjeđenju kogeneracije na temelju potrošnje korisne energije na unutrašnjem tržištu energije	Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče (NN 33/07) Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 67/07) Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije (NN 67/07)
Označavanje kućanskih uređaja	Direktiva Vijeća EU 92/75/EEZ od 22. rujna 1992. godine o označavanju energetske učinkovitosti i standardnih podataka o energetskej potrošnji kućanskih uređaja Posebne implementacijske direktive odnose se na sljedeće grupe uređaja: <ul style="list-style-type: none"> • električne hladnjake, ledenice i njihove kombinacije, • perilice rublja, • električne sušilice rublja, • električne kombinirane perilice-sušilice rublja, • električne pećnice, • električne perilice posuda, • klimatizacijske uređaje i • izvore svjetlosti u kućanstvima 	Zakon o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07) Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja (NN 133/05)
Ekodizajn	Direktiva 2005/32/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 6. srpnja 2005. o uspostavljanju okvira za zahtjeve ekodizajna za sve uređaje koji troše energiju i posebne implementacijske direktive: <ul style="list-style-type: none"> • Direktiva 2000/55/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 18. rujna 2000. o zahtjevima za energetske učinkovitost balasta fluorescentne rasvjete • Direktiva 96/57/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 3. rujna 1996. zahtjevima za energetske učinkovitost kućanskih električnih hladnjaka, ledenica i njihovih kombinacija • Direktiva Vijeća 92/42/EEZ od 21. svibnja 1992. o zahtjevima za energetske učinkovitost novih toplovodnih bojlera na tekuća i plinska goriva 	Pravilnik o zahtjevima za energetske učinkovitost kućanskih električnih hladnjaka, ledenica i njihovih kombinacija (NN 135/05)
Energetska učinkovitost u zgradarstvu	Direktiva 2002/91/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2002. o energetskim značajkama zgrada	Zakon o prostornom uređenju i graditeljstvu (NN 76/07) Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05, 155/05, 74/06)
Učinkovitost krajnje potrošnje energije i energetske usluge	Direktiva 2006/32/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 5. travnja 2006. o energetskej učinkovitosti i energetskim uslugama	Zakon o energiji (NN 68/01, 177/04, 76/07)

¹O europskoj politici energetske učinkovitosti kao i o svim navedenim direktivama više možete saznati na internetskoj stranici: http://ec.europa.eu/energy/demand/index_en.htm

U sklopu eurointegracijskih procesa, Republika Hrvatska je cjelokupni koncept reforme energetskega sektora kroz pravni i institucionalni okvir, prilagodila zahtjevima EU. Za područje energetske učinkovitosti posebno je značajna Direktiva o energetske učinkovitosti i energetske uslugama (2006/32/EC), koja će nas obvezati da postavimo kvantitativne ciljeve za poboljšanja energetske učinkovitosti u razdoblju od 2008. do 2016. i da te ciljeve ispunimo. Zahtjeve ove direktive Hrvatska tek mora transponirati u svoje zakonodavstvo.

Nadalje, osim direktiva Europske unije, snažan poticaj energetske učinkovitosti je i ratifikacija Protokola iz Kyota, prema kojemu se emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj moraju smanjiti za 5% u odnosu na iznos u baznoj godini. Ovo smanjenje potrebno je postići u razdoblju od 2008. do 2012. godine. U postizanju Kyoto ciljeva povećanje energetske učinkovitosti imat će zasigurno glavnu ulogu.

1.5. Aktualno stanje energetske učinkovitosti u Republici Hrvatskoj i budući izazovi

Neposredna potrošnja energije u Hrvatskoj

U Hrvatskoj, kao i u brojnim drugim zemljama, postoji niz barijera koje sprečavaju implementaciju ekonomski isplativih mjera i tehnologija energetske učinkovitosti. U Hrvatskoj "kultura" energetske učinkovitosti nije dovoljno razvijena, iako vidljiv napredak postoji. Naime, postojanje potencijala za poboljšanja energetske učinkovitosti u Hrvatskoj vrlo zorno potvrđuju i sljedeće činjenice - u Hrvatskoj se u 2005. godini za 1.000 US\$ BDP-a potrošilo 189 kg ekvivalentne nafte, što je 20,1% više od prosjeka EU-15; slično, za 1.000 US\$ BDP-a potrošilo se 338 kWh električne energije, što je 19,3% više od prosjeka EU-15. Ovaj parametar naziva se energetska intenzivnost, a izražava se u potrošenoj energiji po jedinici BDP-a. Prema intenzivnosti ukupne potrošnje energije Hrvatska se nalazi u „zlatnoj sredini“ – njezina energetska intenzivnost, dakle učinkovitost, svakako je bolja nego u zemljama regije (Makedonija, BiH, Srbija, Crna Gora, Albanija) i većini novih članica Europske unije (Češka, Slovačka, Poljska, Litva, Estonija, Bugarska, Rumunjska), te drugim zemljama istočne Europe (Rusija, Bjelorusija, Ukrajina). No u usporedbi sa zapadnoeuropskim zemljama, u Hrvatskoj postoji značajan prostor za poboljšanje energetske učinkovitosti.

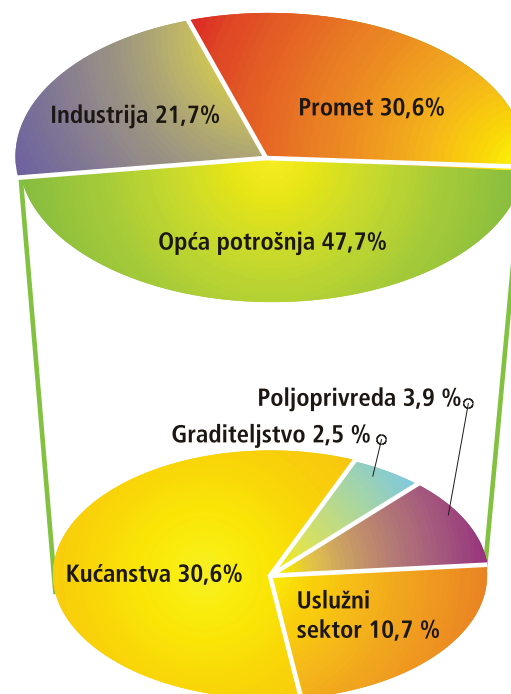
Štoviše, potrošnja energije u Hrvatskoj konstantno raste. Posebno je strm porast potrošnje električne energije, posebice u kućanstvima i uslugama. Stopa porasta potrošnje električne energije u Hrvatskoj je u 2005. godini bila gotovo jednaka stopi porasta BDP-a. Ideja programa i projekata energetske učinkovitosti upravo je slabljenje veze između gospodarskog rasta i rasta potrošnje energije.

Osim toga, valja biti svjestan činjenice da Hrvatska nema dovoljne energetske kapacitete za zadovoljavanje rastuće potražnje. To može voditi k povećanju uvoza, a time i do nesigurnije opskrbe energijom. Ovaj aspekt je izuzetno važan, pa i njega treba imati na umu kada se energija nepotrebno "baca".

Struktura neposredne potrošnje energije u Hrvatskoj prikazana je na slici 1.1. Vidljivo je da sektor opće potrošnje troši najviše energije, a u njemu se posebice ističu sektor kućanstava i usluga (javnih i komercijalnih), koji zajednički troše preko 40% energije, dok su kućanstva sama odgovorna za preko 30% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj.

Kretanje cijena energije u Hrvatskoj

Potrošnja energije predstavlja znatne financijske izdatke u kućnom budžetu. Novčane uštede su, prema tome, također jedan od motiva za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije. Ovaj motiv posebice dolazi do izražaja kako cijene energije rastu. Kretanje cijena električne energije, ekstralakovog loživog ulja i prirodnog plina u Hrvatskoj od 2000. do 2006. godine prikazano je



Slika 1.1. Udjeli sektora i podsektora opće potrošnje u neposrednoj potrošnji energije u 2005. godini (prema podacima iz godišnjeg izvješća „Energija u Hrvatskoj 2005.“, Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva)

tablicom 1.2. Jasno se uočava rastući trend, a takva se situacija može očekivati i u budućnosti, posebice zbog nestabilne svjetske (političke) situacije koja utječe na opskrbu naftom i prirodnim plinom. Premda je cijena električne energije i plina ostala približno ista, prilikom završnih priprema ovog priručnika (ožujak 2008.) cijena loživog ulja je porasla na 5,72 kn/l. Učinkovitim uporabom energije za isti korisni učinak trošimo manje energije, što znači i da plaćamo manje!

Tablica 1.2. Kretanje cijena električne energije, ekstralakovog loživog ulja i prirodnog plina u Hrvatskoj 2000. – 2006.*

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.
Električna energija – za kućanstva (kn/kWh)	0,4184	0,5095	0,5143	0,5487	0,5489	0,5559	0,58
Ekstralako loživo ulje (kn/l)	2,64	3,14	2,71	2,77	3,29	4,17	4,7
Prirodni plin (kn/m³) – za kućanstva	1,45	1,72	1,94	1,95	2,04	2,04	2,13

*Svi podaci u tablici preuzeti su iz godišnjih izvješća „Energija u Hrvatskoj 2003. – 2006.“, Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva

Emisije onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova

I naposljetku, ali svakako ne manje važno, jest da neracionalna potrošnja energije uzrokuje povećane emisije onečišćujućih tvari u atmosferu.

Hrvatska je kroz međunarodne ugovore, kao što su Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (CLRTAP) i Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), preuzela obvezu praćenja i smanjenja emisija onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova u zrak.

Najznačajnije onečišćujuće tvari, kako je već istaknuto, su sumporni dioksid SO₂, dušični oksidi NO_x i čestice, dok je najznačajniji staklenički plin ugljični dioksid CO₂. Emisije ovih tvari u razdoblju od 2000. do 2005. godine u Hrvatskoj prikazane su u tablici 1.3.

Tablica 1.3. Emisije SO₂, NO_x, čestica i CO₂ u Hrvatskoj 2000. – 2005.*

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
Sumporni dioksid SO₂ (t)	60 910	62 060	68 018	66 598	53 772	53 494
Dušični oksidi NO_x (t)	68 428	68 788	67 811	68 454	66 019	67 195
Čestice (t)	11 810	11 387	11 402	12 887	12 476	12 680
Ugljični dioksid CO₂ (1000 t)	16 827	17 704	18 880	20 202	19 657	20 006

*Svi podaci u tablici preuzeti su iz godišnjeg izvješća „Energija u Hrvatskoj 2005.“, Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva

Kako je vidljivo iz gornje tablice, u promatranom razdoblju najznačajniji porast bilježi upravo emisija CO₂. Hrvatska se ratifikacijom Kyotskog protokola obvezala emisije stakleničkih plinova smanjiti 5% u odnosu na baznu godinu 1990. u razdoblju od 2008. do 2012. godine. Utvrđeno je da su ukupne emisije u 1990. godini iznosile 34620 Gg ekvivalentnog CO₂. Najveći dio emisija CO₂ dolazi upravo iz energetskog sektora, tj. nastaje uslijed proizvodnje i potrošnje energije. Nepobitna je činjenica da će potrošnja energije u budućnosti samo rasti, a time će rasti i emisije stakleničkih plinova. Značaj učinkovite uporabe energije jest upravo u tome da se trend porasta potrošnje energije uspori. Uz poboljšanje učinkovitosti samih procesa proizvodnje energije i uporabu goriva nefosilnog podrijetla, doprinijet će se i ukupnom smanjenju emisija stakleničkih plinova.

Informiranje i podizanje svijesti javnosti

Potrošnja energije u kućanstvima usko je vezana uz navike svih nas. Stoga je prvenstveno potrebno sustavno djelovati na području informiranja i educiranja široke javnosti.

Upravo je pružanje informacija i pomoći potrošačima da iznađu rješenja kojima će smanjiti svoju energetsku potrošnju, račune za energiju, ali i utjecaj na okoliš (engl. „environmental footprint“) osnovna zadaća svakog „energetskog savjetnika“.



2. Potrošnja energije u zgradama



2. POTROŠNJA ENERGIJE U ZGRADAMA

2.1. Općenito o energiji

Što je energija?

Svakodnevna uporaba pojma energija intuitivno nam je jasna te izjava da je energija pokretač života, nije nimalo pretjerana. U svakodnevnom životu energiju koristimo za vlastite aktivnosti (tu energiju dobivamo kemijskom pretvorbom iz hrane), za pripremu hrane, za zagrijavanje vode, za grijanje ili hlađenje, za pogon naših prijevoznih sredstava, itd.

Fizika, pak, energiju definira kao sposobnost tijela da izvrši nekakav rad. I dok energiju samu po sebi nije moguće osjetilno spoznati, njezine učinke svakako jest: gibanje, toplina, svjetlost, zvuk, itd.

Promjene oblika energije prema zakonima prirode definirao je njemački filozof i fizičar H.v.Helmholtz (1821.-1894.). Prema njegovoj definiciji "u izoliranom sustavu (koji nije u vezi s okolinom), zbroj svih količina energije ne mijenja se s vremenom". Energija, dakle, može prelaziti iz jednog oblika u drugi, no pri tome ukupna količina energije ostaje konstantna.

Kako mjerimo energiju?

Jedinica za energiju je Joule (izgovor: džul, oznaka: J), često se upotrebljavaju i izvedenice (kJ, MJ, PJ, itd.). Ipak, u svakodnevnom životu puno se češće upotrebljava ekvivalentna jedinica Ws (wattsekunda, 1J = 1 Ws), a posebice njezina izvedenica kWh. Vrijedi sljedeća jednakost:

$$1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

Stara jedinica za energiju, koja nije u međunarodnom sustavu označavanja, ali koju se ipak još može sresti jest kalorija (oznaka: cal). Tablice 2.1. i 2.2. pokazuju međusobne odnose mjernih jedinica za energiju te značenje najčešće korištenih prefiksa.

Tablica 2.1. Međusobni odnosi jedinica za energiju

	kcal	kJ	kWh
1 kcal =	1	4,1868	$1,163 \cdot 10^{-3}$
1 kJ =	0,2388	1	$2,7778 \cdot 10^{-4}$
1 kWh =	859,845	3 600	1

Tablica 2.2. Značenje najčešće korištenih prefiksa

prefiks		
k	kilo	10^3
M	mega	10^6
G	giga	10^9
T	tera	10^{12}
P	peta	10^{15}
E	eksa	10^{18}

Vrste energije

U energetici je najpogodnija podjela vrsta energije ona prema stupnju pretvorbe iz oblika koje ne možemo neposredno koristiti. Podjela je sljedeća:

- **primarna energija** je energija sadržana u nosiocu energije - energentu (nafta, plin, ugljen, drvo)
- **sekundarna energija** je energija dobivena energetsom

pretvorbom (transformacijom) iz primarne energije (primjerice, to je eklektična energija dobivena iz ugljena u termoelektrani, na pragu te elektrane). Dio primarne energije se izgubi zbog neučinkovitosti pretvorbe.

- **neposredna (konačna) energija** je energija koja dolazi do krajnjeg korisnika, dakle do našeg doma. Dio sekundarne energije se izgubi zbog gubitaka u prijenosu i distribuciji energije.
- **korisna energija** je energija za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika, primjerice to je toplina električne grijače ploče na štednjaku. Dio konačne energije se opet gubi zbog neučinkovitosti pretvorbe korištenih uređaja.

Izvori energije

Izvore energije dijelimo na obnovljive i neobnovljive. Karakteristika obnovljivih izvora energije jest da su neiscrpn i neprestano se obnavljaju u prirodi. U obnovljive izvore energije ubrajamo sunčevu energiju, energiju vjetra, energiju vode i geotermalnu energiju. Energija iz biomase se također uobičajeno smatra obnovljivim izvorom energije.

Za razliku od njih, neobnovljivi izvori energije su fosilna (ugljen, nafta i prirodni plin) i nuklearna goriva (uran, plutonij), čija su nalazišta i zalihe ograničene i podložne konačnom iscrpljivanju.

Gore nabrojani izvori energije rijetko su nam neposredno korisni – do uporabljivih oblika energije (električna, toplinska i kinetička – energija kretanja), dolazimo pomoću različitih strojeva i uređaja za energetske pretvorbe. U nastavku su nabrojani samo neki, koji se mogu susresti u zgradama, kućanstvima i osobnoj uporabi:

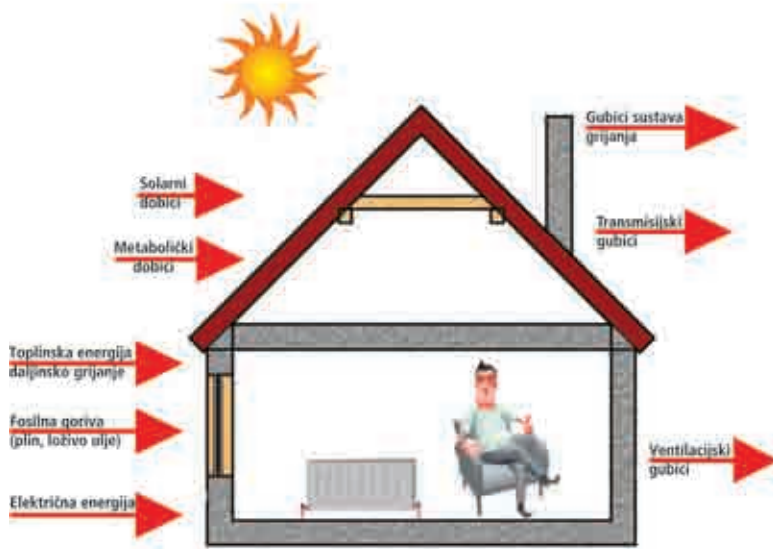
- ogrijevani kotlovi/bojleri (energija iz goriva (prirodni plin, loživo ulje, ugljen, drvena biomasa) se pretvara u toplinsku energiju)
- motori s unutarnjim sagorijevanjem (energija iz goriva se pretvara u kinetičku energiju)
- sunčevi toplinski kolektori (elektromagnetsko zračenje Sunca se pretvara u toplinsku energiju)
- fotonaponski paneli (elektromagnetsko zračenje Sunca izravno se pretvara u električnu energiju)
- dizalice topline (pomoću električne energije pretvaraju toplinsku energiju iz okoline niže temperature u toplinsku energiju više temperature)

2.2. Energetska (toplinska) bilanca zgrade

Kako bismo u potpunosti razumjeli energetska potrošnja zgrade, potrebno je poznavati i razumjeti osnovne pojmove i veličine potrebne za njezino određivanje i analizu.

Naime, potrošnja energije u zgradi ovisi kako o karakteristikama same zgrade (njezinog oblika i konstrukcijskih materijala), karakteristikama energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, električnih uređaja i rasvjete, i dr.), ali i o klimatskim uvjetima podneblja na kojem se zgrada nalazi. Osnovni pojmovi za analizu potrošnje energije u zgradama su: toplinski gubici i dobici, koeficijent prolaza topline, stupanj-dan grijanja, stupanj korisnog djelovanja, a bit će objašnjeni u narednim poglavljima. Oni su ključni za određivanje energetske (toplinske) bilance zgrade.

Nadalje, zgradu trebamo razmatrati kao sustav, te je kao takvu analizirati. Na slici 2.1. prikazana je zgrada sa svim tokovima energije, tj. prikazana je energetska bilanca zgrade.



Slika 2.1. Energetska bilanca zgrade

Energetska bilanca zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke te zgrade. Pri tome uobičajeno govorimo o toplinskoj bilanci zgrade, odnosno razmatramo koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplinske potrebe zgrade. Važno je zapamtiti da je potreba za toplinskom energijom uvijek usko vezana za toplinske gubitke zgrade. Naime, dok god su toplinski dobitci energije dovoljni za pokrivanje toplinskih gubitaka, u zgradi će se održavati željeni uvjeti toplinske ugodnosti. Prema tome, mora vrijediti jednakost:

$$\text{ene.dobitci} = \text{ene.gubici},$$

odnosno

$$\text{energija sustava za grijanje} + \text{unutarnji toplinski dobitci} + \text{toplinski dobitci od sunca} \\ = \text{transmisijski gubici} + \text{ventilacijski gubici} + \text{gubici sustava grijanja}$$

Transmisijski gubici topline nastaju prolazom (transmisijom) topline kroz elemente ovojnice zgrade. Oni ovise o konstrukcijskim elementima zgrade (opeka, armirano-betonska), debljini toplinske zaštite na zidovima, prozorima, vratima, itd. Transmisijski gubici nisu jedini koji određuju potrebe grijanja zgrade. Naime, njima se moraju pribrojiti i toplinski gubici zbog provjetravanja, tzv. ventilacijski gubici (Q_{vent}). Oni se određuju na temelju potrebnog broja izmjena zraka, koje su propisane normama HRN 832:2000 i HRN EN 832/AC:2004. Kako se određuju transmisijski gubici topline, detaljno će se obraditi u poglavlju 3 „Toplinska zaštita zgrada“.

Osim toplinskih gubitaka, u zgradama imamo i toplinske dobitke koji ne dolaze iz sustava grijanja, tzv. slobodne toplinske dobitke. Ti dobitci uključuju toplinu dobivenu od osoba koje borave u prostoru, kao i od različitih uređaja (primjerice, uredska oprema, rasvjeta, kuhinjski uređaji i dr.) koji se u tom prostoru koriste. Te dobitke nazivamo unutarnjim ili internim dobitcima (Q_{in}). Osim toga, određena količina topline u prostor dolazi i od Sunčeva zračenja (Q_{sol}).

Prema tome, energija koju je potrebno osigurati iz sustava grijanja (korisna energija Q_k) za zagrijavanje zgrade jednaka je:

$$Q_k = Q_{trans} + Q_{vent} - Q_{in} - Q_{sun} \quad (2.1)$$

Kao što se sa slike 2.1. vidi, da bi sustav grijanja zadovoljio toplinske potrebe zgrade, potrebna je određena količina primarne energije (energenta) Q . Ta je energija veća od energije Q_k jer tehnički sustavi nisu savršeni, tj. oni također imaju svoje gubitke (Q_η). Ove gubitke određujemo upravo pomoću stupnja korisnog djelovanja. Stupanj korisnog djelovanja kotla, bojlera ili općenito bilo kojeg drugog uređaja, određuje se laboratorijskim mjerenjima i to je podatak kojega proizvođač mora navesti na svom proizvodu. Stupanj korisnog djelovanja označava se s η , a izražava u postocima. Primjerice, stupanj korisnog djelovanja kotla nam govori kolika je učinkovitost pretvorbe goriva u kotlu. Naime, energiju goriva ne možemo iskoristiti u potpunosti, jer se dio energije izgubi s ispuštenim dimnim plinovima ili vlagom, dio se prenosi sa samog kotla na okoliš zračenjem, a dio goriva niti ne sagori u potpunosti. Više o stupnjevima djelovanja kotlova bit će riječi u poglavlju 4 „Grijanje stambenog prostora“.

Jasno je dakle da vrijedi jednakost:

$$Q = Q_k + Q_\eta \quad (2.2)$$

Prema tome, energetska bilanca kuće glasi:

$$Q + Q_{in} + Q_{sun} = Q_{trans} + Q_{vent} + Q_\eta \quad (2.3)$$

Iza energetske bilance upravo se krije i osnovna ideja energetske učinkovitosti u zgradarstvu, a to je smanjiti potrebnu energiju za sustava grijanja na najmanju moguću mjeru, tj. smanjiti ulaznu energiju i gubitke energije, a pri tome ne narušiti toplinsku ugodnost u prostoru.

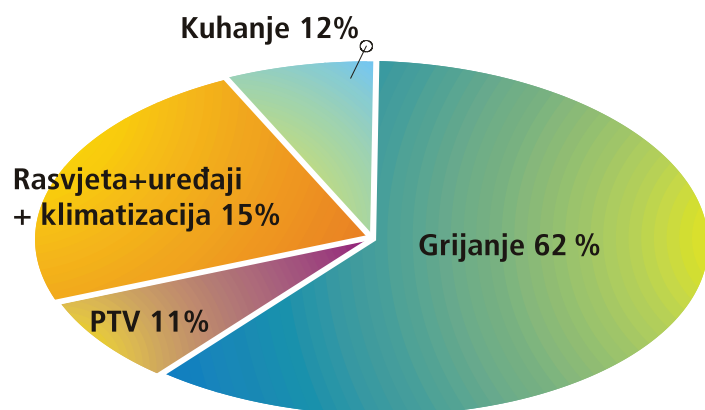
Upravo je iz jednakosti (2.3.) jasno da će mjere energetske učinkovitosti ići u sljedeća tri smjera:

- povećanje toplinskih dobitaka od Sunca (posebice kod novogradnje)
- smanjenje transmisijskih i ventilacijskih gubitaka (poboljšanje toplinske izolacije, energetski učinkoviti prozori)
- smanjenje gubitaka u sustavu grijanja (energetski učinkoviti kotlovi, izolacija cijevne mreže, automatska regulacija).
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije (sunčevi kolektori za sustav potrošne tople vode i kao dodatak sustavu grijanja, korištenje biomase)
- Sve će ove mjere biti detaljno obrađene u sljedećim poglavljima.

2.3. Analiza ukupnih energetske potrebe zgrade

Sva su se prethodna poglavlja uglavnom bavila toplinskim potrebama zgrade. Ovakav pristup je svakako opravdan ukoliko se u obzir uzme da sustavi grijanja prostora sudjeluju s preko 50% u ukupnim energetske potrebama zgrade, posebice obiteljskih kuća.

KUĆANSTVA



Slika 2.2. Struktura potrošnje energije u kućanstvima u Hrvatskoj [3]

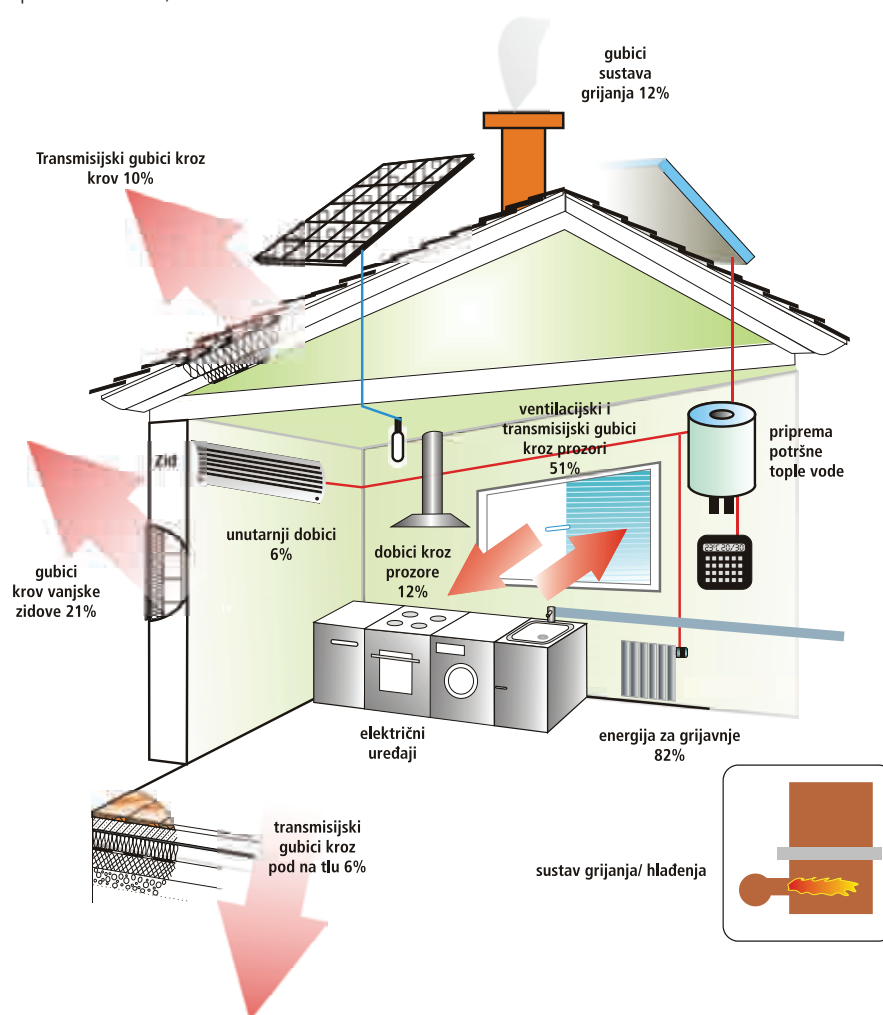
No, općenito, energetske potrebe zgrade uključuju:

- električnu energiju za rasvjetu
- električnu energiju za razne uređaje
- električnu energiju za ostala trošila u zgradama (dizala i dr.)
- električna energija za pogon ventilatora i pumpi u sustavima grijanja, ventilacije i klimatizacije (GVK)
- energija za dobavu i zagrijavanje potrošne tople vode (PTV)
- toplinska energija za grijanje prostora
- rashladna energija za hlađenje i
- ostale, sekundarne uporabe toplinske energije (posebice u uslužnim djelatnostima u praonicama i sl.).

Udio pojedinih sustava u ukupnoj potrošnji energije u tipičnom kućanstvu u Hrvatskoj prikazan je na slici 2.2. Valja napomenuti da je u poslovnim zgradama ovaj odnos ponešto drukčiji. Prema dostupnim podacima, udio potrošnje električne energije u Hrvatskoj u uslužnom sektoru iznosi 51% ukupne potrošnje energije sektora. Prema tome, se može zaključiti da su se u ovom sektoru velik dio energije troši na hlađenje, rasvjetu i uredsku opremu.

Struktura potrošnje energije po energetske sustavima u zgradi ovisi dakako i o klimatskim prilikama, pa tako, primjerice, udio potrošnje energije u sustavima grijanja može varirati od 30 do 60%, dok udio potrošnje energije u rashladnim sustavima može varirati od 3 do 10%. Na potrošnju energije u ovim sustavima velik utjecaj imaju oblik građevine (omjer grijane i ukupne površine građevine), toplinska izolacija te izbor samog sustava.

Pregled svih sustava u kojima se koristi energija u zgradama kao i konstrukcijskih elementa same građevine koji na tu potrošnju utječu dan je na slici 2.3.



Slika 2.3. Pregled dijelova i tehničkih sustava koji utječu na potrošnju energije u zgradi

Možemo zaključiti da ukupna potrošnja energije u zgradi ovisi o sljedećim sustavima i dijelovima zgrade:

- ovojnici zgrade (zidovi, pod, strop, krovšte i pripadajuća toplinska zaštita, prozori)
- sustavu grijanja prostora
- sustavu ventilacije i klimatizacije
- sustavu za pripremu potrošne tople vode
- sustavu električne rasvjete
- ostalim uređajima.

U sustavima grijanja i pripreme potrošne tople vode potrebno je razmotriti uporabu obnovljivih izvora energije u zgradama, posebice kotlova na biomasu ili sunčevih toplinskih kolektora. Osim toga, obnovljivi izvori energije mogu se koristiti i za vlastitu proizvodnju električne energije pomoću fotonaponskih panela ili mini vjetrogeneratora. Svi ovi sustavi i mogućnosti za poboljšanje njihove energetske učinkovitosti, bit će detaljno opisane u sljedećim poglavljima ovog priručnika.

2.4. Potrošnja energije i emisije stakleničkih plinova

Kako je već u uvodnom dijelu istaknuto, potrošnju energije prate emisije stakleničkih plinova, posebice CO₂.

Emisije CO₂ ovisi o količini i tipu energenta koji se koristi. Specifične emisije CO₂ po TJ goriva najveće su pri sagorijevanju ugljena, a potom slijede loživo ulje i prirodni plin.

Emisije CO₂ pri sagorijevanju fosilnih goriva izračunavaju se prema formuli:

$$EM = EFC \times H_d \times O_c \times 44/12 \times Q \quad (2.4.)$$

Pri čemu su:

- EM – ukupna emisija CO₂ [t]
- EFC – emisijski faktor ugljika [t C/TJ]
- H_d – donja ogrjevna moć goriva [GJ/t ili GJ/10³ m³]
- O_c – frakcija ugljika koja oksidira [-]
- 44/12 – stehiometrijski odnos CO₂ i C
- Q – količina goriva [kt ili 10⁶ m³]

Svi ovi faktori dani su u tablici 2.3.

Tablica 2.3. Faktori za proračun emisija CO₂ nastalih sagorijevanjem različitih energenata*

	EF _c [t _C /TJ _{goriva}]	H _d [GJ/t(10 ³ m ³)]	O _c [-]	EF _c · O _c · 44/12 [t _{CO₂} /TJ _{goriva}]
Prirodni plin	15,3	34,00	0,995	55,82
Ukapljeni naftni plin	17,2	46,89	0,99	62,44
Loživo ulje	21,1	40,19	0,99	76,59
Ekstralako loživo ulje	20,2	42,71	0,99	73,33
Kameni ugljen	25,8	24,30	0,98	92,71
Mrki ugljen	26,2	18,20	0,98	94,15
Lignit	27,6	12,15	0,98	99,18
Ogrjevno drvo	0,0	9,00	-	-

* Ovi su faktori definirani u međunarodnom dokumentu IPCC/UNEP/OECD/IEA (1997): Greenhouse Gas Inventory – Workbook & Reference Manual, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories, Volume 2 & 3, United Kingdom

Jasno je da ćemo smanjenje emisija CO₂ koje je rezultat provedbe projekta energetske učinkovitosti izračunati kao razliku emisija prije i nakon provođenja tog projekta, odnosno u jednadžbu (2.4.) će se uvrstiti vrijednost:

$$\Delta Q = Q_{\text{prije}} - Q_{\text{poslije}}$$

No, osim izravnog sagorijevanja navedenih energenata, potrebno je razmotriti i koliko smanjenje potrošnje tzv. mrežnih oblika energije, odnosno električne energije i toplinske energije iz gradske mreže utječe na smanjenje emisija CO₂. U tu se svrhu koriste nacionalni emisijski faktori koji su dani u tablici 2.4.

Tablica 2.4. Faktori za proračun emisija CO₂ za električnu i toplinsku energiju u Hrvatskoj

	g CO ₂ /kWh	g CO ₂ /MJ
Specifična emisija CO₂ za potrošnju električne energije*	276.75	
Specifična emisija CO₂ za potrošnju toplinske energije**	269.39	74.83

* Podatak preuzet iz godišnjeg izvješća Hrvatske elektroprivrede 2005.godine

** Podatak dobiven iz energetske bilance danih u godišnjim izvješćima „Energija u Hrvatskoj 2001. - 2004.“, Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva

Važno je, dakle, istaknuti da je za svaki projekt energetske učinkovitosti, osim smanjenja potrošnje energije, potrebno je iskazati i rezultirajuće smanjenje emisija stakleničkih plinova, koje se njime ostvarilo i tako doprinijelo postizanju nacionalnih ciljeva.

2.5. Ocjena učinkovitosti potrošnje energije u zgradi

U prethodnim poglavljima vidjeli smo kako se određuje potrošnja energije u zgradi. Koncentrirali smo se na količinu energije potrebnu za grijanje, jer ovaj segment potrošnje energije predstavlja preko 50% ukupne potrošnje energije.

Ipak, kako smo vidjeli, u ukupnu potrošnju energije ubrajamo i potrošnju energije za pripremu potrošne tople vode, kuhanje i te za razne električne uređaje i rasvjetu.

Za određivanje učinkovitosti potrošnje energije u zgradi koristimo indikator energetske učinkovitosti – godišnja potrošnja energije po korisnoj jedinici grijane površine (koristi se i naziv energetska broj ili energetska značajka).

Ovaj indikator koristi se za:

- ocjenu učinkovitosti potrošnje energije u postojećim zgradama, uzimajući u obzir stanje njihove ovojnice, učinkovitost tehničkih sustava i te navika korisnika/stanara
- praćenje i ocjenu učinaka provedenih mjera energetske učinkovitosti
- usporedne analize s drugim objektima iste namjene (benchmarking)
- ocjenu budućih energetskih potreba novih građevina prilikom njihovog projektiranja.
- Energetska značajka označava se s E, te izražava jedinicom kWh/m²godišnje:

$$E = \frac{Q}{A_{gr}} \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ god}} \right] \quad (2.5.)$$

Energetska značajka zgrade određuje se kao zbroj svih energijskih brojeva pojedinih sustava zgrade: energijski broj E_{GR} za grijanje prostora, E_{PTV} za pripremu potrošne tople vode i E_O za ostalu tehničku opremu poput rasvjete, kućanskih uređaja, kuhanje i dr. Ukupni energijski broj je, prema tome, jednak:

$$E = E_{GR} + E_{PTV} + E_O \quad (2.6.)$$

Jednostavnije, ukoliko je poznata ukupna godišnja potrošnja energije (sve vrste energije) u nekoj zgradi i njezina grijana površina, lako se iz jednadžbe (2.5.) određuje energetska značajka zgrade.

Treba istaknuti da je ovaj indikator usporediv samo za objekte sličnog načina uporabe (hoteli, škole, restoracije, dječji vrtići, jednoobiteljske zgrade, zgrade s više stanova, javni objekti). Za specifične objekte osim po četvornom metru površine, potrošnja energije može se izraziti i po broju osoba koje borave u prostoru ili po drugim specifičnim čimbenicima koji utječu na potrošnju energije u prostoru (primjerice, broj učenika u školi, broj gostiju u hotelima, broj bolesničkih kreveta u bolnici i sl.). Neke ciljane vrijednosti kako ih predlaže Europska unija dane su u tablici 2.5.

Ipak, najčešće se koristi samo energijski broj za grijanje prostora, koji služi i za ocjenu energetske učinkovitosti zgrade. Tipične europske vrijednosti energijskog broja za grijanje i odgovarajuća ocjena energetske učinkovitosti zgrade dane su u tablici 2.6.

Tablica 2.5. Ciljane vrijednosti energijskih brojeva izračunatih na neto korisnu površinu [1]

	E _{GR} kWh/ m ² god.	E _{PTV} kWh/ m ² god.	E _O kWh/ m ² god.	E kWh/ m ² god.
Obiteljska kuća	55	25	25	105
Objekt s više stanova	50	20	25	95
Poslovni objekt	45	15	20	80

Tablica 2.6. Ocjena učinkovitosti potrošnje toplinske energije u zgradi* [5]

Klasa	Energijski broj za grijanje E _{GR} (kWh/m ² god)	Komentar
A	0 -30	najbolja energetska učinkovitost
B	31 -50	visoka energetska učinkovitost
C	51 -70	energetski učinkovita zgrada
D	71 - 120	prosječna zgrada
E	121 -160	nezadovoljavajuća energetska učinkovitost
F	161 -200	energetski rastrošna zgrada
G	201 -	potpuno energetski neučinkovita zgrada

* Ocjene u tablici su prema klasifikaciji europske eko menadžment i audit sheme EMAS, o čemu više možete saznati na http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm

Primjer 1.1: Izračunajte energijski broj za grijanje obiteljske kuće koja godišnje u sustavu grijanja potroši 2.800 litara ekstralakovog loživog ulja te 3 m³ ogrjevnog drva. Grijana površina kuće je 210 m².

Ukupna potrošnja energije za grijanje te jednaka je:

$$Q = 2800 \frac{l}{god} \cdot 10,0 \frac{kWh}{l} + 3 \frac{m^3}{god} \cdot 2500 \frac{kWh}{m^3} = 35500 \frac{kWh}{god}$$

Energijski broj prema jednadžbi (2.5.) jednak je:

$$E_{GR} = \frac{35500 \frac{kWh}{god}}{210 m^2} = 169 \frac{kWh}{m^2 \text{ god}}$$

Valja istaknuti da ova kuća ne zadovoljava Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti zgrada, prema kojemu se, ovisno o obliku zgrade, dopuštene vrijednosti energijskog broja za grijanje prostora kreću između 51,31 kWh/m²god i 95,01 kWh/m²god.

Kako poboljšati energetska učinkovitost ovakve i sličnih kuća, pročitajte u sljedećim poglavljima ovog priručnika.

Literatura

1. "Zbirka informativnih listov: ZA učinkovito rabo energije", Agencija za učinkovito rabo energije (AURE), Slovenija, 1999.
2. "Vodič za energetske učinkovitu gradnju", Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2005., dostupno na http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/vodic_ee_gradnja.pdf
3. "Energy efficiency in Croatia (1992 - 2004)", Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2005., dostupno na http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/Energy_Efficiency_Croatia.pdf
4. "Energija u Hrvatskoj 2005.", Ministarstvo gospodarstva rada i poduzetništva, Zagreb, 2006., dostupno na <http://www.mingorp.hr/>
5. "The European Eco-Management and Audit Scheme (EMAS): EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises", 2004., dostupno na http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm



3. Toplinska zaštita zgrada



3. TOPLINSKA ZAŠTITA ZGRADA

3.1. Uvod

Energetska učinkovitost u zgradama i održiva gradnja te primjena obnovljivih izvora energije, danas postaje apsolutni prioritet svih aktivnosti u području energetike i gradnje u Europskoj uniji. Akcijski plan za energetske učinkovitost, niz direktiva i poticajnih mehanizama, te obvezna energetska certifikacija zgrada, jasno upućuju na hitnu potrebu smanjenja potrošnje energije u sektoru zgradarstva kao najvećem energetskom potrošaču. Nedostatak energije i nesigurnost u opskrbi energijom, uz stalan rast cijena energije i energenata, te klimatske promjene i zagađenje okoliša zbog neracionalne potrošnje energije, problemi su s kojima je Hrvatska suočena više nego ikada prije. Porastom standarda života, raste i potrošnja kako toplinske energije za grijanje, tako i energije za hlađenje, posebno masovnim uvođenjem klimatizacije u zgrade. Energija koja se potroši u zgradama čini 41,30 posto ukupne finalne potrošnje energije u Hrvatskoj i u stalnom je porastu.

Suvremena arhitektura danas, uz kreativni doprinos i doprinos kvaliteti života, mora uključiti u promišljanje i cijeli niz mjera za povećanje energetske učinkovitosti, mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, daljinskog grijanja i hlađenja, smanjenja korištenja fosilnih goriva i zagađenja okoliša u kojem živimo. Struka je danas u poziciji odgovoriti na te izazove koji se pred nju postavljaju i pozitivno utjecati na ublažavanje energetske i ekološke krize te pridonijeti održivom razvoju.

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje cijeli niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano. Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema zbog velikog potencijala energetske uštede. 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. Poboljšanjem toplinske izolacijske karakteristike zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 40 do 80 posto.

Uspostavom obvezne energetske certifikacije zgrada u budućnosti pojaviti će se potreba za većim brojem stručnog kadra osposobljenog za energetske savjetovanje i energetske menadžment u zgradama.

3.2. Energetsko stanje i potencijal postojećih zgrada u Republici Hrvatskoj

Zgrade su najveći pojedinačni potrošači energije, a time i veliki zagađivač okoliša. Zbog dugog životnog vijeka zgrada, njihov je utjecaj na okoliš u kojem živimo dug i kontinuiran i ne možemo ga zanemarivati. Građenje se prečesto tretira kao isključivo ekonomski proces, a zapravo je u prvom redu ekološki, socijalni i kulturni fenomen, koji treba zadovoljiti ljudske potrebe i aspiracije. Ekonomski interesi često imaju puno veću moć od ekoloških interesa. Nagli razvoj tržišta, ekonomije, prodor i utjecaj kapitala i medija s jedne strane i nevjerojatna ekspanzija gradnje u Hrvatskoj posljednjih nekoliko godina, ostavljaju trag na arhitektonskim realizacijama koje su često upitne kvalitete. Nagli razvoj stambene izgradnje 50-tih i 60-tih godina, rezultirao je izgradnjom velikog broja zgrada koje su danas registrirane kao veliki potrošači energije i

koje je potrebno sustavno obnavljati, a predstavljaju veliki postotak postojeće izgradnje. Zgrade građene prije 1970. godine, građene su u razdoblju pojave novih materijala, statički laganijih i tanjih konstrukcija, a istovremeno u razdoblju jeftine energije i nepostojanja propisa o potrebi toplinske zaštite zgrada. Danas su takve zgrade veliki potrošači energije i nikako ne zadovoljavaju suvremene tendencije o smanjenju potrošnje energije u zgradama, u svrhu postizanja većeg komfora, ugodnijeg i zdravijeg boravka u zgradama, te zaštite okoliša i smanjenja klimatskih promjena.

Za uspješnu implementaciju mjera energetske učinkovitosti u zgradarstvu potrebno je uspostaviti mehanizme koji će trajno smanjiti energetske potrebe pri projektiranju, izgradnji i korištenju novih zgrada, kao i rekonstrukciji postojećih, te ukloniti barijere uvođenju mjera energetske učinkovitosti u postojeći i novi stambeni i nestambeni fond zgrada.

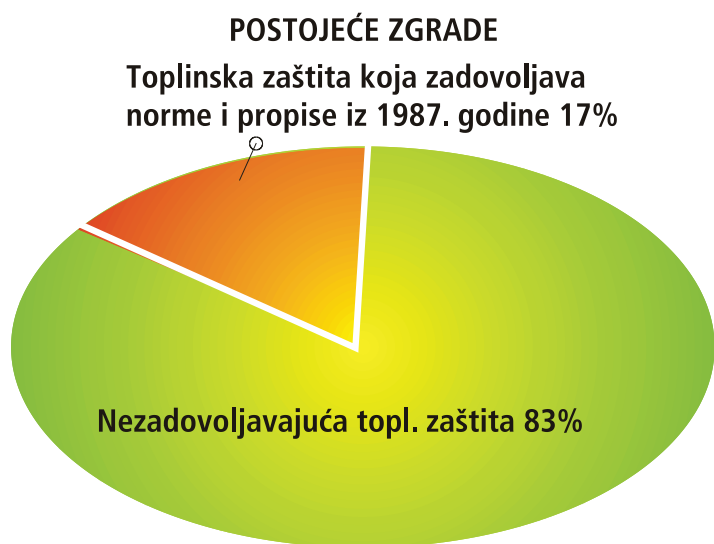
Uspješna implementacija mjera energetske učinkovitosti u zgradarstvu temelji se dakle na:

- promjeni zakonodavnog okruženja i usklađivanju s europskom regulativom na području toplinske zaštite i uštede energije te primjene obnovljivih izvora energije
- povećanju toplinske zaštite postojećih i novih zgrada
- povećanju učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije
- povećanju učinkovitosti sustava rasvjete i energetske trošila
- energetske kontroli i upravljanju energijom u postojećim i novim zgradama
- propisivanju ciljane vrijednosti ukupne godišnje potrošnje zgrade po m² ili m³
- uvođenju energetske certifikacije kao sustava označavanja zgrada prema godišnjoj potrošnji energije
- stalnoj edukaciji i promociji mjera povećanja energetske učinkovitosti.

Osnovna karakteristika postojeće izgradnje u Hrvatskoj je neracionalno velika potrošnja svih tipova energije, prvenstveno energije za grijanje, ali porastom standarda sve više i za hlađenje zgrada. Energetska potrošnja namijenjena za grijanje, pripremu tople vode i kondicioniranje zraka, predstavlja najznačajniji dio energetske potrošnje u zgradama. Ako se postojeće zgrade izgrađene nakon donošenja zahtjeva u pogledu toplinske zaštite zgrada u okviru norme HRN U.J5.600: Toplinska tehnika u građevinarstvu, tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada iz 1987. godine, prihvate kao uvjetno zadovoljavajuće sa stajališta toplinske zaštite i uštede energije, čak i u tom slučaju oko 83 posto naseljenih zgrada u Hrvatskoj ima nezadovoljavajuću toplinsku zaštitu, s prosječnom potrošnjom energije za grijanje prostora od 150 do 200 kWh/m² prikazano na slici 3.1.

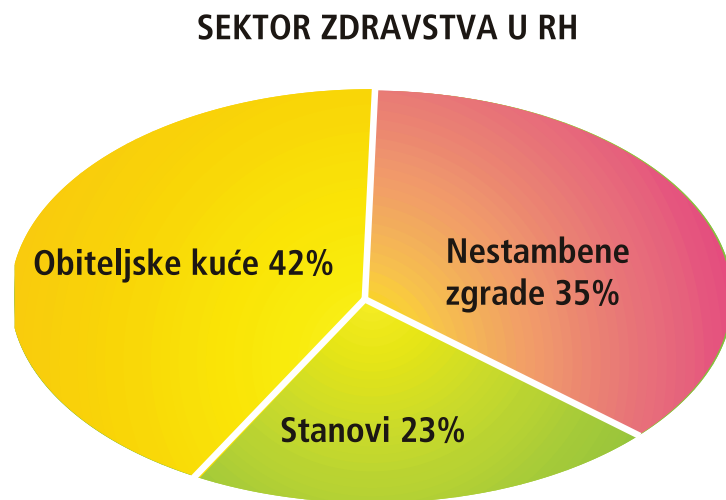
Ukupan broj stanova u Hrvatskoj, prema zadnjem popisu stanovništva iz 2001. godine, iznosi 1,88 milijuna, ili 133,3 milijuna kvadratnih metara stambene izgradnje. Iz tog je podatka jasno vidljiv energetske potencijal zgrada u Republici Hrvatskoj. Ako pretpostavimo da su stambene zgrade s jednim ili dva stana ustvari obiteljske kuće, udio obiteljskih kuća u stambenoj gradnji iznosi prosječno 65 posto.

Nestambene zgrade nisu tako dobro evidentirane kao stambene zgrade. Podaci o današnjoj nestambenoj izgradnji, dostupni su putem izdanih građevinskih dozvola, pa možemo analizirati odnos novoizgrađenog stambenog i nestambenog fonda zgrada. U razdoblju od 2000. do 2004. godine zabilježeno



Slika 3.1. Zastupljenost postojeće izgradnje nezadovoljavajuće toplinske zaštite u Hrvatskoj / Izvor: EIHP

je pad broja izdanih dozvola za stambene zgrade i porast broja izdanih građevinskih dozvola za nestambene zgrade, pa je prosječni odnos 65 posto stambena i 35 posto nestambena izgradnja prikazano na slici 3.2.

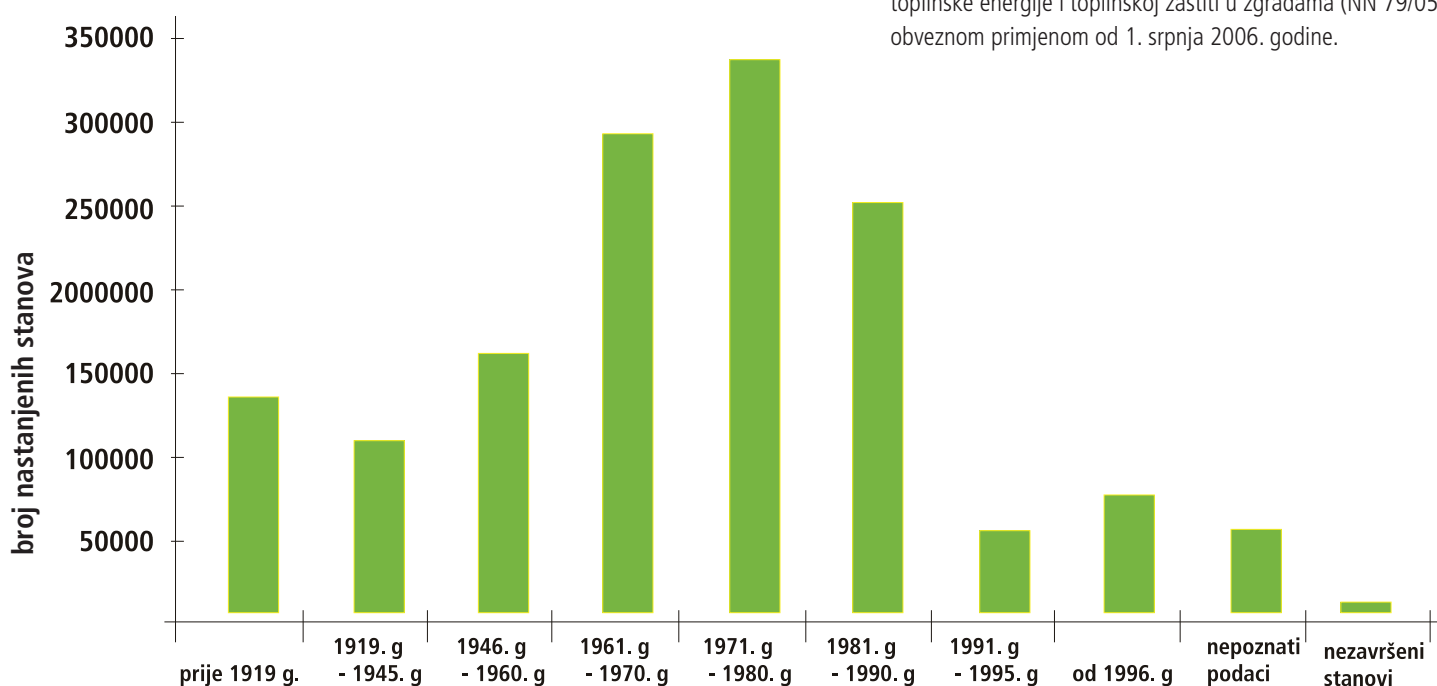


Slika 3.2. Odnos stambene i nestambene izgradnje u Hrvatskoj / Izvor EIHP

Sa stajališta energetske potrošnje, razdoblje izgradnje izuzetno je važan parametar. Podjela zgrada u ovisnosti o starosti i vrsti gradnje je područje kojem nije posvećena dovoljna pažnja i o kojem će, u budućnosti, trebati puno više voditi računa. Zbog karakteristika gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti, u razdoblju najveće stambene izgradnje od 1950. do 1980. godine, izgrađen je niz stambenih i nestambenih zgrada koje su danas veliki potrošači energije, s prosječnom potrošnjom energije za grijanje od preko 200 kWh/m².

Prema starosti i vrsti gradnje, a u ovisnosti o zakonodavnom okruženju, postojeće zgrade u Hrvatskoj možemo podijeliti u četiri grupacije:

- zgrade građene prije 1970. godine
- zgrade građene u razdoblju od 1970. do 1987. godine
- zgrade građene u razdoblju od 1987. do 2006. godine
- novogradnja usklađena s novim Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine.



Slika 3.3. Podjela nastanjenih stanova prema godini izgradnje / Izvor EIHP

3.2.1. Zgrade građene prije 1970. godine

U ovoj grupi možemo razlikovati starije zgrade građene prije 1950. godine, tradicionalnim tehnikama i materijalima, te zgrade građene u razdoblju 1950. do 1970. godine, razdoblju velike i ubrzane gradnje, primjene novih materijala i statički laganijih konstrukcija a prije pojave propisa o toplinskoj zaštiti. Ova faza gradnje predstavlja najveći problem u smislu energetske potrošnje. Stare zgrade masivne zidane konstrukcije, iako toplinski neizolirane, ne predstavljaju tako veliki problem u smislu toplinskih gubitaka. Problem se pojavljuje 50-tih i 60-tih godina pojavom novih građevinskih materijala.

Toplinska zaštita zgrada je dio građevinske fizike koja je relativno mlada znanost. Vešana je uz naglu pojavu novih materijala u graditeljstvu 50-tih godina, energetske krizu te uz razvoj svijesti o potrebi uštede energije i zaštite 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.

U tradicionalnom graditeljstvu zaštitna uloga vanjske ovojnice zgrade bila je iskustveno prenošena ovisno o primijenjenom materijalu koji je zadovoljavao nosivost i pružao određenu toplinsku zaštitu. Toplinska zaštita nije bila predmet koji je usmjeravao izbor konstrukcije, a ušteda energije, prema današnjem shvaćanju, bila je nepoznata.

Prva razmišljanja teoretičara o ograničenoj količini energetske sirovine javljaju se početkom dvadesetog stoljeća. 1912. godine Karl Schmidt govori o ograničenoj godišnjoj potrošnji energije. 1921. godine u naselju Heleran kod Dresdena grade se građevine od drveta u obliku dvostruke drvene konstrukcije i međuprostora ispunjenog tresetom. Ovo možemo smatrati pretečom ugradnje toplinske izolacije u svrhu uštede energije.

Novi materijali i njihova raznolikost rezultirali su i promjenom koncepcije konstrukcija. Armirani beton dopušta statički "tanke" konstruktivne elemente koji bez toplinske izolacije imaju velike toplinske gubitke. Prva naftna kriza sedamdesetih godina prošlog stoljeća ubrzala je prihvaćanje činjenica da su izvori fosilnih goriva sasvim sigurno ograničeni i da je energente potrebno racionalno koristiti. Ubrzo nakon toga mnoge industrijski razvijene zemlje donose prve zakone i propise o štednji energije za zagrijavanje građevina. Većina europskih zemalja danas ima regulirano područje toplinske zaštite i uštede energije koje se trenutno usklađuje s dokumentima prihvaćenim na razini EU.

Prvi propisi o toplinskoj zaštiti u Hrvatskoj doneseni su 1970. godine. Zato je kod analize toplinskih karakteristika postojećih zgrada bitan podatak o godini izgradnje ili veće rekonstrukcije zgrade. Kod zgrada građenih prije 1970. godine, nisu se radili nikakvi proračuni gubitaka topline i uštede energije. Zgrade su se gradile iskustveno, zadovoljavajući statiku konstrukcije. Starije zgrade izvodile su se kao zidana konstrukcija od pune opeke ili kamena, debljine zida 25, 38 ili 50 cm pa i više. Toplinska izolacija nije se koristila. Stropovi su uglavnom drveni ili masivni od opeke, kamena ili betonskih elemenata (rebrčasti betonski strop). Takve starije zgrade masivnih debelih zidova, zbog velike debljine konstrukcije i relativno niskog stupnja zagrijavanja prostora, nisu imale tako velike toplinske gubitke, kao novije lake betonske konstrukcije. Međutim, uvođenjem standarda grijanja prostora na temperaturu višu od 18°C, kroz takve zidove gubi se znatan dio toplinske energije i pojavljuje problem vlage. Vrijednosti koeficijenta prolaza topline za takve vanjske zidane konstrukcije, ne zadovoljavaju zahtjeve današnjih propisa.

Zidovi u tlu kod starih zgrada izvodili su se kao i vanjski zidovi od opeke ili kamena. Podrumski prostori su uglavnom bili pomoćni prostori građevine koji se nisu grijali. Najčešće provjetravani podrum služio je kao tampon prostor između tla i prostora prizemlja. Vлага koja je bila neminovna, isušivala se u prostoru podruma, ne šteteći ostalim konstrukcijama. Najčešće neizolirani pod nije stvarao problema u pomoćnim negrijanim prostorima građevine. Podovi su najčešće bili izvedeni na sloju nabijene zemlje. Kao hodna obloga koristile su se drvene kocke ili opekarski elementi položeni u nasip. Podovi prizemnih prostorija na tlu izvodili su se najčešće s drvenim slijepim podovima u nasipu. Podovi na tlu u slučaju grijanih prostora ne zadovoljavaju zahtjeve današnjih propisa. Hladni podovi grijanih prostora često su izloženi i pojavi kondenzacije na njihovoj gornjoj površini.

Strop prema negrijanom tavanu najčešće se izvodio kao drveni strop s pogledom (žbuka na daščanoj oplati), nasipom šute i gornjom daščanom oplatom kao podom tavana, ili opekarski elementi položeni u sloj pijeska. Strop iznad negrijanog prostora je uglavnom strop podruma i najčešće se izvodio kao svođeni strop od opeke ili kamena s nasipom i plivajućim drvenim podom položenim u taj nasip. Podgled svoda uglavnom se žbukao. Krov kod starih građevina najčešće se nije izolirao jer se izvodio iznad negrijanog tavanog prostora. Tavan kod tradicionalne gradnje služi kao međuprostor između vanjskog i unutarnjeg grijanog prostora. Problem se pojavljuje kod prenamjene tavanog prostora u grijani stambeni prostor.

Prozori i vrata kod starih građevina izvodili su se uglavnom drveni, ustakljeni s jednim ili dva stakla po krilu. Ugrađivali su se kao jednostruki ili dvostruki prozori s dva krila na razmaku većem od 10 cm. Takvi prozori uzrokuju velike gubitke topline kroz vanjsku ovojnicu, kako uslijed transmisije tako i zbog prolaza zraka kroz nebrtvljene reške.

Prosječni gubici topline kod takvih starih zgrada kreću se uglavnom između 200 i 250 kWh/m² godišnje. Analize pokazuju da se povećanjem toplinske izolacije vanjske ovojnice, prvenstveno vanjskog zida, te zamjenom prozora, gubici topline smanjuju na 60-90 kWh/m² godišnje, što je ušteda u potrošnji energije za oko 70%.

Mjere uštede energije u građevinskom djelu:

1. s kratkim vremenom amortizacije:
 - brtvljenje spojeva prozora i vrata
 - provjera i popravak okova na prozorima i vratima
 - toplinska izolacija hladnih mostova - niše za radijatore, kutije za roletu
 - provjera i poboljšanje toplinske izolacije vanjskih zidova, stropova i podova
 - reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta, žaluzina, zavjesa i sl.
 - ugradnja termostatskih ventila na radijatore
2. s duljim vremenom amortizacije
 - izgradnja vjetrobrana i zimskih vrtova
 - kompletno poboljšanje toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice zgrade
 - zamjena prozora i vrata
 - tlocrtna organizacija prema orijentaciji
 - sanacija i obnova dimnjaka
 - skraćivanje i izoliranje cijevi za dovod tople vode.

Glavne građevinske mjere za uštedu energije temelje se na poboljšanju toplinskih karakteristika vanjske ovojnice zgrade, zidova, podova, stropova, krovova te prozora i vanjskih vrata. Za stare zgrade dokazano je da se većina energije gubi kroz prozore i vanjski zid, ali i kroz krov, posebno kod prenamjene tavanog prostora u stambene, pri čemu krov ostaje toplinski neizoliran.

Tablica 3.1. Usporedba smanjenja toplinskih gubitaka povećanjem toplinske izolacije karakterističnog vanjskog zida, te prikaz ušteda u potrošnji energije/izvor EIHP

VANJSKI ZID	SLOJ IZOLACIJE (cm)	UKUPNA DEBLJINA ZIDA (cm)	KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U (W/m ² K)	TOPLINSKI GUBICI KROZ ZID (kWh/m ² god)	UŠTEDA %
Puna opeka 25 cm obostrano ožbukana	-	30	1,50	120	-
	4	35	0,59	47,2	61
	6	37	0,45	36	70
	8	39	0,37	29,6	75
	10	41	0,31	24,8	80
Puna opeka 38 cm obostrano ožbukana	-	43	1,12	89,6	-
	4	48	0,52	41,6	54
	6	50	0,41	32,8	63
	8	52	0,34	27,2	70
	10	54	0,29	23,2	74
Kamen 30 cm obostrano ožbukano	-	30	2,24	179,2	-
	4	35	0,68	54,4	70
	6	37	0,50	40	78
	8	39	0,40	32	82
	10	41	0,33	26,4	85
Kamen 50 cm obostrano ožbukano	-	50	1,61	128,8	-
	4	55	0,61	48,8	62
	6	57	0,46	36,8	71
	8	59	0,37	29,6	77
	10	61	0,31	24,8	81

Iz tablice 3.1. vidljiv je potencijal ušteda toplinskom izolacijom vanjskog zida. Pri tome treba naglasiti da je isplativije ulagati u veće debljine toplinske izolacije (preporuka min. 10 cm za vanjski zid) jer su uštede najveće, a razdoblje povrata investicije najkraće. Cijene toplinske izolacije za vanjski zid kreću se u prosjeku 1 euro ili 7,5 kuna po 1 cm debljine (bez PDV-a), što u ukupnoj cijeni izvedbe fasade iznosi od 20 do 30 posto za 10 cm debljine, a povratno razdoblje ulaganja kreće se, ovisno o energentu i klimatskim uvjetima od 3 do 10 godina. U proračunu su uzete toplinske karakteristike najčešće korištenih izolacija u Hrvatskoj, kamene vune i polistirena.

3.2.2. Zgrade građene u razdoblju od 1970. do 1987.

Tehnički napredak u proizvodnji materijala za zidanje, upotreba betona i armiranog betona, te gradnja "tankih" konstrukcija koje zadovoljavaju statički proračun, ali nemaju nikakav energetski koncept, ima za posljedicu izgradnju velikog fonda zgrada koji je sa stajališta toplinske zaštite i uštede energije izuzetno nepovoljan. Takva gradnja počinje već 50-tih godina prošlog stoljeća, a u razdoblju od 1970. do 1980. godine vrlo je česta izgradnja vitkih skeletnih konstrukcija ili poprečnih betonskih nosivih zidova, a ispunjena između nosive konstrukcije radi se često kao stolarski element s izuzetno lošim toplinskim karakteristikama. Česti su i prefabricirani betonski parapetni paneli, bez ikakve toplinske zaštite. Osnovna karakteristika gradnje u razdoblju od 1970. do 1987., a s obzirom na toplinsku zaštitu, je s jedne strane usvajanje prvih propisa o toplinskoj zaštiti zgrada i početak skromnog korištenja toplinske izolacije, a s druge strane gradnja statički vitkih, tankih konstrukcija, velikih staklenih površina i zapravo toplinski vrlo loših objekata.

Prvi propisi o toplinskoj zaštiti zgrada u Republici Hrvatskoj doneseni su 1970. godine (Pravilnik o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada - Službeni list SFRJ 35/70). U njemu je određena podjela državnog teritorija na tri građevinsko klimatske zone. Za svaku zonu su propisane najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaza topline k (danas U) za pojedine elemente vanjske ovojnice zgrade. Počinje skromna primjena toplinske izolacije u debljinama 2-4 cm. Istovremeno se razvija industrija građevinskih materijala, kao i primjena armiranog betona, zahvaljujući kojem konstrukcija zgrada postaje sve tanja

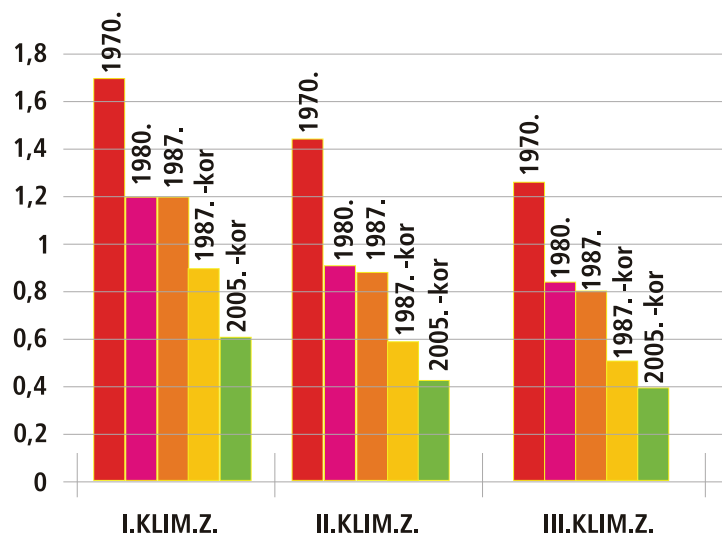
i sve lakša. Statika zgrade je zadovoljena, a energetski koncept ne postoji. Nikakva ili vrlo stidljivo primjenjena toplinska izolacija karakteristična je za gradnju sve do 1980. godine. Koriste se uglavnom prozori sa izo staklom, ali vrlo loših profila, bez prekinutog toplinskog mosta, te s lošim brtvljenjem. Površina staklenih ploha se povećava.

Zgrade se tada grade uz zadovoljavanje minimalnih uvjeta statike i toplinske izolacije. Standard grijanja međutim raste. Armirano betonske konstrukcije zidova izvode se ili bez izolacije, ili s 2-4 cm izolacije tipa heraklit, drvolut ili okipor koja se stavlja u oplatu kod betoniranja. Parapeti su često betonski prefabrikati. Armirano betonski zidovi izvode se u minimalnim statičkim debljinama od 16 i 18 cm, rjeđe 20 cm. Zidane konstrukcije izvode se uglavnom od šuplje blok opeke 19 cm, (ili pune opeke 25 cm) koja obostrano ožbukana jedva zadovoljava tadašnje minimalne uvjete za toplinsku izolaciju. Ne posvećuje se gotovo nikakva pažnja rješavanju detalja karakterističnih toplinskih mostova. To često rezultira pojavom vlage i plijesni na unutrašnjim uglovima kuća. Krovovi se često izvode kao ravni krovovi s betonskom pločom i minimalnom izolacijom. Toplinski gubici zgrada iz ovog razdoblja često su veći od onih na starijim zgradama, građanim prije 1970. godine, te iznose i preko 300 kWh/m² godišnje.

Mjere za uštedu energije u građevinskom djelu:

Mjere sanacije ne razlikuju se puno u odnosu na sanaciju starijih zgrada, s tom prednosti što se izolacija uglavnom bez problema može izvoditi s vanjske strane. I u ovom slučaju ekonomski najisplativije je sanirati krov ili strop prema negrijanom tavanu, te vanjski zid i prozore. S obzirom na velike staklene površine koje karakteriziraju gradnju tog razdoblja, zamjena prozora može rezultirati vrlo velikim uštedama. S druge strane gledano, velike staklene površine povećavaju troškove sanacije. Potrebno je kod svake sanacije ispitati kvalitetu prozorskih profila i stakla, te eventualno ugraditi toplinski kvalitetnije staklo i dobro zabrtviti profile. Puno se može postići, uz mala ulaganja i toplinskom izolacijom niša s radiatorima i kutija za roletu, te ugradnjom roleta, žaluzina i sl.

Godine 1980. su doneseni novi zahtjevi u pogledu toplinske zaštite zgrada u okviru norme JUS U.J5.600: Toplinska tehnika u građevinarstvu i tehnički uvjeti za projektiranje i građenje zgrada kojima su vrijednosti dopuštenih koeficijenata prolaska topline $U(k)$ smanjene za cca 30 posto. Novo, pooštreno i dopunjeno izdanje doneseno je 1987. godine pod nazivom HRN U.J.5.600. Osim ove norme u primjeni su i sljedeće norme iz područja toplinske tehnike u građevinarstvu: HRN U.J5.510 (1987.), HRN U.J5.520 (1980.), HRN U.J5.530 (1980.). Važno je naglasiti da je bitna novost u Propisima iz 1987. godine u ograničavanju toplinskih gubitaka, ne samo kroz pojedine elemente vanjske ovojnice, već i za zgradu kao cjelinu. Da bi se to zadovoljilo, koeficijenti U moraju biti i znatno manji od dopuštenih.



Slika 3.4. Dopusćeni i korigirani zadovoljavajući koeficijenti prolaska topline U/m^2K za vanjski zid ovisno o zakonodavnom okruženju / Izvor: EIHP

Tablica 3.2. Usporedba smanjenja toplinskih gubitaka povećanjem toplinske izolacije karakterističnog vanjskog zida, te prikaz ušteda u potrošnji energije/Izvor EIHP

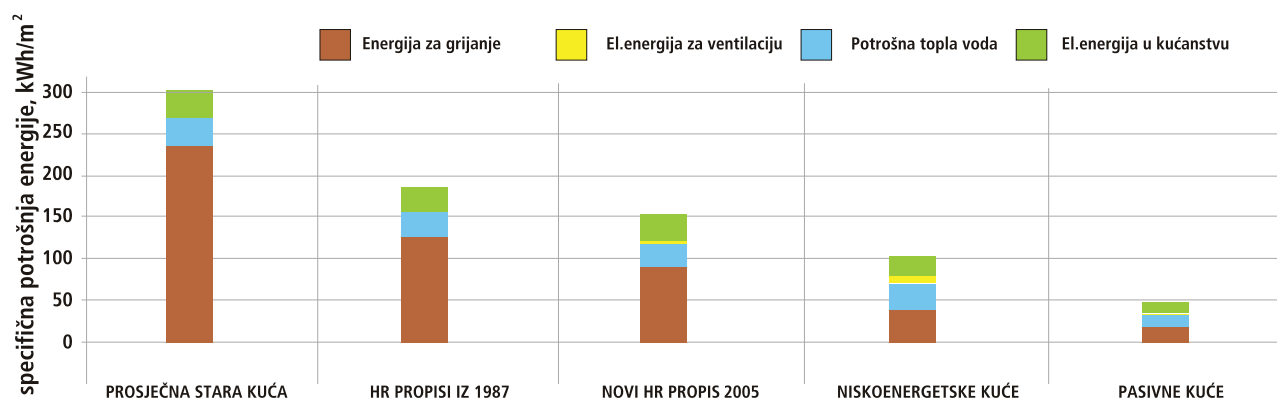
VANJSKI ZID	SLOJ IZOLACIJE (cm)	UKUPNA DEBLJINA ZIDA (cm)	KOEFICIJENT PROLAZA TOPLINE U (W/m^2K)	TOPLINSKI GUBICI KROZ ZID (kWh/m^2 god)	UŠTEDA %
šuplja blok opeka 19 cm, obostrano ožbukana	4	27	0,62	49,6	-
	6	29	0,47	37,6	24,2
	8	31	0,38	30,4	38,7
	10	33	0,32	25,6	48,4
	20	43	0,17	13,6	72,6
šuplja blok opeka 29 cm, obostrano ožbukana	4	37	0,55	44,0	-
	6	39	0,43	34,4	21,8
	8	41	0,35	28,0	36,4
	10	43	0,30	24,0	45,5
	20	53	0,17	13,6	69,1
Armirano-betonski zid 20 cm, obostrano ožbukana	4	28	0,75	60,0	-
	6	30	0,54	43,2	28,0
	8	32	0,42	33,6	44,0
	10	34	0,35	28,0	53,3
	20	44	0,18	14,4	76,0

I ovdje možemo naglasiti da se najveće uštede postižu većim debljinama toplinske izolacije. Ukoliko zid uopće nije izoliran, minimalna preporučljiva debljina izolacije iznosi 10 cm, a ukoliko postoji tanki sloj izolacije, potrebno je ispitati njezino stanje, te je zamijeniti novom ili dopuniti postojeću s barem 10 cm nove toplinske izolacije. Za postizanje niskoenergetskog standarda gradnje, debljine izolacije vanjskog zida kreću se od 14 do 30 cm.

3.2.3. Zgrade u razdoblju od 1987 do 2006 godine

Unatoč svjetskim trendovima i naglašene potrebe štednje energije u zgradama, Hrvatskoj je trebalo gotovo dvadeset godina do usvajanja Novog tehničkog propisa i strožih zahtjeva glede toplinske zaštite i uštede toplinske energije u zgradama. Svi projekti i sva izgradnja u razdoblju od 1987. godine do danas, ima u prosjeku istu toplinsku kvalitetu, a godišnje toplinske potrebe kreću se u prosjeku od 100 do 150 kWh/m^2 godišnje. Gradi se svim dostupnim

materijalima na tržištu, a primijenjena toplinska izolacija je takva da zadovoljava postojeće propise. Najčešće se koriste kamena vuna i polistiren, u debljinama 4, 6 i 8 cm za vanjski zid, te 8 do 12 cm za kosi krov. Bitnog napretka u toplinskoj zaštiti zgrada u razdoblju od 1987. do 2006. godine nema. 1. srpnja 2005. godine usvojen je novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine. Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama predstavlja veliki napredak u toplinskoj zaštiti zgrada, a obuhvaća i novogradnje i rekonstrukcije postojećih zgrada.



Slika 3.5. Potrošnja energije u zgradama ovisno o zakonodavnom okruženju i usporedba s potrošnjom u niskoenergetskim i pasivnim zgradama/ Izvor: EIHP

Aktivnosti na povećanju energetske učinkovitosti povećanjem toplinske zaštite zgrada treba usmjeriti na zgrade građene prije 1987. godine. U zgradama građanim u razdoblju od 1987. do 2006. godine potrebno je dodatnim preporukama za uštedu energije - regulacija, štedna rasvjeta, itd. i manjim zahvatima na ovojnici zgrade, smanjiti potrošnju energije. Ono što treba svakako učiniti je usmjeriti sve snage na povećanje energetske učinkovitosti, toplinsku zaštitu i uštedu energije novih zgrada, kako putem zakonske regulative, tako i putem promocije i podizanja svijesti o uštedi energije i zaštiti okoliša.

3.2.4. Novogradnja usklađena s novim tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine

Novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) predstavlja veliki napredak u toplinskoj zaštiti zgrada, a obuhvaća i novogradnju i rekonstrukciju postojećih zgrada. Propis definira maksimalno dopuštenu godišnju potrošnju za zgrade u kWh/m², odnosno kWh/m³, koja je vezana uz faktor oblika zgrade, tj. odnos površine oplošja grijanog prostora zgrade i volumena koji taj prostor zatvara ($f_0 = A/V_e$ (m⁻¹), gdje je A-oplošje - zbroj površina pročelja, poda i stropa, a V-volumen grijanog prostora). Koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata kod zgrada koje se griju na temperaturu 18°C i više, ograničen je na maksimalno $U = 1,80$ W/m²K.

Kako je Hrvatska tek nedavno usvojila napredniji standard toplinske zaštite, osnovna preporuka kod gradnje novih kuća je pokušati dodatno poboljšati tu toplinsku zaštitu i analizirati mogućnost niskoenergetske arhitekture. Svi europski trendovi kreću se u tom smjeru i nije teško pretpostaviti da će se i naši propisi za novogradnju vrlo skoro ponovno morati usklađivati sa sve strožim europskim propisima.

Za energetske učinkovitu gradnju neophodno je:

- smanjiti gubitke topline iz zgrade poboljšanjem toplinske zaštite vanjskih elemenata i povoljnim odnosom oplošja i volumena zgrade
- povećati toplinske dobitke u zgradi povoljnom orijentacijom zgrade i korištenjem Sunčeve energije
- koristiti obnovljive izvore energije u zgradama (biomasa, sunce, vjetar i dr.)
- povećati energetske učinkovitost termoenergetskih sustava.

Cilj sveobuhvatne uštede energije, a time i zaštite okoliša, je stvoriti preduvjete za sustavnu sanaciju i rekonstrukciju postojećih zgrada te povećati obaveznu toplinsku zaštitu novih zgrada. Prosječne stare kuće godišnje troše 200-300 kWh/m² energije za grijanje, standardno izolirane kuće ispod 100, suvremene niskoenergetske kuće oko 40, a pasivne 15 kWh/m² i manje. Energijom

koja se danas potroši u prosječnoj kući u Hrvatskoj, možemo zagrijati 3 – 4 niskoenergetske kuće ili 8 - 10 pasivnih kuća.

Zbog velike potrošnje energije u zgradama, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke uštede, energetska učinkovitost i održiva gradnja danas postaju prioriteti suvremene arhitekture i energetike. Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije, a time i veliki zagađivač okoliša. Zbog dugog životnog vijeka zgrada, njihov je utjecaj na okoliš u kojem živimo dug i kontinuiran i ne možemo ga zanemarivati. Zadovoljavanje 3E-forme - energija, ekonomija, ekologija - novi je zahtjevni zadatak koji se postavlja pred projektante i graditelje. Susrećemo se s jedne strane s problemom nove izgradnje usklađene sa suvremenim standardom života i održivim razvojem, a s druge strane s problemom osuvremenjivanja postojeće izgradnje koja u velikom postotku ne zadovoljava današnji standard, troši enormno puno energije i preko noći postaje veliki problem i veliki zagađivač okoliša. Energetska učinkovitost danas može djelovati kao svojevrsni urbanistički i arhitektonski poticaj, ali i kao polje za primjenu inovativnih tehničkih i tehnoloških rješenja. Suvremena arhitektura danas, uz kreativni doprinos i doprinos kvaliteti života, mora uključiti u promišljanje i cijeli niz mjera za povećanje energetske učinkovitosti, mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, daljinskog grijanja i hlađenja, kogeneracije, smanjenja korištenja fosilnih goriva i zagađenja okoliša u kojem živimo. Struka je danas u poziciji odgovoriti na te izazove koji se pred nju postavljaju i pozitivno utjecati na ublažavanje energetske i ekološke krize te pridonijeti održivom razvoju.

3.3. Građevinska regulativa u području toplinske zaštite u zgradama u Republici Hrvatskoj

3.3.1. Građevinska regulativa u području toplinske zaštite u zgradama u Republici Hrvatskoj

Razvoj zakonodavnog okruženja igra veliku ulogu u kontroli potrošnje energije u zgradama. U Zakonu o energiji (NN 68/2001, 177/2004) je prvi put izražen pozitivan stav države prema učinkovitom korištenju energije i jasno naglašeno da je učinkovito korištenje energije u interesu Republike Hrvatske. Zakonom o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti (NN 107/2003) osnovan je Fond koji treba obavljati poslove financiranja pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unaprjeđivanja okoliša, te energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije. Zakon o gradnji (NN 175/2003, 100/04) određuje da su ušteda energije i toplinska zaštita jedan od šest bitnih zahtjeva za građevinu.

Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)

Novim Zakonom o prostornom uređenju i gradnji od 13. srpnja 2007. godine (NN 76/07) definira se i značaj energetske učinkovitosti i obvezna energetska certifikacija zgrada. Između bitnih zahtjeva za građevinu koje je potrebno osiguravati u projektiranju, građenju i održavanju građevine obvezuje se na uštedu energije i toplinsku zaštitu, tako da u odnosu na mjesne klimatske prilike potrošnja energije prilikom korištenja uređaja za grijanje, hlađenje i provjetravanje bude jednaka propisanoj razini ili niža od nje, a da za osobe koje borave u građevini budu osigurani zadovoljavajući toplinski uvjeti. Za nove i postojeće zgrade kvaliteta s obzirom na potrošnju energije, odredit će se klasifikacijom u energetske razrede. Za svaki energetski razred utvrdit će se raspon vrijednost potrošnje za toplinsku energiju, električnu energiju i potrošnu vodu te emisije CO₂. Podaci o potrošnji pojedine vrste energije određivat će se proračunom ili prema stvarnoj potrošnji u zgradi. Prije izdavanja uporabne dozvole, kod promjene vlasništva ili iznajmljivanja zgrade ili stana obveza je pribaviti certifikat o energetskim svojstvima zgrade i dati na uvid kupcu ili iznajmljivaču. Certifikat izdaje ovlaštena osoba, koju će ovlastiti ministarstvo. Energetska svojstva i način izračuna toplinskih svojstava zgrade, energetske zahtjeve za nove i postojeće zgrade (s izuzećima od propisanih zahtjeva), uvjete, sadržaj i način izdavanja certifikata, zgrade za koje postoji obveza javnog izlaganja certifikata o energetskim svojstvima i uvjete za osobe ovlaštene za izdavanje certifikata propisati će ministar pravilnikom. Obvezna primjena Zakona o prostornom uređenju i gradnji je od 1. listopada 2007. godine. Da bi njegova provedba bila moguća potrebno je usvojiti niz pravilnika i podzakonskih propisa koji reguliraju uža područja, što je u međuvremenu regulirano Prijelaznim odredbama.

Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/2005)

1. srpnja 2005. godine usvojen je novi Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine. Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama predstavlja veliki napredak u toplinskoj zaštiti zgrada, a obuhvaća i novogradnje i rekonstrukcije postojećih zgrada.

U Tehničkom propisu je definirano sljedeće:

- tehnički zahtjevi u pogledu uštede toplinske energije i toplinske zaštite koje treba ispuniti pri projektiranju novih i rekonstrukciji i adaptaciji postojećih zgrada koje se griju na

unutarnju temperaturu višu od 12°C

- sadržaj projekta zgrade u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu
- iskaznica potrebne topline za grijanje zgrade
- održavanje zgrade u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu
- zahtjevi na građevne proizvode
- drugi tehnički zahtjevi glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite.

Propis definira maksimalno dopuštenu godišnju potrošnju za zgrade u kWh/m², odnosno kWh/m³, koja je vezana uz faktor oblika zgrade, tj. odnos površine oplošja grijanog prostora zgrade i volumena koji taj prostor zatvara ($f_0 = A/V_0$ (m⁻¹), gdje je A-oplošje - zbroj površina pročelja, poda i stropa, a V-volumen grijanog prostora). Koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata kod zgrada koje se griju na temperaturu 18°C i više, ograničen je na maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ušteda energije osigurava se propisivanjem najveće dopuštene godišnje topline za grijanje. Godišnja potrebna toplina za grijanje zgrade je računski određena količina topline koju sustav grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu kako bi se održavala unutarnja projektna temperatura, a čini je zbroj mjesečno potrebnih toplina za sve mjesece kada je prosječna vanjska temperatura niža od projektne temperature.

Energetska bilanca zgrade, prema HRN EN 832:2000 + HRN EN 832/AC:2004 uključuje:

- transmisijske toplinske gubitke i toplinske gubitke zbog provjetravanja iz unutarnjeg prema vanjskom prostoru
- transmisijske toplinske gubitke i toplinske gubitke zbog provjetravanja ili toplinske dobitke sa susjednim zonama
- iskoristive unutarnje toplinske dobitke od unutarnjih izvora topline
- iskoristive toplinske dobitke od Sunca
- toplinske gubitke u sustavu grijanja
- energiju dovedenu u sustav grijanja.

Mjesečna energetska bilanca proračunski izgleda ovako:

$$Q_{h,mj} = Q_{l,T} + Q_{l,V} - h(Q_s + Q_i) \quad (3.1.)$$

$$Q_h = \sum Q_{h,mj} \quad (3.2.)$$

- Q_{l,T} - transmisijski toplinski gubici
- Q_{l,V} - toplinski gubici zbog provjetravanja
- Q_s - toplinski dobici od Sunca
- Q_i - unutarnji toplinski dobici
- h - faktor iskorištenja.

Zahtjevi za ograničenje godišnje potrebne topline ne primjenjuju se za zgrade koje:

- najmanje 70 posto potrebne energije za grijanje podmiruju iz individualnih obnovljivih izvora energije (sunčeva energija, toplina iz okoliša, toplina zemlje i biomasa, bez ogrjevnog drva)
- više od polovice toplinskih gubitaka nadoknađuju unutarnjim izvorima topline iz tehnološkog procesa.

Propisom je propisano obvezno izdavanje iskaznice o potrebnoj toplini za grijanje zgrade. Iskaznica sadrži iskaz potrebne topline za grijanje koji izrađuje projektant glavnog projekta u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu te izvođač radova. Izjava izvođača radova potvrđuje da su radovi na

zgradi, odnosno dijelu zgrade izvedeni sukladno tehničkim rješenjima i uvjetima za građenje iz glavnog projekta zgrade u odnosu na uštedu toplinske energije i toplinsku zaštitu projekta i odredbama Tehničkog propisa o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Izjavu izvođača radova potpisuje glavni inženjer gradilišta.

Iskaznica se prilaže ostaloj dokumentaciji potrebnoj pri tehničkom pregledu zgrade, odnosno dijela zgrade, a sastavni je dio dokumentacije o održavanju i unaprjeđivanju bitnih zahtjeva za građevinu te mora biti dostupna na uvid kupcima, najmoprimcima i drugim ovlaštenim korisnicima zgrade ili njezina dijela. Ovo možemo smatrati prvim korakom prema budućoj energetskej certifikaciji zgrada.

morale su integrirati u svoje zakonodavstvo do 4. siječnja 2006. godine. Od ukupno 40 posto doprinosa sektora zgradarstva na energetske potrošnje u EU, ova Direktiva trebala bi doprinijeti smanjenju emisije CO₂ od 8 posto do 2010. godine, prema Protokolu iz Kyota. To bi se trebalo ostvariti iz povećanja energetske učinkovitosti i standarda gradnje novih zgrada, te iz povećanja energetske učinkovitosti pri rekonstrukciji postojećih zgrada korisne površine preko 1000 m².

Tablica 3.3. Zahtjevi u vezi s uštedom energije za stambene i nestambene zgrade grijane na temp. 18 °C i više / Izvor: Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05)

ZGRADE KOJE SE GRIJU NA TEMPERATURU 18 °C I VIŠE		
f_0	Stambena zgrada	Nestambena zgrada
Faktor oblika zgrade	Q_h'' (kWh/m ² a) Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade	Q_h' (kWh/m ² a) Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade
$f_0 = 0,20$	$Q_h'' = 51,31$	$Q_h' = 16,45$
$0,20 < f_0 < 1,05$	$Q_h'' = (41,03 + 51,41 f_0)$	$Q_h' = (13,13 + 16,45 f_0)$
$f_0 = 1,05$	$Q_h'' = 95,01$	$Q_h' = 30,40$
TEMPERATURA	$H_T = H_T/A$ (W/m ² K)	$H_T = H_T/A$ (W/m ² K)
Srednja mj.temp. vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji	Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka oplošja grijanog dijela zgrade	$f > 30\%$ (udio ploštine prozora u ploštini pročelja)
> 3 °C	$H_T' = 0,45 + 0,15/ f_0$	$H_T' = 0,45 + 0,24/ f_0$
3 °C	$H_T' = 0,30 + 0,15/ f_0$	$H_T' = 0,35 + 0,24/ f_0$

Postojeći sektor zgrada u Hrvatskoj vrlo je problematičan, zbog velike neracionalnosti u potrošnji energije, velikih gubitaka, zbog loše toplinske zaštite i nerazvijene svijesti korisnika o potrebi za štednjom energije. Prije svakog zahvata u povećanje energetske učinkovitosti, bit će potrebno provesti energetske pregled ili audit zgrade kako bi se utvrdilo stvarno stanje energetike i predložile potencijalne mjere povećanja energetske učinkovitosti. Prilikom rekonstrukcije, treba razmotriti nacionalne mogućnosti sufinansiranja povećanja energetske učinkovitosti.

3.3.2. Zakonodavni okvir u području energetske učinkovitosti u zgradama u Europskoj uniji

Pregled važnih direktiva Europske unije koje reguliraju područje energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije su dani u tablici 1.1., međutim za pitanje energetske učinkovitosti zgrada i podizanje standarda toplinske zaštite u zgradama, vrlo je značajna EU Direktiva o energetskim značajkama zgrada 2002/91/EC koja donosi velike promjene u sektoru zgradarstva i za sve sudionike u projektiranju i gradnji. Direktivu je krajem 2002. godine donio Europski parlament, čime je jasno nametnuo obvezu štednje energije u zgradama EU-a kao i zemljama kandidatima. Novu EU Direktivu zemlje članice

Direktiva 2002/91/EC ističe pet bitnih elemenata:

- uspostavu općeg okvira za metodologiju proračuna energetske karakteristika zgrada
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za postojeće zgrade prilikom većih rekonstrukcija (korisne površine iznad 1000 m²)
- energetske certifikacije zgrada
- redovitu inspekciju kotlova i sustava za kondicioniranje zraka u zgradama.

Metodologija proračuna energetske karakteristika zgrada u skladu s Direktivom obuhvaća:

- toplinske karakteristike ovojnice i unutarnjih konstrukcijskih dijelova zgrade
- sustav za grijanje i pripremu tople vode
- sustav za kondicioniranje zraka
- sustav ventilacije
- instalirani sustav rasvjete

- poziciju i orijentaciju zgrade, uključujući vanjske klimatske uvjete
- pasivni sunčani sustavi i naprave za zaštitu od sunca
- prirodnu ventilaciju
- klimatske uvjete unutar zgrade.

Pri projektiranju novih kao i rekonstrukciji postojećih zgrada površine veće od 1 000 m², potrebno je razmotriti mogućnosti primjene sljedećih sustava:

- aktivni solarni sustavi i drugi sustavi za proizvodnju topline i električne energije na temelju obnovljivih energenata
- proizvodnja toplinske i električne energije putem kogeneracije
- sustavi daljinskog ili blokovskog grijanja i hlađenja
- toplinske crpke ili dizalice topline
- prirodno osvjetljenje.

Za potrebe izračuna zgrade treba klasificirati na kategorije kao npr.:

- obiteljske kuće različitih načina gradnje
- kuće s više stanova
- poslovne zgrade
- obrazovne zgrade
- bolnice
- hoteli i restorani
- sportski objekti
- zgrade veleprodaje i maloprodaje
- ostale vrste zgrada koje troše energiju.

Direktiva od zemalja članica za postojeće zgrade, s korisnom površinom većom od 1000 m² koje će se obnavljati, traži poboljšanje minimalnih energetske svojstava koliko god je to tehnički, funkcionalno i ekonomski izvedivo. U Direktivi je, također, određeno da zemlje članice moraju osigurati ovlaštene stručnjake za postupak certificiranja zgrada, nadzor sustava za grijanje i prozračivanje, te sastavljanje pratećih preporuka za poboljšanja tih sustava u smislu uštede energije i emisije štetnih tvari. Osnovni je cilj Direktive 2002/91/EC obvezati zemlje članice na nužnost smanjenja potrošnje svih vrsta energije u cjelokupnom fondu budućih i postojećih zgrada. Uzimajući u obzir dugi životni vijek zgrada (od 50 do više od 100 godina), najveći je, kratkoročni i srednjoročni, energetski potencijal u postojećem fondu zgrada.

Nove zgrade moraju biti građene tako da udovoljavaju zadanim minimalnim energetske uvjetima. Za nove zgrade s površinom većom od 1000 m² mora se razmotriti mogućnost primjene decentraliziranih energetske sustava baziranih na obnovljivim izvorima energije, daljinskom grijanju i hlađenju, kogeneraciji, toplinskim crpkama i sl. Također, zemlje članice moraju uvesti obvezne inspekcije kotlova na fosilna goriva izlaznih snaga od 20 kW do 100 kW. Kotlovi snage veće od 100 kW kontrolirat će se svake dvije godine. Za plinske kotlove to se razdoblje može produžiti na četiri godine. Kod kotla starijeg od 15 godina potrebna je inspekcija cijelog sustava.

Zahtjevi se primjenjuju i kod postojećih zgrada korisne površine veće od 1000 m² kada se radi o opsežnim zahvatima obnove zgrade. Prema Direktivi opsežni zahvati su oni kod kojih ukupni trošak obnove vanjskih zidova zgrade i / ili energetske sustava, kao što su instalacije za grijanje, dovod tople vode, klimatiziranje, ventilaciju i rasvjetu, prelazi 25% vrijednosti zgrade, ne računajući vrijednost zemljišta na kojem se zgrada nalazi ili kada se obnavlja preko 25% same zgrade. Zahtjevi za postojeće zgrade mogu se definirati za zgradu u cjelini ili za obnovljene sustave ili sastavne dijelove zgrade kada su isti dio obnove koja se odvija u ograničenom vremenskom razdoblju.

Isto tako, kako bi smanjili potrošnju energije i reducirali emisiju CO₂, zemlje

članice će kontrolirati rashladne sustave snage veće od 12 kW. Inspekcija će uključivati i ocjenu učinkovitosti klima uređaja. Zemlje članice moraju osigurati da sve navedene inspekcije, kao i energetske audite, izvrše nezavisni energetski stručnjaci.

Republika Hrvatska, odnosno nadležno Ministarstvo osnovalo je povjerenstvo i započelo implementaciju ove direktive u hrvatsko zakonodavstvo. Ciljani datum za implementaciju Direktive u zakonodavstvo Republike Hrvatske je za sada 31. prosinac 2008. godine. Republika Hrvatska obvezna je uskladiti svoj zakonodavni okvir sa svim Direktivama Europske unije te preuzeti i sve obveze iz tih Direktiva. Obveza je transponirati Direktivu u nacionalno zakonodavstvo do dana potpisivanja ugovora o punopravnom članstvu i osigurati instrumente implementacije.

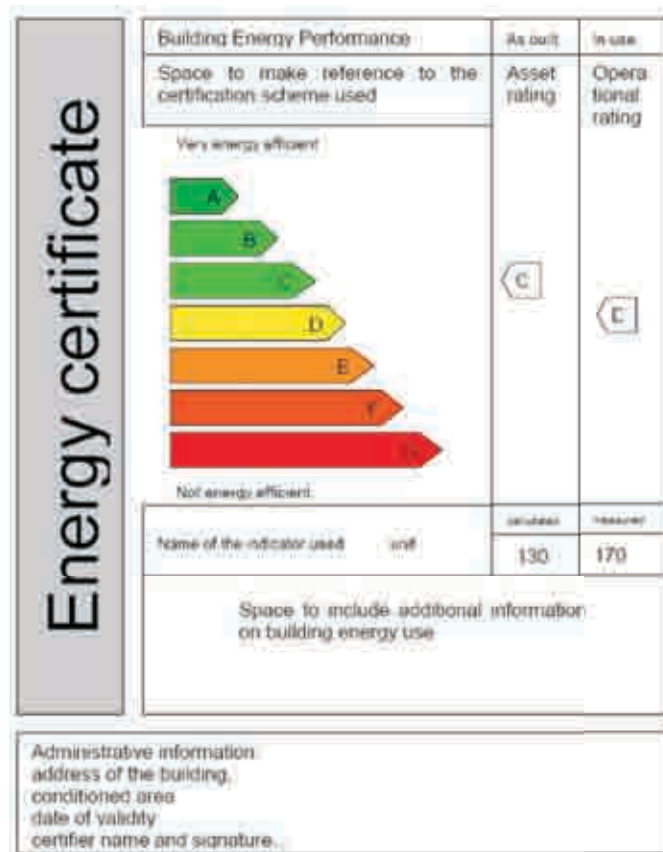
Implementacija EU Direktive 2002/91/EC o energetske značajkama zgrada (COM (2005.) Directive 2002/92/EC of the European Parliament and of the Council of 16th December 2002 on the energy performance of buildings, OJ L1, 04. 01. 2003) koja je nedavno započela u Republici Hrvatskoj, trebala bi odigrati značajnu ulogu u unaprjeđenju energetske učinkovitosti, smanjenju energetske potreba u zgradama i smanjenju emisija štetnih plinova u okoliš. Ova Direktiva jest temeljni zakonodavni instrument koji se odražava na sektor zgradarstva, uvodeći okvir za integriranu metodologiju za mjerenje energetske učinkovitosti, primjenu minimalnih standarda u novim zgradama i određenim rekonstrukcijama zgrada, energetske certifikaciju zgrada i savjete za nove i postojeće zgrade, nadzor i ocjenu kotlova i sustava za grijanje i sustava za hlađenje.

Doprinos ove Direktive jest u omogućavanju integriranog pristupa različitim aspektima uporabe energije u zgradama. Prema Direktivi, u obzir treba uzeti, gdje je to relevantno za izračun, i pozitivan učinak: aktivne sunčeve sustave i druge sustave grijanja i električnu energiju koji koriste obnovljive izvore energije, električnu energiju iz kogeneracije, sustave daljinskog ili blokovskog grijanja ili hlađenja, prirodno osvjetljenje.

Direktiva uvodi certifikat energetske učinkovitosti zgrade koji mora biti dostupan potencijalnom kupcu ili korisniku zgrade, a njegova valjanost ne može biti duža od 10 godina. Certifikat sadrži opis postojećeg stanja korištenja energije s numeričkim indikatorima količine energije koja se stvarno troši ili koja se procjenjuje potrebnom za različite namjene, povezane standardiziranim upotrebom zgrade, a koja može obuhvaćati, između ostalog, grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu tople vode i rasvjetu. Tako zgrade s manjom potrošnjom, odnosno većom energetske učinkovitošću, dobivaju veću vrijednost na tržištu nekretnina. Certificiranje potiče dobro gospodarenje energijom te obnovu postojećih zgrada koja omogućuje povrat dodatnih troškova kroz ukupne uštede energije.

Učinkovitim korištenjem energije postiže se krajnji cilj, a to je smanjenje potrošnje. Praćenje potrošnje energije moguće je provoditi ukoliko postoji evidencija energetske pregleda, a što ukazuje na potrebu uspostave administrativne strukture za praćenje baze podataka. Za sada je certificiranje nužno provesti samo za javne zgrade, nove zgrade i zgrade koje se prodaju odnosno iznajmljuju. Međutim, na razini EU-a već se ozbiljno razmišlja o proširenju direktive i obvezne certifikacije zgrada na ukupni sektor zgradarstva, zbog velikog postotka i velikog energetske potencijala koji leži upravo u zgradama površine manje od 1000 m².

Certifikat o energetske značajkama zgrada mora sadržavati referentne vrijednosti kao što su pravne norme i mjerila kako bi potrošačima omogućio usporedbu i procjenu energetske značajki zgrade. Certifikatu treba priložiti preporuke za troškovno povoljno poboljšanje energetske značajki. Certifikat služi jedino kao informacija, eventualni pravni ili drugi učinci certifikata određuju se prema pravilima pojedinih država.



Slika 3.6. Prijedlog izgleda energetskog certifikata iz prijedloga norme prEN 15217 Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings

Države članice trebaju poduzeti mjere kojima se osigurava da će se za zgrade s ukupnom korisnom površinom većom od 1.000 m², zgrade koje koriste tijela vlasti i institucije i zgrade koje pružaju javne usluge velikom broju ljudi, pa ih zato ti ljudi često posjećuju, certifikat o energetskim značajkama star najviše deset godina, staviti na za javnost jasno vidljivo mjesto.

S obzirom na različitu metodologiju koju su pojedine europske zemlje razvile za energetsku certifikaciju zgrada i izgled energetskog certifikata, Europska unija je pripremila normu EN 15217:2007 Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings, kako bi ujednačila izgled i oblik energetskog certifikata, kao i način izražavanja energetskih značajki zgrada na nivou Europske unije

3.4. Nove zgrade i savjeti za projektiranje i gradnju

Kod gradnje nove kuće važno je već u fazi idejnog projektiranja u suradnji s projektantom predvidjeti sve što je potrebno za dobivanje kvalitetne i optimalno energetski učinkovite kuće. Zato je potrebno:

- analizirati lokaciju, orijentaciju i oblik kuće
- primijeniti visoku razinu toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice i izbjegavati toplinske mostove
- iskoristiti toplinske dobitke od Sunca i zaštititi se od pretjeranog osunčanja
- koristiti energetski učinkovit sustav grijanja, hlađenja i ventilacije te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije.

Projektiranje je danas, više nego ikad prije, multidisciplinarna aktivnost u kojoj

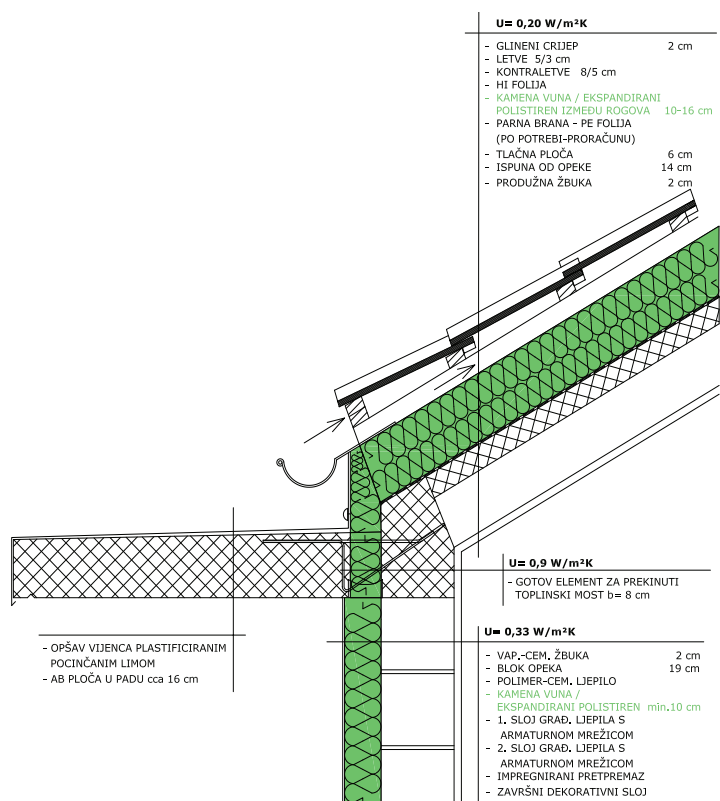
svi sudionici u projektiranju, a kasnije i u gradnji i održavanju moraju od samog početka biti uključeni na koordiniranoj provedbi projekta, odnosno gradnje i održavanja. Već u fazi idejnog projekta potrebno je donijeti određene odluke vezano uz energetiku zgrade te ih uključiti u projektiranje na samom početku. To se posebno odnosi na niskoenergetsku potrošnju i primjenu energetski učinkovitih sustava grijanja i hlađenja, ventilacije te obnovljivih izvora energije u zgradama. Pojavljuje se sve veća potreba za planiranjem i modeliranjem energetske potrošnje i uvođenjem energetskog menadžmenta u nove, ali i postojeće zgrade.

Za nove zgrade površine veće od 1000 m², prema Direktivi 2002/91/EC, trebalo bi se razmatrati alternativni sustavi opskrbe energijom bazirani na obnovljivim izvorima, kogeneracijska postrojenja, daljinsko grijanje i hlađenje te dizalice topline. Zbog toga je potrebna suradnja stručnjaka različitih profila u izradi projekata i pri donošenju odluka. Za planiranje energetike u zgradarstvu potrebno je u projektiranju postaviti tehničke uvjete i osigurati prostorne parametre, uskladiti s karakteristikama regije i lokacije kroz: debljinu toplinske izolacije, učinkovite sustave grijanja i hlađenja, primjenu obnovljivih izvora energije, a gdje je moguće primijeniti pasivne tehnike grijanja i hlađenja koje poboljšavaju unutarnje klimatske uvjete i mikroklimu oko građevine.

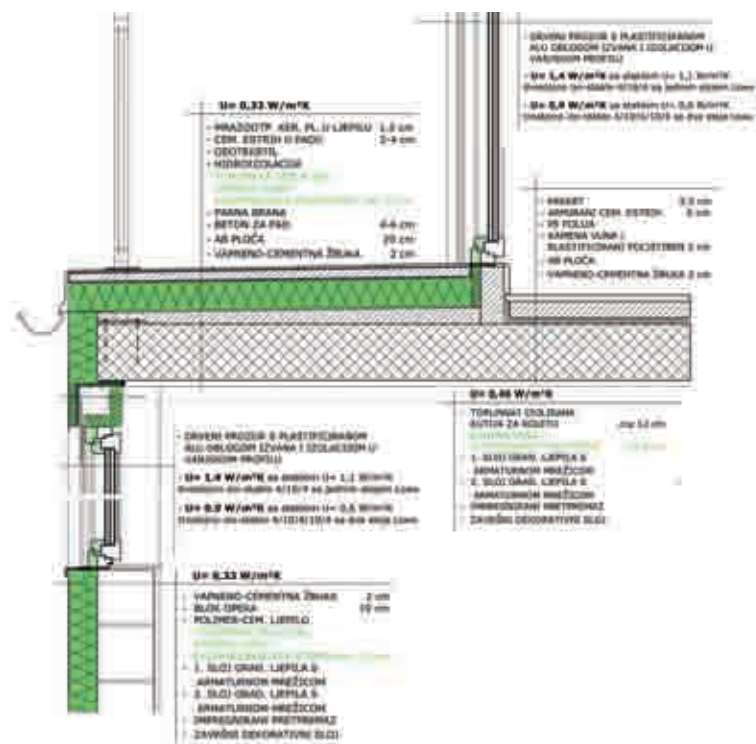
Na početku svakog projekta potrebno je analizirati lokacijske i klimatske uvjete te u skladu s njima početi planirati energetski koncept kuće. Pri tome treba imati na umu da je dodatno ulaganje u povećanje energetske učinkovitosti i smanjenje toplinskih gubitaka na novogradnji višestruko isplativo. Povećanje cijene gradnje za 10 do 20 posto, može značiti energetske uštede 50 do 80 posto. Potrebno je analizirati optimalnu razinu toplinske izolacije i u skladu s tim planirati energetske sustave u kući. Važnu ulogu ima i zaštita od pretjeranog osunčanja prostora, koja vrlo često može biti u sklopu vizualnog arhitektonskog elementa, pa je i to važno razmotriti u fazi idejnog projekta. Posebno je važna suradnja svih sudionika u projektiranju, kao i budućih korisnika zgrade, u pažljivoj optimizaciji i planiranju energetskog koncepta.

Razrada projekta mora svakako obuhvatiti rješavanje bitnih detalja za izbjegavanje toplinskih mostova. Najbolji način izbjegavanja toplinskih mostova je postava toplinske izolacije s vanjske strane zida, bez prekida te dobro brtvljenje reški i spojeva. U projektu posebnu pažnju treba obratiti na detalje koji mogu biti toplinski mostovi, ukoliko nisu pravilno toplinski izolirani. Tako treba obratiti posebnu pažnju postavi prozora u odnosu na toplinsku izolaciju u vanjskom zidu, te dobrom brtvljenju prozora. Također su bitni svi spojevi konstrukcija, prodori stropnih ploča i rubne obrade.

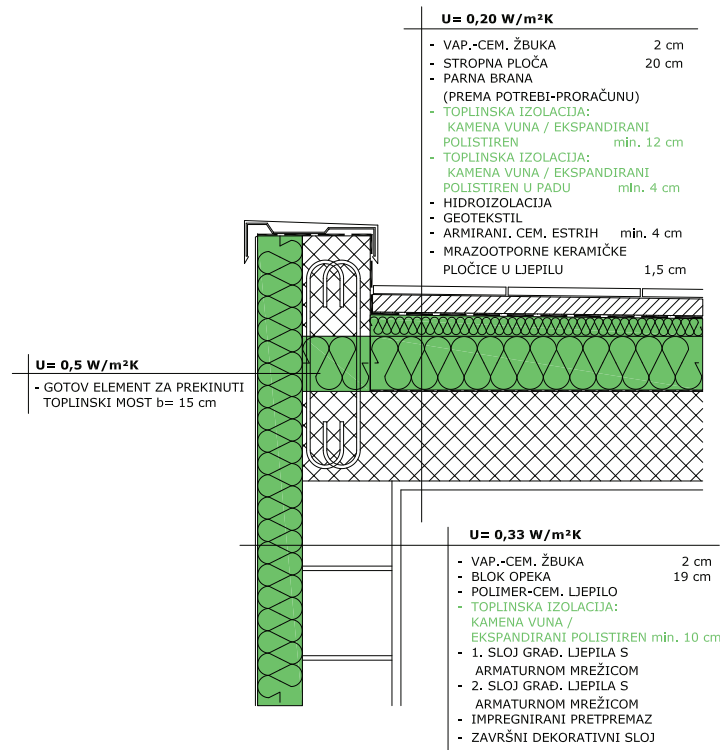
Energetski koncept mora analizirati izbor optimalnog energenta te najučinkovitijeg sustava grijanja, ventilacije i klimatizacije, kao i sustava rasvjete i uređaja. Pri tome se posebno misli na analizu mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije, kogeneracije, dizalica topline te eventualnog priključka na daljinsko grijanje i hlađenje. Po završetku gradnje, kvalitetu izvedbe trebalo bi provjeriti termografskim snimanjem cijele vanjske ovojnice zgrade.



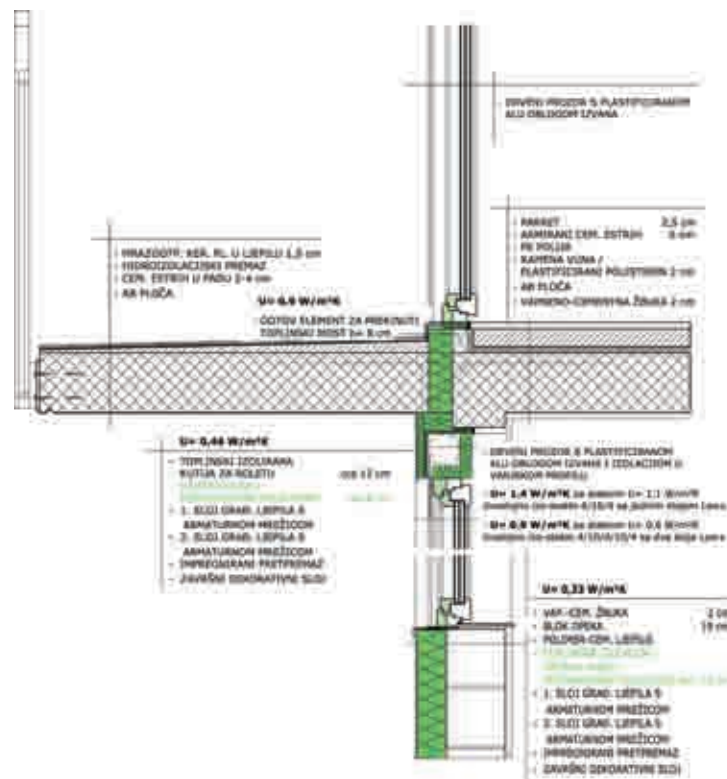
Slika 3.7. Pravilna izvedba toplinske izolacije kosog krova i spoja sa zidnom izolacijom kod masivne krovne konstrukcije / Izvor EIHP



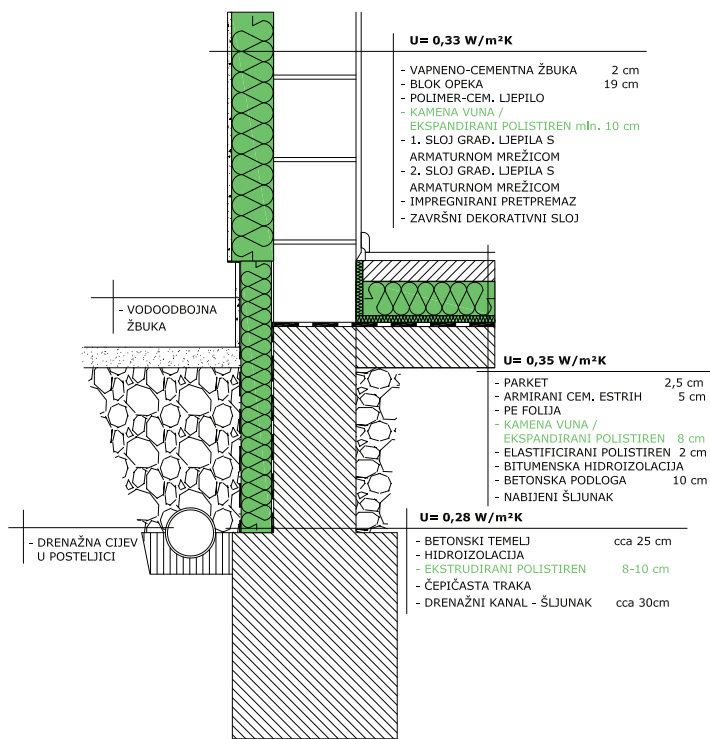
Slika 3.9. Načini rješavanja problema toplinskih mostova kod konzolnih istaka balkonskih ploča/ Izvor EIHP



Slika 3.8. Pravilna izvedba toplinske izolacije ravnog krova s umetnutim gotovim elementom za prekid toplinskog mosta i spoj sa zidnom izolacijom / Izvor EIHP



Slika 3.10. Načini rješavanja problema toplinskih mostova kod konzolnih istaka balkonskih ploča/ Izvor EIHP



Slika 3.11. Pravilna izvedba toplinske izolacije vanjskog zida kod ventilirane fasade / Izvor EIHP

U ukupnoj energetske bilanci kuće važnu ulogu igraju i toplinski dobici od Sunca. U suvremenoj arhitekturi puno pažnje posvećuje se prihvatu Sunca i zaštiti od pretjeranog osunčanja, jer se i pasivni dobici topline moraju regulirati i optimizirati u zadovoljavajuću cjelinu. Sustavi za zaštitu od Sunca usklađeni s vanjskim uvjetima okoline osiguravaju dobre uvjete rada i boravka u zgradi. Ako se kontrolira njihova primjena (mobilnost, automatizacija) omogućuju prilagodljiv ulaz Sunca u zgradu. Stoga je moguće potrošnju energije za hlađenje ljeti i grijanje zimi, značajno smanjiti i koristiti ili izbjegavati dobitke od Sunca.

Elementi zaštite od Sunca mogu se postavljati:

- na fasadi
- u unutrašnjem prostoru.

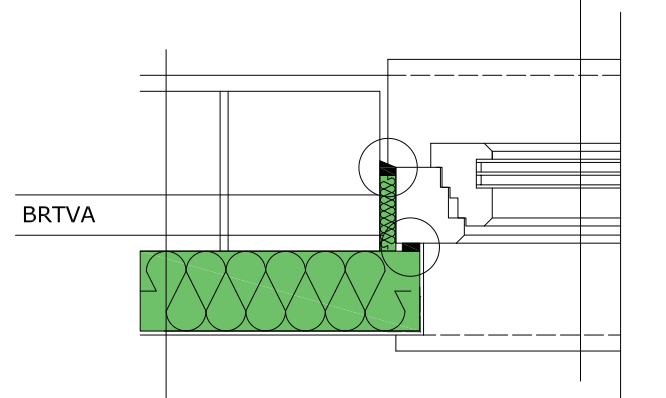
Elementi mogu biti fiksirani ili pokretni, klizni, rolo i uz to automatizirani. Mogu biti postavljeni kao pojedinačni vertikalni ili horizontalni elementi ili kao plohe, u oba slučaja izvana ili unutra. Elementi trebaju biti lagani, a postavljaju se na potkonstrukciju koja je odmaknuta od nosive konstrukcije zgrade.

Materijali od kojih se izrađuju elementi zaštite od Sunca su :

- aluminij (ekstrudirani, anodiziran, pjeskaren)
- drvo (otporno na vanjske uvjete)
- tkanine (fiberglas, impregnirane ili prirodni materijal).

Korisni elementi zaštite od Sunca su nadstrešnice ili trijemovi određene dubine na južnom pročelju koje sprječavaju upad Sunca ljeti, a propuštaju ga zimi. U pravilu se na južnoj strani postavljaju horizontalni elementi jer ljetno južno

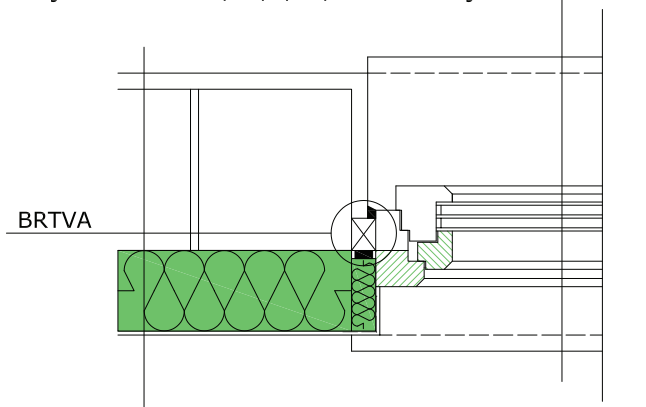
- DRVENI PROZOR
- **U= 1,4 W/m²K** sa staklom U= 1,1 W/m²K dvoslojno izo-staklo 4/16/4 sa jednim slojem Lowe
- **U= 0,9 W/m²K** sa staklom U= 0,6 W/m²K troslojno izo-staklo 4/10/4/10/4 sa dva sloja Lowe



U= 0,33 W/m²K

- VAPNENO-CEMENTNA ŽBUKA 2 cm
- BLOK OPEKA 19 cm
- POLIMER-CEM. LJEPILO
- KAMENA VUNA / EKSPANDIRANI POLISTIREN min. 10 cm
- 1. SLOJ GRAĐ. LJEPILA S ARMATURNOM MREŽICOM
- 2. SLOJ GRAĐ. LJEPILA S ARMATURNOM MREŽICOM
- IMPREGNIRANI PRETPREMAZ
- ZAVRŠNI DEKORATIVNI SLOJ

- DRVENI PROZOR S PLASTIFICIRANOM ALU OBLOGOM IZVANA I IZOLACIJOM U VANJSKOM PROFILU
- **U= 1,4 W/m²K** sa staklom U= 1,1 W/m²K dvoslojno izo-staklo 4/16/4 sa jednim slojem Lowe
- **U= 0,9 W/m²K** sa staklom U= 0,6 W/m²K troslojno izo-staklo 4/10/4/10/4 sa dva sloja Lowe



U= 0,33 W/m²K

- VAPNENO-CEMENTNA ŽBUKA 2 cm
- BLOK OPEKA 19 cm
- POLIMER-CEM. LJEPILO
- KAMENA VUNA / EKSPANDIRANI POLISTIREN min. 10 cm
- 1. SLOJ GRAĐ. LJEPILA S ARMATURNOM MREŽICOM
- 2. SLOJ GRAĐ. LJEPILA S ARMATURNOM MREŽICOM
- IMPREGNIRANI PRETPREMAZ
- ZAVRŠNI DEKORATIVNI SLOJ

Slika 3.12. Dobro brtvljenje prozorskog profila kao i postava toplinske izolacije vanjskog zida u odnosu na profil prozora igraju veliku ulogu u smanjenju ukupnih toplinskih gubitaka kroz prozore/ Izvor EIHP

Sunce upada pod visokim kutom pa ga horizontalna ploha može odbiti. Zimsko Sunce upada pod blagim kutom i prolazi kroz horizontalne elemente u prostor. Na zapadnoj i istočnoj strani se postavljaju vertikalni elementi koji mogu raspršiti zrake jer zapadno Sunce uvijek upada pod blagim kutom.

Dodatno, moguće je upotrebom mobilnih i automatiziranih elemenata optimizirati korištenje dobitaka od sunčevog zračenja za pojedine prostore prema trenutnoj potrebi.

Ipak, zaštiti od Sunca najviše doprinosi pravilna orijentacija zgrade, odnosno grupiranje prostorija po namjeni prema uvjetima pojedine orijentacije.



Slika 3.13. Vanjska zaštita od sunca kao element arhitekture/ Izvor: Hunter Douglas

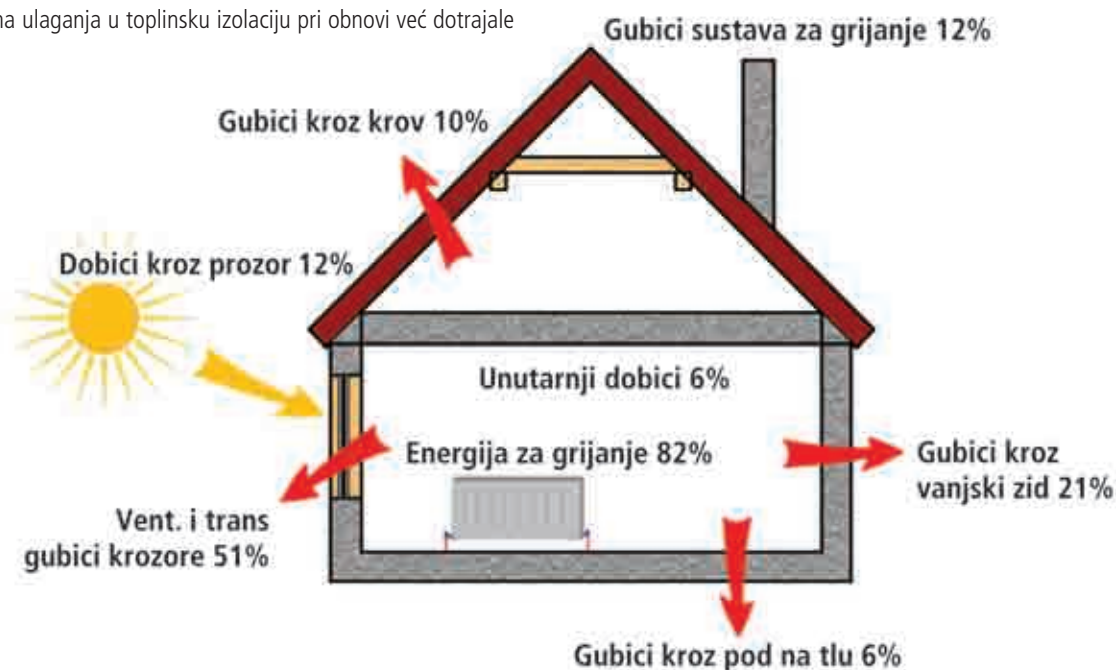
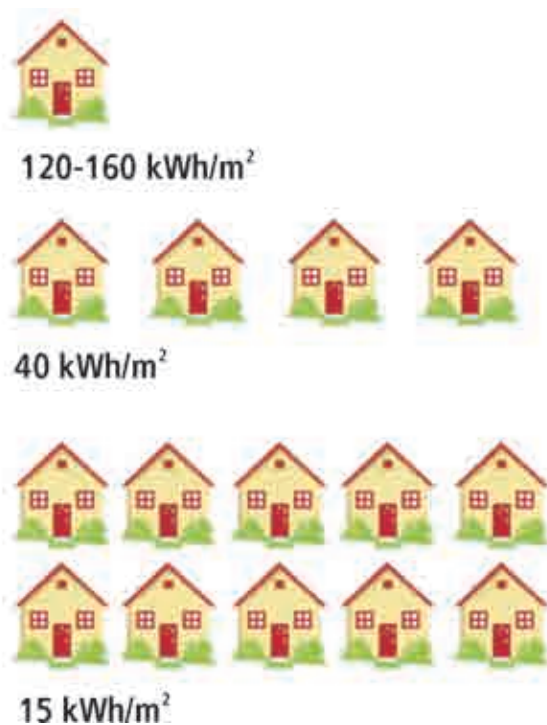
3.5. Adaptacija i rekonstrukcija postojećih zgrada u svrhu povećanja energetske učinkovitosti

Postojeći sektor zgrada u Hrvatskoj vrlo je problematičan zbog velike neracionalnosti u potrošnji energije, velikih gubitaka zbog loše toplinske zaštite i nerazvijene svijesti korisnika o potrebi za štednjom energije. Prije svakog zahvata u povećanje energetske učinkovitosti bit će potrebno provesti energetski pregled ili audit zgrade kako bi se utvrdilo stvarno stanje energetike i predložile potencijalne mjere povećanja energetske učinkovitosti. Prilikom rekonstrukcije treba razmotriti nacionalne mogućnosti sufinanciranja povećanja energetske učinkovitosti.

Energetskom obnovom starih kuća i zgrada, naročito onih građenih prije 1980. godine, moguće je postići uštedu u potrošnji toplinske energije od preko 60 posto. Osim zamjenom prozora, najveće uštede mogu se postići izolacijom vanjskog zida. Dodatna ulaganja u toplinsku izolaciju pri obnovi već dotrajale

fasade, kreću se u ukupnoj cijeni sanacije fasade 20-40 posto, što daje povoljne ekonomske rezultate u usporedbi s dugoročnim uštedama koje se postižu.

Cilj sveobuhvatne uštede energije, a time i zaštite okoliša, je stvoriti preduvjete za sustavnu sanaciju i rekonstrukciju postojećih zgrada te povećati obveznu toplinsku zaštitu novih zgrada. Prosječne stare kuće godišnje troše 200-300 kWh/m² energije za grijanje, standardno izolirane kuće ispod 100, suvremene niskoenergetske kuće oko 40, a pasivne 15 kWh/m² i manje. Energijom koja se danas potroši u prosječnoj kući u Hrvatskoj, možemo zagrijati 3 – 4 niskoenergetske kuće ili 8-10 pasivnih kuća.



Slika 3.14. Ukupna energetska bilanca za obiteljsku kuću/ Izvor EIHP

Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine prosječno za 30-80 %. Bitnu ulogu u tome imaju svi dijelovi ovojnice zgrade, kao što 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.

Međutim, treba naglasiti da su najveći gubici topline kroz prozore i vanjski zid, te da se već njihovom sanacijom postižu velike uštede. Sanacija krova iznad grijanog prostora, odnosno stropa zadnje etaže prema negrijanom tavanu, također znatno smanjuje toplinske gubitke. Sanacija poda prema tlu vrlo često nije ekonomski opravdana, zbog relativno malog smanjenja ukupnih toplinskih gubitaka, u odnosu na veliku investiciju koja je potrebna za takvu sanaciju.

Jednostavne mjere povećanja energetske učinkovitosti, bez dodatnih troškova, uz trenutne uštede su sljedeće:

- ugasiti grijanje ili hlađenje noću i onda kada nema nikoga kod kuće
- noću spustiti rolete i navući zavjese
- izbjegavati zaklanjanje i pokrivanje grijaćih tijela zavjesama, maskama i sl.
- vremenski optimirati grijanje i pripremu tople vode
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1°C
- u sezoni hlađenja podesiti hlađenje na minimalno 26°C
- koristiti prirodno osvjjetljenje, u što većoj mjeri
- isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna
- perilice za rublje i posuđe uključivati samo kada su pune, najbolje noću.

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz male troškove i brzi povrat investicije (do 3 godine) su:

- zabrtviti prozore i vanjska vrata
- provjeriti i popraviti okove na prozorima i vratima
- izolirati niše za radijatore i kutije za rolete
- toplinski izolirati postojeći kosi krov ili strop prema negrijanom tavanu
- reducirati gubitke topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavom zavjesa i sl.
- ugraditi termostatske ventile na radijatore
- redovito servisirati i podešavati sustav grijanja i hlađenja
- ugraditi automatsku kontrolu i nadzor energetike kuće
- ugraditi štedne žarulje u rasvjetna tijela
- zamijeniti trošila energetske efikasnijima - energetske klase A.

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz nešto veće troškove i duže razdoblje povrata investicije (više od 3 godine) su sljedeće:

- zamijeniti prozore i vanjska vrata toplinski kvalitetnijim prozorima (preporuka U prozora 1,1-1,8 W/m²K)
- toplinski izolirati cijelu vanjsku ovojnicu kuće, dakle zidove, podove, krov te plohe prema negrijanim prostorima

- izgraditi vjetrobran na ulazu u kuću
- sanirati i obnoviti dimnjak
- izolirati cijevi za toplu vodu i spremnik
- analizirati sustav grijanja i hlađenja u kući i po potrebi ga zamijeniti energetske učinkovitijim sustavom te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije.

Ove mjere najbolje je izvoditi istovremeno s nužnim mjerama rekonstrukcije. Kod gradnje novih zgrada jako je važno već u procesu idejnog projekta predvidjeti mjere energetske učinkovitosti i mogućnosti racionalnog korištenja energije.

3.5.1. Toplinska izolacija vanjskog zida

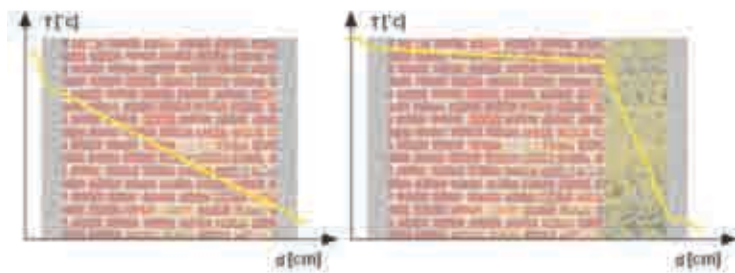
Toplinsku izolaciju vanjskog zida, u pravilu, treba izvoditi dodavanjem novog toplinsko-izolacijskog sloja s vanjske strane zida, a iznimno s unutarnje strane zida. Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane zida, nepovoljna je s građevinsko-fizikalnog stajališta, a često je i skuplja zbog potrebe 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 postizemo poboljšanje izolacijske vrijednosti zida, značajno mijenjamo toplinski tok 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 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. kompaktna fasada). Kod drugog rješenja zaštitni je sloj u obliku pojedinačnih elemenata učvršćenih na odgovarajuću podkonstrukciju, tako 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 kompaktne fasade mogu biti tankoslojne i debeloslojne. Toplinsko izolacijski materijal se lijepi za podlogu (kompaktni zid) polimerno-cementnim ljepilom ili se postavlja mehaničkim pričvršćivačima. Ploče ili lamele se postavljaju 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.

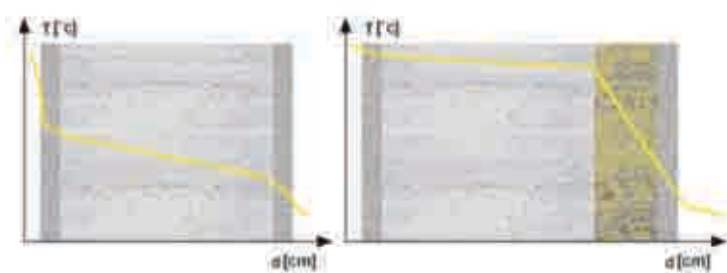
Kao završni sloj za tankoslojni sustav koriste se silikatni, silikonski, silikonsko-silikatni ili akrilatni završni sloj minimalne debljine zrna 1,5 mm u 2 nanošenja. Kod debeloslojnog sustava koristi se mineralna žbuka debljine 15 mm i završno dekorativni sloj debljine do 5 mm. Potrebno je nanijeti 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 od cca 0,25 do 0,35 W/m²K.



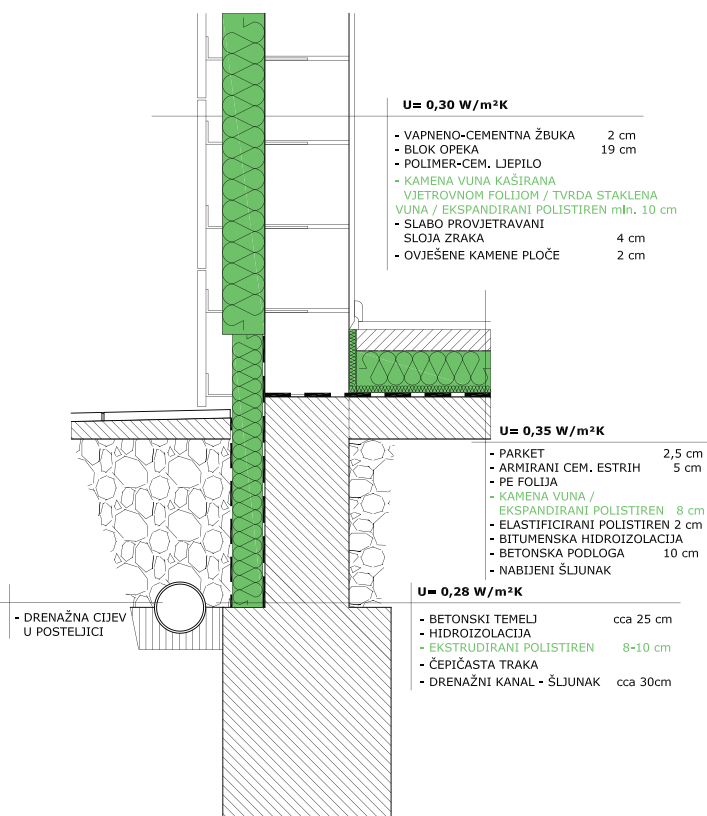
Slika 3.15. Temperaturne krivulje za neizolirani i izolirani zid od opeke

U slučaju neizoliranog zida od šuplje opeke debljine 19 cm,
 $U=1,67$ [W/m²K], toplinski gubici iznose okvirno 134 kWh/m² zida
 U slučaju izolacije zida od opeke 19 cm s 10 cm kamene vune,
 $U=0,32$ [W/m²K], toplinski gubici iznose okvirno 26 kWh/m² zida



Slika 3.16. Temperaturne krivulje za neizolirani i izolirani zid od armiranog betona

U slučaju neizoliranog AB zida debljine 20 cm,
 $U=3,20$ [W/m²K] toplinski gubici iznose okvirno 256 kWh/m² zida
 U slučaju izolacije AB zida s 10 cm kamene vune,
 $U=0,35$ [W/m²K] toplinski gubici iznose okvirno 28 kWh/m² zida



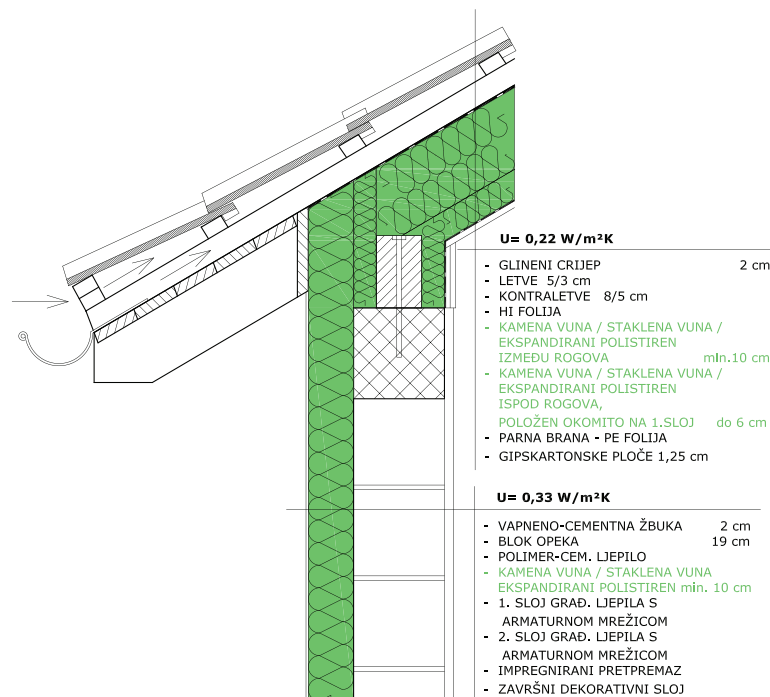
Slika 3.17. Pravilna izvedba toplinske izolacije vanjskog zida kod kompaktne fasade / Izvor EIHP

3.5.2. Toplinska izolacija krova ili stropa prema negrijanom tavanu

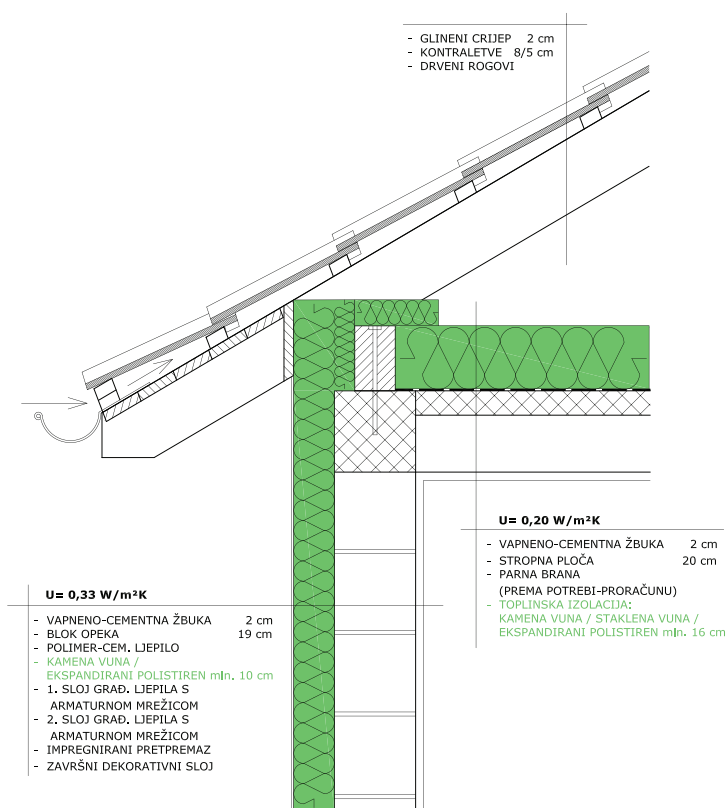
Iako je udio krova zastupljen sa svega oko 10-20 posto u ukupnim toplinskim gubicima u kući, krov ima posebno važnu ulogu u kvaliteti i standardu stanovanja. On štiti kuću od kiše, snijega, hladnoće i vrućine. Najčešći oblik krova na obiteljskim i manjim stambenim zgradama je kosi krov. Vrlo često se prostor ispod kosog krova namjenjuje za stanovanje iako nije adekvatno toplinski izoliran. Kod takvih situacija pojavljuju se veliki toplinski gubici zimi, ali i još veći problem pregrijavanja ljeti. Ako krov nije toplinski izoliran, kroz njega može proći i 30 posto topline. Naknadna toplinska izolacija krova je jednostavna i ekonomski vrlo isplativa, jer je povratno razdoblje investicije od 1 do 5 godina. Za toplinsku izolaciju kosih krovova treba koristiti nezapaljive i paropropusne toplinske izolacijske materijale, kao što je npr. kamena vuna. Detalj spoja toplinske izolacije vanjskog zida i krova treba riješiti bez toplinskih mostova. Ako prostor ispod kosog krova nije grijan, tj. nije namijenjen za stanovanje, toplinsku izolaciju treba postaviti na strop zadnje etaže prema negrijanom tavanu.

Preporučljiva debljina toplinske izolacije na kosom krovu iznosi najmanje 16 do 20 cm. Izolaciju treba postaviti u dva sloja; jedan sloj između rogova, a jedan sloj ispod rogova kako bi se spriječili toplinski mostovi. Toplinsku izolaciju s donje strane najčešće zatvaramo knauf pločama ili drvetom.

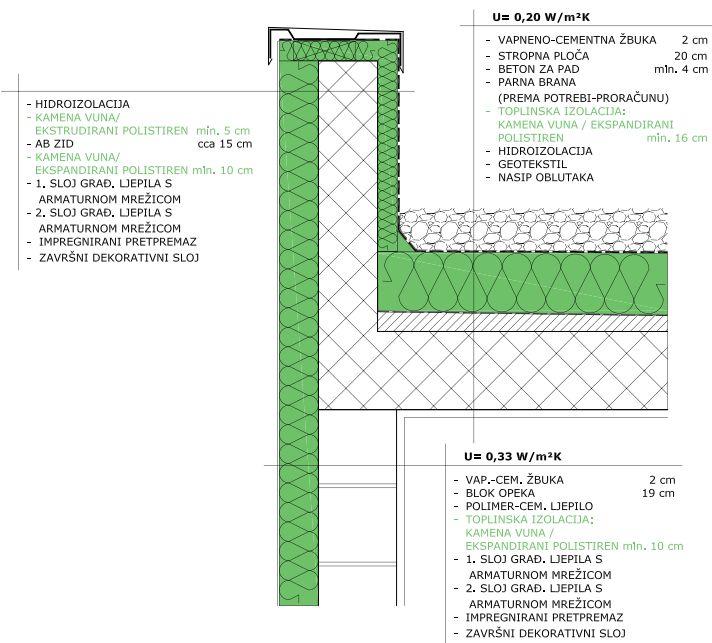
Ravni krovovi su najviše izloženi atmosferskim utjecajima od svih vanjskih elemenata zgrade. Zato je važno kvalitetno ih izolirati i toplinskom i hidroizolacijom, te pravilno riješiti odvodnju oborinskih voda. Ravni krov može biti riješen kao prohodni, neprohodni ili tzv. zeleni krov. U skladu s time izvodi se završna obrada krova.



Slika 3.18. Pravilna izvedba toplinske izolacije kosog krova i spoja sa zidnom izolacijom kod lagane krovne konstrukcije / Izvor EIHP



Slika 3.19. Pravilna izvedba toplinske izolacije stropa prema negrijanom tavanu i spoja sa zidnom izolacijom / Izvor EIHP



Slika 3.20. Pravilna izvedba toplinske izolacije ravnog krova i spoja sa zidnom izolacijom / Izvor EIHP

Terasa se može izvesti s ozelenjenim krovom, odgovarajuće hidro i toplinski izoliranim prema stambenom prostoru s donje strane. U tom slučaju se povećava broj potrebnih slojeva i njihova ukupna debljina. Ovisno o vrsti bilja određuje se potrebna dubina zemlje, a bitno je spriječiti prodor korijenja do sloja hidroizolacije, a vlage do toplinske izolacije. Ozelenjeni krov dobro zadržava toplinu, akumulira ju u slojevima zemlje i na taj način ostvaruje stalnu temperaturu završnog sloja, ljeti i zimi.

3.5.3. Toplinska izolacija poda na tlu i poda iznad otvorenog ili negrijanog prostora

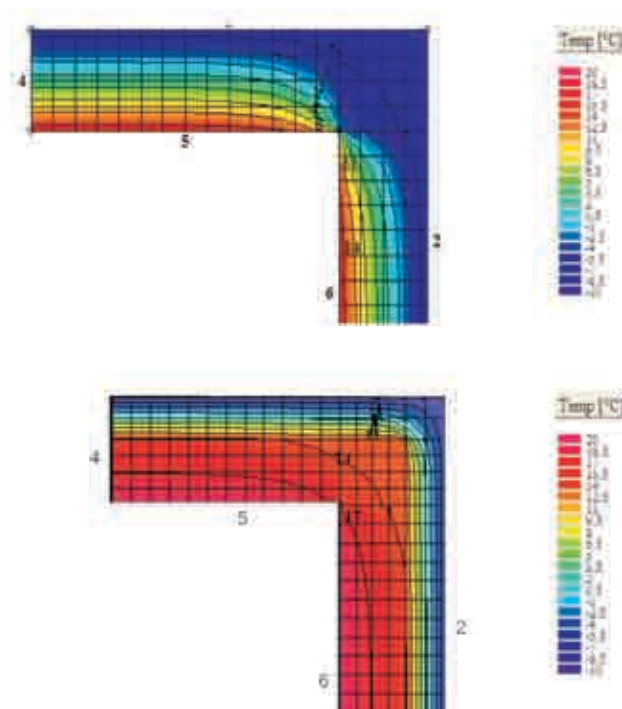
Konstrukcije poda na tlu razlikuju se od podnih konstrukcija prema negrijanom prostoru po nosivoj betonskoj podlozi i hidroizolaciji. Toplinski gubici prema terenu iznose do 10 posto ukupnih toplinskih gubitaka. Kod novogradnji se pod na terenu treba toplinski izolirati što većom debljinom toplinske izolacije, dok je kod postojećih zgrada takva mjera uglavnom ekonomski neisplativa, zbog većih građevinskih zahvata koji je prate. Međutim, ekonomski vrlo isplative mjere su toplinska izolacija stropne konstrukcije prema negrijanom tavanu, te podne konstrukcije prema negrijanom podrumu. Također, potrebno je toplinski zaštititi i podne konstrukcije iznad otvorenih prolaza. Kod postave toplinske izolacije važno je toplinski izolirati cijelu vanjsku ovojnicu bez prekida izolacije, kako bi se utjecaj toplinskih mostova smanjio na minimum.

Pod na tlu potrebno je izolirati s minimalno 10 cm toplinske izolacije. Iako su gubici kroz pod na tlu relativno mali u usporedbi s gubicima drugih dijelova konstrukcije, temperatura podne plohe slična temperaturi unutrašnjeg prostora puno je ugodnija za boravak.

Da bi se izbjegli toplinski mostovi i izbjegli nepotrebni toplinski gubici, potrebno je izolirati cijelu vanjsku ovojnicu zgrade, uključujući i dijelove konstrukcije prema negrijanim prostorima ili prostorima s različitim režimom korištenja. Preporuča se toplinski ih izolirati s minimalno 10 cm kamene vune ili polistirena. Završna obrada može biti žbukanjem ili obloga gipskartonskim pločama ako se radi o unutrašnjem prostoru.

3.5.4. Toplinski most

Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zbog smanjenog otpora toplinskoj propustljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutarnje površine pregrade na



Slika 3.21. Prikaz toplinskog mosta na neizoliranom uglu zgrade, te isti nakon izvedbe toplinske izolacije / Izvor: EIHP/

toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini što povećava opasnost od kondenziranja vodene pare. Ovisno o uzroku povišene toplinske propustljivosti, razlikujemo dvije vrste toplinskih mostova:

- konstruktivni toplinski mostovi – nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala;
- geometrijski toplinski mostovi – nastaju uslijed promjene oblika konstrukcije, npr. uglovi zgrade.

U praksi su vrlo česte kombinacije ovih vrsta toplinskih mostova.

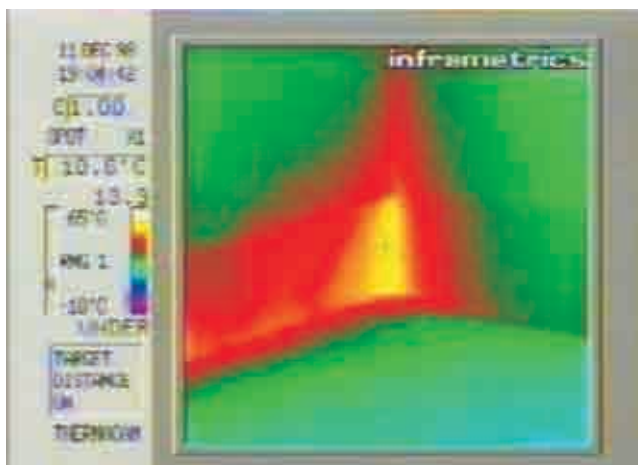
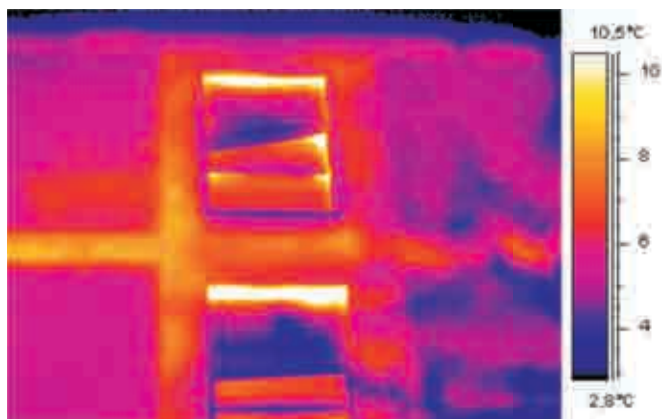
ednoličan toplinski otpor vanjske ovojnice zgrade može se promijeniti uslijed:

- potpunog ili djelomičnog prodora ovojnice zgrade materijalima drugačijih svojstava toplinske provodljivosti
- promjene debljine građe
- razlike između unutarnje i vanjske površine, kao što se događa na spojevima zida, poda, stropa.

Posljedice toplinskih mostova su:

- promjene u toplinskim gubicima
- promjene unutarnje površinske temperature.

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. Termografskim snimanjem zgrade vrlo se lijepo mogu uočiti tipični toplinski mostovi.



Slika 3.22. Karakteristični primjeri toplinskih mostova na neizoliranim zgradama/
Izvor EIHP

Izgraditi zgradu bez toplinskih mostova gotovo je nemoguće, ali uz pravilno projektirane detalje toplinske zaštite utjecaj toplinskih mostova, možemo smanjiti na minimum. Potencijalna mjesta toplinskih mostova su konzolne istake balkona, istake streha krovova, spojevi konstrukcija, spojevi zida i prozora, kutije za roletu, niše za radijatore, temelji i drugo. Zato na njih, pri rješavanju konstruktivnih detalja, treba obratiti posebnu pažnju. Preporuča se u glavnom i izvedbenom projektu razraditi sve bitne detalje, osobito mjesta potencijalnih toplinskih mostova, u skladu s Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama. Prozore treba ugraditi tako da su barem dijelom u razini toplinske izolacije; kutija za roletu mora biti toplinski izolirana; toplinsku izolaciju zida treba povući do temelja, a po potrebi treba izolirati i temelj. Po završetku izgradnje, kvalitetu gradnje i toplinske zaštite moguće je dodatno provjeriti termografskim snimanjem.

3.5.5. Prozori, staklene stijene, vanjska vrata

Prozor je najdinamičniji dio vanjske ovojnice zgrade, koji istovremeno djeluje kao prijemnik koji propušta sunčevu energiju u prostor te kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke te na gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem. Ako zbrojimo transmisijske toplinske gubitke kroz prozore i gubitke provjetravanjem, ukupni toplinski gubici kroz prozore predstavljaju više od 50 posto toplinskih gubitaka zgrade. Gubici kroz prozore obično 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 novim Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dok se na starim zgradama koeficijent U prozora kreće oko $3,00\text{--}3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ i više (gubici topline kroz takav prozor iznose prosječno $240\text{--}280 \text{ kWh/m}^2$ godišnje), europska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od $1,40$ do $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između $0,80\text{--}1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Preporuka za gradnju suvremene energetske zgrade je koristiti prozore s koeficijentom $U < 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

U ukupnim toplinskim gubicima prozora sudjeluju staklo i prozorski profili. Prozorski profili, neovisno o vrsti materijala od kojeg se izrađuju, mora osigurati dobro brtvljenje, prekinuti toplinski most u profilu, jednostavno otvaranje i nizak koeficijent prolaska topline. Stakla se danas izrađuju kao izolacijska stakla, dvoslojna ili troslojna, s različitim plinovitim punjenjem ili premazima koji poboljšavaju toplinske karakteristike.

Na niski U-faktor stakla utječu sljedeći čimbenici:

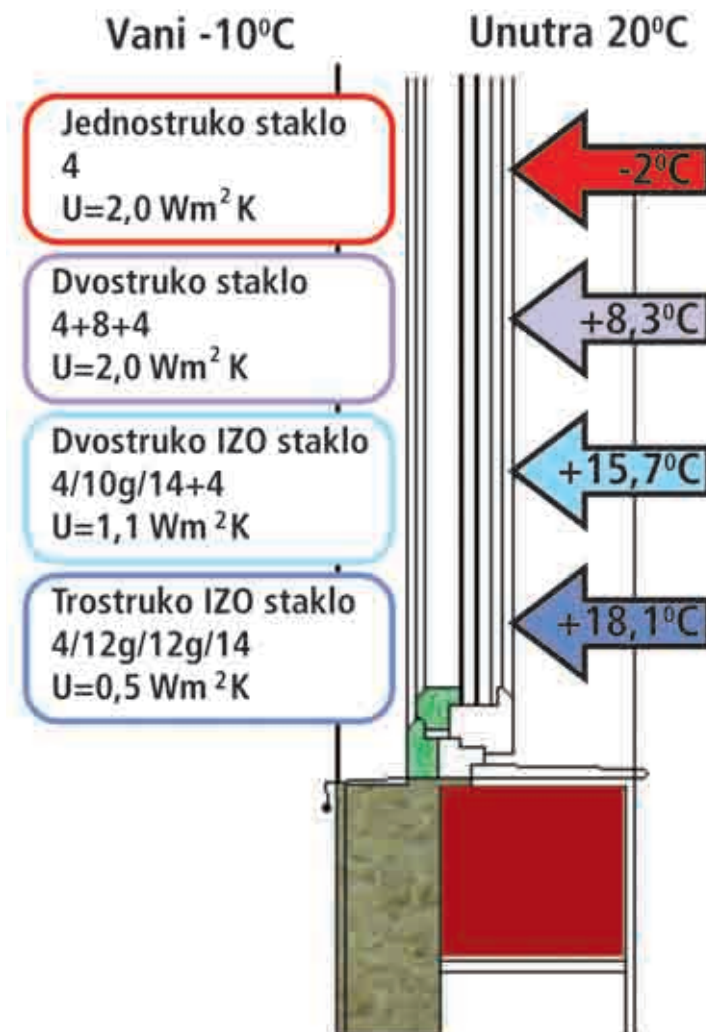
- **Debljina i broj međuprostora**
U-faktor smanjujemo većim brojem međuprostora i čim većom širinom tih međuprostora. Dakle manji U-faktor možemo postići upotrebom dvoslojnih ili troslojnih izo stakala. Npr. 4+10+4+10+4, što znači 3 stakla debljine 4 mm na razmacima od 10 mm.
- **Punjenje međuprostora**
Napunimo li međuprostor izo stakla nekim od već spomenutih plinova (argon, krypton i sl.), U-faktor će se bitno smanjiti.
- **Odabir stakla**
Debljina stakla vrlo malo utječe na U-faktor, ali ga zato upotreba stakla niske emisije (Low-e staklo) značajno smanjuje. Low-e stakla premazana su sa strane koja dolazi u međuprostor izo stakla posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja).

Koriste se različiti materijali okvira za prozore: drvo, čelik, aluminij, pvc i kombinacija materijala: drvo i aluminij, a šupljine okvira mogu se ispuniti toplinskom izolacijom. O vrsti materijala okvira ovisi debljina okvira i mogućnost ugradnje toplinski i zvučno kvalitetnog stakla. Debljine kvalitetnog prozorskog okvira su od 68 do 93 mm za pvc i drvo, dok su kod aluminija moguće i veće debljine.

Potrebno je osigurati brtvljenje stakla i samog prozorskog okvira te prozorskog okvira i doprozornika – trostruko (ili peterostruko, ovisno o broju stakala) brtvljenje kao zaštita od vjetrova, kiše i nanosa kiše kako vlaga ne bi ušla izvana. Povezivanje prozora i zida mora biti izvedeno zrakonepropusno. Tako se osigurava od prodora vlage i toplog unutrašnjeg zraka u fugu koji bi se ohladio i došlo bi do pojave kondenzata i gljivica.

Tablica 3.4. Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije ostakljenja $g_1(-)$ kod okomitog upada sunčeva zračenja, Izvor: Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, (NN 79/05)

TIP OSTAKLJENJA	$g_1(-)$
Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem zraka)	0,80
Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja zraka)	0,70
Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low_e obloga)	0,60
Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low_e obloge)	0,50
Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,50
Staklena opeka	0,60



Slika 3.23. Temperature na unutarnjoj površini stakla u ovisnosti o vrsti ostakljenja /Izvor:EIHP/



Slika 3.24. Toplinski kvalitetni profili od PVC-a, drva i aluminija



Slika 3.25. Dodatno poboljšanje toplinskih karakteristika prozora može se postići s toplinskom izolacijom u profilu i/ili ugrađenim trostrukim izo staklom

Poboljšanje toplinskih karakteristika prozora i drugih staklenih površina moguće je postići na sljedeće načine:

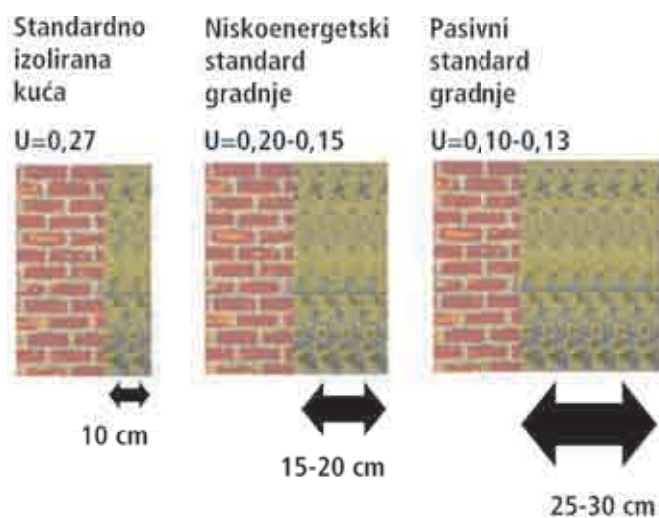
- zabrtviti prozore i vanjska vrata
- provjeriti i popraviti okove na prozorima i vratima
- izolirati niše za radijatore i kutije za rolete
- reducirati gubitke topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavom zavjesa i sl.
- zamijeniti prozore i vanjska vrata toplinski kvalitetnijim prozorima (preporuka $U < 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$).



Slika 3.26. Izolirane kutije za rolete

3.6. Pregled dostupnih materijala za toplinsku zaštitu i primjeri iz prakse

Da bi zadovoljili današnje propise i gradili u skladu sa suvremenim smjericama energetske učinkovitosti, sve vanjske konstrukcije potrebno je toplinski zaštititi. Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke zimi, pregrijavanje prostora ljeti, te štiti nosivu konstrukciju od vanjskih uvjeta i jakih temperaturnih naprezanja. Toplinski izolirana zgrada je ugodnija, produžuje joj se životni vijek i doprinosi zaštiti okoliša.

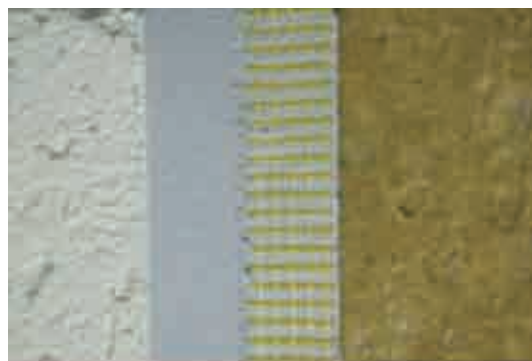


Slika 3.27. Usporedba debljina toplinske izolacije u odnosu na toplinske karakteristike vanjskog zida, Izvor: EIHP

Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetski efikasnih zgrada. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti. 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 . Vrijednost koeficijenta različita je za različite materijale, a ovisi o gustoći, veličini i povezanosti pora i stanju vlažnosti materijala. Bolju toplinsku izolaciju postizemo ugradnjom materijala niske toplinske vodljivosti, odnosno visokog toplinskog otpora. Toplinski otpor materijala povećava se s obzirom na debljinu materijala. Koeficijent prolaska topline U je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m^2 površine kod razlike temperature od 1 K , izraženo u $\text{W/m}^2\text{K}$. 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, stisljivost, trajnost, otpornost na vlagu i drugo. Također je važan i način proizvodnje materijala, te korištenje energije u proizvodnji, a i cijena. 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. Osnovna podjela toplinsko izolacijskih materijala je na anorganske i organske materijale. Najpoznatiji predstavnik anorganskih izolacija je kamena i staklena vuna, a organskih materijala polistiren – ekspanzirani i ekstrudirani, te poliuretani, odnosno poliuretanska pjena.



Slika 3.28. Kamena vuna i polistiren – najčešće korišteni materijali za toplinsku izolaciju

Mineralna vuna - kamena i staklena, dobar je toplinski izolator s toplinskom provodljivošću između 0,035 i 0,045, što je uvrštava među najbolje toplinske izolatore. To je izolacijski materijal mineralnog podrijetla za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju u graditeljstvu, industriji i brodogradnji. Mineralna vuna ima visoku otpornost na požar, paropropusna je i djelomično vodootporna. Otporna je na starenje i raspadanje, te na mikroorganizme i insekte. Koristi se u svim vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, te u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu. Jedino mjesto gdje se ne preporuča je za izolaciju podrumskih zidova pod zemljom.



Detalj presjeka zida s transparentnom izolacijom
Slika 3.29. Usporedba debljina klasične toplinske izolacije i VIP-vakumske toplinske izolacije, za istu toplinskoizolacijsku vrijednost

Osim kamene i staklene vune, na našem tržištu najviše se koristi polistiren ili stiropor. Stiropor je zapravo naziv prvog proizvedenog polistirena u Njemačkoj, 1954. godine. Naziv stiropor postao je sinonim za ekspanzirani polistiren, EPS. Zbog dobrih izolacijskih svojstava $\lambda = 0,035-0,040 \text{ W/mK}$, te niske cijene i jednostavne ugradnje, danas je to jedan od najpopularnijih izolacijskih materijala. Koristi se najviše kao toplinska zaštita, u svim vanjskim konstrukcijama, te kao plivajući pod u podnim međukatnim konstrukcijama. Ima znatno slabija protupožarna svojstva od kamene vune, a nije otporan na temperature više od 80°C . Često se koristi za toplinsku zaštitu podrumskih zidova – ekstrudirani polistiren. Ekstrudirani polistyren XPS je najčešće obojen u plavo ili ružičasto, za razliku od bijelog ekspaniranog polistirena EPS.

Poliuretanska pjena također se dosta koristi, naročito pri sanacijama krovova. Ima još bolja toplinsko izolacijska svojstva pa λ iznosi između 0,020 i 0,035 W/(m K) . Ima dobra svojstva na vlagu i temperaturne promjene. Međutim, znatno je skuplja od prva dva navedena materijala, te zbog toga nije u široj primjeni.

Na tržištu se polako pojavljuju i drugi izolacijski materijali kao što su celuloza, glina, perlit, vermikulit, trstika, lan, slama, ovčja vuna i drugi. Imaju nešto slabija izolacijska svojstva, pa su potrebne veće debljine. Ovi se materijali u svijetu koriste lokalno, prema podrijetlu i izvoru sirovine za proizvodnju. Za pravilan izbor materijala za toplinsku izolaciju potrebno je dobro poznavati njegova fizikalno-kemijska svojstva, te prednosti i mane primjene.

Tablica 3.5. Projektne vrijednosti toplinske provodljivosti za neke toplinsko izolacijske materijale, λ [W/(m·K)], , približne vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare, te usporedba relativnih troškova za ugradnju, Izvor: EIHP

TOPLINSKO-IZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTO A ρ [kg/m ³]	TOPLINSKA PROVODLJIVOST λ [W/m K]	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA $U=0,35$ W/m ² K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE μ	REL. TROŠAK ZA $U=0,35$ W/m ² K
mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162 (kamena i staklena vuna)	10 do 200	0,035 do 0,050	9-11	1	1
ekspandirani polistiren (EPS) prema HRN EN 13163 (stiropor)	15 do 30	0,035 do 0,040	9-10	60	0,80
ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	25	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
tvrda poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	30	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 do 460	0,065 do 0,09	16-20	3/5	4-6
ekspandirani perlit (EPB) prema HRN EN 13169	140 do 240	0,040 do 0,065	10-16	5	1,5-2,0
ekspandirano pluto (ICB) prema HRN EN 13170	80 do 500	0,045 do 0,055	11-14	5/10	2,0-3,0
ovčja vuna	15-60	0,040	10-11	1-2	-
slama	-	0,090 do 0,130	20-35	-	-
SPECIJALNI TOPLINSKO- IZOLACIJSKI MATERIJALI					
TRANSPARENTNA TOPLINSKA IZOLACIJA	<p>Toplinska izolacija (polikarbonat i sl.) koja omogućava prijem sunčeve energije i prijenos u zgradu, a istovremeno sprječava kao i obična toplinska izolacija gubitke topline iz zgrade. Posebno je korisna za izoliranje južnog fasadnog zida. Presjek materijala transparentne izolacije sadrži sitne kapilarne cijevi koje idu poprečno s jedne na drugu stranu ploče. Postavljanjem u presjek vanjskog zida stvara se gusta mreža kanala koji omogućuju prodor sunčevih zraka i time grijanje masivnih dijelova zidova. Na ovaj način akumulirana toplina koristi se za zagrijavanje prostora, pri čemu se učinak može dodatno pojačati postavljanjem izo stakla i toplinske rolete u zračni sloj ispred transparentne izolacije.</p>				
VAKUUMSKA TOPLINSKA IZOLACIJA	<p>Kod konvencionalne toplinske izolacije se dobra izolacijska svojstva postižu uz pomoć zraka koji se nalazi u poroznom materijalu. Ako odstranimo zrak iz materijala, izolacijska svojstva se povećavaju zbog vakuuma. Za to se koriste stisnuta staklena vlakna, polistirenska pjena i sl. Vakuumska izolacija radi se u modularnim panelima, a zbog izuzetnih izolacijskih svojstava potrebne su znatno manje debljine od konvencionalne toplinske izolacije za ista toplinska svojstva. Ova je izolacija još uvijek vrlo skupa i primjenjuje se najviše kod sanacija objekata gdje nije moguće ugraditi veće debljine izolacije zbog npr. spomeničke vrijednosti objekta.</p>				

U tablici 3.5. je dan pregled najčešćih toplinsko izolacijskih materijala, njihove toplinske karakteristike, potrebne debljine za postizanje iste razine toplinske zaštite, te relativni trošak za takvu razinu toplinske zaštite po m² izolacije. Analizirani usporedni troškovi se odnose na toplinsku izolaciju vanjskog zida. Dakle, za postizanje dobre toplinske zaštite vanjskog zida, preporučljivi koeficijent prolaska topline iznosi $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za to nam je potrebno prosječno 10 cm kamene vune ili 9 cm polistirena, ovisno o deklariranoj vrijednosti toplinske provodljivosti materijala. Za istu vrijednost trebat će nam cca 16-20 cm debljine izolacije od drvene vune ili 7-9 cm poliuretanske izolacije. Ako uspoređujemo cijene materijala na tržištu te pretpostavimo da je cijena kamene vune 1, onda je polistirenska izolacija EPS nešto jeftinija, odnosno 0,80, a ekstrudirani polistiren XPS, 2,5 puta skuplji. Poliuretanska pjena ima faktor cijene 5-8, a npr. drvena vuna 4-6. To objašnjava i najveću primjenu kamene i staklene vune, te polistirena na hrvatskom tržištu. Stvarna cijena toplinsko-izolacijskih materijala ovisi o njihovim karakteristikama, debljini i načinu primjene, a možemo istaknuti prosječnu cijenu izolacije za vanjski zid po m² za npr. mineralnu vunu koja iznosi 7,5 kuna za 1 cm debljine, odnosno cca 75 kuna za 10 cm debljine izolacije po m² (bez PDV-a).

Ogrjevna vrijednost goriva važan je podatak u predviđanjima toplinskih potreba neke zgrade te mogućnosti energetske uštede povećanjem energetske učinkovitosti. Ako analiziramo potrošnju energije za grijanje standardne obiteljske kuće od 120 m², koja nije toplinski izolirana, njezina godišnja potrošnja energije za grijanje iznosi oko 200 kWh/m² ili ukupno 24.000 kWh. Ako je energent koji se koristi za grijanje npr. plin, to znači da godišnje toplinske potrebe za tu kuću iznose 2.400 m³ plina. Za usporedbu, dobro toplinski izolirana, tzv. niskoenergetska kuća s potrošnjom energije za grijanje od oko 30 kWh/m², potrošit će godišnje oko 3.600 kWh ili 360 m³ plina, odnosno 3 m³ plina po m², što je 85 posto manja potrošnja energije za grijanje.

PRIMJERI IZ PRAKSE

Primjer 3.1: DJEČJE JASLICE IVANČICA, OSIJEK



Slika 3.30. Zgrada prije rekonstrukcije, vizualizacija mogućeg izgleda, te zgrada danas nakon rekonstrukcije

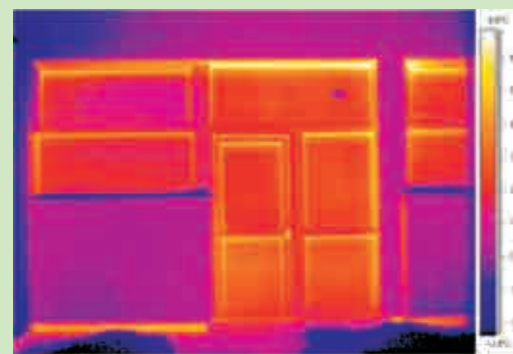
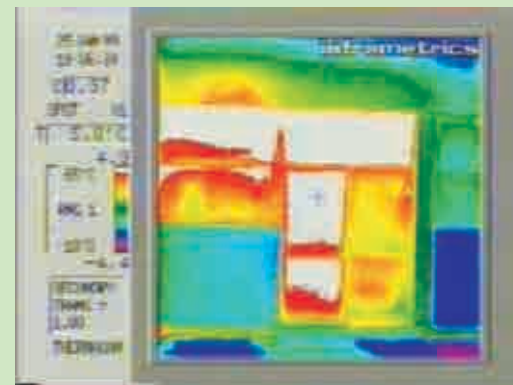
Postojeća zgrada jaslica sagrađena je 1974. godine, bez toplinske zaštite. Energetskim pregledom zgrade i provođenjem infracrvenog snimanja, s ciljem utvrđivanja toplinske kvalitete vanjske ovojnice, ustanovljeno je energetski vrlo loše stanje s prosječnom potrošnjom energije za grijanje oko 278 kWh/m². Toplinska udobnost i standard boravka djece u jaslicama bio je vrlo nizak. Rekonstrukcija je provedena s ciljem povećanja energetske učinkovitosti, na zgradi, koja je nužno morala u rekonstrukciju zbog izuzetno lošeg stanja vanjske ovojnice. Rekonstrukcija je obuhvatila:

- zamjenu postojećih staklenih stijena i prozora novima, znatno boljih termičkih karakteristika ($U=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ umjesto tadašnjih $U=3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- izvedbu dodatne toplinske izolacije vanjskih zidova s kamenom vunom debljine 10 cm, i tankoslojnom žbukom te sanaciju ravnog krova izvedbom toplinske izolacije u debljini 16 cm, te nove hidroizolacije
- manje zahvate na instalacijama - poboljšanje kvalitete rasvjete, ugradnja termostatskih ventila, izolacija cjevovoda, zamjena postojećih zatvorenih drvenih obloga na radiatorima prikladnijima, koje omogućavaju slobodnu cirkulaciju zraka

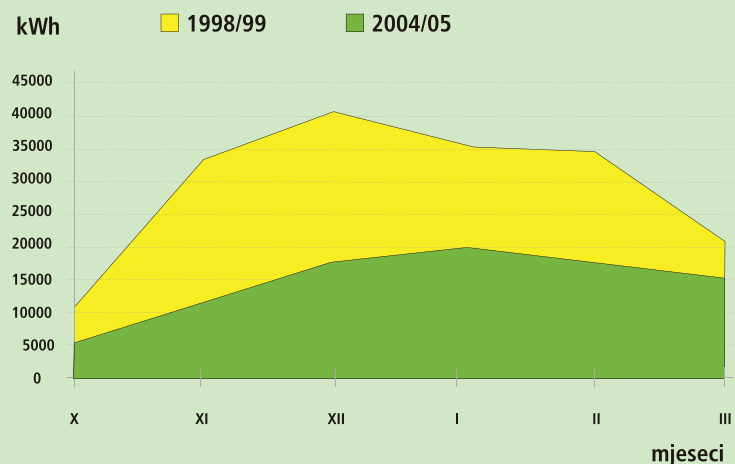
Nakon rekonstrukcije primjenom mjera energetske učinkovitosti, današnje toplinske potrebe iznose oko 70 kWh/m², što je smanjenje od preko 70 posto.



Slika 3.31. Nekoliko slika s gradilišta – zgrada je u funkciji i vrtić normalno radi



Slika 3.32. Termografska snimka prije i nakon rekonstrukcije

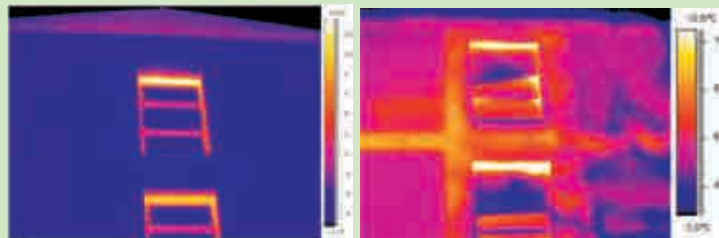


Slika 3.33. Potrošnja energije prije i nakon rekonstrukcije

Primjer 3.2 :
POSLOVNA ZGRADA HEP ELEKTRA KOPRIVNICA



Slika 3.34. Zgrada prije rekonstrukcije, vizualizacija mogućeg izgleda, te zgrada danas nakon rekonstrukcije



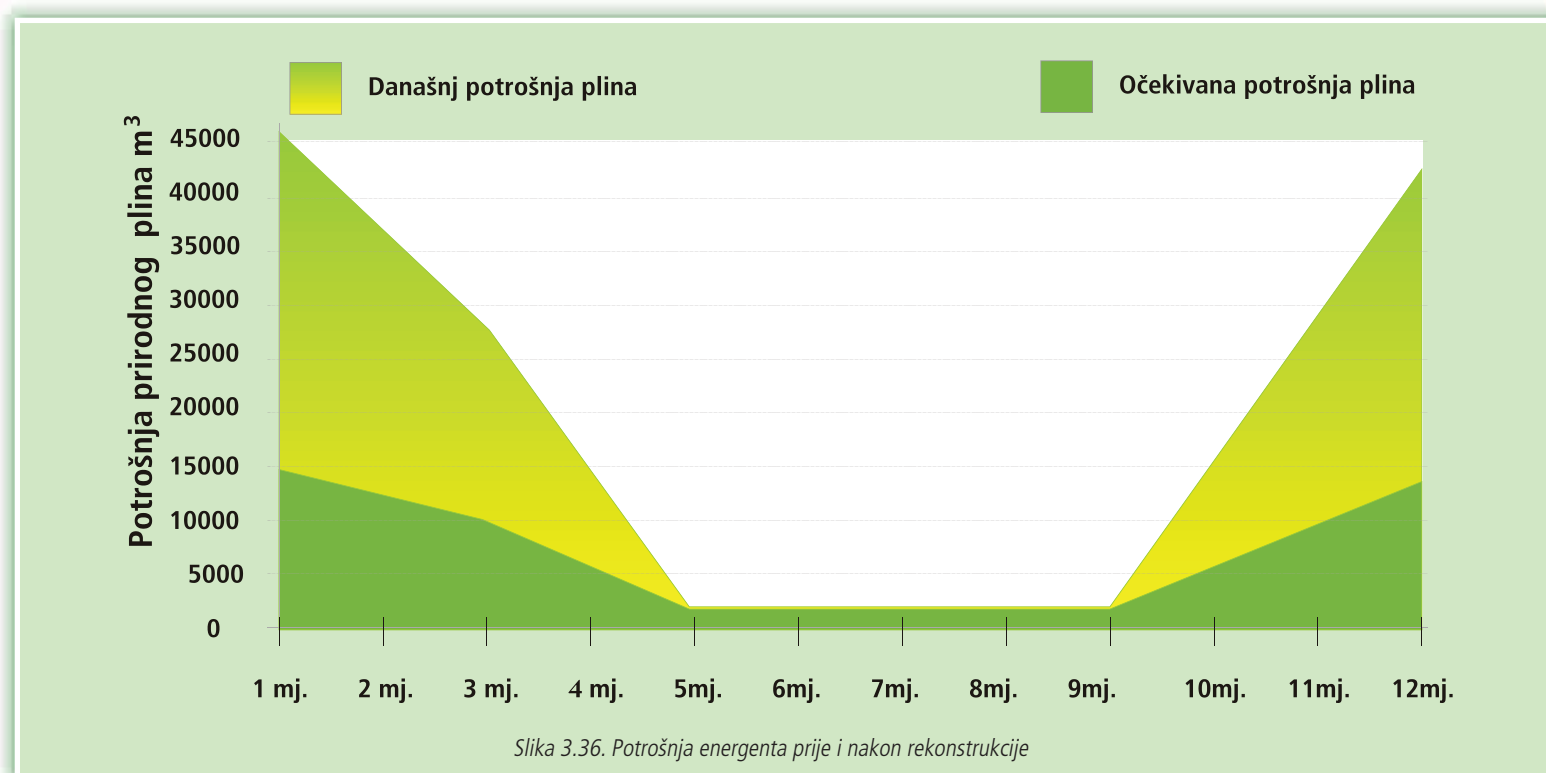
Slika 3.35. Termografska snimka prije i nakon rekonstrukcije

Postojeća zgrada građena je 1968. godine bez toplinske zaštite. Energetskim pregledom zgrade i provođenjem infracrvenog snimanja s ciljem utvrđivanja toplinske kvalitete vanjske ovojnice, ustanovljeno je energetski vrlo loše stanje s prosječnom potrošnjom energije za grijanje oko 240 kWh/m². Sanacija vanjske ovojnice zgrade obuhvatila je:

- sanaciju fasade izvedbom dodatne toplinske izolacije vanjskog zida u debljini 10 cm i sloja završne tankoslojne žbuke
- promjenu prozora, tj. kompletne fasadne stolarije i ugradnju visokokvalitetnih plastificiranih aluminijskih prozorskih okvira s prekinutim toplinskim mostom i ugrađenim izo staklom 4+16argon+6 mm, s $U=1,1-1,4$ W/m²K, s mikro-prekidačima kojima se isključuje grijanje/hlađenje pojedine prostorije prilikom provjetravanja iste
- sanaciju ravnog krova, izvedbom kosog krova blagog nagiba, te dodatnom toplinskom izolacijom stropa zadnje etaže prema negrijanom tavanu u debljini 14 cm.

Nakon rekonstrukcije primjenom mjera energetske učinkovitosti, današnje toplinske potrebe iznose oko 70 kWh/m², što je smanjenje od oko 70 posto. S obzirom da se potrošnja plina smanjuje s prosječno 40 000 m³ godišnje na oko 14 000 m³, emisije CO₂ u okoliš smanjuju se godišnje za oko 48 tona.

Poovratno razdoblje ulaganja kod svih ovako kompleksnih zahvata u povećanje energetske učinkovitosti kreće se u prosjeku od 5 do 10 godina, uz današnje cijene energije i energenata. Povećanjem cijene energije u budućnosti te uvođenjem poticaja za mjere energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije, ekonomski parametri bit će još povoljniji. Povratno razdoblje ulaganja najduži je za građevinske mjere, pa je njih važno planirati prilikom nužnih zahvata obnove i održavanja zgrada. Također je važno dobro optimirati kombinaciju mjera povećanja energetske učinkovitosti, kako bi se došlo do energetski, ekonomski i ekološki najkvalitetnijeg rješenja. Uspoređujući mjere povećanja energetske učinkovitosti povećanjem toplinske zaštite zgrade, najisplativije je toplinski izolirati strop zadnje etaže prema negrijanom tavanu, te strop negrijanog podruma. Ulaganje se vraća već u razdoblju 1-3 godine. Ulaganje u toplinsku izolaciju vanjskog zida, te ravnog ili kosog krova isplativo je u razdoblju od 3 do 10 godina, dok je izolacija poda isplativa samo u slučaju nužne izmjene podnih obloga. Najduže povratno razdoblje ulaganja, ali istovremeno i najveće uštede ostvaruju se zamjenom prozora. Zato je jako važno na nacionalnoj razini financijski poticati zamjenu i ugradnju novih visokoučinkovitih prozora za koeficijentom prolaska topline manjim od $U=1,4$ W/m²K.



Slika 3.36. Potrošnja energenta prije i nakon rekonstrukcije

3.7. Niskoenergetske i pasivne kuće

Koncept niskoenergetske kuće danas nije točno definiran, a kreće se okvirno od 30 do 40 kWh/m² godišnje potrebne energije za grijanje. Za zadovoljavanje zahtjeva pasivne kuće, potrebna energija za grijanje mora biti manja od 15 kWh/m² godišnje. U pasivnoj kući, ulaganje koje se inače koristi za grijanje prostora ovdje se koristi za više izolacije, bolje prozore i ventilaciju. Kao rezultat toga ukupna energija koja se koristi u pasivnoj kući najčešće je 2,5 puta manja od energije za niskoenergetsku kuću, a deset puta manja od prosječne potrošnje energije u zgradama danas. Pasivna kuća se danas može definirati kao građevina bez aktivnog sustava za zagrijavanje konvencionalnim izvorima energije. Popularno se naziva i kuća bez grijanja ili jednolitarska kuća, jer se energetska potrošnja takve kuće može izraziti samo jednom litrom lož ulja po m² godišnje. Godišnja potreba za zagrijavanje suvremene pasivne kuće kreće se oko 15 kWh/m² i manje, a ukupne energetske potrebe za grijanje, potrošnu toplu vodu i el. energiju iznose manje od 42 kWh/m². Ukidanjem konvencionalnog sustava grijanja pasivna kuća ostvaruje dodatne uštede i postaje ekonomski isplativa.

Za razliku od niskoenergetskih kuća, kod kojih to nije uvjet, pasivne kuće uvijek imaju mehanički sustav ventilacije s rekuperatorom.

Osnovna ideja pasivne kuće je da se oblikovanjem, orijentacijom i visokom razinom toplinske izolacije vanjske opne kuće, uz kvalitetnu ventilaciju prostora, stvori optimalna kuća koja ne treba konvencionalne izvore grijanja. Dakle, pravilo za uspješno projektiranje i optimiziranje pasivne kuće je:

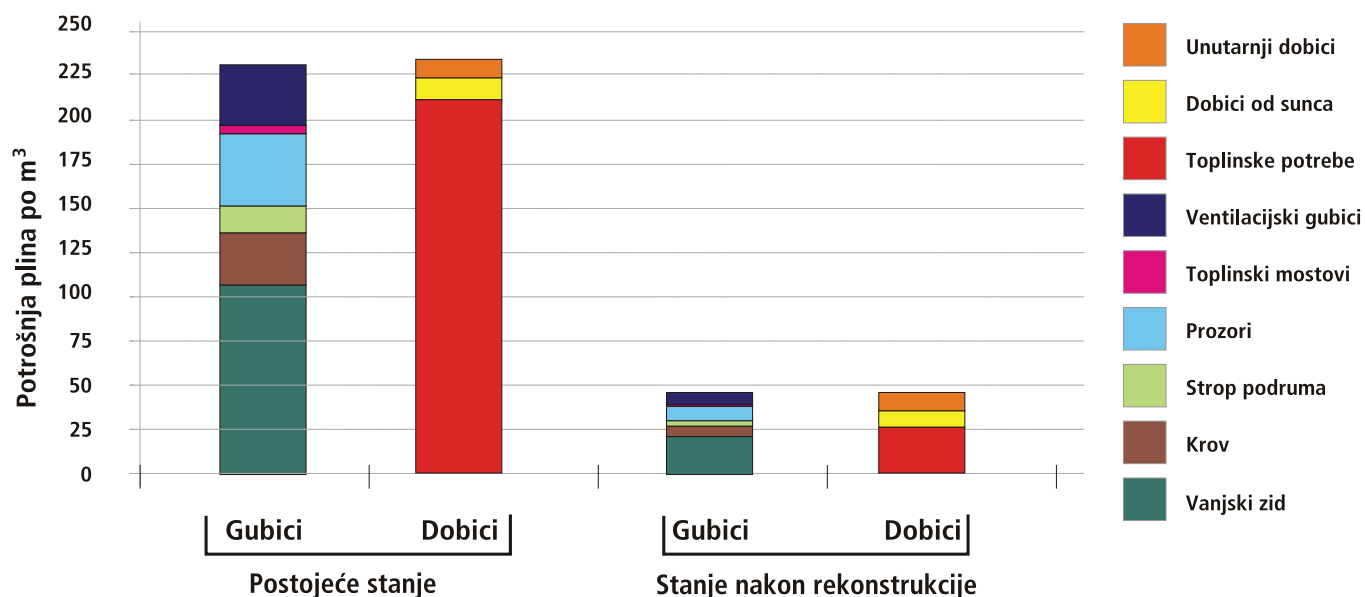
- minimizirati gubitke topline iz kuće
- maksimizirati dobitke topline u kuću
- dovesti optimalnu količinu svježeg zraka sustavom prisilne ventilacije, uz rekuperaciju dijela energije iz iskorištenog zraka

Koeficijent prolaska topline za sve građevne presjeke vanjskog omotača ne smije biti veći od 0,15 W/m²K, a prozora i vanjskih vrata 0,80 W/m²K te uz broj izmjena zraka na sat manji od 0,6.

Za energetske prinos od pasivnog zahvata sunčevog zračenja potrebna je što veća otvorenost južnog pročelja, uz izuzetno visoku razinu toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice kao i visoku zrakotijesnost uz kontroliranu ventilaciju. Za grijanje i potrošnu toplu vodu često se koriste toplinski kolektori.

Brojni realizirani projekti pasivnih kuća u Europi pokazali su da dodatne investicije u toplinsku izolaciju i ventilaciju, kompenzirano smanjenim ulaganjima u tehniku grijanja, dovode do prosječnog povećanja ukupnih troškova gradnje od oko 10-20 posto. Računajući da će se ta dodatna ulaganja kroz minimalne troškove grijanja amortizirati u prvih 10 godina korištenja kuće, dolazi se do jasnih rezultata koji ukazuju na ekonomsku opravdanost ovakve gradnje. Glavni pozitivni efekt pasivne kuće je zaštita okoliša.

Uspješni dizajn pasivne kuće podrazumijeva promatranje kuće kao jedinstvene cjeline raznih komponenti koje zajedno tvore optimalnu cjelinu u svako godišnje doba. Opskrba svježim zrakom, grijanje, hlađenje, svjetlo i naravno vanjski omotač zgrade, moraju formirati ugodan i funkcionalan prostor za život.



Slika 3.37. Energetska bilanca prosječne zgrade građene 70-tih godina, prije rekonstrukcije i bilanca nakon rekonstrukcije primjenom standarda niskoenergetske i pasivne gradnje – rekonstrukcija s faktorom 10

Pasivna kuća je pažljivo arhitektonski-građevinsko-termodinamički-ekonomsko izbalansirana kuća. Prije projektiranja konkretne građevine potrebno je analizirati prirodne datosti parcele, klimatske uvjete, i eventualne utjecaje izgrađene okoline. Orijentacijom i oblikom kući se mora omogućiti maksimalno osunčanje, izbjeći svako nepoželjno zasjenjenje, izloženost udarima vjetera, i dr.

U pasivnoj kući energetske potrebe za zagrijavanje prostora pokrivene su već opisanim standardom gradnje. Sve ostale energetske potrebe - za zagrijavanje potrošne tople vode i električnom energijom - mogu se pokriti sunčevom energijom, tj. aktivnim toplinskim i fotonaponskim sustavima te u kombinaciji s drugim obnovljivim izvorima energije, uz odgovarajuću ventilaciju prostora. Pasivna kuća arhitektonskim elementima i oblikovanjem ne odstupa posebno od konvencionalnih zgrada. Raznolikost ovakve izgradnje je svakim danom sve izraženija, a uspješnim projektom smatra se onaj koji principe pasivne arhitekture ne postavlja kao ograničenja nego ih shvaća kao nove elemente oblikovanja.

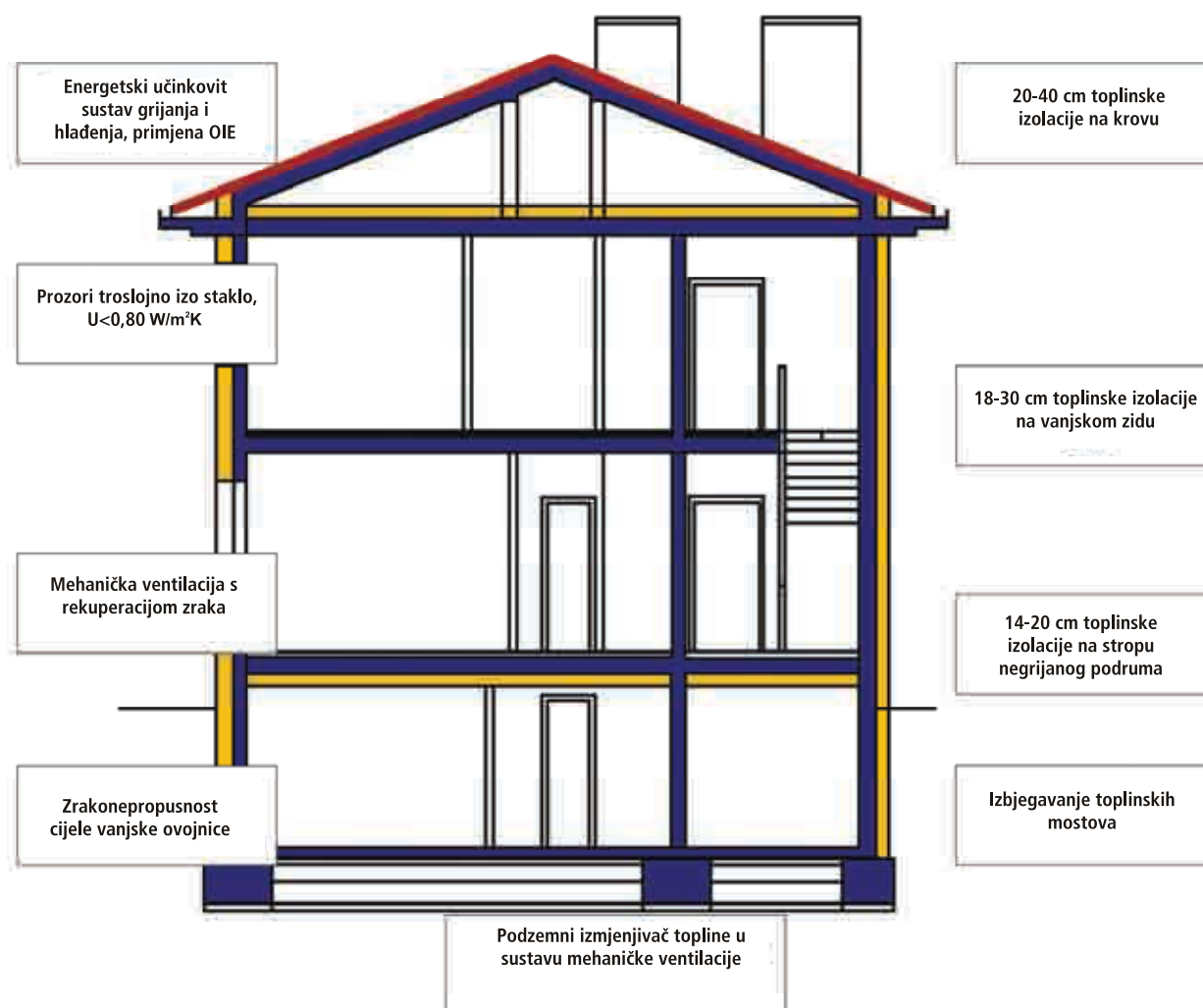
Iz dvadesetogodišnjeg istraživanja, projektiranja i realizacija niskoenergetskih i nulenergetskih kuća proizašle su slijedeće projektantske smjernice:

- smještaj na parceli - dovoljna udaljenost od drugih kuća za prihvata niskog zimskog sunca
- kuću otvoriti prema jugu, a zatvoriti prema sjeveru
- zelenilom spriječiti pretjerano osunčanje ljeti i stvoriti bolju mikroklimu
- kompaktan volumen zgrade, s ograničenom dubinom
- kvalitetan sustav zaštite od ljetnog sunca, usmjeravanje dnevnog svjetla
- građevne elemente koji mogu poslužiti i kao zaštita od sunca - istake, balkone, smjestiti na južnoj fasadi
- visoki stupanj toplinske izolacije cijele građevne opne
- izbjegavati toplinske mostove
- prozori moraju biti s minimalno dvoslojnim izo staklom, preporuka troslojno izo staklo, visoke termičke kvalitete, s dobrim brtvljenjem
- vanjska vrata s ispunom od toplinske izolacije
- smjestiti pomoćne prostorije na sjeveru
- povezati međusobno grijane prostorije
- skratiti duljine cjevovoda za grijanje i toplu vodu da bi se smanjili gubici

- prostorije slične funkcije grupirati zajedno
- optimirati orijentaciju ploha za aktivno i pasivno korištenje sunčeve energije
- zoniranje i podjela prostorija prema korisnim zonama slične unutarnje temperature
- smjestiti zidove spremnike topline tako da su izloženi suncu
- izolirati unutarnje prostorije prema negrijanim prostorijama
- težiti što većem stupnju zrakonepropusnosti građevnih elemenata. Kod uređaja za ventilaciju postaviti više zahtjeve nego kod prirodnog prozračivanja kroz prozore
- kod prozračivanja kroz prozore dati mogućnost dvostranog prozračivanja
- predvidjeti mehaničku prisilnu ventilaciju prostora
- dati mogućnost predgrijavanja zraka prije ulaska u prostor
- preporuča se kontrolirani dovod i odvod zraka s podzemnim izmjenjivačem topline i s rekuperacijom topline iz iskorištenog zraka
- odabrati nisku temperaturu sustava grijanja i kombinirati ga s obnovljivim izvorima energije
- pojačati izolaciju cjevovoda, čak i kod prolaska cijevi kroz građevni element
- poboljšati izolaciju toplinskog spremnika
- ugraditi vremenske regulatore
- planirati solarni sustav za grijanje i potrošnu toplu vodu
- ukupne toplinske potrebe svesti ispod 15 kWh/m²
- visoka toplinska izolacija prozora je važnija od solarnih dobitaka kroz velike staklene plohe u kritičnom razdoblju prosinac/siječanj
- optimalan nagib krovnih ploha za smještaj solarnih kolektora, preporuča se južna orijentacija i nagib krova ili kolektora 50- 60°
- po završetku izgradnje, provjeriti kvalitetu gradnje termografskim snimanjem
- provjeriti i pregledati sve ugrađene uređaje.

Kod preporuka za arhitektonsko oblikovanje kuće treba naglasiti da uz poštivanje osnovnih smjernica pasivne kuće, projektant može imati potpunu slobodu u projektiranju. Cilj pasivne kuće nije tipizirati i unificirati arhitektonsko oblikovanje, već naprotiv ponuditi što inventivnije rješenje s pažljivo usklađenim i optimiranim sustavom.

i optimizirati u zadovoljavajuću cjelinu. Suvremeni tzv. "daylight" sustavi koriste optička sredstva kako bi potakli refleksiju, lomljenje svjetlosnih zraka ili za aktivni ili pasivni prihvat svjetla. Suvremeni sustavi kontrole prolaska svjetla i upravljanja dnevnim osvjetljenjem novi su doprinos energetske učinkovitosti i održivom razvoju. Ti sustavi se danas uključuju u arhitekturu još u fazi najranijeg projektiranja.



Slika 3.38. Osnovno pravilo projektiranja niskoenergetskih i pasivnih kuća

U sustavu ventilacije najčešće se koristi podzemni izmjenjivač s rekuperatorom, koji omogućava predgrijavanje ulaznog zraka zimi, odnosno pothlađivanje ljeti. Uz visoku razinu toplinske zaštite, i smanjene potrebe za toplinskom energijom na ispod 15 kWh/m², konvencionalni sustav grijanja nije potreban iako ga ljudi često instaliraju jednostavno iz nepovjerenja u funkcioniranje pasivne kuće. Dodatne potrebe za toplinom umjesto sustava grijanja mogu se realizirati putem manje centralno smještene peći na pelete/brikete, koja će u najhladnijim danima sasvim sigurno dati dovoljnu ugodu topline prostora.

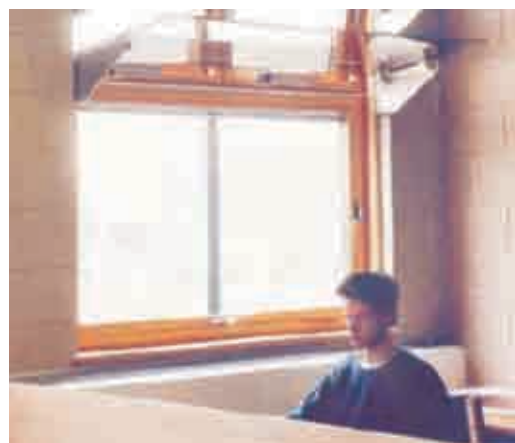
Kako bi se minimizirala ukupna potrošnja energije pasivne kuće, preporuča se korištenje štedne rasvjete i visokoučinkovitih kućanskih uređaja.

U ukupnoj energetskoj bilanci kuće važnu ulogu igraju i toplinski dobici od Sunca. U suvremenoj arhitekturi puno pažnje posvećuje se prijehu Sunca i zaštiti od pretjeranog osunčanja, jer se i pasivni dobici topline moraju regulirati

Pretjerano zagrijavanje ljeti treba spriječiti sredstvima za zaštitu od Sunca, usmjeravanjem dnevnog svjetla, zelenilom, prirodnim provjetranjem i sl. Zbog djelotvorne zaštite od preintenzivnog osvjetljenja primjenjuju se sljedeća rješenja:

- arhitektonska geometrija: zelenilo, trijemovi, strehe, nadstrešnice, balkoni i dr.
- elementi vanjske zaštite od sunca: razni pokretni i nepokretni brisoleji, vanjske žaluzine, rolete, tende, inteligentna pročelja, suvremena ostakljenja i dr.
- elementi unutarnje zaštite od sunca: rolete, žaluzine, roloji, zavjese i dr.
- elementi unutar stakla za zaštitu od sunca i usmjeravanje svjetla - holografski elementi, reflektirajuća stakla i folije, staklo koje usmjerava svjetlo, staklene prizme i dr.

Bez obzira na vrstu zaštite od sunca treba nastojati ugraditi maksimalno efikasna sredstva. Ukoliko se radi o klasičnim roletama, posebnu pažnju treba obratiti na toplinsku izolaciju kutija za rolete, te na mogućnost ugradnje dodatno toplinski izoliranih lamela plastičnih ili aluminijskih roleta.



Slika 3.39. Vanjska zaštita od sunca kao element arhitekture

PRIMJERI NISKOENERGETSKIH I PASIVNIH KUĆA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Primjer 3.3: KONCEPT ENERGETSKI SAMOSTOJNE EKOLOŠKE KUĆE NA OTOCIMA

Ideja kuće je energetska neovisna kuća bez aktivnog sustava za grijanje i bez priključaka na komunalnu infrastrukturu. Analizirana je primjenjivost tako optimirane kuće za razvoj seoskog turizma u uvjetima gdje ne postoji mogućnost priključka na komunalnu infrastrukturu

$$Q_{\text{ukupno}} = (Q_{\text{trans}} + Q_{\text{vent}}) - Q_{\text{dobici}} < 15 \text{ kWh/m}^2$$



Slika 3.40. Primjer pasivne energetska neovisne kuće

Koncept pasivne kuće kao kuće bez aktivnog sustava za zagrijavanje ili kao energetska neovisne kuće vrlo je zanimljiv u kontekstu razvoja hrvatskih otoka i turizma na njima. Poseban problem energetike na otocima je struktura utrošenih energenata, odnosno vrlo velika zastupljenost el. energije za podmirivanje toplinskih potreba kao i ogrjevnog drveta u kućanstvima. Osnovna ideja pasivne kuće je da se oblikovanjem, orijentacijom i visokom razinom toplinske izolacije vanjske ovojnice kuće, uz kvalitetnu ventilaciju prostora, stvori optimalna kuća koja ne treba konvencionalne izvore grijanja:

Gradnja kuće predviđena je klasično, samo sa znatno poboljšanom razinom toplinske izolacije cijele vanjske ovojnice i visokokvalitetnim prozorima s troslojnim izo staklom. Fotonaponske ćelije imaju i ulogu horizontalnih brisoleja na fasadi za zaštitu od ljetnog sunca, a istovremeno proizvode električnu energiju. Toplinski kolektori smješteni su vertikalno na fasadi, u sklopu zida. Potrebe za grijanjem i hlađenjem znatno su smanjene, zahvaljujući pasivnom standardu gradnje, dok solarni kolektori i fotonaponske ćelije pokrivaju veći dio potreba za grijanjem i el.energijom. Preostali mali dio energetskih potreba moguće će zadovoljiti mikrokogeneracijom u otočnom radu.

Znatno povećani nivo toplinske zaštite, povećava troškove gradnje u odnosu na klasičnu gradnju za 10-12%, a deseterostruko smanjuje gubitke topline kroz vanjsku ovojnicu: s cca 150 kWh/m² na manje od 15 kWh/m². Primjena obnovljivih izvora energije za toplinu i el. energiju poskupljuje troškove izvedbe instalacija kuće, a ukupno gledano gradnju poskupljuje za max. 30%. Ako uzmemo u obzir da se potpuno ukida konvencionalni sustav grijanja i svi troškovi vezani uz održavanje tog sustava, da je godišnja potrošnja topline takve kuće ispod 15 kWh/m², te ako uračunamo troškove dovođenja priključka el. energije na takvu lokaciju, u tom trenutku koncept energetska samostojne pasivne kuće postaje ekonomski isplativ već pri samoj realizaciji, a naravno i dugoročno gledano. Sustav je još ekonomski isplativiji ako se takve kuće grupiraju u sela ili naselja od 8-10 kuća, kada se veći dio energetskog sustava može riješiti centralno.

Primjer 3.4: Niskoenergetska kuća – Čakovec (2008.)

Grijana neto površina zgrade: $A_K = 143,75 \text{ m}^2$
Grijana bruto zapremina zgrade: $V_E = 470,00 \text{ m}^3$
Projektirana potrebna energija za grijanje $Q_H'' = 16,32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Udio obnovljive energije: 86%

Koeficijent prolaza topline elemenata vanjskog plašta zgrade:

- VZ1 – vanjski zid $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- VZ2 – zidovi prema negr. prostoru $U_c = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- P1 – pod na tlu $U_c = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- K1 – kosi krov $U_c = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- S1 – strop iznad otvorenog prostora $U_c = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Prozori $U = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
drvoaluminijски prozor s trostrukim ustakljenjem, staklo 4b/12Ar/4/12Ar/b4 punjeno argonom s dvostrukim reflektirajućim slojem $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_w = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ulazna vrata:

- drvena vrata s aluminijskom oblogom punjena fenolnim pločama $U_p = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max = $2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Primijenjena tehnologija:

- centralno podno niskotemperaturno grijanje – priprema ogrjevnog medija vrši se toplinskom crpkom okolina/voda, sa spremnikom topline zapremine 500 l s dvije medijske grijalice, s el. priključkom 650 W (područje rada crpke +7 do +35°C), te dodatnim el. grijačem 2 kW. Spremnik ima funkciju međuspremnik u sustavu
- bojler za pripremu PTV, bivalentni, s dvije medijske grijalice (moguć kotao i solarni kolektori) zapremine 500 l, s dodatnim el. grijačem 2 kW.
- vakuumski solarni kolektori neto površine 3,21 m², 7 kom – ukupno 22,47 m²
- električno podno grijanje u prostoru kupaonica toplinskog učina 150 W/m² – nije uključeno u energetska bilancu zgrade
- ventilacijski uređaj s rekuperatorom topline Helios KWLC 350 SEH s el. dogrijačem snage 1 kW, s podzemnim izmjenjivačem topline zemlja/zrak duljine 60 m, ukopan na dubini 200 cm.
- fotonaponski paneli s inverterom, postavljeni na stupovima s tracker-om za praćenje kretanja Sunca. Paneli površine 4 i 16 m².
- staklenik ispred prostora dnevnog boravka s autonomno upravljanim zaklopkama i prestrujavanjem toplog zraka iz staklenika u dnevni boravak površine 8 m².
- hlađenje prostora predviđeno kao pasivno – noćno hlađenje prostora poprečnom ventilacijom građevine kroz prostor dnevnog boravka i galerije na katu, te kao aktivno površinsko hlađenje, prostrujavanjem bunarske vode stalne temperature 13°C kroz instalaciju podnog grijanja.



Slika 3.41. Niskoenergetska kuća - Čakovec

Primjer 3.5: Niskoenergetska kuća – Mala Mlaka (2007.)

Grijana neto površina zgrade: $A_K = 256,06 \text{ m}^2$
Grijana bruto zapremina zgrade: $V_E = 1068,80 \text{ m}^3$
Projektirana potrebna energija za grijanje $Q_H'' = 29,02 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (max dopuštena $81,83 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Koeficijent prolaza topline elemenata vanjskog plašta zgrade:

- VZ1 – vanjski zid $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- VZ2 – zidovi prema negrijanom prostoru $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- P1 – pod na tlu $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- P2 – pod iznad podruma $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- S1 – strop iznad otvorenog prostora $U_c = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- S2 – strop prema tavanu $U_c = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{\text{max}} = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Prozori $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- drvoaluminijски prozor s trostrukim ustakljenjem, staklo 4b/12Ar/4/12Ar/b4 punjeno argonom s dvostrukim reflektirajućim slojem $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_w = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$
- drvoaluminijски vezani prozor s ustakljenjem 4/16/14g/b4 $U_w = 1,0 (0,94) \text{ W/m}^2\text{K}$

Ulazna vrata:

- drvena vrata s aluminijskom oblogom punjena fenolnim pločama $U_p = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max = $2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Sustav grijanja i ventilacije:

- etažni kondenzacijski bojler toplotnog učina 21 kW, sa spremnikom potrošne tople vode s recirkulacijskom crpkom $V = 150 \text{ l}$
- centralno podno i radijatorsko niskotemperaturno grijanje – podno grijanje u prostorima kupaonica i kuhinje, te radijatorsko grijanje s pločastim radijatorima s termostatskim ventilima u ostalim prostorijama
- ventilacijski kompaktni uređaj s rekuperatorom topline Helios KWLC 350, kapaciteta 350 m³/h, s predgrijavanjem dolazne struje zraka električnim grijačem snage 1 kW, smješten na tavanu iznad gospodarstva/kotlovnice.

Zaštita od prekomjerne insolacije ljeti:

- vanjske žaluzine s podžbuknom kutijom za žaluzine, lamele širine 80 mm, na ustakljenim stijenama i prozorima orijentiranim prema jugoistoku i jugozapadu u prostoru atrija
- žaluzine unutar prozora krilo na krilo s trostrukim ustakljenjem na ostalim prozorima orijentiranim prema jugoistoku.



Slika 3.42. Niskoenergetska kuća – Mala Mlaka

Primjer 3.6 : Niskoenergetska kuća – Sv. Ivan Zelina (2007.)

Grijana neto površina zgrade: $A_K = 294,24 \text{ m}^2$
 Grijana bruto zapremina zgrade: $V_E = 1166,00 \text{ m}^3$
 Projektirana potrebna energija za grijanje $Q_{H,r} = 13,15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (max dopuštena $72,31 \text{ kWh/m}^2\text{a}$)

Koeficijent prolaza topline elemenata vanjskog plašta zgrade:

- VZ1 – vanjski zid $U_c = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- VZ2 – zidovi prema negr. prostoru $U_c = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- VZ3 – zidovi prema tlu $U_c = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- P1 – pod na tlu $U_c = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- P2 – pod iznad podruma $U_c = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- S1 – strop iznad negrijanih prostora $U_c = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- S2 – strop prema tavanu $U_c = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U_{max} = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Prozori $U = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- drvoalumijski prozor s trostrukim ustakljenjem, staklo 4b/12Ar/4/12Ar/b4 punjeno argonom s dvostrukim reflektirajućim slojem $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_w = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$
- drvoalumijski vezani prozor s ustakljenjem 4//6/14g/b4 $U_w = 1,0 (0,94) \text{ W/m}^2\text{K}$

Ulazna vrata:

- drvena vrata s aluminijskom oblogom punjena fenolnim pločama $U_b = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$ (max = $2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Sustav grijanja i ventilacije:

- ventilacijski kompaktni uređaj s rekuperatorom topline KWLC 350, kapaciteta $350 \text{ m}^3/\text{h}$, s predgrijavanjem dolazne struje zraka električnim grijačem snage 1 kW ; ukupno korištena 2 uređaja u paralelnom spoju zbog optimalnograda s najvećim stupnjem povrata topline
- lokalno podno električno grijanje u kupaonicama toplinskog učina max 150 W/m^2
- solarno zagrijavanje potrošne tople vode pločastim kolektorima površine 2 m^2 , ukupno 3 kom, s trivalentnim premnikom tople vode zapremine 300 l , te dodatnim električnim grijačem $2,0 \text{ kW}$.
- u planu je i ugradnja toplinske pumpe toplotnog učina $1,65 \text{ kW}$ u sklopu sustava ventilacije, koja će se koristiti za dogrijavanje PTV korištenjem preostale topline otpadnog zraka ili oduzimanjem topline ulaznom zraku u ljetnom razdoblju, čime će se povećati udobnost ljetnog boravka u kući.

Zaštita od prekomjerne insolacije ljeti:

- žaluzine unutar prozora krilo na krilo s trostrukim ustakljenjem na prozorima orijentiranim prema jugu i istoku.



Slika 3.43. Niskoenergetska kuća – Sv. Ivan Zelina

3.8. Zaključak

Energetska učinkovitost, korištenje obnovljivih izvora energije i zaštita okoliša, najaktualnije su teme na početku novog tisućljeća. Stalni porast cijene energenata i činjenica da su konvencionalni izvori energije ograničeni i iscrpljivi, te razvoj svijesti o uštedi energije i zaštiti okoliša, dovodi pitanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu i korištenja obnovljivih izvora energije u zgradama na vrlo bitno mjesto u razvijenom svijetu. Projektiranje je danas, više nego ikad prije, multidisciplinarna aktivnost u kojoj svi sudionici u projektiranju, a kasnije i u gradnji i održavanju moraju od samog početka biti uključeni na koordiniranoj provedbi projekta, odnosno gradnje i održavanja. Već u fazi idejnog projekta potrebno je donijeti određene odluke vezano uz energetiku zgrade te ih uključiti u projektiranje na samom početku. To se posebno odnosi na niskoenergetsku potrošnju i primjenu energetske učinkovitih sustava grijanja i hlađenja, ventilacije te obnovljivih izvora energije u zgradama. Pojavljuje se sve veća potreba za planiranjem i modeliranjem energetske potrošnje i uvođenjem energetskog menadžmenta u nove, ali i postojeće zgrade.

Korisnici stanova, kuća i poslovnih prostora danas ipak sve više žele znati u kakvom prostoru žive i rade, koliko troše energije za postizanje željenog standarda i kako se to odražava na zaštitu okoliša i klimatske promjene. Sve je veći interes za racionalizacijom energetske potrošnje, uz zadržavanje ili povećanje standarda i ugone boravka u prostoru. Arhitektura danas mora biti usmjerena prema održivoj gradnji, a istovremeno mora korisniku osigurati mogućnost izbora.

Postojeći sektor zgrada u Hrvatskoj vrlo je problematičan zbog velike neracionalnosti u potrošnji energije, velikih gubitaka zbog loše toplinske zaštite i nerazvijene svijesti korisnika o potrebi za štednjom energije. Prije svakog zahvata u povećanje energetske učinkovitosti bit će potrebno provesti energetske pregled ili audit zgrade kako bi se utvrdilo stvarno stanje energetike i predložile potencijalne mjere povećanja energetske učinkovitosti. Prilikom rekonstrukcije treba razmotriti nacionalne mogućnosti sufinanciranja povećanja energetske učinkovitosti.

Akcijски plan za energetske učinkovitost, niz direktiva i poticajnih mehanizama, te obvezna energetska certifikacija zgrada u EU, svakako govore u prilog važnosti upravljanja energijom u zgradama. Implementacija EU Direktive 2002/91/EC o energetskim značajkama zgrada i ciljevi zaštite okoliša, stvorili su važan okvir za energetske i ekološku obnovu zgrada.

Zgrade su najveći pojedinačni potrošač energije, a time i veliki zagađivač okoliša. Zbog dugog životnog vijeka zgrada, njihov je utjecaj na okoliš u kojem živimo dug i kontinuiran i ne možemo ga zanemarivati. Stalno rastuće cijene energije i energenata u posljednjih 30-tak godina, rezultirale su razvojem zakonske regulative sa sve strožim zahtjevima za povećanjem energetske učinkovitosti zgrada, a podigla se i svijest kod korisnika o potrebi štednje energije. To je svakako reguliralo implementaciju mjera energetske učinkovitosti u novogradnjama. Međutim, postojeće zgrade, s nizom godina korištenja iza sebe, te s velikim postotkom udjela u ukupnoj arhitekturi danas, predstavljaju velike potrošače energije i veliki problem za energetske situaciju u Hrvatskoj. Nagli razvoj izgradnje 50-tih i 60-tih godina, rezultirao je izgradnjom velikog broja zgrada koje su danas registrirane kao veliki potrošači energije i koje je potrebno sustavno obnavljati, a predstavljaju veliki postotak postojeće izgradnje. Potencijal uštede energije u sektoru postojeće arhitekture znatno je veći od onog koji možemo postići projektiranjem suvremenih niskoenergetskih

zgrada. Projekti održive obnove postojećih zgrada danas mogu djelovati kao svojevrsni urbanistički i arhitektonski poticaji, kao i polje za primjenu inovativnih tehničkih i tehnoloških rješenja.

Pitanje toplinske zaštite zgrada igra važnu ulogu i u novogradnjama i pri rekonstrukciji postojećih zgrada. Uštede energije kreću se od 30 pa do visokih 80 posto i više kod suvremenih rješenja niskoenergetskih i pasivnih kuća. Povratno razdoblje ulaganja u toplinsku zaštitu kao dio energetike zgrade danas u Hrvatskoj zbog relativno niske cijene energije, te visoke cijene materijala za toplinsku zaštitu, kreće se uglavnom od 5 do 10 pa i više godina. Međutim, porastom cijene energenata, te razvojem sustava poticaja energetske učinkovitosti, u budućnosti možemo očekivati i znatno brže povrate ulaganja. Ono što je neosporno, to je značajan doprinos zaštiti okoliša i smanjenju emisija štetnih plinova u okoliš, u povećanu udobnost, standard i kvalitetu života.

Literatura

- ¹Vuk, B., Brajković, J., Matić, d., (et.al.), (2006.), *Energija u Hrvatskoj: godišnji energetske pregled 2005*, Zagreb, MINGORP, EIHP
- ²Gračić, G., Jelavić, B. (et.al.), (1998.), *Nacionalni energetske programi*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
- ³Kolega, V. (1998-), *KUENZgrada – Program energetske efikasnosti u zgradarstvu: prethodni rezultati i buduće aktivnosti*, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
- ⁴Hrs Borković, Ž. et al. (2007.) *Energetska efikasnost u zgradarstvu – Vodič za sudionike u projektiranju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada*, Zagreb, EIHP/HEP TOPLINARSTVO
- ⁵Hrs Borković, Ž., Percan, D. (2005.) *Utjecaj povećanja energetske efikasnosti i implementacije EU direktive 2002/91/EC o energetskim karakteristikama zgrada na smanjenje emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj*, EIHP, Zagreb
- ⁶Hrs Borković, Ž. (2003.) *Procjena mogućih ušteda energije za etalonsku zgradu sukladno starosti i vrsti gradnje*, EIHP, Zagreb
- ⁷Richarz, C., Schultz, C., Zeitler, F. (2006.), *Energy – Efficiency Upgrades, Edition Detail*, Birkhauser-Publishers for Architecture, Basel, Boston, Berlin
- ⁸Porteous, C., (2002.), *The new Eco Architecture, Alternatives from the Modern Movement*, Spon Press, London
- ⁹Radermacher, F.-J. (2003.), *Ravnoteža ili razaranje, Eko-socijalno-tržišno gospodarstvo kao ključ svjetskog održivog razvoja*, Intercon – Nakladni zavod Globus, Zagreb
- ¹⁰Schittich, Ch., (2003.), *In DETAIL: Solar Architecture – Strategies – Visions – Concepts*, Birkhauser-Publishers for Architecture, Basel, Boston, Berlin
- ¹¹Gonzalo, R., Habermann, K.J. (2006.), *Energy-efficient Architecture – Basics for planning and construction*, Birkhauser-Publishers for Architecture, Basel, Boston, Berlin
- ¹²Bachman, R. Leonard (2002.), *Integrated Buildings, The Systems Basis of Architecture*, John Wiley&Sons, inc.
- ¹³*A Green Vitruvius – Principles and Practice of Sustainable Architectural Design (1999.): Thermie Program of the EC DGXVII, by EU Commission, Architects' Council of Europe, University College Dublin, Softech and the Finnish Association of Architects & SOFTECH, James & James Science Publishers Ltd.*
- ¹⁴Santamouris, M., (2005.), *Energy Performance of Residential Buildings, a practical guide for energy rating and efficiency*, James & James Science Publishers Ltd, London
- ¹⁵Bueren, van, E., (2001.), *Sustainable building policies: Exploring the implementation gap*.
- ¹⁶V. Maiellaro, N., *Towards sustainable building*, 29-41. KluwerAcademic Publishers, Amsterdam
- ¹⁷Clarke, J., (2001.), *Energy simulation in building desing*. Butterworth-Heinemann, Oxford
- Erlandsson, M., Levin, P., 2004: *Environmental assessment of rebuilding and possible performance improvements effects on a national scale. Building and Environment* 39: 1453-1465.
- ¹⁸Flade, A., Hallman, S., Lohmann, G., Mack, B. (Ur.), (2003.), *Wohnkomfort im Passivhaus*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt
- ¹⁹John, G., Clements-Croome, D., Jeronimidis, G., (2005.), *Sustainable building solutions: a review of lessons from the natural world. Building and Environment* 40: 319-328.
- ²⁰SUREURO - Sustainable Refurbishment Europe. <http://www.sureuro.com>
- The Future of Architecture, Propositions for the Built Environment, White Book (2002.), UIA, International Union of Architects, Paris*
- ²¹*Architecture and Quality of Life, A Policy Book by the Architects' Council of Europe (2004.), ACE, Brussels*
- ²²*Direktiva 2002/91/EC o energetskim značajkama 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)*
- ²³*Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)*
- ²⁴*Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05)*
- ²⁵*Commission of the European Communities: Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential [SEC(2006)1173], [SEC(2006)1174], [SEC(2006)1175] Akcijski plan za energetske učinkovitost: prepoznavanje potencijala*
- ²⁶Sitar, M., Korošak, D., Kranjc, K. (2005.) *Trajnostni vidiki renovacije većstambenih zgrada / Sustainable aspects of renewal of multi-apartment buildings*, AR, Arhitektura raziskave, Architecture Research, Fakulteta za arhitekturo, 2005/2, 38-43
- ²⁷Ctt - Centar za transfer tehnologije, Laboratorij za toplinu i toplinske uređaje Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, IZOBRAZBA TERMOGRAFERA prema normi HRN EN 473, Stupanj I, FSB, Zagreb, 2007.
- ²⁸Hrs Borković, Ž., Suša, M. (2005.) *Primjena IC termografije u zgradarstvu*, Zagreb, Interklima, EGE, 4/2005.
- ²⁹*Projekti niskoenergetskih i pasivnih kuća – Septum d.o.o. Ovlašteni projektant Toni Borković*



4. Grijanje stambenih prostora



4. GRIJANJE STAMBENIH PROSTORA

4.1. Opći pojmovi

Energija – je sposobnost tijela za obavljanje rada.

Toplinska energija jedan je od oblika energije, i kako je već rečeno prema međunarodnom sustavu jedinica SI jedinica za energiju je "džul" (Joule, $J=Nm$). U praksi se često koristi jedinica kilovatsat ($1kWh=3600J$).

Potrebna količina topline - količina topline potrebna za zagrijavanje mase m , s temperature T_1 na temperaturu T_2 uz poznatu prosječnu vrijednost specifičnog toplinskog kapaciteta, računa se prema:

$$Q = m * c * (T_1 - T_2), [kJ] \quad (4.1.)$$

Specifični toplinski kapacitet, c [kJ/kgK] - predstavlja količinu topline Q koja masu m od 1 kg zagrije za 1K. Za većinu tehničkih problema može se uzeti kao konstanta.

Snaga, P [W] – je rad izvršen u jedinici vremena i jedinica mu je "vat" (Watt). Prema međunarodnom sustavu jedinica SI slijedi;

$$W = \frac{J}{s} = \frac{Nm}{s}$$

Što je kraće vrijeme izvršenja rada to je snaga veća.

Toplinski tok – toplinski tok je ekvivalentan snazi i predstavlja prenesenu količinu topline u jedinici vremena.

$$\Phi = \frac{m * c * \Delta T}{t}, [kJ/s], [kW] \quad (4.2.)$$

Maseni protok – potreban maseni protok za ostvarenje traženog toplinskog toka (snage), određuje se prema;

$$q_m = \frac{\Phi}{c * \Delta T}, [kg/s] \quad (4.3.)$$

Stupanj djelovanja – jest omjer korisno dobivenog rada ili snage i utrošenog rada ili snage.

$$\eta = \frac{W_d}{W_u} = \frac{P_d}{P_u} \quad (4.4)$$

Učinkovitost, iskoristivost – predstavlja odnos dobivene količine topline ili toplinskog toka i utrošene količine topline ili unesenog toplinskog toka. Ovaj se pojam često upotrebljava u toplinskim procesima.

$$\eta_i = \frac{Q_d}{Q_u} = \frac{\Phi_d}{\Phi_u} \quad (4.5.)$$

Kod dizalica topline i rashladnih uređaja koristi se pojam faktor grijanja odnosno faktor hlađenja COP (Coefficient of Performance) koji predstavlja kod dizalice topline odnos dobivenog toplinskog toka i unesene snage za pogon kompresora.

$$\epsilon_{DT} = \frac{\Phi_G}{P_K} \quad (4.6.)$$

Faktor pretvorbe lijevokretnih kompresijskih procesa je veći od jedan. Kod rashladnog uređaja odnos dobivenog rashladnog toka i unesene snage za pogon kompresora.

$$\epsilon_{RU} = \frac{\Phi_H}{P_K} \quad (4.7.)$$

Prolaz topline – predstavlja toplinski tok koji prelazi s nekog fluida na krutu stjenku te sa stjenke na drugi fluid i računa se uz poznavanje koeficijenta prolaza topline U i površine A , preko koje se prolaz topline odvija.

$$\Phi = U * A * (T_1 - T_2), [W] \quad (4.8.)$$

gdje su:

U , W/m^2K – koeficijent prolaza topline

A , m^2 – površina

T_1 i T_2 , K – temperature toplijeg i hladnijeg fluida

4.2. Ponašanje ljudskog tijela i osjećaj ugone

Zadatak grijanja je osiguranje odgovarajućih uvjeta u prostoru kako bi se ostvarila toplinska ravnoteža između ljudskog tijela i njegove okoline i time ostvario osjećaj ugone. Faktori koji utječu na ugodnost su osim odjeće i fizička aktivnost, temperatura zraka, temperatura zidova, vlažnost zraka, brzina strujanja zraka i njegova kvaliteta. Grijanjem prostorija može se utjecati samo na dva od navedenih faktora a to su temperatura zraka i temperatura zidova. Na ostale faktore može se utjecati samo putem sustava klimatizacije prostora.

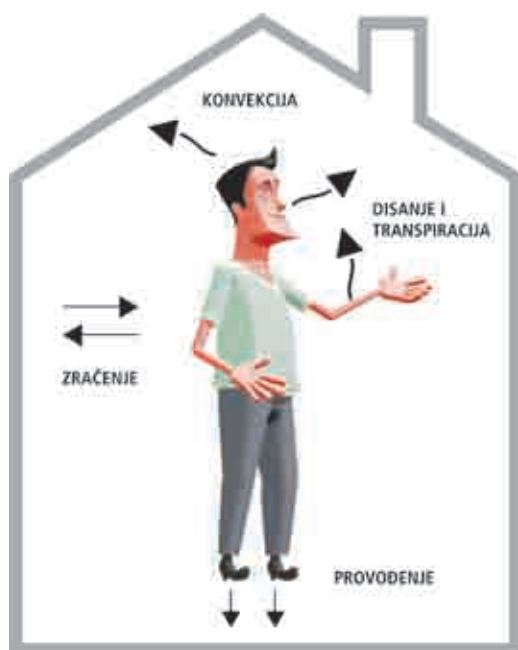
Reakcije tijela na pojedine uvjete u kojima se ono nalazi možemo podijeliti u dvije skupine, na aktivne i pasivne reakcije. U aktivne se reakcije ubrajaju one svjesne, poput odijevanja i razodijevanja i one nesvjesne poput znojenja i drhtanja. S druge pak strane pasivne reakcije tijela predstavljaju izmjenu topline s okolišem koja nastaje kao posljedica temperaturnih razlika između tijela i okoline i uvjeta u kojima se prijenos topline odvija.

Toplinska ravnoteža između tijela i njegove okoline, rezultat će promjenom temperature tijela, dakle njezinim snižavanjem u slučaju kad je toplina koja se u tijelu generira manja od one koja se s tijela predaje okolini ili njezinim porastom, u slučaju kad se sva toplina generirana u tijelu ne uspijeva predati okolini. Oba ova slučaja u svojim ekstremima mogu biti opasna po zdravlje.

Ljudsko tijelo ima vrlo učinkovit mehanizam za održavanje temperature tijela koja se održava na približno $37^\circ C$. Kada se tijelo pregrijava, iniciraju se dva procesa: prvo se krvni sudovi šire, povećavajući protok krvi prema površini kože, čime se postiže povećano odavanje topline prema okolini, a u određenom trenutku tijelo se počinje znojiti. Znojenje je učinkovit mehanizam za hlađenje tijela zbog toga što se energija potrebna za ishlapljivanje znoja uzima s kože.

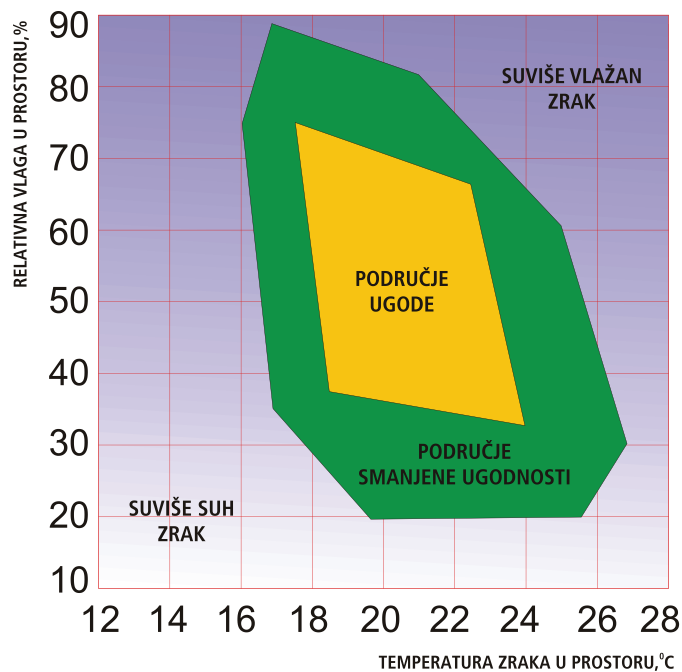
Ako se ljudsko tijelo pothlađuje, prva reakcija je da se krvni sudovi sužavaju pritom reducirajući protok krvi prema površini kože. Druga reakcija je drhtanje kojemu je osnovni cilj grčanjem i opuštanjem mišića osigurati dodatnu toplinu. Tijelo se počinje boriti protiv hladnoće kad temperatura kože padne ispod $34^\circ C$.

Kako bi održala stanje toplinske ravnoteže, osoba mora proizvedenu toplinu predati okolini. U mirovanju ta se bilanca svodi na prosječan toplinski tok od cca 70 W i izlučenu vlagu u obliku vodene pare od 30 g/h. Ova izmjena topline s ljudskog tijela se odvija mehanizmima konvekcije (izmjena topline sa zrakom), zračenja (izmjena topline s plohamu u prostoru bez kontakta), disanja, vođenja (izmjena topline s čvrstim predmetima s kojima je tijelo u kontaktu, kao npr. pod) i transpiracije (ishlavljanje vlage) preko kože (Slika 4.1.). Kod teškog fizičkog rada ove vrijednosti porastu do 500W i 250 g/h vode.



Slika 4.1. Mehanizmi održavanja toplinske ravnoteže

Na dijagramu (Slika 4.2.) prikazano je područje toplinske ugone za odjevenu osobu u sjedećem položaju, kao funkcija temperature i vlažnosti zraka. Koefficient toplinske vodljivosti odjeće uzet je 10,8 W/m K. Unutar područja toplinske ugone ljudski termoregulacijski sustav u mogućnosti je, uz pomoć različitih mehanizama, regulirati odavanje topline prema okolini i na taj način održavati tjelesnu temperaturu u granicama normale.

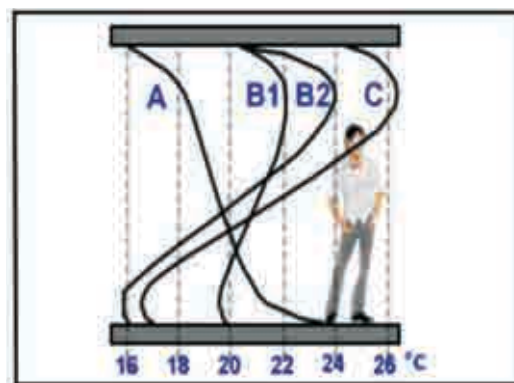


Slika 4.2. Područje udobnosti

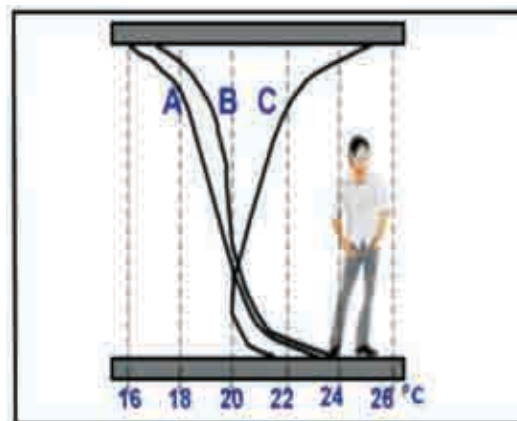
4.2.1. Utjecaj površinske temperature unutarnjih ploha i temperature zraka u prostoriji

Za održavanje toplinske ravnoteže temperatura unutarnjih ploha i temperature zraka u prostoriji su od primarnog značenja. Ukoliko je temperatura zidova, stropa i poda niža (loša izolacija), temperatura zraka u prostoriji mora biti viša. Isto tako kad su temperature tih ploha više (kvalitetna izolacija), temperatura zraka u prostoriji može biti niža. Za postizanje ugodnog stanja, temperatura zidova prostorije ne bi smjela biti niža od temperature zraka za više od 2K, a

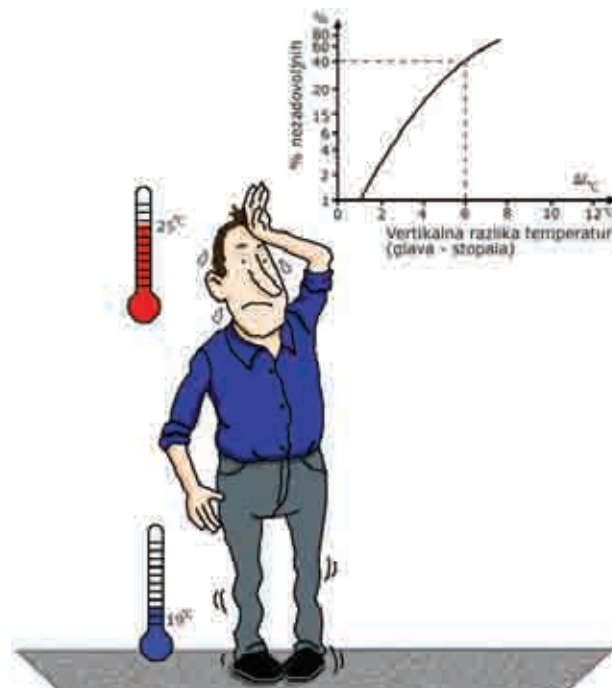
temperaturna raspodjela po visini prostorije, mora se održavati unutar 3°C. Osjećaj ugone ovisit će osim toga i o vrsti grijanja prostorije a što je prikazano na slikama 4.3. i 4.4. Utjecaj raspodjele temperature zraka po visini prostorije na osjećaj ugone, prikazan je na slici 4.5, a utjecaj temperatura pojedinih ploha prikazan je na slici 4.6.



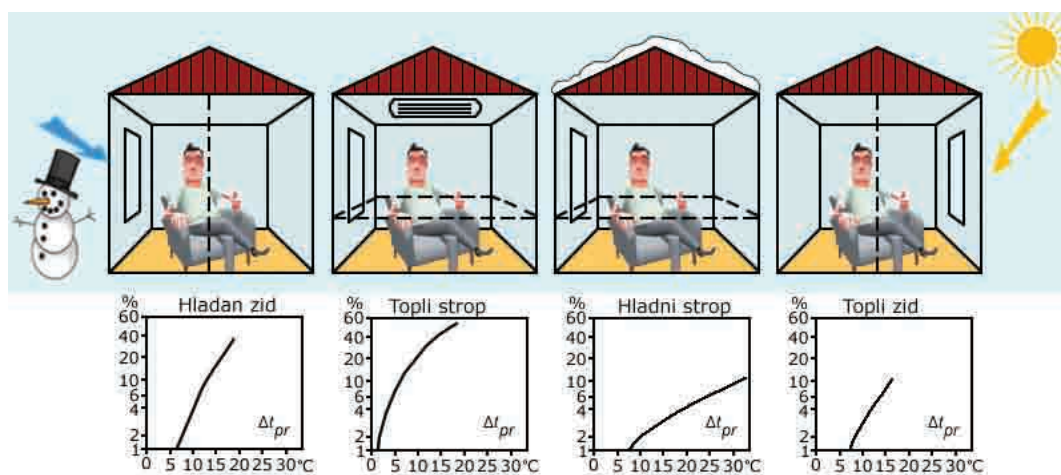
Slika 4.3. Temperaturni profili različitih vrsta grijanja: A-idealno, B1-radijator na vanjskom zidu, B2-radijator na unutrašnjem zidu, C-toplim zrakom



Slika 4.4. Temperaturni profili podnog i stropnog grijanja: A-idealno, B-podno, C-stropno



Slika 4.5. Utjecaj raspodjele temperature zraka po visini prostorije na osjećaj ugone



Slika 4.6. Utjecaj temperatura ploha u prostoriji na osjećaj ugone

4.3. Potrebna toplina za objekt

Potreba za energijom ovisi o obliku objekta, njegovom položaju i meteorološkim uvjetima, karakteristikama gradbenih materijala i elemenata od kojih je izrađena ovojnica objekta. Da bi odredili potrebnu toplinu za objekt, moramo poznavati stupanj dana i koeficijent prolaza topline.

Stupanj dana SD

Veličina kojom se izražava godišnja potreba za energijom su stupanj dana koji su definirani kao umnožak broja dana grijanja s temperaturnom razlikom između dogovorene unutarnje temperature zraka (dogovoreno 20°C) i temperature vanjskog zraka, pri čemu se u račun uzimaju samo oni dani u godini kod kojih je temperatura zraka niža od 12°C (dogovor). Za izračun broja stupanj dana uzimamo dakle srednju vanjsku temperaturu svih dana grijanja u sezoni i oduzmemo je od dogovorene unutrašnje temperature 20°C te pomnožimo s ukupnim brojem dana grijanja. Potrebne podatke o temperaturama dobivamo iz meteoroloških podataka za pojedino područje koji su bazirani na dužem vremenskom motrenju. Za grad Zagreb vrijednost stupanj dana je 2525, za Rijeku 1810, za Osijek 2676, za Split 1264.

Koeficijent prolaza topline

Podatak koji je također bitan za određivanje potrebne količine topline je koeficijent prolaza topline (U , $W/m^2 K$) elemenata ovojnice zgrade (fasade). Računa se preko koeficijenta toplinske vodljivosti elemenata fasade (zid, prozor, vrata) i koeficijenta prijelaza topline " α " na vanjskoj i unutrašnjoj strani ovojnice. Za ravne zidove računa se pomoću izraza:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (4.9.)$$

On nam kazuje koliki toplinski tok prolazi kroz površinu od 1 m² s jednog medija na drugi (vanjski i unutrašnji zrak npr.) kad je njihova temperaturna razlika 1K. Recipročna vrijednost koeficijenta provođenja topline je toplinski otpor.

Koeficijent toplinske vodljivosti označava se s " λ " i predstavlja sposobnost vođenja topline kroz materiju, a kazuje nam koliki toplinski tok prolazi kroz određeni materijal debljine 1 m uz temperaturnu razliku od 1K. Izolacijski materijali imaju male vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti 0,03 do 0,05 W/(m K), beton 0,9 do 2,5 W/(m K), šuplja opeka 0,5 W/(m K), čelik 58 W/(m K). Na vrijednost koeficijenta toplinske vodljivosti utječu gustoća i sastav materijala.

4.3.1. Određivanje potrebne topline za objekt

Toplinski gubitci kroz ovojnicu objekta ovisni su o površini elemenata ovojnice, koeficijentu prolaza topline elemenata (zidovi, prozori, stropovi, podovi) ovojnice i klimatskih uvjeta izraženih preko stupanj-dana. Ovi se gubitci nazivaju transmisijskim gubitcima. Na temelju poznavanja ovih podataka možemo izračunati godišnju potrebu objekta za grijanjem kao sumu umnožaka koeficijenata prolaza topline, pripadajuće površine i stupanj dana za svaki element ovojnice.

$$Q = \sum U_i * A_i * SD \quad \text{J ili kWh} \quad (4.10)$$

Na ovaj način određenu potrebnu toplinu za grijanje potrebno je korigirati radi dodatnih efekata koji njezinu vrijednost povećavaju ili smanjuju. Tako na primjer treba voditi računa da:

- je u zimskom razdoblju tlo toplije od vanjske temperature zraka,
- su noćne temperature u prostorima niže od dnevnih,
- postoje prekidi u loženju.
- Isto tako potrebno je voditi računa o gubitcima topline uvjetovanim prodorom vanjskog zraka u objekt, ventilacijski gubitci, izvorima topline u prostoru (strojevi i uređaji), doprinos zračenja Sunca kroz prozore i slično.
- Iz tako izračunate potrebne topline za grijanje objekta možemo odrediti potrebnu količinu goriva uz poznavanje stupnja djelovanja u objekt ugrađenog sustava grijanja i ogrjevne vrijednosti goriva.

4.3.2. Potrebna snaga sustava grijanja

Potrebna snaga sustava grijanja određuje se na osnovi transmisijskih gubitaka, dodatnih gubitaka (vjetar, orijentacija i smještaj) i dobitaka (izvori topline) izračunatih na osnovi poznatih koeficijenata prolaza topline gradbenih elemenata, zidova, stropova, podova i njihovih pripadajućih površina te razlike temperatura zraka s vanjske i unutrašnje strane. Pri tome se za vanjsku temperaturu uzima projektna vanjska temperatura za pojedinu građevinsku zonu (Osijek -18°C, Rijeka -8°C, Split -4°C, Varaždin -20°C, Zagreb -15°C).

Transmisijski toplinski tok kroz ovojnicu zgrade računa se prema sljedećem izrazu.

$$\Phi = \sum U_i * A_i * \Delta\vartheta_i, \quad [kW] \quad (4.11.)$$

Transmisijskim gubitcima objekta potrebno je dodati ventilacijske gubitke. Proračun toplinskih i ventilacijskih gubitaka objekta dan je normom EN 12831. Izvor topline sustava grijanja za odabrane projektne parametre mora imati veći toplinski učinak od onog izračunatog prema navedenoj normi zbog gubitaka samog izvora topline, cijevne mreže i regulacije.

$$\Phi_i = \frac{\Phi}{\eta_u}, [\text{kW}] \quad (4.12.)$$

4.3.3. Ogrjevna vrijednost goriva

Ogrjevna vrijednost goriva predstavlja količinu energije, topline, sadržane u gorivu. Razlikujemo gornju H_g i donju H_d ogrjevnu vrijednost goriva. Gornja ogrjevna vrijednost je sva toplina razvijena pri izgaranju goriva, a donja ogrjevna vrijednost je onaj dio gornje ogrjevne vrijednosti koji dobivamo kad dimne plinove ohladimo samo do rosišta vodene pare. Ogrjevnu vrijednost mjerimo s obzirom na jedinicu goriva:

- Kruta kJ/kg, (kWh/kg)
- Tekuća kJ/kg ili kJ/l, (kWh/kg ili kWh/l)
- Plinovita kJ/m³, (kWh/m³)

Iz definicije ogrjevne vrijednosti slijedi da je donja ogrjevna vrijednost manja od gornje za toplotu isparavanja vodene pare pri 0°C (2500 kJ/kg). U tablici 4.1. dane su vrijednosti donje ogrjevne vrijednosti za pojedina goriva.

Tablica 4.1. Donje ogrjevne vrijednosti H_d uobičajenih goriva

Gorivo	Gustoća kg/m ³	H_d	H_d
EL loživo ulje	830	36 MJ/l	10 kWh/l
Zemni plin	0.7	34,2 MJ/m ³	9,5 kWh/m ³
UNP	2.0	46 MJ/kg	12.8 kWh/kg
Smeđi ugljen	650	14 MJ/kg	3,9 kWh/kg
Lignit	550	11,2 MJ/kg	3,1 kWh/kg
Bukva	570	15 MJ/kg	4,2 kWh/kg
Smreka	360	15 MJ/kg	4,2 kWh/kg

Vrijednosti za kruta goriva ovisne su o vlazi sadržanoj u gorivu i količini pepela. U tablici su dane prosječne vrijednosti kod ~ 15% vlage i za ugljen 10% pepela.

4.4. Načini grijanja stambenih prostora

Gledajući kroz povijest, lokalno zagrijavanje stambenih prostora, bez obzira kakvi oni bili, poznato je od pamtivijeka. Najstarije lokalno grijanje je ognjište koje se ložilo drvom i istovremeno služilo za zagrijavanje i pripremu hrane. Loša strana pri tome bila je pojava dima. Uporaba drvenog ugljena koji je izgarao u metalnim ložištima bilo je poznato još u doba Rima. Drveni je ugljen pri tome izgarao bez pojave dima. U 10. stoljeću u Europi se javljaju prva zatvorena ložišta s odvodom dima kroz dimnjak. To su isprva bile peći od ilovače koje su početkom 14 stoljeća zamijenjene kaljevim pećima koje se do današnjeg dana stalno usavršavaju. Hipokrit grijanje u doba Rima poznato je kao prvo centralno grijanje prostorija. Ložište se nalazilo ispod kuće, a gorivo (drvo ili drveni ugljen) izgarali su na ložištu bez rešetke. Dimni plinovi vođeni su kroz šuplje opeke ili šuplji prostor ispod poda i na taj način zagrijavali pod. Tek u 19. stoljeću javljaju se centralna grijanja parna, toplovodna i zračna čiji je osnovni princip rada zadržan do danas.



Slika 4.7. Podno grijanje, Sicilija 1. st.

4.4.1. Osnovni zahtjevi za sustave grijanja

Srednja temperatura zraka u prostoriji (osjetna temperatura) i srednja temperatura zidova moraju biti ravnomjerne po cijelom prostoru i to u području od 20°C do 22°C (± 1°C), pri čemu se uspostavlja trajna ravnoteža između tjelesne topline nastale metaboličkim procesima i one odane okolini. Od sustava grijanja traži se mogućnost regulacije temperature u određenim granicama i s određenom brzinom reakcije. Sustav grijanja mora biti takav da ne utječe na kvalitetu zraka i uvjete ugodne u prostorima (štetni plinovi, prašina, buka, propuh).

4.4.2. Podjela sustava grijanja

Sustavi grijanja dijele se prema:

- Smještaju izvora topline, (pojedinačno, centralno, daljinsko)
- Prema vrsti goriva, (kruto, tekuće, plinovito, el. energija, Sunce)
- Prema nosiocu topline, (toplovodno, vrelovodno, parno, zračno)
- Prema načinu odavanja topline, (konvekcija, zračenje i njihove kombinacije).

4.4.3. Pojedinačno grijanje prostorija

Za pojedinačno grijanje prostorija krutim gorivom koriste se:

- Kamini, otvoreni i zatvoreni
- Kaljeve peći
- Čelične peći

Za pojedinačno grijanje ostalim vrstama goriva i el. energijom

- Plinske peći
- Uljne peći
- Električni aparati za grijanje prostora
- Zračni paneli.

Elementi sustava pojedinačnog grijanja su:

- Izvor topline i regulator (ukoliko postoji)
- Dimnjak.

4.4.4. Centralno grijanje

Centralno grijanje može biti toplovodno, vrelovodno parno ili zračno.

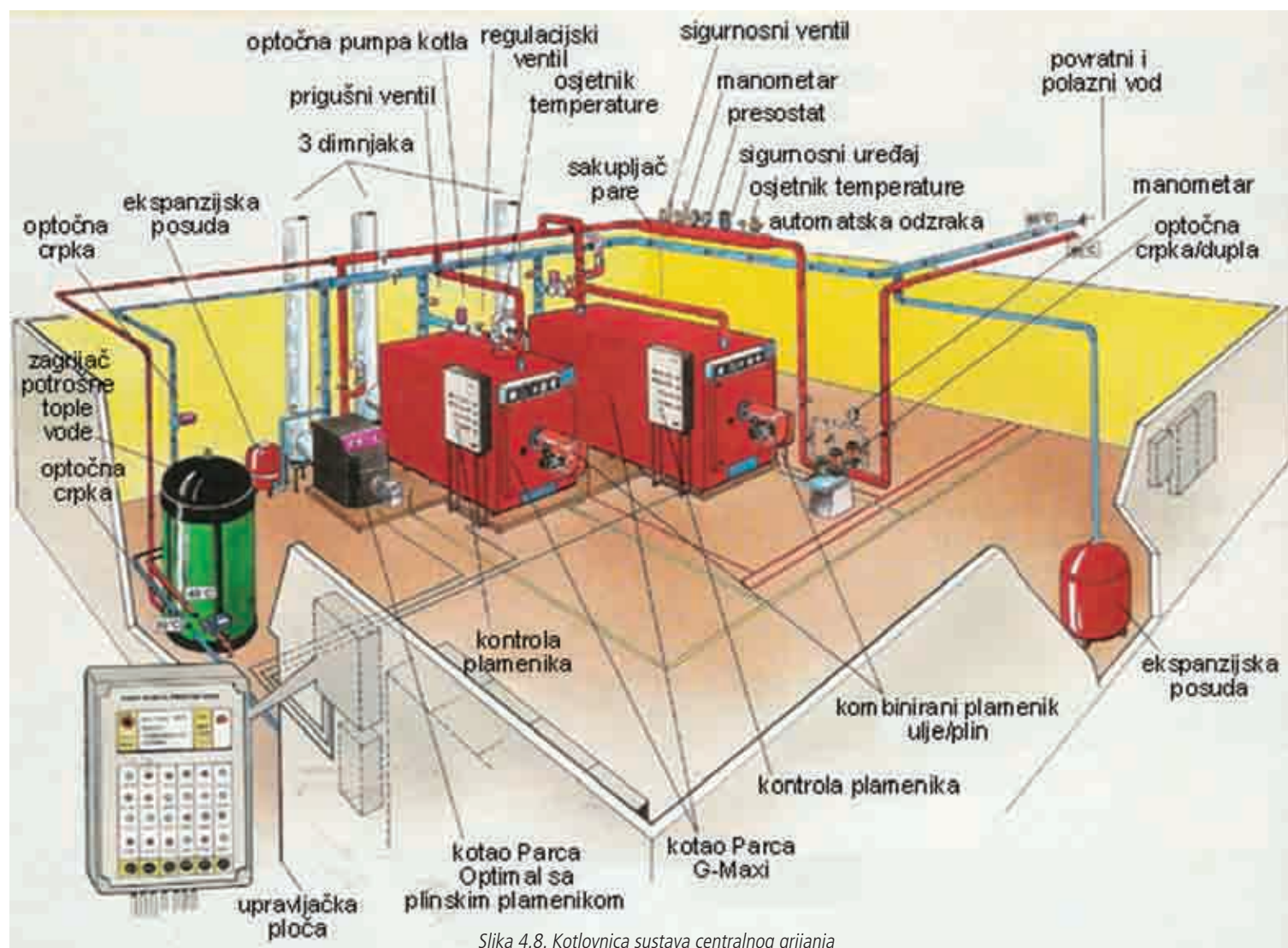
- Toplovodno grijanje, nosilac topline je topla voda maksimalne temperature do 110°C (danas obično polaz/ povrat 90/70°C kod sustava starije izvedbe, odnosno 80/60°C kod novijih izvedbi i 55/40 kod nisko temperaturnih sustava). Voda se zagrijava u kotlovima, grijalicama ili i zmjenjivačima topline i preko sustava cijevi dovodi do ogrjevnih tijela, radijatora, ili konvektora i slično. Nakon što je predala toplinu, voda se vraća na ponovno dogrijavanje i izvor topline. Para. Danas se ne koristi za pojedinačno grijanje objekata. Kod daljinskih grijanja vrela voda ili para dovode se do toplinske podstanice u objektu gdje se u izmjenjivaču topline zagrijava vodu za grijanje objekta.
- Zračno grijanje, nosilac topline je topli zrak koji se zagrijava u izmjenjivaču topline, dimni plinovi/zrak ili topla voda/zrak i kanalima razvodi po objektu.

U elementi centralnog sustava grijanja ubrajamo:

- Izvor topline
- Cijevni razvod s ogrjevnim tijelima i armaturom
- Regulaciju i sigurnosne uređaje
- Dimnjak.

4.4.5. Učinkovitost pojedinih elemenata sustava grijanja

Učinkovitost pojedinih uređaja za pretvorbu energije (peći, kotlovi, grijalice) dobivamo mjerenjem prema odgovarajućim normama (Tablica 4.2.). Električni uređaji imaju stupanj djelovanja 100%



Slika 4.8. Kotlovnica sustava centralnog grijanja

Tablica 4.2. Učinkovitost uređaja za proizvodnju topline bazirana na donjoj ogrjevnoj moći

Gorivo	Vrsta uređaja	Učinkovitost
Kruta goriva	Peći i štednjaci	60 do 75%
	Kotlovi, starija izvedba	60 do 75%
	Kotlovi, nova izvedba	80 do 90%
	Kotlovi na različitu biomasu	82 do 92%
	Peleti	87 do 92%
	Sječka	85 do 90%
	Kombinirani kotlovi	70 do 78%
Tekuća goriva	Kombinirani kotlovi (kruto)	65 do 75%
	Standardni	85 do 90%
	Nisko temperaturni	90 do 95 %
Plinska goriva	Standardni	92 do 95%
	Niskotemperaturni	95 do 98%
	Kondenzacijski	do 108%

Ukoliko govorimo u učinkovitosti cjelokupnog sustava grijanja, onda uz učinkovitost uređaja za proizvodnju topline (η_k) moramo uzeti u obzir učinkovitost cijevne mreže (η_c , izolacija) i regulacije (η_r). Ukupnu učinkovitost sustava grijanja možemo tada izraziti preko pojedinačnih učinkovitosti:

$$\eta_u = \eta_k * \eta_c * \eta_r \quad (4.13.)$$

Tablica 4.3. Učinkovitost cijevne mreže i regulacije

	Učinkovitost	Uvjeti
Cijevna mreža	95 do 98%	Ovisno o duljini i kvaliteti izolacije te razvodu cijevi
Regulacija	Centralna, automatska	95%
	Ručna kontrolirana	92%
	Ručna nekontrolirana	90%

Uz pojam učinkovitosti uređaja za proizvodnju topline dobivenih na osnovu zahtjeva norma, korisno je poznavati njegovu godišnju učinkovitost temeljenu na broju dana loženja i sati rada plamenika. Ovaj je podatak bitan za odluku o potrebnoj snazi izvora topline. Treba težiti da kotao radi što duže razdoblje vremena bliže nominalnoj snazi a to znači da je bolje imati podkapacitirani nego prekapacitirani uređaj.

$$\eta_{GOD} = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b_{RP}}{b_{OD}} - 1\right) * q_b + 1} \quad (4.14.)$$

gdje su:

- η_{GOD} - godišnja učinkovitost izvora topline, kotla
- η_k - učinkovitost kotla
- b_{RP} - broj sati rada plamenika
- b_{OD} - broj ogrjevnih dana izražen u satima
- q_b - gubitci pripravnosti kotla (~ 4%).

4.5. Pojedinačno grijanje prostorija

Otvoreni kamini odaju toplinu uglavnom zračenjem. Stupanj djelovanja im je oko 40% ovisno o izvedbi. Lože se drvima i imaju priključak na dimnjak. Snaga im se kreće od 3 do 4 kW.



Slika 4.9. Otvoreni kamin

Zatvoreni kamini s priključkom na dimnjak izvode se s dobavom zraka za izgaranje iz prostorije ili uzimanjem zraka iz okoliša. Ovisno o izvedbi imaju stupanj djelovanja i do 80%, a snage im se kreću od 6 do 15 kW. Zatvoreni kamini većih snaga obično imaju ugrađen izmjenjivač topline za pripremu potrošne tople vode ili centralno grijanje. Lože se drvima ili briketima drva, odnosno smeđeg ugljena. Vrijeme gorenja s jednim punjenjem je oko 1h kod loženja drvom i oko 2h za loženje briketima ugljena.



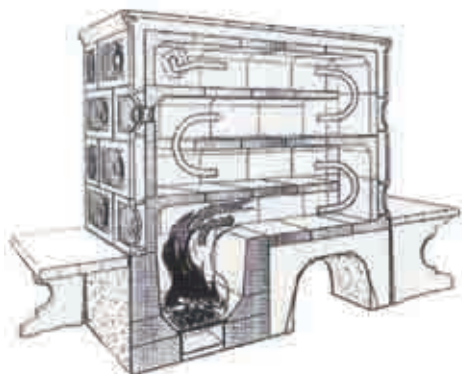
Slika 4.10. Zatvoreni kamin

Kaljeve peći se odlikuju brzim zagrijavanjem prostora i velikom akumulacijom topline zbog relativno velike mase peći. Zbog velikih površina za odavanje topline stvaraju ugodan osjećaj toplog prostora. Mogućnost regulacije je loša što utječe na pojavu temperaturnih razlika u prostoru. Zauzimaju veliki prostor, a stupanj djelovanja im se kreće od 70 do 85%. Vrlo su povoljni kao pomoćni

izvori topline za prelazno razdoblje. Veličina kaljeve peći mora se prilagoditi prostoriji. Srednja vrijednost odavanja topline ovisi o masi peći i obično se izražava u kW/m². Za pojedine tipove peći imamo:

- Teške peći ≈ 0,7 kW/m²
- Srednje peći ≈ 0,9 do 1,1 kW/m²
- Lake peći ≈ 1,25 do 1,75 kW/m².

Odavanje topline odvija se zračenjem i konvekcijom približno 50%/50%. Gorivo je drvo, briketi drva, smeđi ugljen, briketi ugljena. Mogu se pregraditi na plin i loživo ulje. Temperatura dimnih plinova je oko 180°C, minimalna visina dimnjaka je 4m, a minimalni promjer 100mm.



Slika 4.11. Kaljeva peć

Čelične peći se izvode za kontinuirani i nekontinuirani rad. Nemaju akumulacije topline, a temperature površina su im više pa se veći dio topline odaje zračenjem. Gorivo je kao i kod kaljevih peći, a razlikuju se po konstrukciji ložišta koje može biti s progaranjem, donjim izgaranjem ili bez rešetke. Stupanj djelovanja im je veći od 70%, a temperatura dimnih plinova 250°C do 300°C



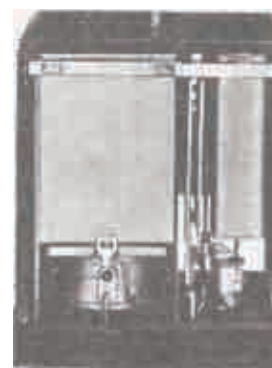
Slika 4.12. Čelična peć

Plinsko pojedinačno grijanje može se ostvariti plinskim pećima s priključkom na dimnjak ili s fasadnim priključkom ili zračnim panelima tamnog ili svijetlog sjaja.



Slika 4.13. Katalitička plinska peć

Pojedinačno grijanje na loživo ulje ostvaruje se uljnim pećima u kojima ekstralako loživo ulje izgara u specijalno izvedenom atmosferskom ložištu. Stupanj djelovanja veći od 70%.



Slika 4.14. Peć na EL loživo ulje

Električni uređaji za zagrijavanje prostora

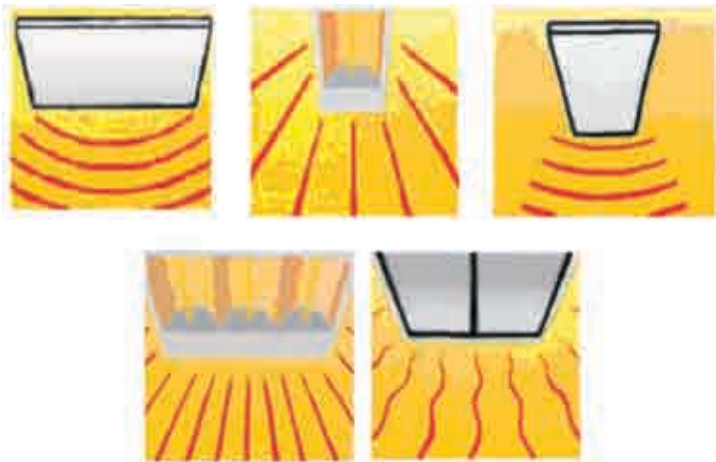
Razlikujemo uređaje za direktno i indirektno grijanje. Kod direktnog se grijanja el. energija neposredno koristi za grijanje (el. peći, kaloriferi, el. radijatori i slično), dok se kod indirektnog grijanja koristi akumulacija topline ili dizalica topline. Prednosti uporabe el. energije su u jednostavnosti regulacije i jeftinoj instalaciji. Jedan od novijih načina je uporaba el. energije za podno grijanje. Pri tome je opterećenje kabela 10 do 25 W/m a opterećenje podne plohe do 60 W/m² za gazeće plohe odnosno do 120 W/m² za rubne zone.



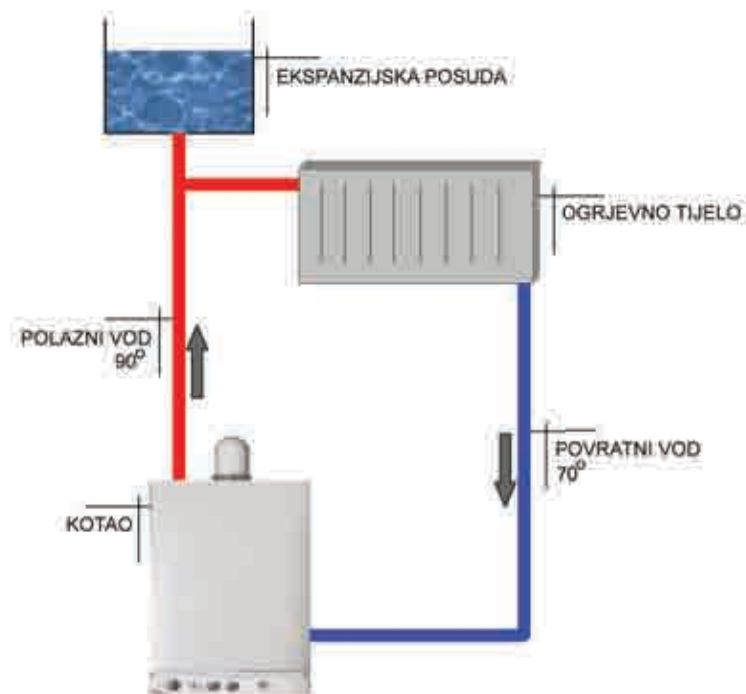
Slika 4.15. El. grijač za podno grijanje, električna grijalica i dizalica topline

Zračeci paneli

Princip rada temelji se na zakonima toplinskog zračenja (infracrveno zračenje). Energija se prenosi bez posrednika i zagrijavaju se samo objekti koji se nalaze u polju toplinskog zračenja. Dijele se na grijalice svijetlog (visoko temperaturne) i tamnog (nisko temperaturne). Zagrijavane su el. energijom, plinom ili toplim medijem (para ili vrela odnosno topla voda).



Slika 4.16. Zagrijavanje zračenjem topline



4.6. Centralno grijanje

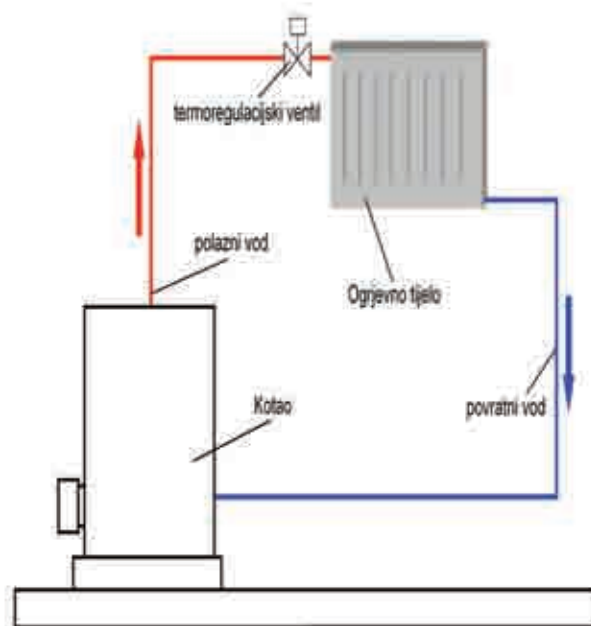
Toplovodno grijanje, nosilac topline je topla voda maksimalne temperature do 110°C (danas obično 90°C i manje). Voda se zagrijava u kotlovima, grijalicama ili izmjenjivačima topline i preko sustava cijevi dovodi do ogrjevnih tijela, radijatora, ili konvektora i slično. Nakon što je predala toplinu, voda se vraća na ponovno dogrijavanje na izvor topline. Centralna grijanja dijelimo prema:

- Tlaku u sustavu (gravitacijsko, pretlačno)
- Izvedbi cijevne mreže (jednocijevni ili dvocijevni)
- Razvodu cijevne mreže (donji ili gornji razvod)
- Prema vrsti goriva (kruto, tekuće, plinovito).

4.6.1. Vrste centralnog grijanja

4.6.1.1. Gravitacijsko toplovodno grijanje (otvoreno)

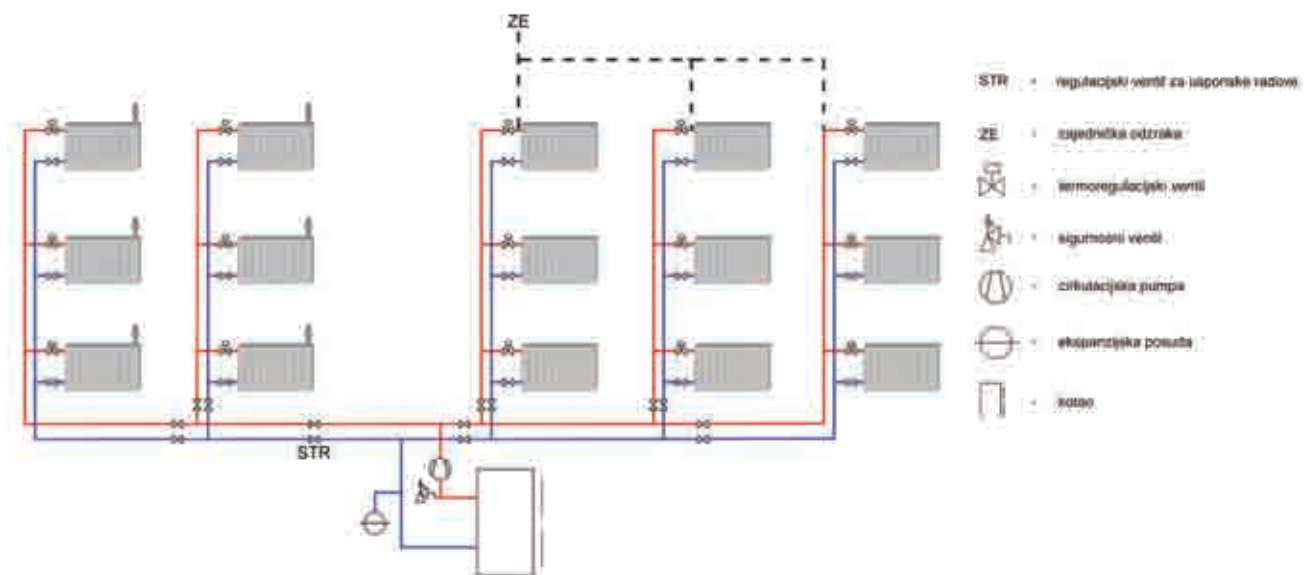
Kotao se mora postaviti na najniže mjesto i povezati cijevima na ogrjevna tijela. Cirkulacija vode ostvaruje se samo uslijed razlike gustoće vode. Promjenu volumena, odnosno ekspanziju vode preuzima ekspanzijska posuda. Pri temperaturama polaz/povrat od 90/70°C ostvaruje se korisna razlika tlaka od 1,25 mbar/m visine. Razvod mreže je gornji. Postrojenja se izvode kao otvorena ili zatvorena. Otvoreni sustavi imaju prema atmosferi otvorenu ekspanzijsku posudu dok je kod zatvorenih dopušten pretlak od 0,5 bar u sustavu, a što se osigurava sigurnosnim ventilom. Dimenzije cijevi su veće radi manjih otpora strujanju.



Slika 4.17. Gravitacijsko grijanje (otvoreni sustav, princip rada)

4.6.1.2. Toplovodno grijanje s cirkulacijskom crpkom u sustavu

Cirkulacijska crpka savladava otpore u sustavu. Potrebne su manje dimenzije cijevi. Sustavi također mogu biti otvoreni ili zatvoreni. Kod otvorenih sustava ekspanzijska je posuda otvorena prema atmosferi, a kod zatvorenih koristi se ekspanzijska posuda s membranom. Temperature polaznog voda sustava kreću se do 90°C. Danas se sve više koriste niskotemperaturni sustavi s temperaturom polaznog voda i ispod 55°C.



Slika 4.18. Toplovodno grijanje s cirkulacijskom crpkom, dvocijevno

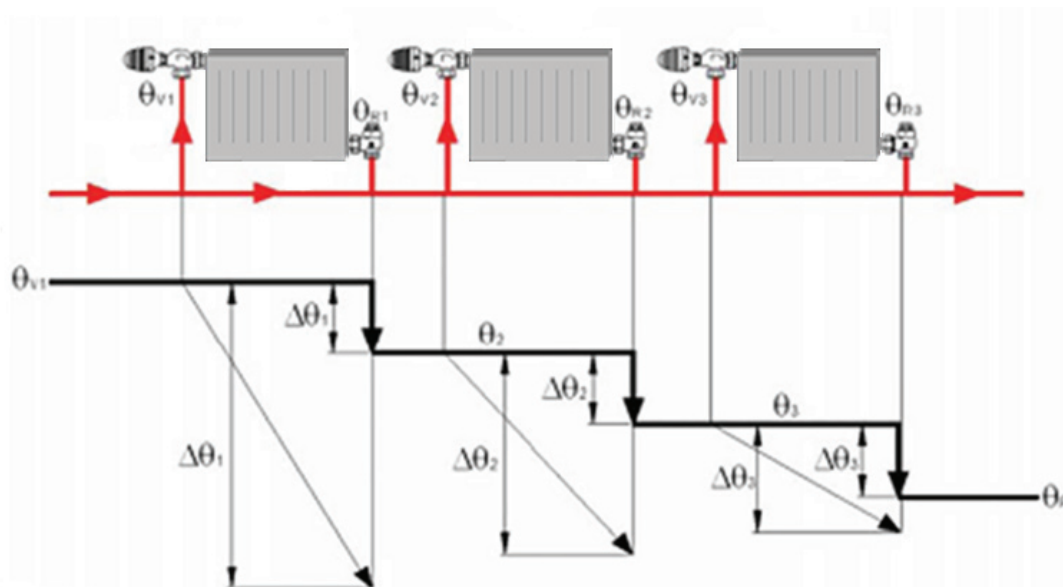
4.6.1.3. Jednocijevni i dvocijevni sustavi

Kod jednocijevnih sustava ogrjevna tijela se napajaju s različitim temperaturama polazne vode ovisno o načinu izvedbe. Ovo ima za posljedicu veće potrebne površine ogrjevnih tijela. Kod dvocijevnih sustava sva ogrjevna tijela dobivaju toplu vodu iste temperature. Ukoliko se radi o niskotemperaturnom sustavu, moraju se uvijek osigurati veće površine za izmjenu topline nego kod visokotemperaturnih toplovodnih grijanja.

4.6.2.1. Kotlovi

Obzirom na temperaturni režim rada, razlikujemo visokotemperaturne i niskotemperaturne kotlove.

Standardni, klasični, kotlovi rade na visokim temperaturama vode obično 90/70°C ili 85/65°C. Temperatura vode u kotlu regulira se u području od 65 do 90°C. Njezina je donja temperatura određena temperaturom kondenzacije dimnih plinova. Kako se maksimalne temperature vode zahtijevaju u najhladnijem razdoblju godine imamo situaciju da u većem dijelu sezone



Slika 4.19. Jednocijevno grijanje (mogući način spajanja)

4.6.2. Izvori topline u sustavima centralnog grijanja

Izvori topline u sustavima centralnog grijanja su kotlovi, daljinski izvori topline, dizalice topline i geotermalni izvori.

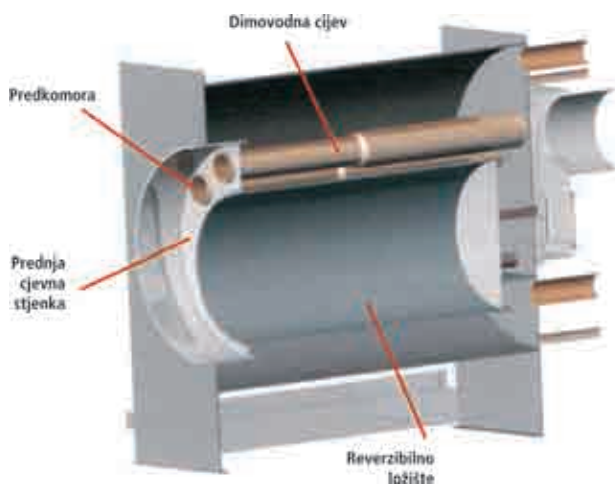
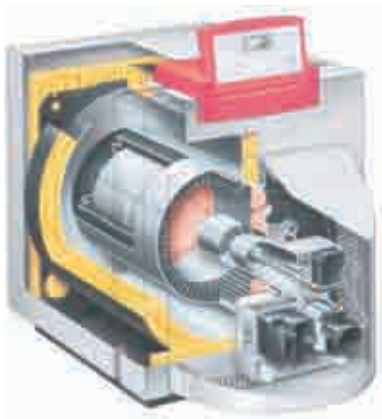
potrebe za toplinom zahtijevaju vodu puno nižih temperatura. Zato je u sustav potrebno ugraditi miješajući ventil koji je upravljan preko vanjske temperature. Miješajući ventil ostvaruje potrebnu temperaturu vode polaznog voda miješanjem kotlovske vode s povratnom vodom iz sustava. Rade na kruto, tekuće i plinovito gorivo.



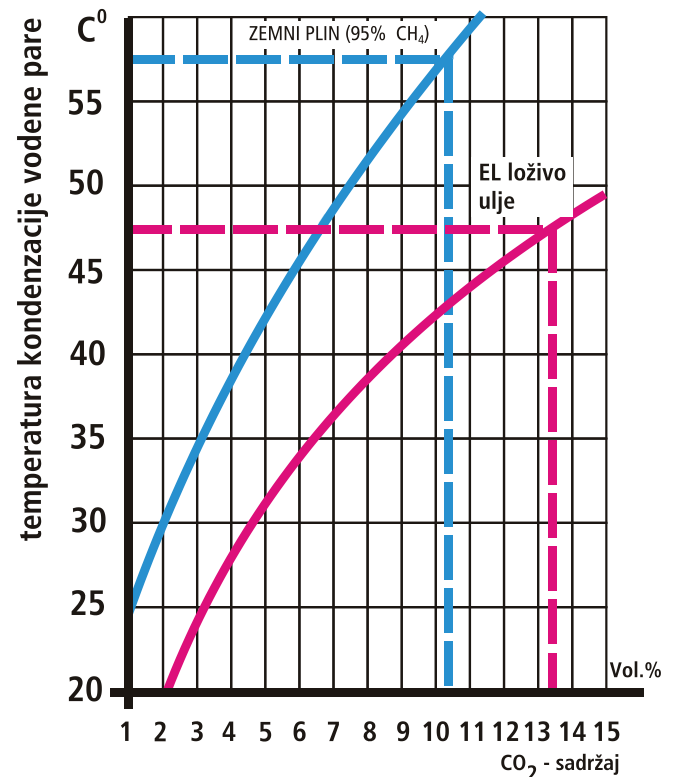
Slika 4.20. Standardni uljno-plinski kotao sa spremnikom za potrošnu toplu vodu.

Radi smanjenja gubitaka u fazi mirovanja, potrebno je osigurati sprječavanje propuha kroz kotao i na taj način smanjiti njegovo ohlađivanje.

Niskotemperaturni kotlovi konstruirani su na način da mogu raditi s temperaturama povratne vode od 35°C pa na više. Sustav radi bez miješajućeg ventila jer se temperatura vode u kotlu prilagođava potrebama, ovisno o vanjskom stanju. Potrebna je eventualno zaštita od preniskih temperatura povratne vode. Prednost ovih kotlova je u manjim gubiticima i većoj toplinskoj iskoristivosti u prelaznom razdoblju. Rade na tekuće i plinovito gorivo.



Slika 4.21. Niskotemperaturni kotao



Slika 4.22. Temperatura kondenzacije dimnih plinova kao funkcija sadržaja CO₂ u dimnim plinovima (označene vrijednosti odnose se na sadržaj CO₂ kod dobrog izgaranja)

Radi mogućnosti rada s niskim temperaturama vode, stupanj djelovanja kotla raste radi smanjenih gubitaka na okolinu. Obično se izrađuje u izvedbi „UNIT“ kako bi se osigurao kvalitetan rad kotla (isporuka s plamenikom, regulacijom, ekspanzijskom posudom i crpkom). Kondenzacijski kotlovi koriste i toplinu kondenzacije vodene pare iz dimnih plinova za zagrijavanje vode. Odlikuju se visokim stupnjem djelovanja (veći od 100% !!!) i mogućnosti rada bez ograničenja najniže temperature povratne vode. Temperatura dimnih plinova je niska, obično oko 50°C pa je za njihovo odvođenje potreban ventilator radi smanjenog uzgona. Rade na tekuće i plinovito gorivo. Što je temperatura dimnih plinova niža, to je veći stupanj djelovanja kotla (100% kod režima 75/60 °C i 107% kod režima 40/30°C)



Slika 4.23. Kondenzacijski uljni kotao

Tablica 4.4. Odnos ogrjevnih vrijednosti pojedinih goriva i maksimalnih vrijednosti učinaka kondenzacijskih kotlova

Vrsta goriva	H_g/H_d	Maksimalni učinak kondenzacijskog kotla
Zemni plin	1,11	111%
EL loživo ulje	1,06	106%
UNP butan	1,08	108%
UNP propan	1,09	109%

Količina kondenzata koja nastaje ohlađivanjem dimnih plinova kod izgaranja zemnog plina, kreće se od 0,8 do 1 lit. kondenzata po 1 m³ plina što za obiteljsku kuću (četveročlana obitelj) iznosi oko 2,6 do 3,3 m³ na godinu, kod snage izvora topline od 20 kW. Kondenzat je lagano kiseo (pH 3 do 5) za plin i 1,5 do 3 za EL loživo ulje i može se ispuštati u kanalizaciju jer se razrjeđuje s ostalom otpadnom vodom. Za snage iznad 350 kW potreban je poseban spremnik za kondenzat s napravom za neutralizaciju. Kod ugradnje kondenzacijskih kotlova treba obaviti sanaciju dimnjaka.

Potreban nazivni učinak kotla određuje se na osnovi proračuna gubitaka objekta. Ovisno radi li se o klasičnoj gradnji ili objektu s dobrom toplinskom izolacijom za istu površinu objekta bit će potrebni različiti nazivni učinci. Zahtjevi koji trebaju biti ispunjeni u pogledu energetske učinkovitosti kotla (stupanj djelovanja, emisije štetnih tvari itd.), propisani su pozitivnim propisima i tehničkim specifikacijama (normama).

Ušteda energije pri zamjeni starog kotla novim možemo izračunati ukoliko znamo vrijednost godišnjeg stupnja djelovanja staroga i novoga kotla preko izraza:

$$\Delta E = 1 - \frac{\eta_{st}}{\eta_n} \% \quad (4.15.)$$

Korištenjem nikotemperaturnih i kondenzacijskih kotlova može se uštedjeti 15 do 40 % goriva u odnosu na standardne kotlove.

4.6.2.2. Plinske grijalice s atmosferskim plamenikom

Mogu biti u standardnoj izvedbi i kondenzacijske (sve više ulaze u primjenu) i to s priključkom na dimnjak ili fasadnim priključkom. Izrađuju se kao zidne i samostojeće s namjenom za grijanje ili grijanje i pripremu potrošne tople vode.



Slika 4.24. Plinski uređaji za grijanje prostora

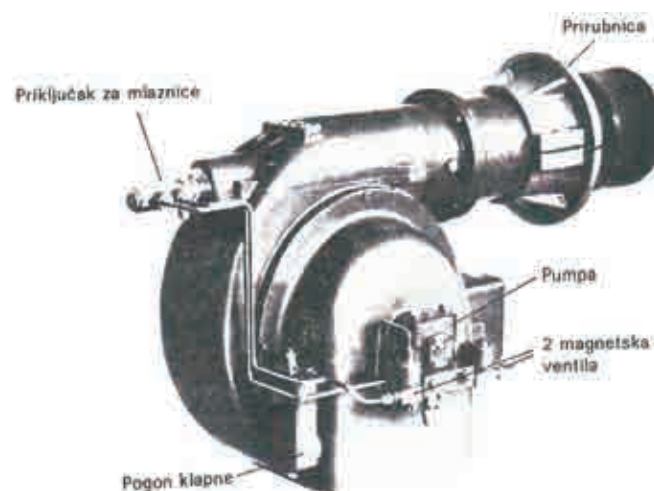
4.6.3. Plamenici za EL loživo ulje i plin

Uljni plamenici

Zadatak uljnih plamenika je da u ložištu kotla što finije rasprše i ispare kapljice ulja, pomiješaju ih sa zrakom te da takva mješavina u ložištu potpuno izgori. Prema konstrukciji razlikujemo:

- plamenici s isparavanjem ulja (uljne peći),
- plamenici s raspršivanjem ulja (ulje pod tlakom ili zrak odnosno vodena para pod tlakom).

Za toplovodne kotlove najčešće se koriste ventilatorski plamenici s raspršivanjem ulja pod tlakom. Izvode se kao jednostupanjski, dvostupanjski ili s kontinuiranom promjenom snage. Za određeni se tip uljnog plamenika područje snage može podesiti izborom odgovarajuće mlaznice za raspršivanje i tlaka raspršivanja koji se kreću u dijapazonu od 7 do 20 bar.



Slika 4.25. Uljni ventilatorski plamenik

Plinski plamenici

Najčešće se za potrebe grijanja koriste plinski atmosferski ili plinski ventilatorski plamenici.

4.6.4. Sustav razvoda tople vode

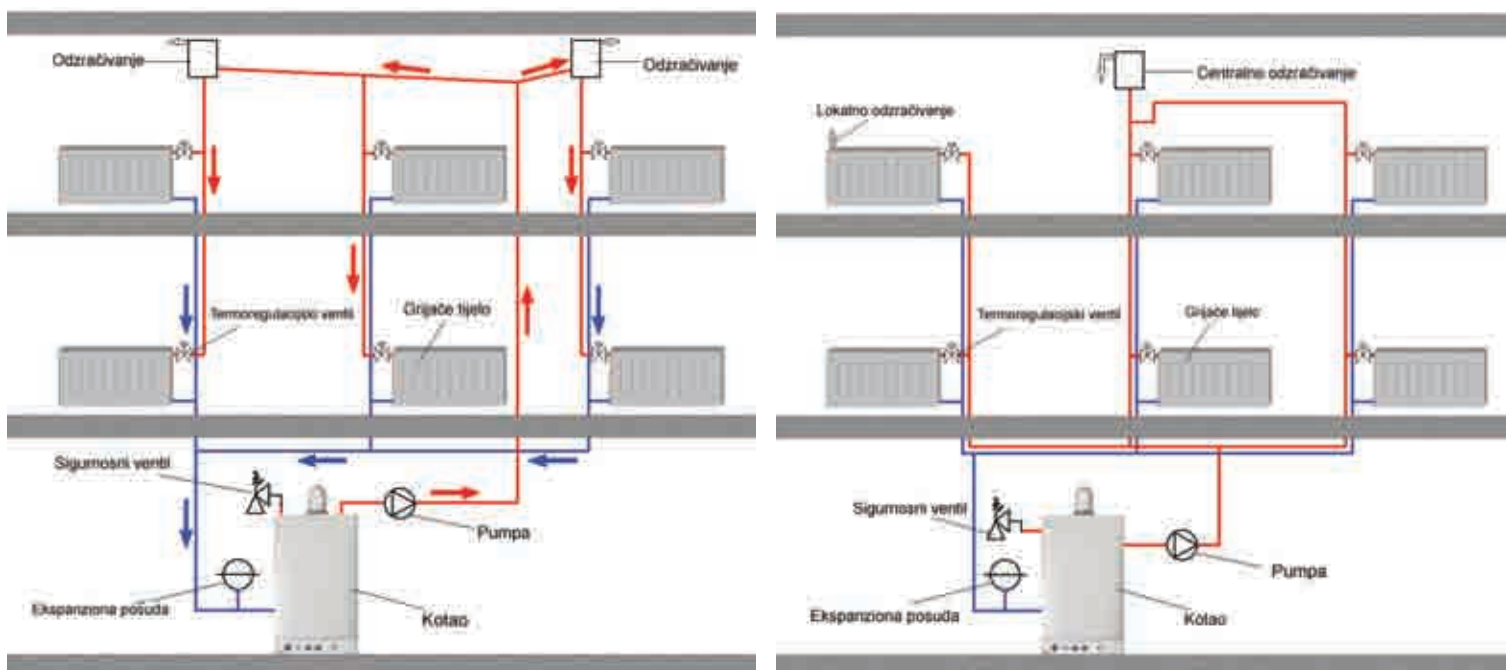
Razlikujemo jednocjevni i dvocjevni sustav te sustav s prirodnom ili prisilnom cirkulacijom.

4.6.4.1. Dvocjevni sustav

Može biti s donjim ili gornjim razvodom. Crpka se stavlja na povratni vod radi nižih temperatura vode. Kod toga treba voditi računa o tlakovima u sustavu. Posebno kod otvorenih sustava crpka na povratnom vodu može izazvati probleme te se preporuča stavljanje na polazni vod.

4.6.4.2. Jednocjevni sustav

Traži veće površine ogrjevnih tijela, ovisno o izvedbi i dobro balansiranje protoka.



Slika 4.26. Donji i gornji razvod kod dvocijevnog sustava

4.6.4.3. Dimenzioniranje sustava za razvod topline

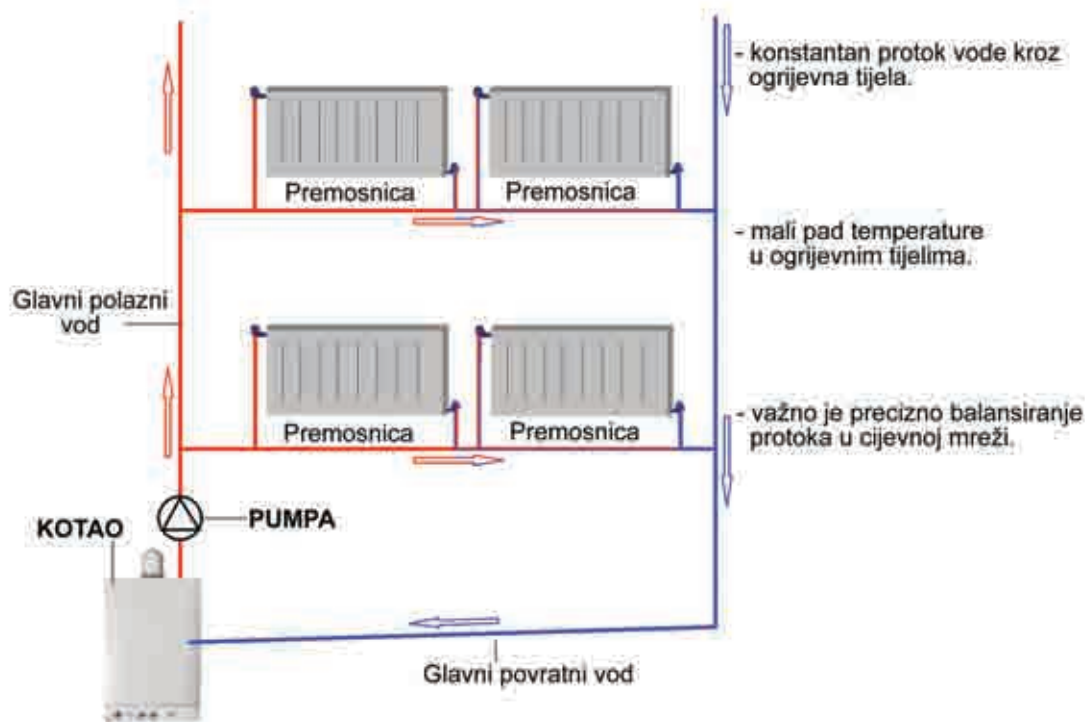
Kod definiranja sustava za razvod nosioca topline treba obratiti pažnju na sljedeće:

- Namjenu
- Vrstu sustava
- Dijelove sustava s različitim načinima odavanja topline i izvedbi regulacije za svaku skupinu
- Dijelove sustava s posebnim radnim parametrima, npr. sjeverna ili južna strana, razdoblje rada s obzirom na zahtjeve korisnika,
- Istovremenost rada
- Temperature nosioca topline
- Vrstu nosioca topline (voda ili mješavina vode i glikola)

- Hidraulički razvod (hidraulička skretnica, razdjelnik sa i bez diferencijalnog tlaka).

Nadalje je potrebno voditi računa da:

- Na određivanje utječe protok
- Cirkulacijske crpke moraju imati odgovarajuće karakteristike, broj okretaja i mogućnost regulacije kako bi se prilagodile sustavu u koji su ugrađene
- Regulacija i hidraulički razvod moraju biti usklađeni
- Spajanje na daljinski sustav grijanja treba provesti prema važećim pravilima. Za razvod do potrošača, ogrjevnih tijela, služimo se osnovama proračuna za cijevne mreže. Za ogrjevna tijela služimo se osnovama za prijelaz topline.



Slika 4.27. Razvod kod jednocjevnog grijanja

4.6.4.4. Smjernice za projektiranje

1. Svaka grana sustava mora se moći regulirati, zatvoriti, isprazniti i odzračiti. Zaporni elementi moraju biti za odgovarajući tlak, temperaturu, te odgovarajuću namjenu na mjestu postavljanja i moraju dobro zatvarati.
2. Svi zaporni, ispusni, odzračni, regulacijski i mjerni elementi, kompenzatori i slično moraju biti pristupačni za održavanje i očitavanje.
3. Razvod cijevi, dimenzije cijevi i fazonski komadi (lukovi, T-komadi) moraju biti odabrani prema smjernicama za dimenzioniranje sustava grijanja.
4. Buka mora biti u granicama propisanim normom.
5. Postizanje određenog protoka nosioca topline (masenog ili volumnog) dobivenog proračunom, mora se ostvariti podešavanjem i održavati pomoću regulacijskih ventila, prigušnih ventila, regulatora protoka.
6. Postavljanje izolacije i njezina zaštita moraju se provesti prema uputama proizvođača.
7. Cirkulacijske crpke i uređaji za održavanje tlaka u sustavu moraju se tako postaviti da ne dolazi do ulaska zraka u sustav. Preporuča se ugradnja rezervne crpke.
8. Sustav grijanja (cijevna mreža) treba biti tako izvedena da uslijed temperaturnih dilatacija ne dođe do oštećenja na sustavu ili objektu i da pri tome ne stvara buku. Problem dilatacija rješava se ugradnjom kompenzatora različitih vrsta.
9. Sustav razvoda nosioca topline mora se tako dimenzionirati da se osigura potrebna toplina za svako ogrjevno tijelo.

4.6.5. Podno, zidno i stropno grijanje

Podno grijanje jedan je od najstarijih načina grijanja poznat još iz doba Rima. Spada u grupu površinskih grijanja prostora u koje još ubrajamo stropno i zidno grijanje. U posljednje vrijeme sve se više izvodi prvenstveno radi:

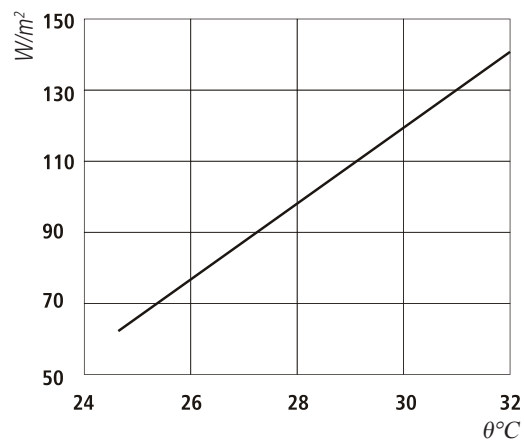
- brze montaže i nižih troškova zbog uporabe plastičnih cijevi
- bolje toplinske zaštite zgrada, što traži manju snagu uređaja za grijanje što omogućava iskorištavanje podne površine za grijanje
- niske temperature polaznog voda koje omogućavaju primjenu dizalice topline i solarnih kolektora kao izvora topline
- dobra tehnička dokumentacija za postavljanje, pripremljena od proizvođača cijevi i komponenata.

Zbog povoljnog temperaturnog profila temperatura zraka u prostoru, može biti manja za 1 do 2 °C čime se štedi 6 do 12% energije.

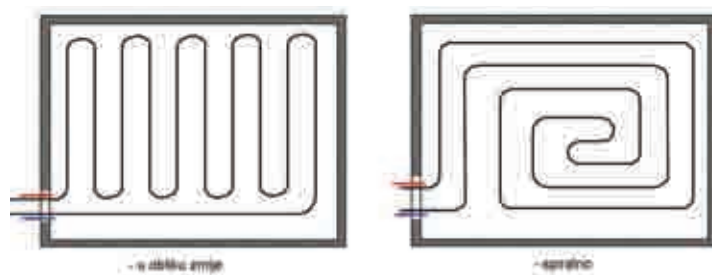
Nezgodna strana je tromost sustava što otežava regulaciju. Preporuča se kombinirati podno grijanje s radijatorskim grijanjem, no takav je sustav skuplji od klasičnog radijatorskog za 20 do 40%. Radi medicinsko fizioloških uvjeta, temperatura podne plohe je ograničena pa se preporučuju sljedeće vrijednosti temperature podne plohe:

- 26 do 28°C za podne plohe u blagovaonicama, dnevnim boravcima, radnim prostorima
- 28 do 32°C za rubne zone uz prozore i unutarnje zidove
- 30°C za hodnike i toaletne prostore
- 32 do 35°C kupaonice, bazene

Kod odabira temperature vode, potrebno je voditi računa o vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti podne plohe (parket, keramika, topli pod). Na dijagramu (Slika 4.28.) dana je ovisnost odane topline po m² plohe u ovisnosti o temperaturi, a na slici 4.29. mogući načini postavljanja cijevi u pod.



Slika 4.28. Specifična odana toplina kao funkcija temperature plohe (kod temperature zraka 20°C)



Slika 4.29. Načini postavljanja cijevi u pod

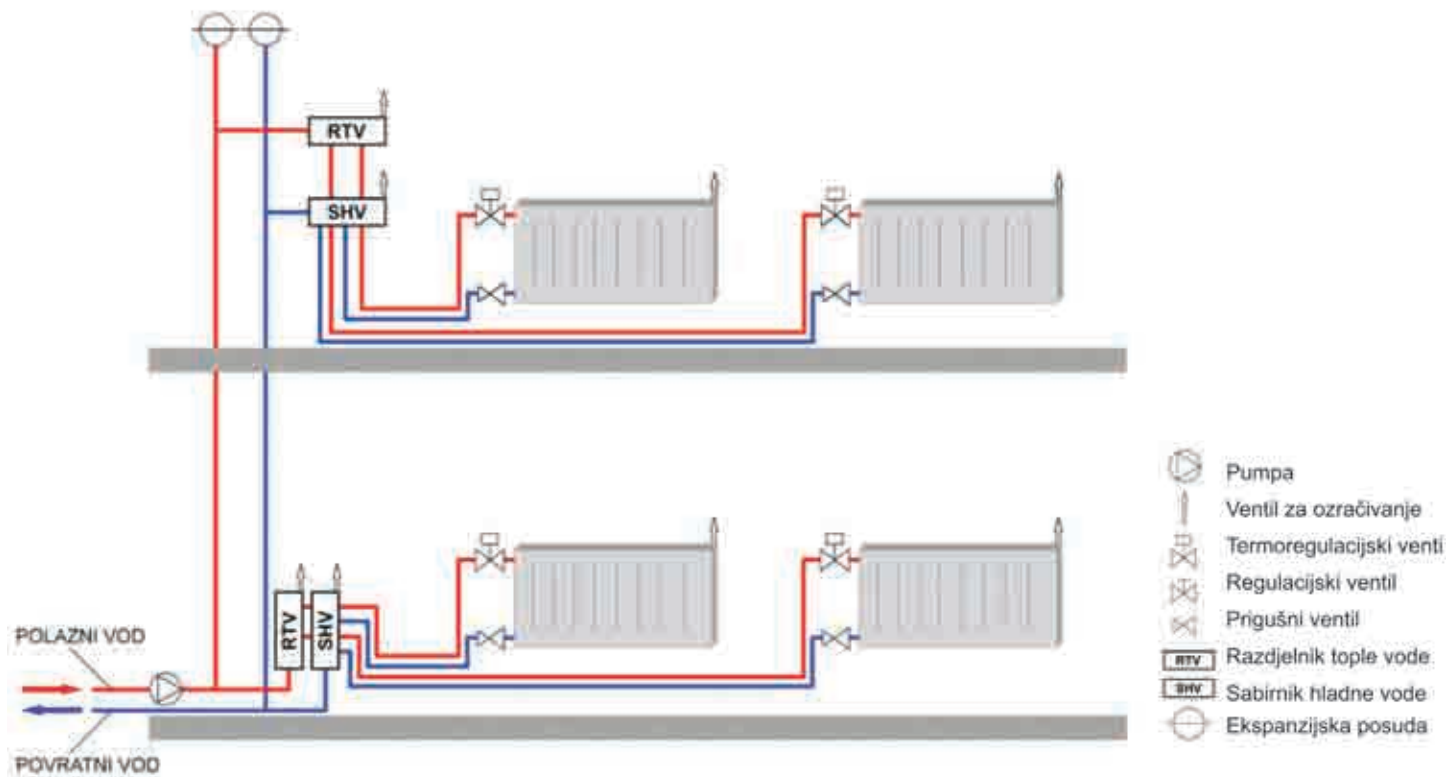


Slika 4.30. Zidni panel i cijevni podni razvod

Korištenje električne energije za podna i zidna grijanja također ima primjenu radi pristupačne cijene, jeftinije ugradnje i regulacije, a održavanje je jednostavno.

4.6.6. Ogrjevna tijela

U sustavima centralnog grijanja ogrjevna tijela imaju zadaću toplinu dobivenu od nosioca topline predati na okolinu. Mehanizmi kojima se ta predaja odvija su konvekcija i zračenje. Postoji veliki broj različitih izvedbi radijatora, (člankasti, pločasti, cijevni, konvektori), a izrađuju se lijevanjem ili zavarivanjem iz čelika, aluminija ili bakra. Učinak radijatora određuje se ispitivanjima propisanim normama (EN, ISO). Prilikom ugradnje radijatore treba postaviti tako da ih se može odzračiti i mora ih se opremiti ventilom na polaznom i prigušnicom na povratnom vodu ili specijalnim ventilima kod jednocjevnih grijanja kako bi se moglo izvršiti balansiranje mreže odnosno ostvariti traženi protok tople vode kroz radijator. Ova armatura ujedno omogućuje zatvaranje instalacije kod skidanja radijatora.

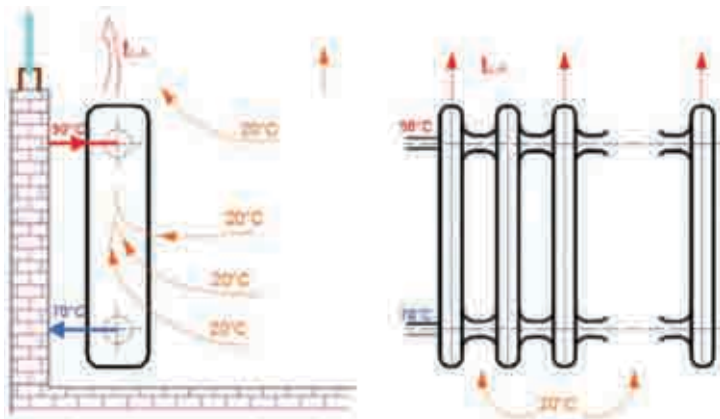


Slika 4.31. Oprema radijatora

Standardni (nazivni) toplinski učinak

Standardni toplinski učinak Φ_N ili nazivni učinak dobiven je prema postupku ispitivanja danim normom HRN EN 442-2 i sljedećim parametrima:

- Temperatura polaza $\vartheta_V = 75^\circ\text{C}$
- Temperatura povrata $\vartheta_R = 65^\circ\text{C}$
- Temperatura prostora $\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$
- Srednja nadtemperatura nosioca topline $\Delta T_n = 50\text{K}$.



Slika 4.32. Izmjena topline na ogrjevnom tijelu

4.6.6.1. Smanjeni učinak ogrjevnog tijela

Standardni se toplinski učinak ogrjevnog tijela smanjuje radi različitih vanjskih čimbenika, pa se stvarni učinak dobiva množenjem standardnog s utjecajnim faktorima učinka f koji su opisani u tablici 4.5. Ovi faktori smanjuju toplinski učinak ogrjevnog tijela za stvarne radne uvjete u odnosu na standardne.

$$\Phi = \Phi_N * f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * f_5 = \Phi_N * f_g \quad (4.16.)$$

$$f_g = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 * f_5 \quad (4.17.)$$

Tablica 4.5. Faktori učinka

	Utjecajni parametar
f_1	Temperatura
f_2	Način priključivanja
f_3	Način ugradnje, niša
f_4	Utjecaj metalnog premaza
f_5	Učestalost rada
f_g	Sveukupni faktor učinka

Temperaturni faktor f_1

$$\Delta T_u = \frac{\vartheta_V + \vartheta_R}{2} - \vartheta_i \quad (4.18.)$$

ϑ_V - temperatura polaznog voda

ϑ_R - temperatura povratnog voda

ϑ_i - temperatura zraka u prostoru

n - eksponent, određuje se ispitivanjem

$$f_1 = \left(\frac{\Delta T_u}{50} \right)^n \quad (4.19.)$$

Tablica 4.6. Temperaturni faktor f_t

Temperatura na ulazu ϑ_v (°C)	Temperatura na izlazu ϑ_R (°C)	Temperatura zraka u prostoru ϑ_i (°C)						
		10	12	15	17	20	22	24
90	80	0,59	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,77
	75	0,62	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82
	70	0,65	0,67	0,72	0,76	0,80	0,83	0,87
	65	0,68	0,71	0,76	0,81	0,85	0,89	0,93
	60	0,72	0,76	0,81	0,87	0,91	0,96	1,01
	55	0,77	0,81	0,87	0,93	0,98	1,04	1,04
85	50	0,83	0,87	0,93	1,01	1,07	1,14	1,14
	75	0,64	0,67	0,71	0,75	0,79	0,82	0,86
	70	0,68	0,70	0,75	0,80	0,84	0,88	0,92
	65	0,72	0,75	0,80	0,85	0,89	0,94	0,99
	60	0,76	0,79	0,85	0,91	0,96	1,01	1,07
	55	0,81	0,85	0,91	0,98	1,04	1,10	1,16
80	50	0,87	0,91	0,98	1,07	1,13	1,21	1,29
	70	0,71	0,74	0,79	0,84	0,88	0,93	0,97
	65	0,75	0,78	0,84	0,90	0,94	0,99	1,05
	60	0,80	0,83	0,89	0,96	1,01	1,07	1,13
	55	0,85	0,89	0,96	1,04	1,10	1,16	1,24
75	50	0,91	0,96	1,04	1,13	1,21	1,28	1,37
	65	0,79	0,82	0,88	0,95	1,00	1,05	1,12
	60	0,84	0,88	0,94	1,02	1,08	1,14	1,21
	55	0,89	0,94	1,01	1,10	1,17	1,24	1,32
70	50	0,96	1,01	1,10	1,21	1,28	1,37	1,47
	60	0,88	0,93	1,00	1,08	1,15	1,22	1,30
	55	0,94	0,99	1,08	1,17	1,25	1,33	1,42
	50	1,01	1,07	1,17	1,28	1,37	1,47	1,58
	45	1,10	1,16	1,28	1,42	1,52	1,64	1,79
65	40	1,21	1,28	1,42	1,59	1,73	1,89	2,08
	55	1,00	1,05	1,15	1,26	1,34	1,43	1,54
	50	1,08	1,14	1,25	1,37	1,47	1,58	1,71
	45	1,17	1,24	1,37	1,52	1,64	1,78	1,94
60	40	1,28	1,37	1,52	1,71	1,87	2,05	2,27
	55	1,07	1,13	1,23	1,35	1,45	1,56	1,68
	50	1,15	1,22	1,34	1,48	1,60	1,73	1,87
	45	1,25	1,33	1,47	1,65	1,78	1,94	2,13
55	40	1,37	1,47	1,64	1,86	2,03	2,24	2,50
	50	1,23	1,31	1,45	1,62	1,75	1,90	2,07
	45	1,34	1,43	1,60	1,80	1,96	2,15	2,37
	40	1,47	1,58	1,78	2,03	2,24	2,48	2,78
	35	1,64	1,78	2,03	2,36	2,64	2,99	3,43
50	30	1,87	2,05	2,39	2,86	3,29	3,86	4,67
	45	1,45	1,56	1,75	1,98	2,17	2,40	2,67
	40	1,60	1,73	1,96	2,25	2,50	2,79	3,15
	35	1,78	1,94	2,24	2,63	2,96	3,37	3,92
45	30	2,03	2,24	2,64	3,19	3,70	4,39	5,39
	40	1,75	1,90	2,17	2,53	2,83	3,19	3,65
	35	1,96	2,15	2,50	2,96	3,37	3,89	4,58
40	30	2,24	2,48	2,96	3,63	4,25	5,11	6,38
	35	2,17	2,40	2,83	3,41	3,93	4,62	5,54
	25	2,96	3,37	4,25	5,68	7,28	10,16	17,93

Faktor načina spajanja f_2

Navedene vrijednosti su empirijske. Mjereni podaci i oni navedeni od strane proizvođača mogu se razlikovati.

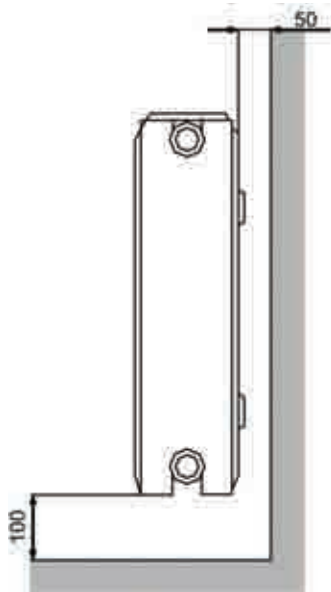
Tablica 4.7. Vrijednosti faktora načina spajanja f_2 u ovisnosti o vrsti priključka

Vrsta priključka	f_2
priključci na istoj strani polaz gore	1
priključci na istoj strani, ventil za jednocjevno grijanje, polaz dolje 100% otvoren	0,9
priključci na istoj strani, ventil za jednocjevno grijanje s unutarnjim kratkim spojem, 50% protoka	0,85 (0,7)
priključci na obje strane (do 2m razmaka)	1
priključci polaz, povrat s dvije strane	0,9
priključak u sredini, jednocjevno grijanje	0,9
priključak preko specijalnog ventila za jednocjevno grijanje s potopljenom cijevi	0,85 - 0,9

Faktor ugradnje f_3

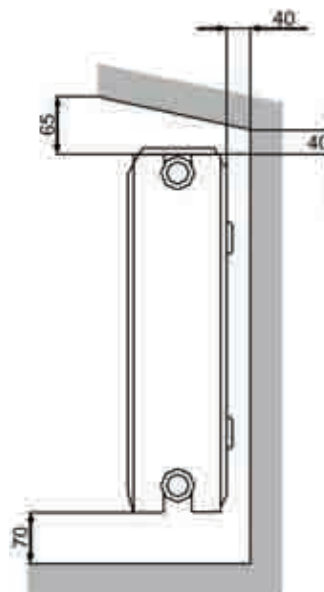
Navedene vrijednosti su približne:

- Kod ispitivanja u standardnim uvjetima (prema normi), ogrjevno se tijelo ugrađuje prema naputku proizvođača (100 mm od poda i 50 mm od zida). Za ovako ugrađeno tijelo $f_3=1$, (Slika 4.33.)



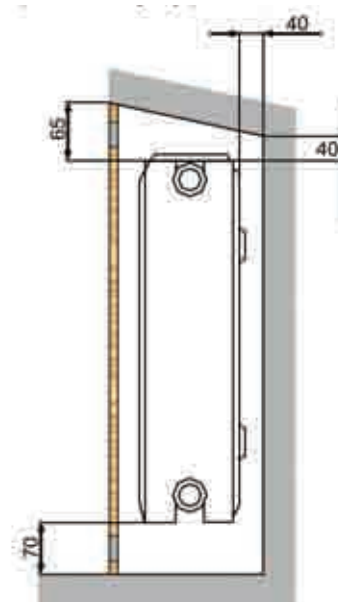
Slika 4.33. Standardan način ugradnje $f_3=1$

- Kod ugradnje ogrjevnih tijela u niše, daju se minimalne vrijednosti utvrđene normom (radnom podlogom). Primjenom preporuka iz norme učinak se smanjuje maksimalno 4%. Preporučaju se razmaci: iznad 65 mm, ispod 70 mm i prema zidu 40 mm (Slika 4.34.). Pri tome je $f_3=0,99$ do $0,96$.



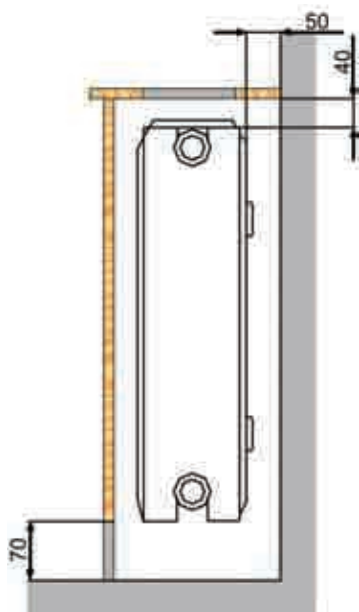
Slika 4.34. Minimalne dimenzije ugradnje, $f_3=0,96$ do $0,99$

- Maska ispred ogrjevnog tijela (drvena ili metalna) smanjuje toplinski učinak za 15%. Faktor $f_3=0,85$ do $0,9$ uz pridržavanje razmaka prema slici 4.35.



Slika 4.35. Preporučeni način ugradnje prema, $f_3=0,85$ do $0,9$

- Kod ugradnje dekorativnih ploča ispred ogrjevnog tijela, može doći do povećanog toplinskog učinka uslijed pojačanog strujanja zraka.



Slika 4.36. Postavljanje ogrjevnih tijela

- Radijator s ugrađenim rešetkastim pokrovom ima smanjeni učinak ovisno o veličini otvora do 20%, $f_3=0,8$ do $0,9$.
- Kod pločastih radijatora smanjuje se učinak radi ugrađenih pokrovnih limova s bočnih i gornje strane. Faktor $f_3=0,9$ do $0,95$ kad je učinak određen bez pokrovnih limova. Učinak prema normi HRN EN 422 daje se za stanje isporuke.
- Maske ispred radijatora smanjuju udio zračenjem odane topline s radijatora. Gornji i donji otvori za zrak moraju imati minimalne dimenzije jednake: $0,5 \times \text{dubina} \times \text{duljina}$ radijatora. Smanjenje odane topline uslijed smanjene konvekcije $f_3=0,9$ za slučaj kad su širine gornjeg i donjeg otvora, upravo jednake dubini ogrjevnog tijela.
- Teške zavjese ispred radijatora sprječavaju strujanje toplog zraka u prostor $f_3=0,9$.

Faktor premaza f_4

Površine malog emisijskog faktora zračenjem odaju manje topline.

- $f_4=1$, temeljna boja, lak elektrostatski nanosen (neovisno o $f_4=0,85$ do $0,9$, metalni premazi, bronca aluminij).

Faktor učestalosti rada f_5

Kad je prekid grijanja duži ili se želi brzo zagrijati prostor to zahtijeva veći toplinski učinak radijatora. Ako se želi sustav predimenzionirati, to je najbolje napraviti preko faktora f_5 za brzo zagrijavanje prostora. $f_5=0,8$.

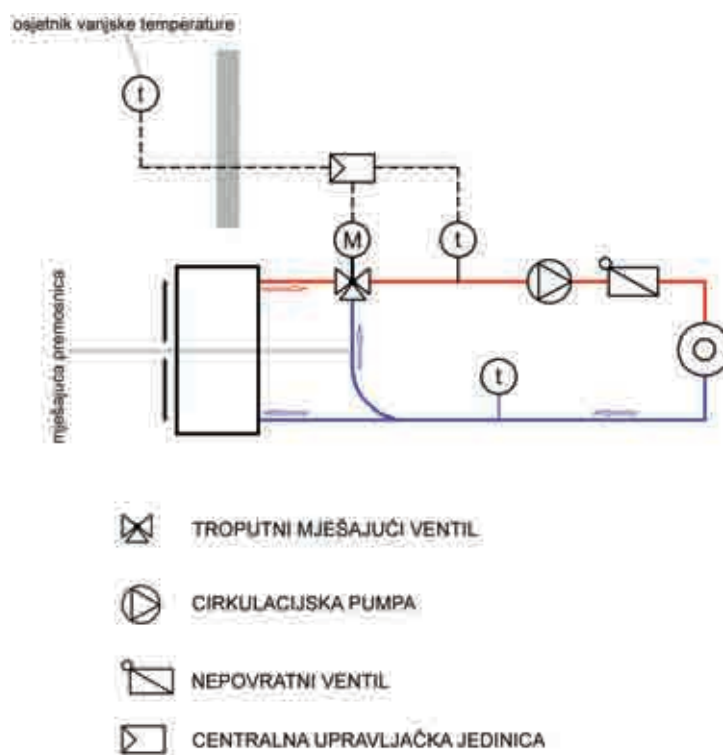
4.6.7. Regulacija i sigurnosni uređaji sustava centralnog grijanja

Zadatak je regulacije održavanje željene temperature u prostoru, dok sigurnosni uređaji štite sustav od prekoračenja graničnih vrijednosti temperature i tlaka.

4.6.7.1. Regulacija

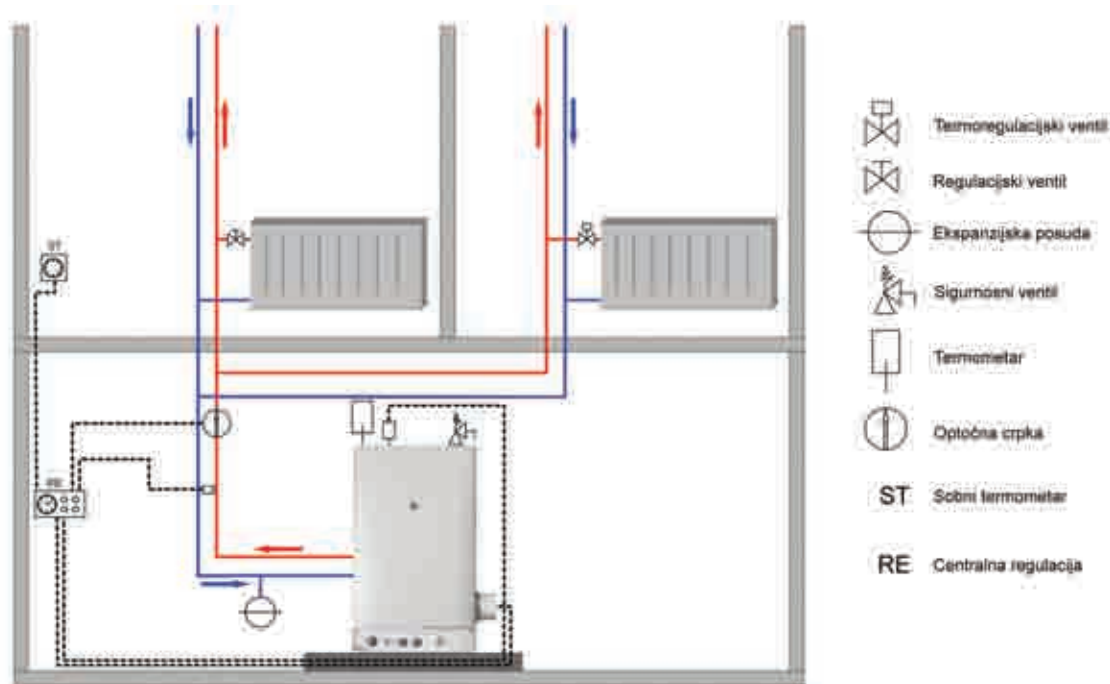
Razlikujemo centralnu i lokalnu regulaciju. Centralna regulacija osigurava potrebnu temperaturu polaznog voda sustava centralnog grijanja prema

vanjskoj ili unutrašnjoj temperaturi. Lokalna regulacija osigurava traženu temperaturu u prostoriji.

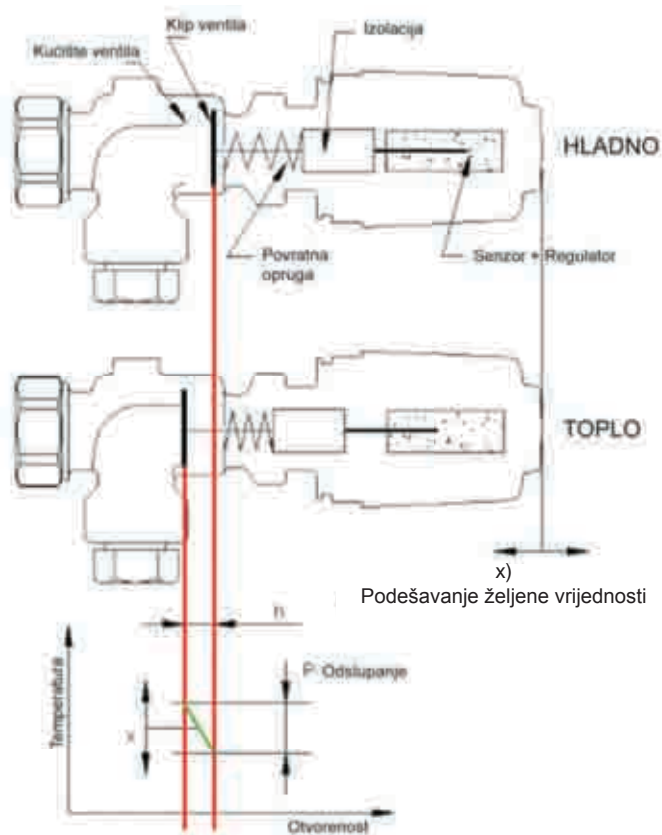


Slika 4.37. Regulacija prema vanjskoj temperaturi

Svaka se regulacija sastoji od temperaturnog osjetnika, upravljačke jedinice i izvršnog člana. Na osnovi podatka o temperaturi, kojeg daje temperaturni osjetnik, upravljačka jedinica daje odgovarajući signal izvršnom članu, mješajućem ventilu, koji osigurava temperaturu vode u polaznomvodu. Kako pojedine prostorije mogu biti izvrgnute dodatnim gubitcima ili dobitcima topline (orijentacija, osunčanost, izvori topline), lokalnom se regulacijom osigurava tražena temperatura u prostoriji. Lokalna se regulacija ostvaruje uporabom termostatskih ventila koji prema namještenoj vrijednosti propuštaju više ili manje tople vode kroz ogrjevno tijelo. Treba svakako napomenuti da odabrani ventili i cijevna mreža s ogrjevnim tijelima te izvor topline moraju biti usklađeni. Posebno treba voditi računa o načinu i mjestu postavljanja osjetnika termostatskog ventila.



Slika 4.38. Regulacija prema sobnoj temperaturi s lokalnom regulacijom preko termostatskog ventila TRV.



Slika 4.39. Termostatski ventil, princip rada.

Ispravno postavljanje osjetnika u prostoriji

a) Regulacija

Referentna prostorija, preko koje se regulira temperatura u drugim prostorijama, mora biti hladnija (građevinski) od onih u kojima boravi i u kojima se količina dovedene topline regulira preko termostatskog ventila.

b) Mjerenje temperature

Osjetnik mora ispravno mjeriti temperaturu prostorije. Temperatura prostorije ovisi o temperaturi zraka i dovedenoj energiji od okolnih ploha.

Mjesto postavljanja osjetnika

- Ne na sunčano mjesto
- Ne blizu izvora topline, npr. lampe
- Ne na tople zidove, npr. zid u kojem su tople cijevi
- Ne u niše i kutove gdje je slaba cirkulacija zraka
- Ne blizu vrata koja vode u negrijane prostore
- Ne na cijevi i metalne podloge. Strujanje hladnog zraka ili zrak koji se grije na nekom izvoru topline, jako utječu na mjerenje.

Ispravno postavljanje vanjskog osjetnika

a) Regulacija

U prostorijama izloženim sunčevom zračenju treba postaviti termostatske ventile.

b) Mjerenje vanjske temperature

- Visina 1. kata
- Zaštita od lažne topline, npr. prozor
- Ne u niše ili na uglove zgrada.

Ispravno postavljanje termostatskog ventila

Na slici 4.40. dani su primjeri ispravnog i neispravnog postavljanja osjetnika temperature u prostoru preko kojih se regulira sobna temperatura. Osjetnike temperature treba postavljati na mjesta koja nisu zaklonjena zavjesama, namještajem, ili dekorativnim pločama radijatora. Također treba paziti da nisu direktno izloženi sunčevom zračenju ili strujanju hladnog zraka.

Krivulja grijanja

Kod regulacije centralnog grijanja prema vanjskoj temperaturi vezu između vanjske temperature i temperature vode polaznog voda, dobivamo preko



Slika 4.40. Postavljanje termostatskog ventila

krivulja grijanja unesenih u regulator. Izbor krivulje radimo na osnovi karakteristika objekta i sustava grijanja. Kod krivulje grijanja možemo mijenjati njezin nagib (različit za različite sustave grijanja) i razinu, pri čemu nagib ostaje nepromijenjen ali se mijenja temperatura polazne vode za istu vanjsku temperaturu na više ili na niže.

4.6.7.2. Sigurnosni uređaji i oprema

U sigurnosne uređaje i opremu sustava centralnog grijanja spadaju:

- Sigurnosni ventil izvora topline (kotla)
- Granični termostat kotla odnosno uređaj za odvođenje prekomjerne topline kod kotlova na kruto gorivo
- Ekspanzijska posuda (otvorena ili zatvorena).

Uloga sigurnosnog ventila je da zaštiti kotao i sustav od prekomjernog porasta tlaka (maksimalnog dopuštenog radnog tlaka).

Uloga graničnog termostata i uređaja za odvođenje prekomjerne topline je da zaštiti kotao i sustav od prekomjernog porasta temperature (maksimalna dopuštena radna temperatura)

Uloga ekspanzijske posude je da preuzme povećanje volumena radnog medija u sustavu koji nastaje uslijed zagrijavanja.

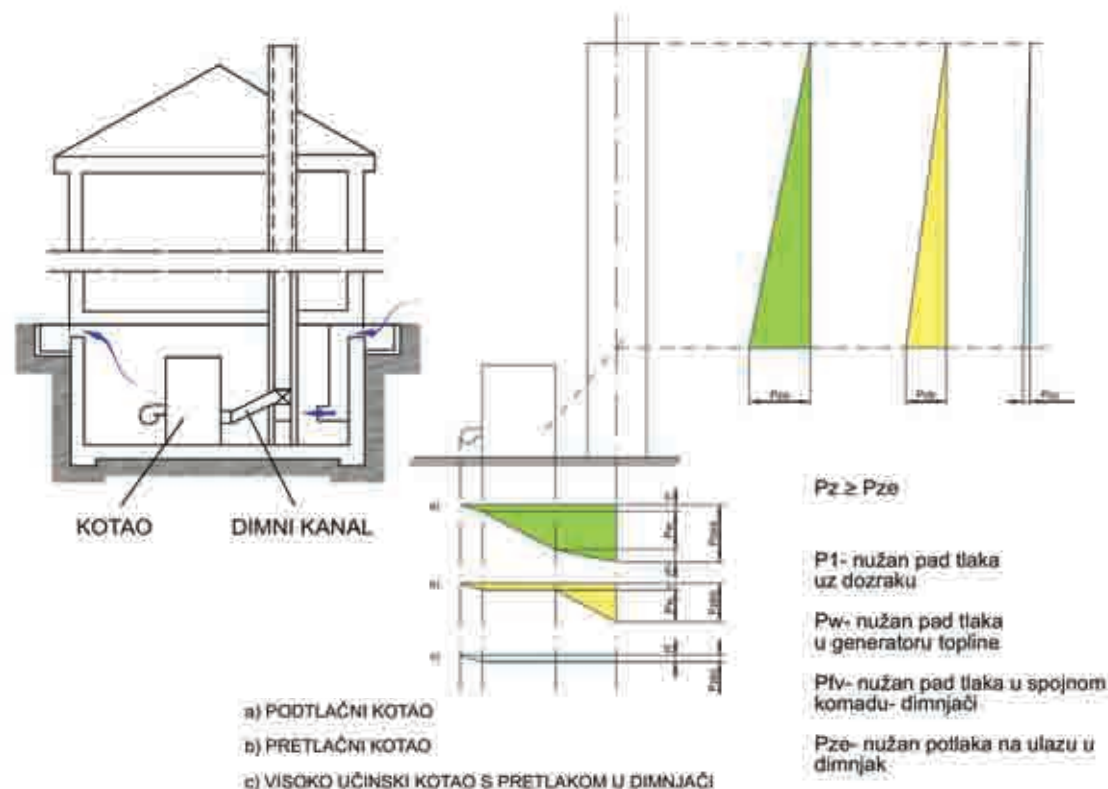
4.7. Dimnjak

Dimnjak je sastavni dio sustava grijanja. Njegova je uloga odvođenje dimnih plinova u atmosferu. Za ispravan rad sustava grijanja, bez obzira radi li se o pojedinačnom ili centralnom sustavu, neophodno je da dimnjak bude ispravno dimenzioniran. To znači da ima odgovarajući presjek za nastalu količinu dimnih plinova i visinu kako bi ostvario traženi potlak, neophodan za odvođenje dimnih plinova. Isto tako dimnjak mora biti izrađen iz odgovarajućih materijala ovisno o gorivu koje se koristi.

Vrstu, presjek i visinu dimnjaka određuje projektant na osnovi podataka o:

- sustavu grijanja
- tipu kotla
- vrsti goriva
- režimu grijanja i
- konfiguraciji terena.

POSTROJENJE ZA DIMNE PLINOVE



Slika 4.41. Raspored tlaka kroz kotao i dimnjak

Potlak dimnjaka

Potlak dimnjaka ostvaruje se na osnovi razlike gustoće dimnih plinova i okolišnjeg zraka. Ukoliko taj uzgon nije dovoljan, potrebno je dimne plinove odvoditi prisilno (fasadne peći i kombinirani bojleri itd.). Kod kotlova na kruto gorivo i uređaja s atmosferskim plamenikom, dimnjak mora osigurati potlak dovoljan za savladavanje otpora kotla, dimnjače (priključak na dimnjak) i samog dimnjaka. Kod kotlova s ventilatorskim plamenicima (pretlačni kotlovi), plamenik stvara pretlak potreban za savladavanje otpora kotla, a dimnjak otpora u dimnjači i samom dimnjaku.

Presjek dimnjaka

Presjek dimnjaka za manje objekte određujemo prema podacima proizvođača dimnjaka ili prema izrazima danim u stručnoj literaturi.

Izrada

Razlikujemo sljedeće vrste gradnje dimnjaka:

- dimnjaci iz opeke ili šamota
- dimnjaci izvedeni od predfabriciranih elemenata
- dimnjaci iz više slojeva (toplinski izolirani)
- Specijalni dimnjaci iz nehrđajućih materijala (nehrđajući čelik ili keramika) za kondenzacijske kotlove i plinske kotlove.

Dimnjaci se u pravilu postavljaju u unutrašnjosti zgrade. Iznutra moraju biti glatki i nepropusni te konstantnog presjeka. Konstrukcija dimnjaka mora osigurati njegovu postojanost i otpornost na temperature i koroziju. Visina dimnjaka određena je visinom zgrade. Da se izbjegne utjecaj vjetera i susjednih objekata, potrebno je visinu dimnjaka prilagoditi stanju na terenu. Temperatura dimnih plinova najviša je na ulazu u dimnjak i postupno opada prema vrhu. Zato je potrebno osigurati da se dimni plinovi na svom putu ne ohlade do temperature kondenzacije. Temperature dimnih plinova na izlazu iz kotla ovise o vrsti kotla.

Kod standardnih kotlova na sve vrste goriva ona je oko 200 do 250°C, dok je za niskotemperaturne kotlove od 160 do 180°C, a za kondenzacijske oko 50°C. Upravo radi toga potrebno je provesti sanaciju dimnjaka kod prelaska s jedne na drugu vrstu goriva, odnosno na drugi tip kotla. Dimnjak se mora dati kontrolirati i očistiti u propisanim vremenskim razmacima stručnoj osobi, dimnjačaru.

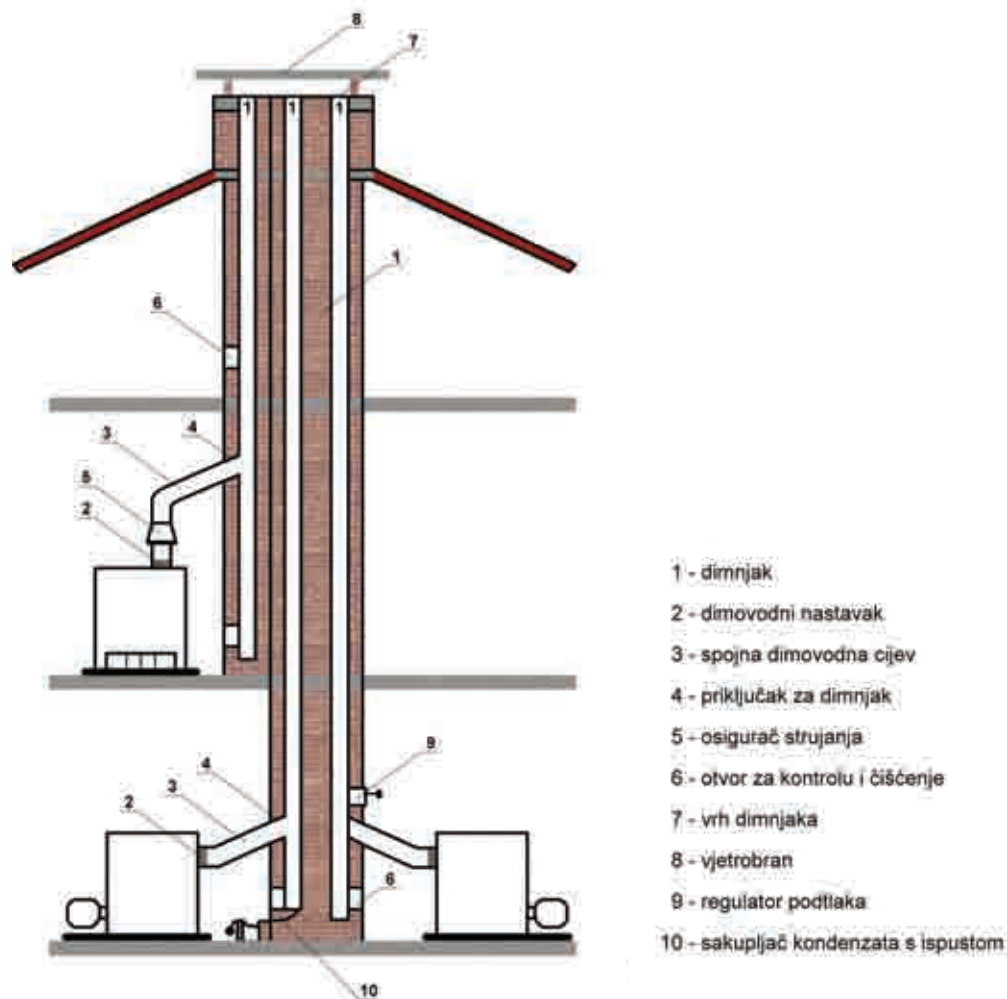
Napomene:

Na jedan dimnjak smijemo priključiti:

- najviše tri izvora topline snage do 20 kW
- najviše tri izvora topline s atmosferskim plinskim plamenikom snage do 30 kW
- jedan izvor topline na kruto gorivo snage veće od 20 kW
- samo jedan izvor topline s plinskim atmosferskim plamenikom snage veće od 30 kW
- samo jedan izvor topline s ventilatorskim tlačnim plamenikom
- samo jedan izvor topline s otvorenim ložištem.

Isto tako moramo znati da je:

- minimalni presjek dimnjaka 100 cm², promjer 11 cm
- najmanja svijetla površina zidanog dimnjaka 13,5x13,5 cm
- najmanja efektivna visina dimnjaka za kruta i tekuća goriva 5m
- najmanja efektivna visina dimnjaka za izvor topline s atmosferskim plinskim plamenikom 4m
- najveći razmak između gornjeg i donjeg priključka na dimnjak 6,5m
- izlaz dimnih plinova iz dimnjaka mora biti udaljen minimalno 1m od gorivih materijala.



Slika 4.42. Spoj na dimnjak pojedinih kotlova i uređaja za grijanje i preporučene visine dimnjaka

4.8. Posebnost grijanja na plin i EL loživo ulje

4.8.1. Plinski aparati i instalacija

Kod postavljanja plinskog grijanja i instalacije plina potrebno je poštovati zahtjeve lokalnog plinskog distributera. Investitor mora prije početka radova osigurati suglasnost za dimnjak, postavljanje instalacije i priključivanje trošila. Ukoliko se radi o tekućem naftnom plinu, tada se postavljanje spremnika za UNP i izvođenje instalacije mora provesti prema važećoj zakonskoj regulativi kao i preglede u toku uporabe.

Plinska trošila (kotlovi, grijalice) mogu se, ovisno o snazi, postaviti u prostorije samo ako su iste dovoljnog volumena i odgovarajuće prozračivane. Veličine prostorija, otvori za zrak i ostale mjere propisane su zakonskom regulativom.

4.8.2. Uređaji na EL loživo ulje i instalacija

Kod postavljanja instalacije i spremnika za sustav grijanja na EL loživo ulje potrebno je pridržavati se važeće zakonske regulative kojom su propisani:

- zahtjevi za postavljanje spremnika na otvorenom, u objektu ili ukopanog spremnika
- elementi instalacije za dobavu loživog ulja od spremnika do trošila i opremu spremnika
- požarna sigurnost.

Isto tako treba redovito održavati spremnik i instalaciju kako ne bi došlo do taloženja nečistoća u istima.

4.9. Zakonska regulativa i norme

Zakon o gradnji NN

- Zakon o zaštiti zraka NN 48/95
- Pravilnik za stupnjeve djelovanja novih toplovodnih kotlova na tekuće i plinovito gorivo NN 135/05
- Pravilnik za plinske aparate NN 135/05
- Tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama NN 79/05
- Uredba o граниčnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora NN 140/97
- HRN EN 12831 Način proračuna gubitaka topline
- HRN EN 832 Proračun korištenja energije za grijanje
- HRN EN ISO 13789 Toplinske značajke zgrada, koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka-način proračuna
- HRN EN 12829 Sustavi grijanja u zgradama-izvedba sustava toplovodnog grijanja
- HRN EN 12098-1 Kontrola sustava-uređaji za kontrolu sustava toplovodnog grijanja s kompenzacijom vanjske temperature
- HRN EN 12098-2 Kontrola sustava grijanja-uređaji za optimalnu kontrolu uključivanja toplovodnog grijanja
- HRN EN ISO 16484-1 Sustavi kontrole zgrade-pregled i definicije
- HRN EN ISO 16484-2 Sustavi kontrole zgrade-KVG kontrolni sustav funkcionalnosti.

Literatura:

-
1. Recknagel-Sprenger, *Priručnik za grijanje i klimatizaciju*, R. Oldenburg Verlag GmbH, Munchen, 2002.
 2. Jan.F. Kreider, *Heating and cooling of buildings-Design for efficiency*, McGraw-Hill, Inc., 1994.
 3. R.G.Brown, *Application Guide AG 3/96, Radiant heating*, BSRIA, Bracknell, UK, 1996.
 4. D. Klass; *Biomass Renewable Energy, Fuels and Chemicals*, Academic Press, 1988.
 5. P. Quaak, H. Knoef, H.E. Stassen; *Energy from Biomass, Review of Combustion and Gasification Technologies*, World Bank, 1999.



5. Ventilacija i hlađenje stambenog prostora



5. VENTILACIJA I HLA ENJE STAMBENOG PROSTORA

5.1. Ventilacija

Zadaća ventilacije u zgradama je kontinuirana zamjena onečišćenog zraka iz prostorije, svježim zrakom iz slobodne atmosfere radi održavanja potrebnih higijenskih uvjeta neophodnih za zdrav i ugodan boravak ljudi. Uloga ventilacije je također zagrijavanje zraka ukoliko je potrebno, odstranjivanje suvišne vlage i štetnih plinova iz prostora, te rashlađivanje zraka u ljetnom razdoblju.

Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije zgrada NN 03/07, propisuje tehnička svojstva za sustave ventilacije, sustave djelomične klimatizacije te za sustave klimatizacije u zgradama, zahtjeve za projektiranje, izvođenje sustava, uporabljivost, održavanje.

Za stanje ljudskog tijela važan je osjećaj udobnosti i neudobnosti koji regulira ponašanje tijela, ovisno o prilikama u kojima se ono nalazi. Osjećaj neudobnosti može se povećati od najobičnijeg osjećaja dosade pa sve do osjećaja mučnine.

Za ugodno stanovanje i očuvanje zdravlja i pune radne sposobnosti osoba, važne su sljedeće preporuke [1]:

- Temperatura zraka zimi u stambenim bi prostorijama trebala biti 21 ± 1 °C. Ljeti su ugodne temperature između 24 i 26 °C.
- Odstupanja srednje temperature obodnih površina od temperature zraka, ne smije iznositi više od 2 do 3 °C.
- Zimi je udobna relativna vlažnost zraka od 40 % do 50 %, a ljeti 50 ± 5 %. Vrijednosti ispod 30 % medicinski su nepoželjne, jer imaju za posljedicu isušivanje dišnih puteva.
- Brzina strujanja zraka u zoni boravka osoba trebala bi biti od 0,1 do 0,3 m/s.

Ventilacija prostorija može biti prirodna i mehanička.

Prirodna ventilacija se odvija putem:

- infiltracije zraka kroz zazor prozora i vrata, te zidova
- otvaranjem prozora i vrata
- izmjene zraka kroz ventilacijske kanale.

Mehanička ventilacija dijeli se na:

- odsisnu ventilaciju (odsisavanje onečišćenog zraka kroz kanale)
- tlačnu ventilaciju (dovođenje svježeg zraka kroz kanale)
- odsisno-tlačnu ventilaciju.

5.1.1. Prirodna ventilacija

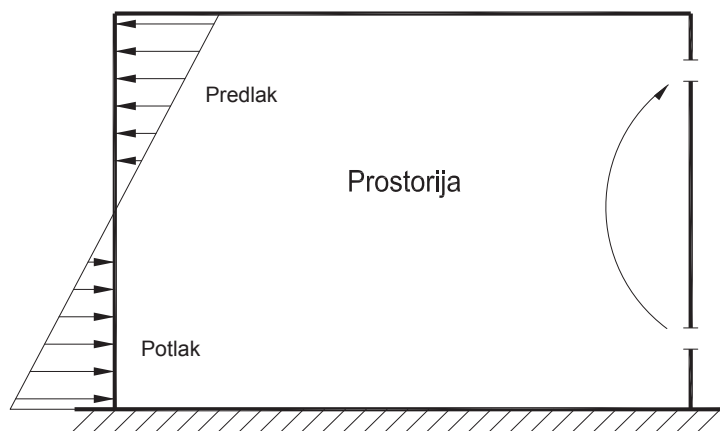
Pod pojmom prirodne ventilacije podrazumijeva se izmjena zraka u prostoriji koja je posljedica različite temperature zraka u prostoriji i izvan nje, te strujanja uslijed vjetera.

Prirodna ventilacija ostvaruje se kroz prozore, kontrolirane otvore na pročeljima zgrada ili ventilacijskim kanalima, te manjim dijelom kroz zidove.

Prodor zraka kroz zazor – infiltracija

Infiltracija je dotok vanjskog zraka u prostoriju kroz zazor na prozorima i vratima, a manjim dijelom kroz zidove, te kroz vanjska vrata pri ulaženju i izlaženju iz objekta. Ako je unutarnja temperatura zraka viša od vanjske temperature zraka, kao što je zimi u grijanim prostorijama, uslijed razlike u

gustoći toplijeg i hladnijeg zraka, pritisak zraka na vanjski zid raspoređuje se prema slici 5.1. Pri tome iznad sredine prostorije nastaje mali pretlak, a ispod sredine prostorije mali potlak u odnosu na tlak vanjskog zraka.



Slika 5.1. Raspored tlaka zraka u grijanoj prostoriji zimi [2]

Prodor svježeg zraka u prostoriju procesom infiltracije, ovisi o veličini zazora na vanjskim prozorima i vratima. U stambenim prostorijama zimi se broj izmjena zraka kreće od 0,3 do 0,8 h⁻¹. Novija gradnja prozora koja teži što boljoj toplinskoj karakteristici prozora, često ima samo 0,1 h⁻¹. Da bi se izbjegla povećana koncentracija štetnih plinova u takvim objektima, potrebno je provjetravati prostoriju otvaranjem prozora. Minimalni broj izmjena zraka u jednom satu u stambenoj prostoriji ne smije biti manji od 0,5 h⁻¹.

Prema podacima iz stručne literature u tablici 5.1. su dane vrijednosti o preporučenom broju potrebnih izmjena zraka za različite vrste prostora.

Tablica 5.1. Iskustveni broj izmjena zraka u satu za različite vrste prostora [1]

Vrsta prostora	Broj izmjena zraka u satu (h ⁻¹)
Prostorije za rad i boravak	3 - 5
Kuhinje (za vrijeme kuhanja)	15 - 30
Spremišta za namirnice	10 - 30
Spavaonice	3 - 6
Kupaonice	4 - 8
Nužnici	4 - 9
Stubišta	4 - 8
Pojedinačne garaže	3 - 6

Ventilacija otvaranjem prozora i/ili balkonskih vrata

Prirodna je ventilacija kroz otvorene prozore i balkonska vrata najintenzivniji način prirodne ventilacije. Približan broj izmjena zraka koji se može postići u uporabi pri zatvorenom prozoru i balkonskim vratima, te pri različitim položajima krila prozora i prozorskih roleta prikazani su u tablici 5.2. Navedeni broj izmjena zraka ovisi o brzini vjetera, razlici između temperatura unutarnjeg i vanjskog zraka, vrsti prozora i roleta te rasporedu prozora u zgradi.

Tablica 5.2. Broj izmjena zraka pri prirodnoj ventilaciji kroz prozore i vrata

Položaj krila vanjskih prozora i vrata	Broj izmjena zraka u satu (h ⁻¹)
Prozor zatvoren, vrata zatvorena	0 – 0,5
Prozor otklopljen, rolete drvene spuštene	0,3 – 1,5
Prozor otklopljen bez roleta	0,8 - 4
Prozor poluotvoren	5 - 10
Prozor potpuno otvoren	9 - 15
Prozor i vrata potpuno otvoreni (poprečno provjetranje)	približno 40

Pravilo je da se prostorije trebaju prozračivati otvaranjem ili poluotvaranjem prozora, a ne samo infiltracijom zraka kroz zatore i vanjske zidove. Pri tome treba imati na umu da je kratko prozračivanje potpunim otvaranjem krila prozora i balkonskih vrata bolje od trajnog prozračivanja kroz poluotvorena krila vrata ili prozora.

Pri prirodnom prozračivanju kroz prozor, zrak u prostoriji, obnavlja se ulaznim i izlaznim strujanjem zraka. Budući je vanjski zrak najčešće hladniji od zraka u prostoriji, topliji zrak izlazi kroz gornji dio prozora (naročito kroz kutije za rolete), a svjež, hladniji zrak ulazi kroz donji dio prozora.

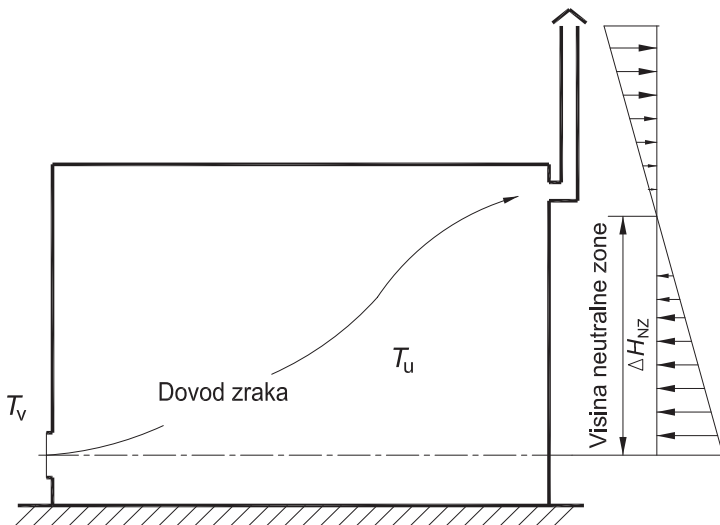
Ventilacija kroz kanale - efekt dimnjaka

Prirodna ventilacija se značajno može povećati u zimskom razdoblju primjenom ventilacijskih kanala koji vode iznad krova objekta (Slika 5.2.). Na ovaj način se neutralna razina tlaka pomiče na višu razinu, tako da je u cijeloj prostoriji veći potlak. Ako se istovremeno osiguraju odgovarajući otvori za dovod zraka u prostoriju, pri dovoljnoj temperaturnoj razlici toplijeg zraka (manje gustoće) u prostoriji od vanjskog zraka (veće gustoće), ventilacija prostora se provodi uzgonskim efektom kroz ventilacijski kanal.

Raspoloživi tlak izazvan uzgonskim efektom iznosi [2,3]:

$$\Delta p_{UZG} = (\rho_v - \rho_u) g \Delta H_{NZ} \geq \sum Rl + \sum Z \quad (5.1)$$

- ρ_v - gustoća vanjskog zraka, kg/m³
- ρ_u - gustoća zraka u prostoriji, kg/m³
- ΔH_{NZ} - visina od sredine donjeg otvora do neutralne zone, m
- RI - linijski otpori strujanju zraka
- Z - lokalni otpori strujanju zraka



Slika 5.2. Shematski prikaz prirodne ventilacije kroz ventilacijski kanal

Protok zraka izazvan uzgonskim efektom za slučaj kad su površine ulaznog i izlaznog otvora jednake računa se prema izrazu:

$$\dot{V} = C_D A \sqrt{2g \Delta H_{NZ} (T_u - T_v) / T_u}, \text{ m}^3/\text{s}, \quad (5.2)$$

pri čemu je:

- C_D - koeficijent istjecanja za otvor (obično 0,65)
- A - slobodna površina ulaznih otvora, m²
- T_u - temperatura zraka u prostoriji, K
- T_v - temperatura vanjskog zraka, K.

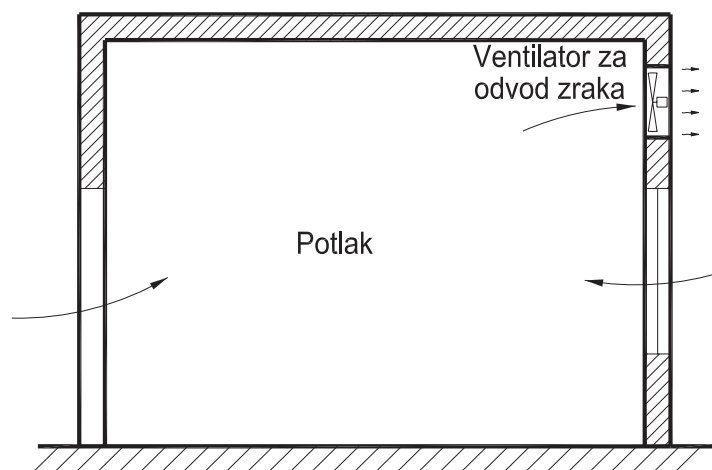
S porastom vanjske temperature efekt uzgona slabi, da bi strujanje bilo onemogućeno s izjednačenjem temperature prostorije s vanjskom temperaturom. Ljeti kada je temperatura okoline viša od temperature prostora, smjer strujanja zraka je suprotan, tako da kroz kanal prodire topliji zrak u prostoriju.

5.1.2. Mehanička ventilacija

Mehanička ventilacija je prisilna izmjena zraka u prostoriji potpomognuta djelovanjem ventilatora, odnosno dodatnom mehaničkom energijom.

Odsisna ventilacija

U stambenim prostorijama mehanička ventilacija se provodi odsisavanjem zraka iz sanitarnih prostorija i kuhinja, pri čemu uslijed potlaka u ventilirane prostore ulazi vanjski zrak ili zrak iz susjednih prostorija (Slika 5.3.).



Slika 5.3. Mehanička ventilacija s odvozom zraka iz prostorije

Kupaonski ventilatori većinom se izvedu u dimenzijama promjera 100, 120 i 150 mm (Slika 5.4.).



Slika 5.4. Kupaonski ventilator

Uključivanje ventilatora provodi se preko posebnog prekidača ili prekidača za svjetlo s ugrađenim mehanizmom za vremensko zadržavanje. Nešto moderniji sustavi imaju osjetnik vlage koji se ugrađuje u ventiliranu prostoriju.

Tablica 5.3. Karakteristike kupaonskih ventilatora

Promjer, mm	Protok zraka, m ³ /h	Snaga ventilatora, W
100	90	11
120	170	15
150	320	26

Centrifugalni ventilatori za odsis vlažnog, masnog zraka i para od kuhinjskih napa, pogonjeni su jednofaznim motorom 230V/50Hz s mogućnošću kontrole brzine okretaja. Mogu se ugraditi u ili izvan kuhinjske nape. Izvode se s odvajačem masnoće s prednje strane ventilatora i mogućnošću vadenja radnog kola ventilatora radi lakšeg čišćenja i održavanja. Protok zraka kreće se od 200 do 480 m³/h. Snaga ventilatora kreće se od 50 do 150 W.

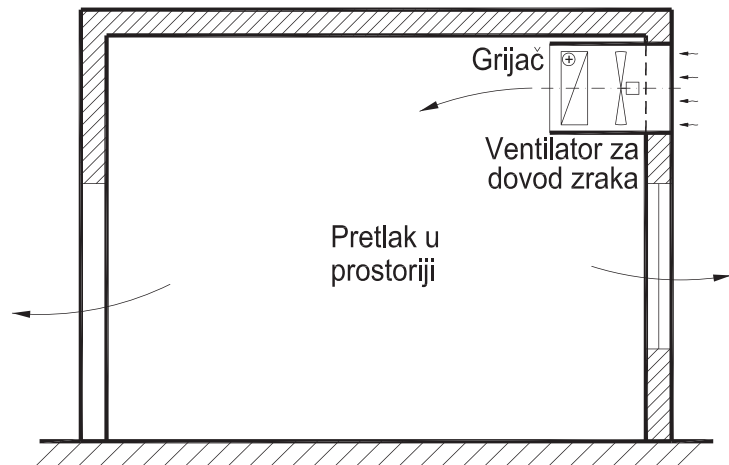


Slika 5.5 Kuhinjska napa Končar (protok zraka 250 m³/h, snaga ventilatora 140 W)

Tlačna ventilacija

Nasuprot odsisavanju zraka iz prostorije, uređaji za tlačnu ventilaciju ubacuju vanjski zrak u prostor koji se ventilira. Prostorija se drži u pretlaku u odnosu

na susjedne prostorije i okolinu, te je time spriječen dotok onečišćenog zraka u ventilirani prostor, odnosno višak zraka struji u susjedne prostorije ili prema okolini kroz prozore i vrata (Slika 5.6.). Zimi je potrebno zrak koji se ubacuje u prostoriju zagrijati približno do sobne temperature pomoću grijača zraka. Osnovni dijelovi ventilacijske komore su ventilator, grijač i filter zraka, te kanal za dovod zraka. Nedostatak tlačne ventilacije je nemogućnost povrata topline iz sobnog zraka.



Slika 5.6. Mehanička ventilacija s dovodom zraka u prostoriju

5.2. Hlađenje (grijanje) stambenog prostora

5.2.1. Rashladne jedinice

Rashladne jedinice koje se koriste u stambenim prostorima najčešće su kompresijski rashladni sustavi za hlađenje zraka, pri čemu je kondenzator hlađen zrakom.

Ljevokretni rashladni proces posreduje pri prijenosu topline između toplinskog izvora - zraka koji se hladi na isparivaču, i toplinskog ponora - okolišnjeg zraka koji prima toplinu oduzetu prostoru koji se hladi, uvećanu za energiju kompresije.

Osnovne komponente kompresijskog rashladnog uređaja su:

- kompresor, kondenzator, prigušni ventil i isparivač
- te radna tvar kao prijenosnik energije.

Kondenzator i kompresor smješteni su u vanjskoj kondenzacijskoj jedinici, dok su isparivač i prigušni ventil smješteni u unutarnjoj jedinici (Slika 5.7.). Budući da uređaj čine vanjska i unutarnja jedinica u odvojenoj izvedbi, koristi se i naziv SPLIT sustav za hlađenje zraka. Nije rijedak naziv za rashladni uređaj za hlađenje zraka i „klima uređaj“. Pod pojmom klimatizacija podrazumijeva se znatno šira priprema zraka od one u split sustavu za hlađenje zraka: regulacija temperature, vlažnosti, čistoće zraka, brzine strujanje zraka, razinu buke, te naziv klima uređaj nije najprikladniji, iako se u praksi često koristi.

Kao radne tvari u split rashladnim sustavima koriste se halogenirani ugljikovodici - freoni iz skupine HFC-a, koje još nazivamo ekološki prihvatljive radne tvari (R407C, R410A). Još uvijek se u postojećim uređajima koristi i radna tvar R22 iz skupine HCFC-a, ali zbog štetnog utjecaja na razgradnju ozona, njena uporaba u novim uređajima je zabranjena od početka 2006. godine.

Princip rada rashladnog uređaja

U **isparivaču** radna tvar isparava pri tlaku isparavanja (**proces 4-1**) najčešće pri konstantnoj temperaturi primajući toplinu s medija kojeg hladi. Radna tvar na ulazu u isparivač je većinom u kapljevitom stanju (stanje 4), dok je radna tvar na izlasku iz isparivaču u suhozasićenom ili blago pregrijanom stanju (stanje 1). Temperatura isparavanja je uvijek niža od temperature medija koji se hladi na isparivaču (najčešće je to zrak, a može biti i kapljevina – voda ili neka smjesa vode i glikola). Na slici 5.7. prikazana je shema rashladnog uređaja za hlađenje zraka, a na slici 5.8. rashladni proces u T,s dijagramu.

Kompresor je onaj element rashladnog uređaja koji omogućuje hlađenje na temperaturu nižu od temperature okoline. Nije moguće prirodnim putem toplinu prenositi s tijela niže temperature na tijelo više temperature. Da bi to bilo moguće mora se primijeniti tehničko hlađenje. Kompresor snižavanjem tlaka radnoj tvari, umjetno stvara hladnije tijelo od temperature tijela koje se hladi. Kompresor usisava suhozasićenu paru radne tvari s tlaka isparavanja i komprimira ju na tlak kondenzacije (**proces 1-2**), odnosno na temperaturu koja je viša od temperature okoline.

Toplinu koju je radna tvar u isparivaču preuzela na sebe potrebno je u **kondenzatoru** predati okolini, uvećanu za energiju privedenu kompresoru. Da bi to bilo moguće temperatura radne tvari u kondenzatoru mora biti viša od temperature medija koji preuzima toplinu kondenzacije (okolinski zrak, a može biti i voda). U kondenzator radna tvar ulazi kao pregrijana para (stanje 2), predajući toplinu okolišnjem zraku brzo se ohladi do temperature kondenzacije pri čemu daljnjim odvođenjem topline dolazi do kondenzacije radne tvari. Odavanjem topline okolini sadržaj pare u kondenzatoru se sve više smanjuje, a udio kapljevine raste. Radna tvar na izlazu iz kondenzatora je sva u kapljevitom stanju. Za bolju učinkovitost sustava poželjno je da se radna tvar na izlazu kondenzatora pothladi za par stupnjeva, odnosno da temperatura radne tvari na izlazu iz kondenzatora bude za 3 do 5 °C niža od temperature kondenzacije. Najveći dio izmijenjene topline u kondenzatoru ostvari se prilikom promjene agregatnog stanja iz parne u kapljevitu fazu (izmjena latentne topline), dok se manji dio izmjeni prilikom hlađenja pregrijanih para i pothlađenjem kondenzata.

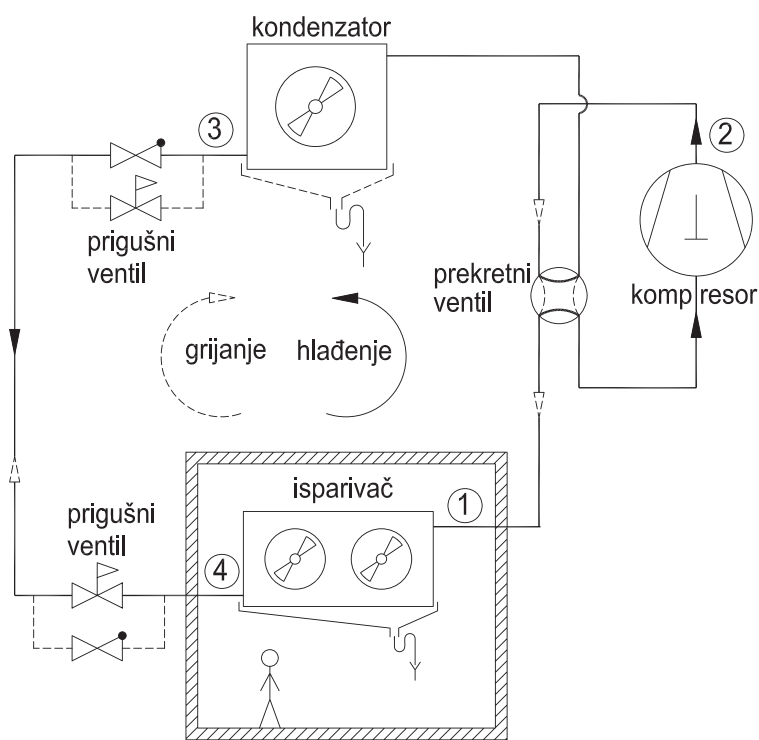
Toplina kondenzacije koju je potrebno predati okolini (**proces 2-3**) jednaka je toplini izmijenjenoj na isparivaču uvećana za energiju privedenu kompresoru:

$$q_k = q_o + w, \quad [\text{kJ/kg}], \quad (5.3.)$$

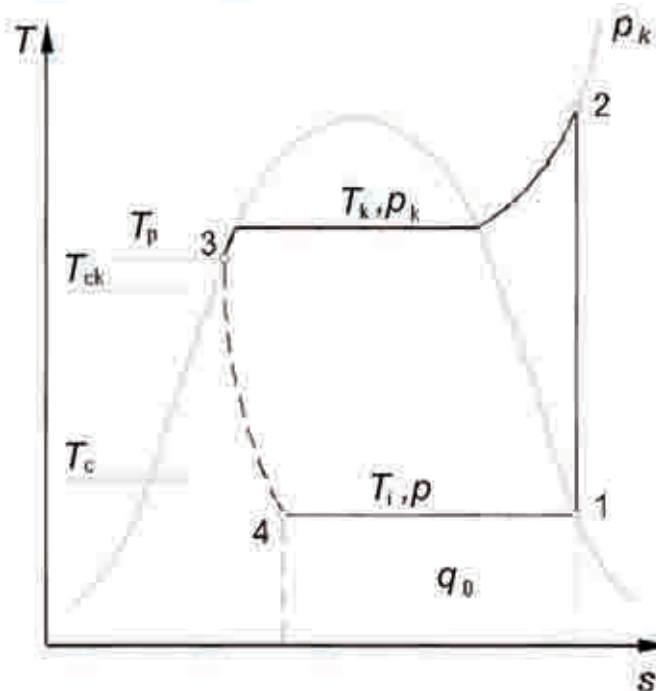
odnosno

$$\Phi_k = \Phi_o + P_{\text{komp}}, \quad [\text{W}], \quad (5.4.)$$

Nakon što je radna tvar predala toplinu okolišnjem zraku i kondenzirala sve pri visokom tlaku, u kapljevitom stanju ulazi u **prigušni ventil** koji služi za prigušenje (obaranje) tlaka radne tvari s tlaka kondenzacije na tlak isparavanja, **proces 3-4**. Prilikom prigušenja radne tvari dolazi do ekspanzije radne tvari pa je na ulazu u isparivač još uvijek radna tvar najvećim dijelom u kapljevitom stanju, ali sadrži i parnu fazu. Ovime je kompresijski kružni parni proces zatvoren.



Slika 5.7. Split sustav za hlađenje (grijanje) zraka



Slika 5.8. Prikaz rashladnog procesa u T,s – dijagramu

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1-2 kompresija radne tvari | T_i – temperatura isparavanja |
| 2-3 kondenzacija radne tvari | T_{ok} – temperatura okoline |
| 3-4 prigušenje radne tvari | T_o – temperatura hlađenja. |
| 4-1 isparavanje radne tvari | |
| T_k – temperatura kondenzacije | |
| T_p – temperatura pothlađenja | |

Termodinamička valjanost rashladnog procesa ocjenjuje se preko faktora hlađenja koji predstavlja omjer ostvarenog rashladnog učinka na isparivaču i privedene snage kompresoru. U većini slučajeva faktor hlađenja ϵ_h se kreće od 2 do 4.

$$\epsilon_h = \frac{q_o}{w} = \frac{\Phi_o}{P_{komp}} \quad (5.5.)$$

pri čemu je:

- q_o - specifični učinak hlađenja, J/kg
- w - specifični rad kompresora, J/kg
- Φ_o - rashladni učinak isparivača, W
- P_{komp} - snaga kompresora, W.

Faktor hlađenja bit će veći kada je temperaturna razlika između toplinskih spremnika manja, odnosno manja temperatura razlika temperature kondenzacije i isparavanja.

Podjela split sustava

Split sustavi se mogu podijeliti prema nekoliko kriterija:

Prema namjeni:

- uređaji za hlađenje zraka
- uređaji za hlađenje i grijanje zraka.

Prema broju unutarnjih jedinica:

- monosplit sustavi, sastoje se od jedne vanjske i jedne unutarnje jedinice
- multisplit sustavi, sastoje se od jedne vanjske i više unutarnjih jedinica.

Prema načinu ugradnje unutarnje jedinice:

- zidni
- podni, parapetni, ugradbeni
- podstropni
- stropni: kazetni, kanalni, ugradbeni.

Svaki rashladni uređaj je dizalica topline jer omogućuje prijenos topline s nižeg na viši energetska razinu, uz privedeni vanjski rad. U praksi se uvriježio naziv za dizalicu topline za rashladni uređaj koji se koristi za grijanje. Većina današnjih rashladnih split sustava se izvode s prekretnim procesom. Ugradnjom četveroputnog prekretnog ventila, sustav može raditi i u modu hlađenja i u modu grijanja (Slika 5.7.).

Za uređaj koji se koristi za hlađenje neophodno je osigurati odvod kondenzata, vode koja je iskondenzirala na hladnim stjenkama isparivača kada je rashladni uređaj u radu i kada je temperatura stjenki orebrenog isparivača jednaka ili niža od temperature točke rošenja, za stanje zraka u prostoriji.

Ako uređaj ima mogućnost prekretanja procesa, potrebno je osigurati odvod kondenzata i s vanjske jedinice. Orebreni izmjenjivač u vanjskoj jedinici za slučaj prekretanja procesa i moda grijanja postaje isparivač. Također, iz navedenih razloga potrebno je izolirati usisne cjevovode.

O smještaju unutarnje i vanjske jedinice u dobroj mjeri ovisi učinkovitost hlađenja prostora. Vanjsku jedinicu po mogućnosti treba instalirati na sjevernu stranu objekta, tj. na najhladnije moguće mjesto koje po mogućnosti nije izloženo izravnom sunčevom zračenju s dobrom cirkulacijom okolišnjeg zraka. Ona ne smije narušavati vanjski izgled zgrade.

Regulacija split sustava

Na jednostavnijim i jeftinijim uređajima regulacija je intermitirajuća (on-off) s uključenim ili isključenim kompresorom rashladnog uređaja.

Inverterska regulacija predstavlja napredak u vođenju i regulaciji rada split rashladnog sustava. Inverterska regulacija znači frekvencijsku regulaciju broja okretaja kompresora, čime se ostvaruje stupnjevana regulacija učinka. Drugim riječima, rad kompresora, a time i učinak točnije se prilagođuju zadanim uvjetima. Temperaturna su odstupanja mnogo manja nego kod intermitirajuće regulacije, pa je i udobnost primjene veća, a uz to je potrošnja električne energije od 20 do 40% manja.

O toplinskoj kvaliteti ovojnice zgrade ovisi učinak rashladnog uređaja. Dimenzioniranje sustava hlađenja provodi se na osnovi rashladnog opterećenja objekta (prostorija) prema smjernici VDI 2078.

Nešto jednostavniji način proračuna približnog rashladnog učinka prostorije dan je u tablici 5.4.

Tablica 5.4. Proračun rashladnog učinka prostorije [4]

	iznos	x faktor	= potrebni učinak
Površina prozorske plohe:			
- u sjeni	m ²	50	W
- izložena Suncu bez vanjskog sjenila	m ²	180	W
- izložena Suncu s unutarnjim sjenilom	m ²	135	W
- izložena Suncu s vanjskim sjenilom	m ²	90	W
Površina vanjskog zida:			
- izložena Suncu i izolirana	m ²	9	W
- izložena Suncu i neizolirana	m ²	23	W
- u sjeni i izolirana	m ²	7	W
- u sjeni i neizolirana	m ²	12	W
Površina unutarnjih zidova	m ²	10	W
Površina krova:			
- izoliranog	m ²	5	W
- neizoliranog	m ²	1	W
Površina stropa:			
- ispod izoliranog krova	m ²	10	W
- ispod neizoliranog krova	m ²	24	W
Površina poda			
- izoliranog	m ²	7	W
- neizoliranog	m ²	10	W
Broj izmjena zraka u prostoriji	m ³ /h	4,5	W
Broj osoba koje borave u prostoriji		144	W
Ukupna snaga el. uređaja u prostoriji	W	1	W
Ukupni potrebni rashladni učinak			W

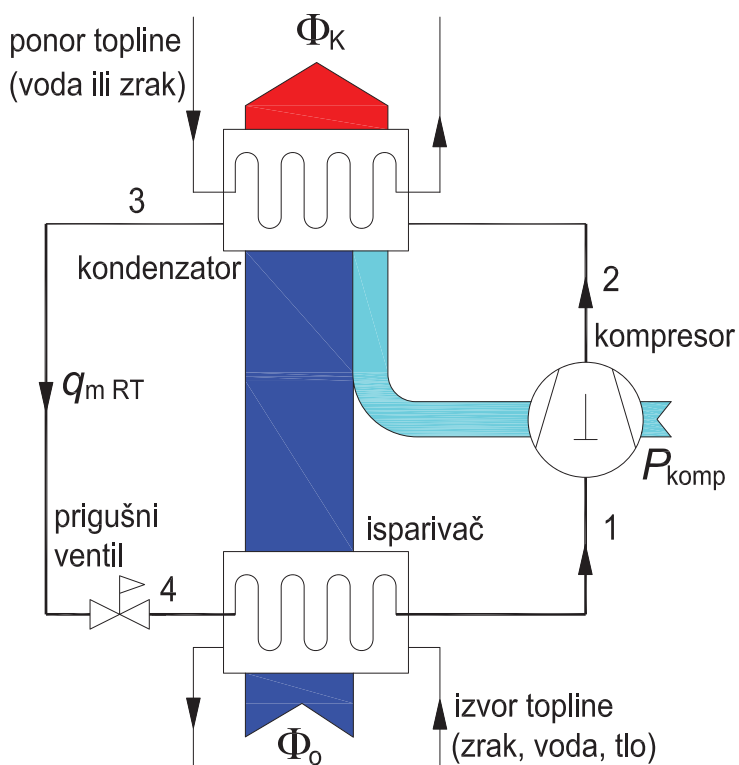
Okvirna cijena split sustava za hlađenje zraka, rashladnog učinka 3,5 kW, kreće se od 2.500,00 do 4.500,00 kn. Tom iznosu treba pridodati cijenu ugradnje uređaja. Više cijene odnose se na uređaje s frekvencijskom regulacijom.

5.2.2. Dizalice topline

Pod nazivom dizalica topline (engl. heat pump) podrazumijeva se općenito svaki uređaj koji prenosi toplinu sa spremnika niže temperature na spremnik više temperature, u kojem se toplina korisno primjenjuje. Proces dizalnice topline istovjetan je ljevokretnom rashladnom procesu.

U okolišnjem zraku, podzemnim i površinskim vodama i tlu sadržana je toplinska energija Sunca koja se zbog niske temperature njezinih nosilaca ne može neposredno koristiti za grijanje, ali može poslužiti kao toplinski izvor za dizalnice topline.

Naslici 5.9. dan je shematski prikaz kompresijske dizalnice topline s kompresorom, kondenzatorom, prigušnim ventilom i isparivačem. Kao prijenosnik energije (radna tvar) koriste se R134a, R410A, R407C, R290.



Slika 5.9. Ljevokretni ogrjevni proces

Temperatura izlazne vode, koja preuzima toplinu kondenzacije Q_K , obično se kreće od +30 do +40 °C. Ako se tlak kondenzacije poveća, temperatura izlazne vode iz kondenzatora može se povisiti do + 60 °C (pa i više), što ovisi o ulaznoj temperaturi i protoku vode. To je također moguće postići i kada se za hlađenje kondenzatora koristi zrak ili bilo koji drugi medij. Uređaj kod kojeg se toplina mediju dovodi pri temperaturi T_{ok} , a odvodi pri nekoj višoj temperaturi T_g (npr. predajom prostoriji koju treba grijati), naziva se dizalica topline.

Toplinski množitelj (faktor grijanja) dizalnice topline definiran je izrazom:

$$\epsilon_g = \frac{q_K}{w} = \frac{\Phi_K}{P_{komp}} \quad (5.6.)$$

pri čemu učinak grijanja – učinak kondenzatora iznosi:

$$\Phi_K \approx \Phi_o + P_{komp} , W \quad (5.7.)$$

Prosječni toplinski množitelj, ovisno o temperaturama toplinskog izvora i ponora, često doseže vrijednosti od 2,5 do 4 pa i više. To znači da za 1 kW privedene snage kompresoru, učinak grijanja na kondenzatoru može biti i nekoliko puta veći. Učinkovitost dizalnice topline smanjuje se s padom temperature toplinskog izvora, ali i s porastom temperature vode na izlazu iz kondenzatora. Najčešće su sustavi za grijanje s dizalicom topline namijenjeni za niskotemperaturno grijanje (temperaturni režim vode 40/50 °C) i za zagrijavanje PTV-a.

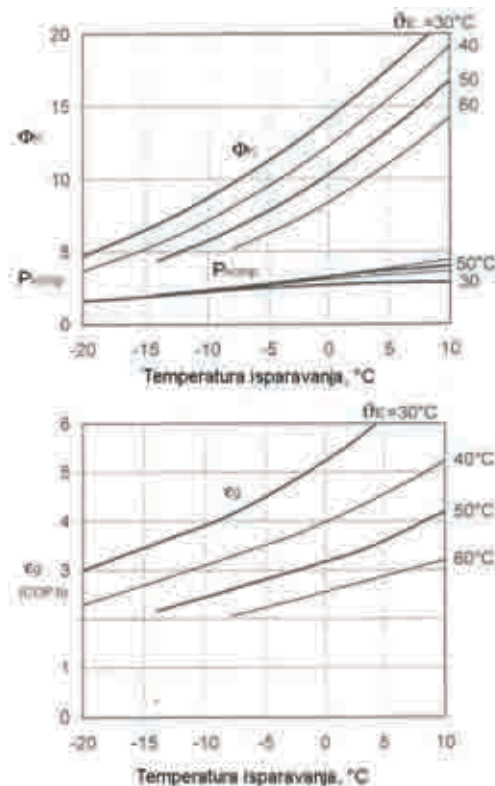
Vrijedi pravilo: što je manja temperaturna razlika između temperature toplinskog izvora i temperature toplinskog ponora (zraka ili vode koji se grije), to će biti veći učinak grijanja, a manja pogonska snaga kompresora, odnosno veći toplinski množitelj (Slika 5.10.).

Od navedenog toplinskog množitelja za vrednovanje energetske učinkovitosti sustava dizalnice topline relevantniji je godišnji toplinski množitelj (Seasonal performance factor):

$$SPF = \frac{\Sigma Q_K}{\Sigma E} \quad (5.8.)$$

koji je definiran kao omjer stvarno proizvedene toplinske energije dizalnice topline tijekom godine (ΣQ_K) kroz ukupna godišnja energija utrošena na pogon kompresora, pumpi, ventilatora, te sustav odleđivanja isparivača (ΣE).

Dizalice topline razmjerno su skupi uređaji, te se s ekonomskog stajališta ne preporuča uvijek dimenzioniranje sustava na puno opterećenje, pogotovo kad je izvor topline zrak. Ako bi se one dimenzionirale za najveće toplinsko opterećenje sustava, u većem dijelu godine bi sustav bio predimenzioniran, osim za najhladnijih dana.



Slika 5.10. Ovisnost toplinskog množitelja o temperaturama isparavanja i kondenzacije [5]

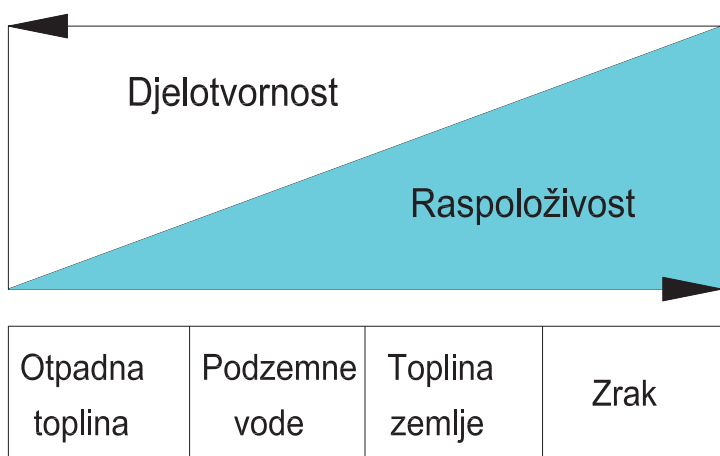
IZVORI TOPLINE ZA DIZALICE TOPLINE

Za postrojenje dizalice topline od najvećeg su značaja svojstva toplinskog izvora. Može se reći da je postrojenje za grijanje dizalicom topline onoliko dobro, koliko je dobar njegov toplinski izvor.

Kao niskotemperaturni toplinski spremnici koriste se voda (riječna, jezerska, morska i podzemna) zrak, otpadna toplina, Sunce ili se isparivač zakopava u zemlju, pri čemu tlo predstavlja toplinski spremnik [6].

Da bi se osigurao ekonomičan rad dizalice topline, na izvor topline se postavlja niz zahtjeva među kojima su najvažniji sljedeći:

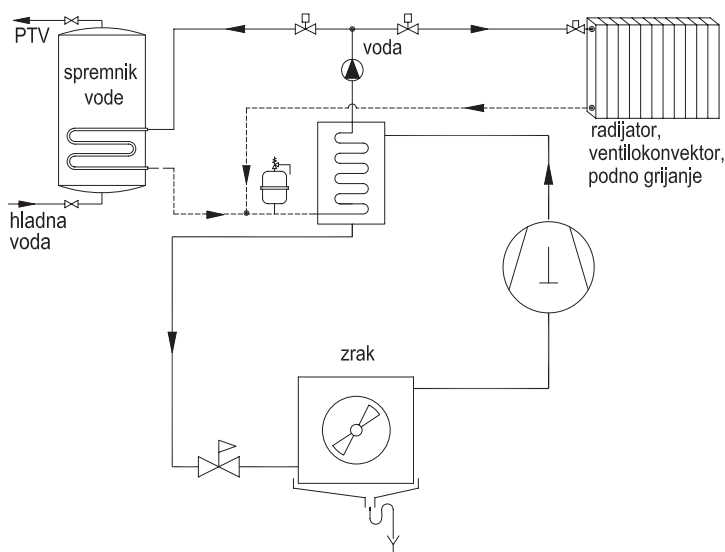
- toplinski izvor treba osigurati potrebnu količinu topline u svako doba i na što višoj
- temperaturi (Slika 5.11.)
- troškovi za priključenje toplinskog izvora na dizalicu topline trebaju biti što manji
- energija za transport topline od izvora do isparivača dizalice topline treba biti što manja.



Slika 5.11. Kvalitativan prikaz djelotvornosti i raspoloživosti izvora topline [7]

Okolišnji zrak kao izvor topline

Najveći i najpristupačniji ogrjevni spremnik topline za dizalice topline predstavlja okolišnji zrak. Orebreni izmjenjivač topline s prisilnom cirkulacijom zraka koristi se za izmjenu topline između zraka i radne tvari (Slika 5.12.). Razlika temperature okolišnjeg zraka, kao izvora topline i radne tvari koja isparava, kreće se od 6 do 10 °C. Kod izbora ovakve izvedbe dizalice topline



Slika 5.12. Dizalica topline zrak-voda

potrebno je voditi računa o sljedeće dvije stvari: temperaturi okolišnjeg zraka za danu lokaciju i stvaranju inja i leda na orebrenim sekcijama isparivača. Loša strana zraka kao izvora topline su varijacije njegove temperature, što znatno utječe na toplinski množitelj dizalice topline. Smanjivanjem temperature okoline smanjuje se i ogrjevni učinak dizalice topline. Ove dizalice topline se ne dimenzioniraju na puno opterećenje, odnosno za najnepovoljniju radnu točku, jer bi u najvećem dijelu godine sustav bio predimenzioniran. Ovisno o temperaturi vanjskog zraka, toplinski množitelj dizalice topline kreće se od 2,5 do 4.

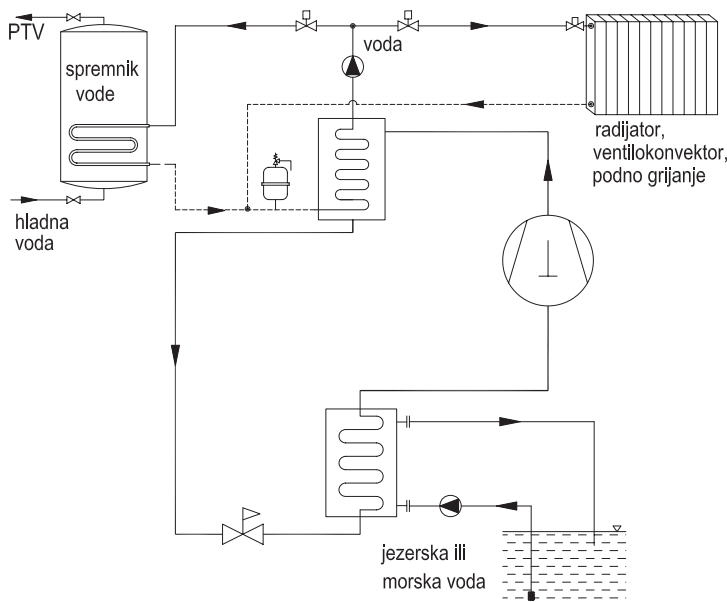
Za stvaranje leda na lamelama i cijevima isparivača najkritičnije su temperature vanjskog zraka od -3 do +2 °C, jer kod tih temperatura vanjski zrak posjeduje prilično veliki sadržaj vlage, pa je količina nastalog leda dovoljno velika da zatvori kanale za prolaz zraka u isparivaču. Niže vanjske temperature nisu toliko kritične, jer je sadržaj vlage u zraku veoma malen, pa je količina nastalog leda malena. Neželjeni utjecaj leda i odleđivanje isparivača treba uzeti u obzir pri dimenzioniranju dizalice topline.

Na osnovi dosadašnjeg iskustva s dizalicama topline za grijanje zgrada, s vanjskim zrakom kao izvorom topline, može se reći da se do -7 °C (-10 °C) vanjske temperature može ekonomski i pogonski opravdano upotrijebiti dizalica topline, a ispod -7 °C (-10 °C) treba upotrijebiti dodatno grijanje na ulje, plin ili električnu energiju.

Nedostatak dizalica topline koje rade s vanjskim zrakom kao izvorom topline, su visoka buka i velika količina zraka koja je potrebna zbog njegove male specifične topline. Hlađenjem zraka za 6 do 8 °C dobivaju se optimalni odnosi između: količine zraka, veličine ventilatora, veličine isparivača i toplinskog množitelja. Važno je primijetiti da ugradnjom četveroputnog prekretnog ventila, uređaj u ljetno doba može raditi u režimu hlađenja (Slika 5.7.).

Vode potoka, rijeka i jezera kao izvor topline

Naselja uz potoke, rijeke i jezera, imaju izvor topline u mnogim slučajevima pristupačan i jeftin. Takve se vode mogu uobičajeno koristiti pri temperaturama većim od +4 °C, a kod pločastih isparivača većim od +2 °C. Niske temperature izvora topline smanjuju toplinski množitelj i ekonomičnost dizalice topline. Na osnovi iskustva i proračuna, temperaturna razlika vode ohlađene u isparivaču ne bi trebala biti manja od 4°C (npr. od 4 do 8 °C).



Slika 5.13. Dizalica topline voda-voda

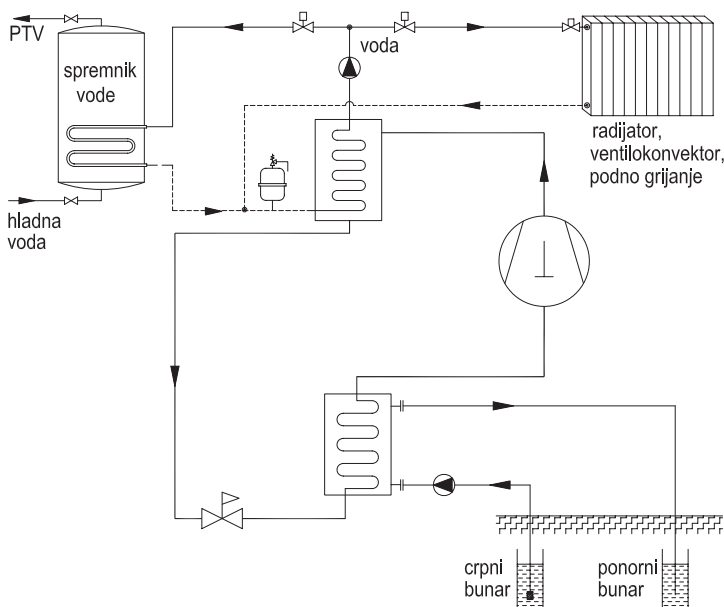
Korištenje dizalice topline s ovakvim izvorima topline ekonomski je opravdano kod vanjskih temperatura iznad granice od 0 °C. Pri tom veliku ulogu imaju položaj i veličina rijeke ili jezera.

Jezera su zbog veće akumulacije u pogledu temperature vode obično povoljnija od rijeke. Kod dovoljno velikih jezera i na dovoljno velikim dubinama (oko 20 do 30 m), temperatura vode u zimskom vremenu ne pada ispod 5 °C. Nedostatak ovog izvora je ograničenost njegove primjene samo na mali broj potrošača koji leže uz samo jezero. Za potrošače koji leže dalje od jezera, investicijski i pogonski troškovi za crpljenje i povratak vode u jezero su preveliki.

Podzemne vode kao izvor topline

Temperatura podzemne vode iznosi u većini slučajeva od 8 do 12 °C i ovisi o dubini iz koje se voda crpi. Ova se temperatura tokom cijele godine neznatno mijenja te je podzemna voda najpovoljnija kao izvor topline za pogon dizalice topline.

Za crpljenje podzemne vode potrebna su dva bunara, crpni i ponorni (Slika 5.14.). Razmak između ovih bunara treba biti što je moguće veći, a po mogućnosti ne manji od 10 m. Crpni bunar treba davati u svim vremenima pogona dovoljnu količinu vode, odnosno izdašnost crpnog bunara je najvažnija za projektiranje ove dizalice topline.



Slika 5.14. Dizalica topline voda-voda

Tlo kao izvor topline

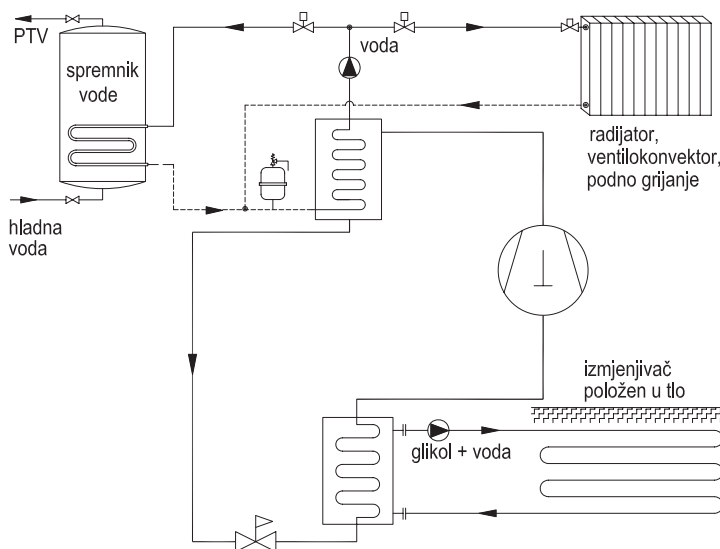
Tlo predstavlja ogroman toplinski spremnik, koji se može koristiti kako za grijanje tako i za hlađenje prostora. Iako se hlađenje može ostvariti neposrednim korištenjem izmjenjivača topline u tlu, u svrhu grijanja je u pravilu potrebno upotrijebiti dizalicu topline. Ugradnjom prekretnog ventila, dizalica topline se načelno zimi može koristiti za grijanje, a ljeti za hlađenje.

Glavna prednost zemlje kao izvora ili ponora topline je u njezinoj relativno konstantnoj temperaturi već na dubini od 2 m (od 7 do 13 °C), koja omogućuje rad dizalice topline u optimalnoj projektnoj točki, bez dnevnih i sezonskih varijacija.

Horizontalna izvedba izmjenjivača

Horizontalna izvedba izmjenjivača topline (Slika 5.15.) zahtjeva niže investicijske troškove, ali zbog nedostatka potrebne slobodne površine često nije primjenjiva

osim u ruralnim područjima. Potrebna slobodna površina je otprilike 2 ÷ 2,5 puta veća od grijane površine objekta. Najčešće se izmjenjivač topline polaže u tlo u obliku snopa vodoravnih cijevi na dubini od 1,2 do 1,5 m, s međusobnim razmakom cijevi od 0,3 do 0,8 m, ovisno o sastavu i vrsti tla. Približno na svaki m² grijanog prostora treba u zemlju položiti 1,5 do 2 m cijevi. Izmjenjivačke sekcije koje se paralelno spajaju, trebaju biti podjednake dužine radi lakšeg balansiranja izmjenjivača. Dužina jedne izmjenjivačke sekcije iznosi do 100 m. Promjer polietilenske cijevi većinom iznosi 25 ili 32 mm. Učinak izmjenjivača, ovisno o svojstvima tla, kreće se u granicama od 15 do 35 W/m², pri čemu se najbolja učinkovitost dobiva za glineno tlo. Regeneracija toplinskog izvora događa se zahvaljujući sunčevom zračenju, kiši ili rosi.



Slika 5.15. Dizalica topline tlo-voda (horizontalna izvedba izmjenjivača u tlu)

Izmjenjivačke sekcije mogu se postavljati i u kanale (rovove) čime su potrebe za slobodnom površinom smanjene.

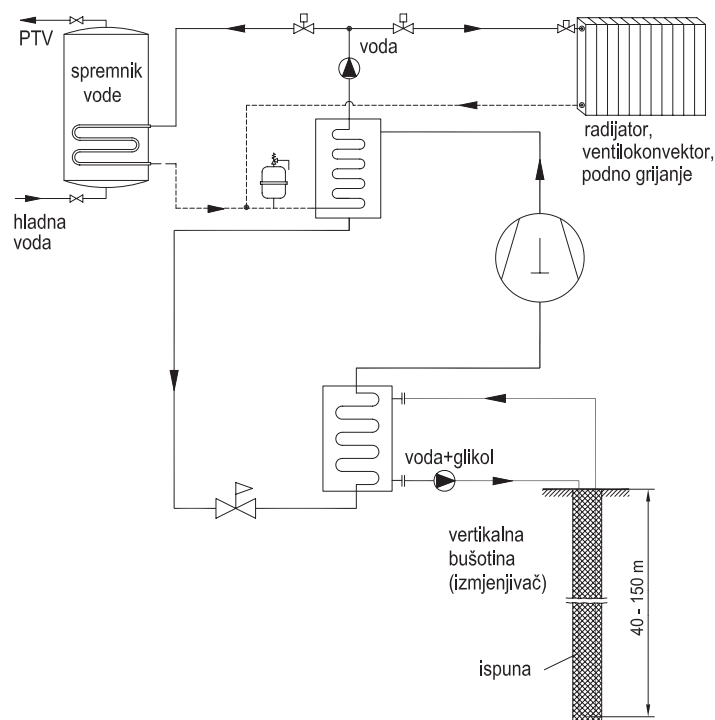
Vertikalna izvedba izmjenjivača

Vertikalna izvedba bušotine (Slika 5.16.) u koju se ulaže izmjenjivač od 40 do 150 m (200 m) dubine često je prihvatljiva u gusto naseljenim područjima, pogotovo na mjestima gdje je okoliš ureden, pri čemu dolazi do minimalnih promjena vanjskog izgleda okoline. Ovakvi su sustavi široko prihvaćeni u razvijenom svijetu, u čemu prednjače Švedska, SAD, Austrija, Njemačka, Švicarska.

Koliko se topline može oduzeti tlu ovisi o njegovom sastavu i vlažnosti, te mjestu polaganja izmjenjivača topline (Tablica 5.5.). Do sada provedena istraživanja, kao i u praksi instalirani sustavi, pokazuju da je temperatura tla na dubini od 2 m otprilike 7 do 10 °C, a na dubini do 100 m temperatura tla se kreće između 10 i 13 °C.

Izmjenjivač (tvornički predmontiran) se u tlo polaže u dvije osnovne izvedbe:

- kao dvostruka U cijev
- kao koaksijalna cijev, pri čemu kroz unutarnju PE cijev struji hladni medij (voda + glikol), dok se kroz vanjsku metalnu cijev zagrijani medij vraća na isparivač.



Slika 5.16. Dizalica topline tlo-voda (vertikalna izvedba izmjenjivača u tlu)

Tablica 5.5. Parametri dizalice topline s vertikalnim bušotinama

Učink vertikalnog izmjenjivača	20 ÷ 85 W/m
Promjer PE cijevi:	25, 32, 40 mm
Promjer bušotine	80 ÷ 150 mm (250 mm)
Ispuna bušotine:	smjesa betonita i cementa
Toplinska vodljivost tla	1 ÷ 3 W/(m K)

Kod instalacija s izmjenjivačem u vertikalnoj bušotini, kod normalnih hidrogeoloških uvjeta, uzima se da je srednji učinak izmjenjivača s dvostrukom U cijevi 50 W/m (prema VDI 4640, [8]). Pouzdaniji rezultati dobiju se in-situ mjerenjima svojstava tla.

Troškovi izvedbe bušotine i polaganja izmjenjivača zajedno s ispunom iznose od 30 do 50 €/m. Navedena cijena izvedbe vertikalnog izmjenjivača odnosi se na Njemačku. U SAD-u cijene su nešto niže. U Hrvatskoj za sad nema šire primjene ove tehnologije, a cijena izvedbe bušotine s izmjenjivačem je znatno viša u odnosu na cijene u drugim zemljama.

Dimenzioniranje sustava grijanja pa tako i grijanja pomoću dizalice topline, provodi se na osnovi ukopne potrebne topline za grijanje objekta prema EN 12831 (prije DIN 4701).

Približno određivanje toplinskog opterećenja stambene kuće na osnovi grijane površine prikazano je u Tablici 5.6.

Tablica 5.6. Specifično toplinsko opterećenje različitih tipova objekta [7]

Tip objekta	Specifično opterećenje, W/m ²
Pasivna kuća	10
Niskoenergetska kuća	40
Novogradnja (dobra toplinska izolacija)	50
Kuća (normalna toplinska izolacija)	80
Starija kuća (bez posebne toplinske izolacije)	120

Ekonomski pokazatelji primjene dizalice topline

Dizalice topline smatraju se visokoučinkovitim sustavima za dobivanje toplinske energije. U primjeni dizalice topline prednjače Austrija, Švedska, Švicarska, Njemačka i SAD. Primjenjuju se u svim veličinama, od onih najmanjih za grijanje stanova, pa sve do toplinskih sustava čitavih naselja.

Prepreku u njihovoj primjeni predstavljaju veći investicijski troškovi (primjer korištenja tla u vertikalnoj izvedbi izmjenjivača), u odnosu na konvencionalne sustave grijanja. Troškovi pogona koji su npr. znatno manji u odnosu na uljne kotlove, najviše ovise o cijeni električne energije, dok troškovi ulaganja ovise o primijenjenom toplinskom izvoru i učinku dizalice topline.

Toplinski učinak dizalice topline koje se koriste u kućanstvima kreće se od 2 do 12 kW, pri čemu pogonska snaga kompresora iznosi od 0,7 do 5 kW. Isplativost njihovog korištenja ponajviše ovisi o investicijskim troškovima i odnosu cijena električne energije i ostalih energenata poput plina i ulja. Tako je primjerice cijena energije dobivene uz pomoć dizalice topline 2 do 4 puta niža od one dobivene iz lož ulja, odnosno 0,7 do 1,3 cijene energije iz plina (Tablica 5.7.). Nedostatak u njihovom radu je ovisnost o promjenjivoj temperaturi toplinskog izvora (npr. zraka), koja znatno utječe na učinkovitost sustava.

Tablica 5.7. Cijena toplinske energije iz različitih izvora energije

Energent		kn/MJ	kn/kWh	
Električna energija	NT	0,108	0,39	
	VT	0,205	0,75	
Prirodni plin ($\eta = 0,94$)		0,063	0,228	2,08 Kn/m ³
Lož ulje (EL) ($\eta = 0,9$)		0,175	0,63	5,72 kn/lit
Dizalica topline ($\epsilon_g = 2,5$)	NT	0,043	0,16	
	VT	0,082	0,3	

Ekonomski pokazatelji bi još više išli u prilog dizalicama topline u odnosu na ostale izvore toplinske energije, ako bi prosječni toplinski množitelj dizalice topline bio veći od 2,5, što nije rijetkost.

Literatura

- [1] M. Zagorec, P. Donjerković, *Analiza prirodne ventilacije*, *Gradvinar*, 5/2006.
- [2] H. Reknagel, E. Sprenger, E.R. Schramek: *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, Oldenbourg Verlag, 2005.
- [3] I. Balen, *Podloge za predavanja kolegija Klimatizacija*, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2007.
- [4] EGE, *Klima – uređaji – što, gdje, kako, koliko?*, Zagreb, 3/2003.
- [5] E. Granryd, *Introduction to refrigerating engineering, Part II*, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2005.
- [6] V. Soldo, *Teorijska i eksperimentalna analiza dizalice topline sa solarnim kolektorima*, Doktorski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2004.
- [7] Viessmann Serija stručnih publikacija, *Toplinske crpke*, Zagreb, 2006.
- [8] VDI Richtlinien, *Ground source heat pump systems, VDI 4660, Part 2*, Berlin, 1998.



6. Priprema potrošne tople vode



6. PRIPREMA POTROŠNE TOPLE VODE

6.1. Uvod

Na pripremu potrošne tople vode (PTV) u prosječnom kućanstvu u kontinentalnom dijelu R. Hrvatske otpada otprilike 20% ukupne godišnje potrošnje toplinske energije, dok se ostatak troši na grijanje prostora (~73%) i kuhanje (~7%). U primorskim dijelovima taj je udio energije za pripremu PTV-a još i veći. Prosječni građanin potroši dnevno oko 200-300 litara pitke vode, od čega u prosjeku 40-70 litara otpada na potrošnu toplu vodu temperature 45°C koja se uglavnom koristi za održavanje osobne higijene i pranje posuđa. U sezoni kada nema grijanja priprema, PTV-a predstavlja pojedinačno najveći izdatak za energiju jednog kućanstva, bez obzira koji se energent koristi. Učinkovita priprema i korištenje PTV-a može stoga znatno utjecati na smanjenje ukupnih troškova za energiju u kućanstvu.

6.2. Načini pripreme potrošne tople vode

Izbor načina pripreme tople vode uglavnom ovisi o broju osoba u kućanstvu, potrošnji te izboru energenta.

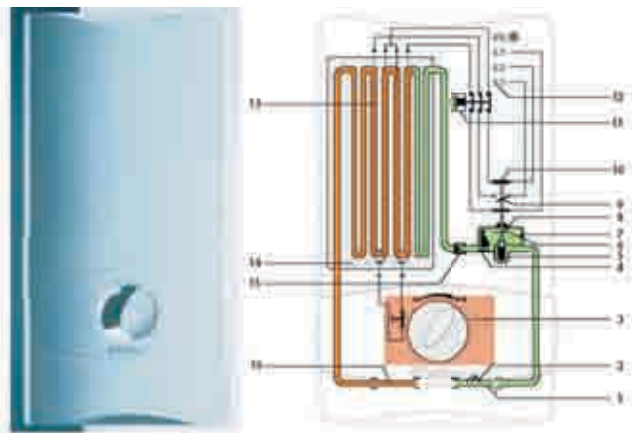
Ovisno o potrebama kućanstva koriste se sljedeći tipovi uređaja:

- Protočni plinski ili električni bojler (< 2 osobe)
- Akumulacijski plinski ili električni bojler (< 4-5 osoba)
- Kombinirani plinski bojler za PTV i grijanje prostora-protočni ili akumulacijski (< 4-5 osoba)
- Kotao s indirektno grijanim spremnikom za centralnu pripremu vode (> 4-5 osoba)
- Solarni kolektori sa spremnikom (> 3 osobe)
- Dizalica topline (> 3 osobe).

6.2.1. Protočni bojleri

Električni bojleri

Protočni bojleri se mogu podijeliti na električne i plinske. Električni (Slika 6.1.) se obično koriste u kupaonicama za pripremu količina vode do 12 lit/min (pri 45°C). Kod novijih uređaja postoji stupnjevita mogućnost regulacije snage i temperature vode. Prednost ovakvih uređaja je niska cijena, velika učinkovitost u radu, mali toplinski gubici u kratkim cjevovodima, kratko vrijeme zagrijavanja. Nedostaci su relativno velika priključna snaga (12-27 kW), te ovisno o tarifi (1,7-3,2)× veći troškovi pripreme vode u odnosu na plinske bojlere.

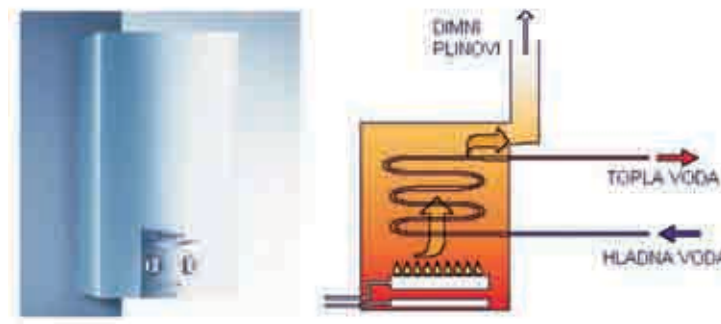


1. filtar za vodu; 2. priključni elementi za hladnu vodu sa zapornim ventilom; 3. zakretna sklopka za odabir učina; 4. venturijska sapnica; 5. regulator količine vode; 6. membrana; 7. vodena glava; 8. membranski zapornik sa zatikom; 9. uklopni kontakt za automat sko preklapanje s polovice nazivnog opterećenja na puno nazivno opterećenje; 10. sklopka sa strujanjem; 11. sigurnosna sklopka; 12. mrežna priključna stezaljka; 13. ogrjevna spirala; 14. ogrjevni blok; 15. protuprovalni ventil; 16. priključni elementi za toplu vodu

Slika 6.1. Električni protočni bojler

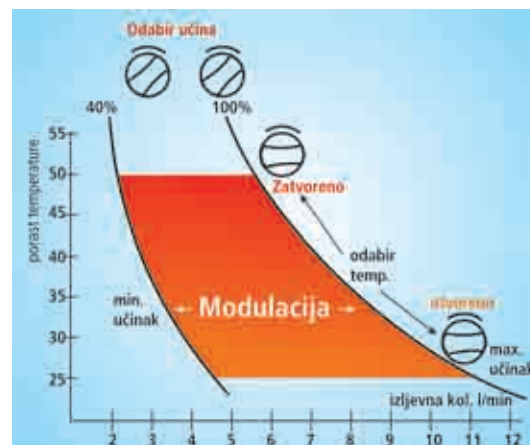
Plinski bojleri

Protočni plinski bojleri (Slika 6.2.) koriste zemni ili ukapljeni naftni plin za zagrijavanje potrošne tople vode koja prolazi kroz cijevni izmjenjivač topline u kojem voda preuzima dio topline od vrućih produkata izgaranja plina (dimnih plinova) na plameniku, koji se potom odvode u atmosferu. Plamenik se uključuje po otvaranju ispusta vode (slavine) i gasi po zatvaranju. Najveći protočni kapacitet bojlera iznosi do 11 l/min vode temperature 45 °C, dok je odgovarajuća snaga 26 kW. Uslijed relativno malog raspoloživog protoka, broj ispusnih mjesta ograničen je na 2 do 3, a koji bi se trebali nalaziti u blizini samog bojlera kako bi se izbjeglo prekomjerno rashlađivanje vode u dovodnim cjevovodima.



Slika 6.2. Plinski protočni bojler

Plinski protočni bojleri se odlikuju visokom efikasnošću u radu (~90%), niskim troškovima rada, mogućnošću regulacije snage plamenika (Slika 6.3.), odnosno protoka i temperature vode. Nedostatak je potreba za instalacijom dimnjaka (ili odvoda na fasadu), učestalije paljenje plamenika u odnosu na akumulacijske bojlere, veća varijacija temperature u razdoblju neposredno nakon paljenja plamenika. Veliki problemi u radu nastaju uslijed taloženja kamenca u cijevima i time uzrokovanog slabijeg odvođenja topline, kada može doći i do pregaranja cijevi izmjenjivača uslijed taloženja kamenca. Taloženje kamenca je posebice izraženo kod rada s nepotrebno visoko namještenim temperaturama vode >55°C.



Slika 6.3. Regulacija snage plamenika plinskog protočnog bojlera

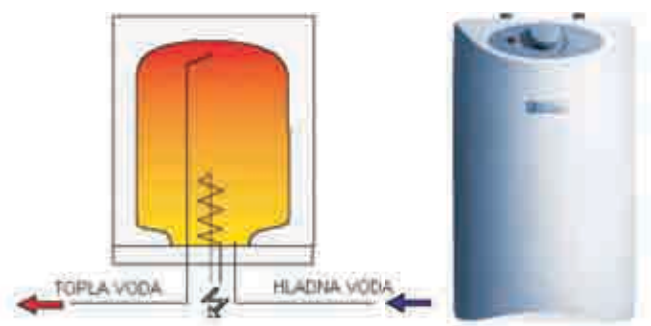
6.2.2. Akumulacijski bojleri

Električni bojleri

U akumulacijskim se bojlerima zagrijavaju veće količine tople vode koja je onda na raspolaganju u duljem vremenskom razdoblju na više ispusnih mjesta. Električni akumulacijski bojleri (Slika 6.4.) se koriste u kuhinjama (zapremina do 5-10 Lit) i u kupaonicama (zapremina 50-120 Lit). Snage grijača u

akumulacijskim bojlerima su znatno niže od onih u bojlerima protočnog tipa te iznose 1,5-2,6 kW, uz vrijeme zagrijavanja od 10 min do 3 sata ovisno o veličini spremnika i snazi grijača.

U odnosu na protočne bojlere, topla voda je kod akumulacijskih jednoličnije temperature te je raspoloživa u kraćem vremenskom intervalu nakon otvaranja slavine. Pored niže potrebne el. snage, dodatna prednost u odnosu na električne protočne bojlere, leži u mogućnosti zagrijavanja vode u razdobljima niže tarife korištenjem vremenskih regulatora. Nedostaci akumulacijskih bojlera se prije svega očituju u nižoj učinkovitosti rada zbog gubitaka akumulirane topline kroz izolaciju spremnika, te znatno duljem vremenu zagrijavanja vode na željenu temperaturu u odnosu na protočne bojlere.



Slika 6.4. Električni akumulacijski bojler

Plinski bojleri

Kao i u slučaju električnih, plinski akumulacijski bojleri (Slika 6.5.) se upotrebljavaju u slučajevima kada je potrebno pripremiti veće količine potrošne vode na više ispusnih mjesta u odnosu na slučajeve kada se koriste protočni bojleri. Zapremina plinskih bojlera se kreće u rasponu od 120 do 220 Lit, pri čemu je snaga plamenika niža no kod protočnih bojlera i kreće se u rasponu od 7-9 kW, uz potrebno vrijeme zagrijavanja vode na temperaturu 45°C od 10-20 min. Uz sve prednosti i nedostatke u odnosu na protočne bojlere, navedene prethodno za električne akumulacijske bojlere, potrebno je još istaknuti i potrebu za instalacijom dimnjaka te znatno niže troškove pripreme tople vode (1,7-3,2 puta) u odnosu na električne bojlere.



Slika 6.5. Akumulacijski plinski bojler

Bojleri na kruta goriva

Kruta goriva (drvo, peleti, ugljen) se uglavnom koriste u kotlovima za grijanje prostora i kombiniranim pećima za pripremu hrane i grijanje prostora, dok su nešto rjeđi uređaji koji koriste kruta goriva samo za pripremu tople vode (koja se može koristiti i za centralno grijanje). Takvi uređaji imaju zapreminu od 30 do 150 Lit, a u nekim slučajevima se manji akumulacijski spremnici do 10 Lit ugrađuju u klasične štednjake na drva. Nedostatak ovakve pripreme tople

vode je otežana regulacija temperature vode. Prednost u odnosu na plinske i električne bojlere, leži u činjenici da se kao gorivo koristi ekološki prihvatljiva biomasa (u slučaju uređaja na drvo i pelete). Također prednost su i niži troškovi u odnosu na električno grijanje (20-60% ovisno o tarifi) i lož ulje (50%).



Slika 6.6. Kotao na kruto gorivo

6.2.3. Kombinirani plinski bojleri

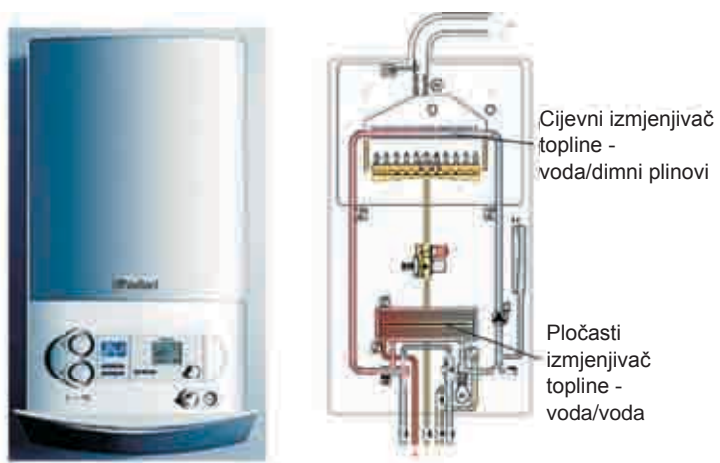
Kombinirani plinski bojleri koriste se za grijanje prostora i pripremu tople vode. Mogu se podijeliti na protočne i akumulacijske.

Protočni tip

Protočni tipovi (Slika 6.7.) često se koriste u sustavima etažnog grijanja u stambenim zgradama s više stanova, čime se omogućava neovisna priprema i korištenje toplinske energije u svakom pojedinom stanu. Konstrukcijom su slični protočnim bojlerima za pripremu PTV-a, uz tu razliku što se kod kombiniranih bojlera ugrađuje dodatni (pločasti) izmjenjivač topline u kojem se zagrijava PTV vodom iz primarnog kruga, odnosno vodom prethodno zagrijanom dimnim plinovima. U razdobljima kad nema potrošnje PTV-a voda iz sustava grijanja se izravno zagrijava dimnim plinovima u cijevnom izmjenjivaču.

Nazivne snage uređaja se kreću od 11 do 32 kW uz kapacitet 1,5-14 l/min tople vode 45°C. Snaga plamenika se automatski regulira u ovisnosti o trenutnom protoku vode tako da se održava konstantna odabrana temperatura vode, čime se šteti energija i smanjuje emisija štetnih plinova u okoliš. Ovakvi uređaji odlikuju se visokom efikasnošću u radu (90% ili 110% kod kondenzacijskih izvedbi), u odnosu na kotlove s pomoćnim spremnikom za grijanje i pripremu PTV-a kada rade u ljetnom režimu, jer su kotao i njegov plamenik dimenzionirani za oboje grijanje prostora i zagrijavanje PTV-a (tj. za rad u zimskom razdoblju). Smanjena potrošnja toplinske energije iz spremnika u ljetnom razdoblju kod tih kotlova uzrokuje česta uključivanja i isključivanja plamenika čime se smanjuje ukupna učinkovitost plamenika i skraćuje radni vijek cijelog uređaja, uz nepovoljan odnos toplinskih gubitaka kroz izolaciju spremnika i iskorištene energije jer se zagrijava znatno veća količina vode u spremniku, s obzirom na potrebe za PTV-om.

Nedostaci kombiniranih protočnih bojlera su identični onima navedenim za protočne plinske bojlere namijenjenih isključivo za pripremu PTV-a.



Slika 6.7. Protočni kombinirani plinski bojler za grijanje prostora i pripremu PTV-a

Akumulacijski tip

Kombinirani plinski bojleri akumulacijskog tipa sastoje se od plinskog grijača vode kojom se potom zagrijava voda u akumulacijskom spremniku najčešće preko spiralnog izmjenjivača topline (Slika 6.8.). Volumen spremnika kreće se od 100 do 150 Lit a snaga do 20 kW. Automatska regulacija snage plamenika (30-100%) osigurava efikasan rad neovisno o potrošnji vode. Voda u spremniku se dogrijava tijekom same potrošnje, tako da ovakvi bojleri praktično rade s identičnom snagom kao i protočni bojleri, namijenjeni isključivo za pripremu PTV-a. Zbog toga je učinkovitost ovakvih bojlera viša u odnosu na kombinirane kotlove s jednostupanjskim ili dvostupanjskim plamenikom koji rade s odvojenim spremnikom. Kombinirani bojleri akumulacijskog tipa se obično koriste u manjim obiteljskim kućama gdje su potrebne nešto veće količine vode na više ispusnih mjesta u odnosu na slučajeve kada se primjenjuju protočni tipovi. Pored kondenzacijskih izvedbi postoje i izvedbe s mogućnošću spajanja spremnika na solarni krug grijanja. Prednosti i nedostaci ovih bojlera identični su onima navedenim kod plinskih akumulacijskih bojlera za pripremu isključivo PTV-a.



Slika 6.8. Akumulacijski kombinirani (kondenzacijski) plinski bojler sa i bez spiralnog izmjenjivača topline u spremniku

6.2.4. Kotlovi s indirektno grijanim spremnikom (centralna priprema vode)

U kućanstvima s više od 4 do 5 članova vodu je prikladnije pripremati na jednom centralnom mjestu te od tamo razvoditi do izljevniha mjesta. U tu se svrhu najčešće koriste kotlovi na plin ili lož ulje kojima se zagrijava voda u zasebnom

spremniku preko izmjenjivača topline (Slika 6.9.). Ti spremnici mogu biti fizički odvojeni od kotlova (stojeći) ili pak pričvršćeni za sami kotao (ležeći).

Snage kotlova koji se ugrađuju u obiteljske kuće (do 6-8 osoba, do 300-400 m²) se kreću od 16 do 34 kW a veličine spremnika od 100 do 150 Lit. Za veće objekte ili više kuća u nizu na tržištu se mogu nabaviti kotlovi snage do 300 kW. Iako kotlovi imaju deklariranu učinkovitost >90% (>100% kod kondenzacijskih tipova) ukupna godišnja učinkovitost je znatno niža (<50%) zbog toplinskih gubitaka koji nastaju do izljevniha mjesta, gubitaka kroz izolaciju spremnika te gubitaka u početnom razdoblju paljenja plamenika. Kako je diskutirano u prethodnom poglavlju, ti su gubici posebice izraženi u ljetnom razdoblju kod sustava koji su dimenzionirani za pokrivanje potreba i grijanja prostora i PTV-a, kada su uključivanja / isključivanja plamenika radi održavanja zadane temperature vode u spremnika česta jer je potrošnja toplinske energije iz spremnika znatno manja. Ti se nedostaci mogu ublažiti korištenjem zasebnih kotlova dimenzioniranih samo za pokrivanje potreba PTV-a, čime se s druge strane povećavaju investicijski troškovi. Nadalje, ukupnu je učinkovitost moguće podići korištenjem niskotemperaturnih i kondenzacijskih kotlova, dvostupanjskih plamenika ili plamenika s regulacijom snage (npr. 30-100%), te naposljetku kombiniranjem kotlova sa solarnim kolektorima. Tu je još potrebno istaknuti da je pravilan odabir načina regulacije od izuzetnog značaja za postizanje maksimalno efikasnog rada kotla i cijelog sustava.



Slika 6.9. Centralna priprema vode s kotlom i indirektno grijanim spremnikom

6.2.5. Solarni kolektori

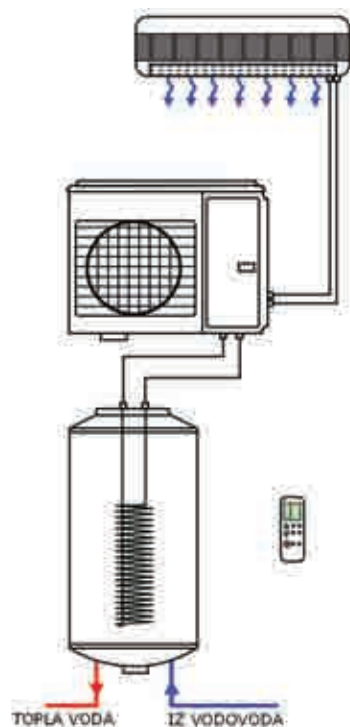
Solarni kolektori koriste se samostalno ili u kombinaciji s klasičnim kotlovima na plin, lož ulje, električnu energiju ili biomasu. Zbog potrebe akumuliranja solarne energije, zapremine spremnika su veće nego kod grijanja samo s kotlovima, te se kreću od 200 do 300 Lit za obiteljske kuće.

Sustavi za pripremu PTV-a sa solarnim kolektorima i plinskim ili uljnim kotlovima, pored korištenja (besplatne) sunčeve energije, omogućuju i smanjenje godišnjeg broja uključivanja kotla te izbjegavanje grijanja cijelog sustava isključivo kotlom (posebice u ljetnom razdoblju), čime se dodatno doprinosi podizanju ukupne godišnje učinkovitosti cijelog sustava. Detaljniji opis solarnih sustava dan je u Poglavlju 7 .

6.2.6. Dizalica topline u pripremi PTV-a

Kako je detaljno objašnjeno u poglavlju 5.2.2 pojedine vrste dizalica topline je moguće koristiti i za grijanje prostora i zagrijavanje PTV-a (Slike 5.12-5.16). Snage ovih uređaja za primjene u kućanstvima se kreću od 2 do 12 kW, pri čemu se pogonska el. snaga kreće oko 0,7-5 kW. Kod tih se uređaja toplina na kondenzatoru odvodi vodom umjesto zrakom, kao što je to slučaj kod split sustava za hlađenje/grijanje zraka (Poglavlje 5.2.1).

Specifičan slučaj korištenja otpadne topline iz kondenzatora za pripremu PTV –a kod jednog klasičnog split sustava je prikazan kod uređaja klima-bojler koji je patentirao prof. Orest Fabris s Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu. Uređaj (Slika 6.10.) se sastoji od vanjske i unutarnje jedinice klasičnog split-sustava za hlađenje manjih prostora te spremnika PTV-a. U ljetnom režimu uređaj “hladi i grije” pri čemu se otpadna toplina kondenzatora koristi za zagrijavanje PTV-a umjesto da se predaje okolišnom zraku. Kada nije potrebno hlađenje, toplina kondenzatora se može koristiti za zračno grijanje prostora i/ili zagrijavanje PTV-a.



Slika 6.10. Klima-bojler uređaj za grijanje i hlađenje

6.3. Spremnici PTV-a

Spremnici tople vode koji se upotrebljavaju u prethodno opisanim sustavima za pripremu PTV-a u kućanstvima, imaju obično zapreminu od 100 do 300 Lit (Slika 6.11.). Izrađuju se od nehrđajućeg čelika ili običnih ugljičnih čelika s unutrašnje strane zaštićenih slojem emajla, plastike ili premaza koji mora zadovoljiti sve zakonski propisane zahtjeve na prikladnost za pitku vodu. Izmjenjivači topline su obično bakrene cijevi savijene u spiralu kroz koje protječe voda zagrijana u kotlu i kojom se onda zagrijava voda u spremniku (kod indirektno grijanih spremnika). Drugi tip izmjenjivača su cijevi s turbulatorima kroz koje prolaze dimni plinovi (kod plinskih akumulacijskih bojlera). U pojedinim tipovima spremnika nalaze se i električni grijači (u električnim akumulacijskim, solarnim spremnicima).

Radi smanjenja toplinskih gubitaka, spremnici se izoliraju slojem mineralne vune ili spužve debljine 5-12 cm. Također, radi smanjenja toplinskih gubitaka, uputno je izolirati i sve spojne cjevovode do izljevniha mjesta i to izolacijom 2-5 cm. Toplinski gubici spremnika rastu s povećanjem temperature u spremniku, koja stoga ne bi trebala biti znatno viša od 45°C. Pri temperaturama većima od 60°C dolazi do pojačanog izlučivanja kamenca koji se potom taloži na svim dijelovima sustava a pogotovo na ogrjevnim površinama (izmjenjivači topline) i u samim cjevovodima. S druge strane, pri temperaturama od 25-45°C javlja se opasnost od pojačanog razmnožavanja mikroorganizama, od

kojih najopasnija legionela može izazvati po život opasno plućno oboljenje. Stoga je potrebno sustav povremeno zagrijati na temperaturu iznad 60°C. Zaštitu od taloženja kamenca moguće je provesti ugradnjom posebnog uređaja na vodovodni priključak koji djeluje na smanjenje koncentracije kalcijevih, magnezijevih, željeznih i dr. soli u vodi, na principu elektromagnetskih tokova ili ionske izmjene.

Kada su izljevna mjesta udaljenija od mjesta pripreme PTV-a, potrebno je istočiti veće količine vode prije no što se dobije topla voda na samom izljevnom mjestu. Da bi topla voda bila raspoloživa neposredno nakon otvaranja slavine, ugrađuje se recirkulacijski vod kroz koji se voda uz pomoć pumpe (ili prirodno uslijed razlike temperatura) cirkulira u zatvorenom krugu između spremnika i izljevniha mjesta kada nema potrošnje. S obzirom da se time znatno povećavaju toplinski gubici u sustavu, uputno je uključivanje pumpe programirati u ograničenim razdobljima dana kada se obično troši topla voda.



Slika 6.11. Spremnik PTV-a s cijevnim izmjenjivačem

6.4. Mjerenje potrošnje PTV-a

Količina energije koju voda preda ili preuzme u krugu izmjene topline mjeri se uz pomoć tzv. mjerila toplinske energije (kalorimetara). Takvi uređaji mjere protok vode (obično ultrazvučno) te temperaturu polaznog i povratnog voda kruga izmjene topline. Računska jedinica izračunava iz tih podataka količinu toplinske energije izmijenjene u sustavu. Mjerila toplinske energije se primjerice ugrađuju u instalacije grijanja i PTV-a pojedinih stanova zgrade u kojoj se centralno priprema topla voda ili preuzima toplina iz sustava daljinskog grijanja, ne bi li se dobio podatak o potrošenoj energiji u svakom pojedinom stanu.

Za mjerenje količine energije potrebne za proizvodnju PTV-a u centraliziranim sustavima (kotlovnica), koriste se vodomjeri ugrađeni na ulaz svježe vode. Izmjereni podatak o protoku dovoljan je izračun potrošene energije ukoliko je poznata temperatura svježe i tople vode u određenom razdoblju mjerenja. Vodomjere i mjerila toplinske energije potrebno je umjeriti jednom godišnje u ovlaštenom laboratoriju.

Literatura:

- [1] H. Reknagel, E. Sprenger, E.R. Schramek: *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, Oldenbourg Verlag, 2005.
- [2] E. Granyd, *Introduction to refrigerating engineering, Part II*, Royal Institute of Technology, Stockholm, 2005.



7. Obnovljivi izvori energije u kućanstvu



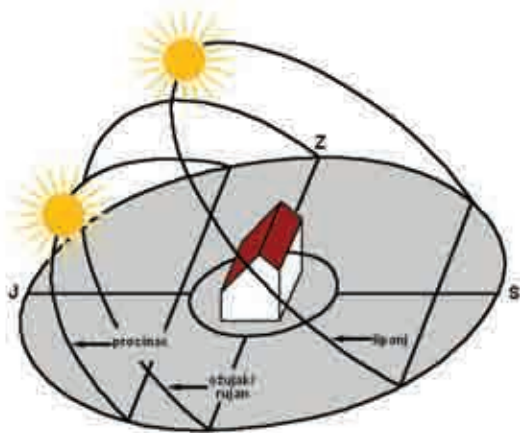
7. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U KUĆANSTVU

7.1. Sunčeva energija

Obzirom na probleme današnjice vezane uz povećano zagrijavanje atmosfere, onečišćenje okoliša, ubrzan rast cijena fosilnih goriva i predviđanja o njihovom nestajanju u skoroj budućnosti, Svijet se sve više okreće prema podizanju energetske učinkovitosti proizvodnje i potrošnje energije te posebice korištenju obnovljivih izvora energije. Najveći izvor obnovljive energije je Sunce čije zračenje dolazi na Zemlju i tamo se pretvara u druge oblike obnovljive energije poput energije vjetrova, hidroenergije, biomase, energije valova i dr. Sunčevo zračenje predstavlja daleko najveći izvor energije na Zemlji, pri čemu je godišnje dozirana energija veća 15 000 puta od ukupnih svjetskih potreba. Energija Sunca se danas direktno iskorištava uz pomoć sunčevih kolektora za zagrijavanje PTV-a i grijanje prostora, uz pomoć fotonaponskih ćelija za proizvodnju električne energije ili pak pasivno u građevinama pomoću arhitektonskih mjera u svrhu grijanja i osvjetljavanja prostora.

7.1.1. Karakteristike sunčeve energije

Na količinu dozirane sunčeve energije (insolaciju) pojedinog mjesta na Zemlji ponajviše utječu njegova zemljopisna širina i lokalne klimatske prilike. U Republici Hrvatskoj godišnja insolacija na horizontalnu plohu iznosi 1200-1600 kWh/m² ovisno radi li se o kontinentalnom ili primorskom dijelu. Od toga se 75% dozrači u toplijoj polovici godine (od početka travnja do kraja rujna), dok je u hladnijem dijelu godine, kada su potrebe za energijom najveće, insolacija osjetno niža. U kontinentalnom dijelu na rad solarnih sustava u zimskom razdoblju nepovoljno utječu i niske temperature zraka koje uz nisku insolaciju dodatno snižavaju učinkovitosti kolektora. S obzirom da je prividni put Sunca preko nebeskog svoda u hladnijem dijelu godine kraći u odnosu na ljetne mjesec, a upadni kut znatno manji (vidi sliku 7.1.), mijenja se i kut pod kojim je potrebno postaviti kolektor da bi se postigle najveće vrijednosti prikupljenog zračenja. Prikaz optimalnih kuteva kolektora za pojedine mjesec dan je u tablici 7.1.



Slika 7.1. Prividno kretanje Sunca u raznim razdobljima godine

Ukoliko se kolektori instaliraju pod fiksnim kutem od 37 do 43° u smjeru juga, ukupna godišnja dozračena energija na plohu kolektora će biti samo ~6% niža od one koja bi se dozračila ukoliko bi se nagib kolektora mijenjao svaki mjesec prema tablici 7.1. Stoga prilagodba kuta nagiba razdoblju godine ima smisla samo kada se solarni sustav koristi isključivo u tom dijelu godine, kao što je primjerice slučaj kod zagrijavanja PTV-a u turističkim apartmanima, isključivo tijekom ljetnih mjeseci, kada se pri kutu 20° može prikupiti do 13% više sunčeve energije u odnosu na prikupljenu energiju pri kutu 43°. Ugradnjom mehanizama za praćenje putanje Sunca tijekom dana, moguće je prikupiti dodatne količine sunčeve energije, no takvi uređaji zbog cijene i problema oko održavanja nisu danas još isplativi, s obzirom na ostvareno povećanje dozračene energije.

7.1.2. Aktivno korištenje sunčeve energije uz pomoć sunčevih kolektora

Načini korištenja sunčeve energije se mogu podijeliti na pasivne, aktivne i one za proizvodnju el. energije. U nastavku su opisani oni aktivni načini korištenja koji imaju za cilj grijanje prostora i zagrijavanje potrošne tople vode, te proizvodnju el. energije, dok je o pasivnom korištenju sunčeve energije bilo riječi u poglavlju 3.

Sunčeva energija se aktivno prikuplja uz pomoć sunčevih (solarnih) kolektora, u našim krajevima prvenstveno u svrhu zagrijavanja PTV-a i u manjoj mjeri grijanja prostora. Sunčevi kolektori se ugrađuju u sklopu solarnog sustava čiji su uz kolektor, osnovni dijelovi: akumulacijski spremnik tople vode, dodatni zagrijač (koto, el. grijač), regulacijski sklop. Sunčevi kolektori se najčešće montiraju na krovove kuća, terase ili u vrtove, te ih se kad god je to moguće usmjerava u pravcu juga uz odstupanje do ±30° bez značajnijeg utjecaja na količinu dozračene energije. Solarni spremnik ne smije biti previše udaljen od kolektora koji ga zagrijava kako bi se što je više moguće smanjili toplinski gubici u spojnim cjevovodima.

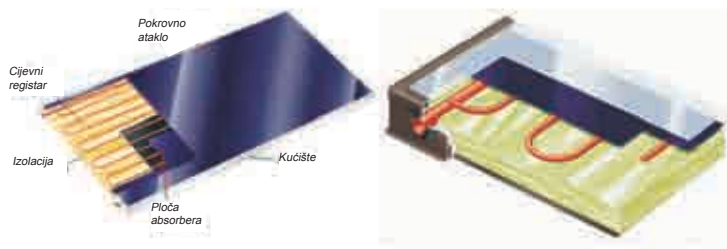
7.1.2.1. Sunčevi kolektori

Pločasti kolektori

Sunčevi kolektor apsorbira sunčevo zračenje i predaje ga tekućem nosiocu topline (vodi ili mješavini vode i propilenglikola) koji cirkulira između kolektora i akumulacijskog spremnika tople vode. Na našem su tržištu najviše zastupljeni pločasti kolektori uz manji broj vakuumskih. Pločasti kolektori (Slika 7.2.) se sastoje od tanke (0.3-0.5 mm) metalne apsorberske ploče prosječnih dimenzija (0,8-1)×(1,9-2) m na koju su pričvršćene cijevi kroz koje teče nosilac topline. Sunčevo se zračenje apsorbira u tankom premazu apsorberske ploče (apsorpcija 90-95%). Apsorbirana se toplina potom provodi kroz materijal ploče i cijevi do nosioca topline. Apsorber s cijevima je smješten u izolirano (min. vuna, stiropor, spužva) kućište (metalno ili plastično) i pokriven specijalnim staklom visoke propusnosti (90%) radi smanjenja toplinskih gubitaka od zagrijane apsorberske ploče na okoliš te zaštite od vremenskih utjecaja.

Tablica 7.1. Prikaz optimalnih kuteva kolektora prema horizontali za pojedine mjesec u Zagrebu i Splitu

Mjesec	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Split	65°	57°	43°	24°	10°	1°	6°	20°	37°	55°	64°	67°
Zagreb	58°	53°	38°	24°	11°	2°	7°	20°	37°	51°	50°	52°



Slika 7.2. Pločasti kolektor

Vakuumski kolektori

Vakuumski kolektori (Slika 7.3.) se sastoje od određenog broja staklenih vakuumiranih cijevi (6-10) u kojima se nalaze metalne (bakrene) cijevi kroz koje protječe nosilac topline (voda, propilen glikol/voda, alkohol, freon i dr.), preuzimajući toplinu od apsorbira koji može biti u obliku ravne trake ili trake obavijene oko same unutrašnje cijevi. Iz staklenih cijevi je izvučen zrak kako bi se smanjili toplinski gubici s apsorbira na okolišni zrak, što povoljno utječe na krivulju efikasnosti vakuumskih kolektora koja je manje strma nego kod pločastih (Slika 7.5.). To znači da u odnosu na pločaste, vakuumski kolektori postižu bolju efikasnost u zimskim mjesecima, a u ljetnim omogućuju postizanje većih temperatura. Njihov glavni nedostatak u odnosu na pločaste kolektore je znatno viša cijena koja ne prati povećanje efikasnosti te gubitak vakuumu tijekom nekoliko godina korištenja a time i pad efikasnosti.



Slika 7.3. Vakuumski kolektor

Apsorberi

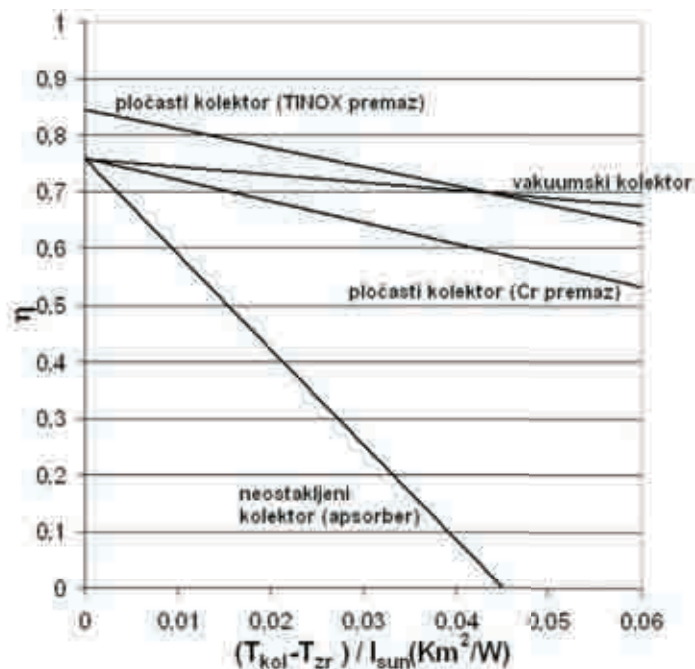
Posebnu grupu neostakljenih kolektora čine tzv. apsorberi. Napravljeni su od UV otporne gume ili plastike, a zbog velikih toplinskih gubitaka su prikladni samo za niskotemperaturne aplikacije ($24\div 32$)°C poput plivačkih bazena. Nasuprot niskoj efikasnosti i propadnja materijala uslijed izravne izloženosti vremenskim uvjetima i UV zračenju, odlikuju ih niska cijena i jednostavnost ugradnje.



Slika 7.4. Apsorberi sunčevog zračenja za grijanje bazena

7.1.2.2. Efikasnost kolektora

Efikasnost kolektora je definirana omjerom korisne topline, prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu kolektora. Na efikasnost kolektora ponajviše utječu svojstva premaza apsorbira te kvaliteta pričvršćivanja cijevi za apsorbirsku ploču (tj. veličina toplinskog otpora provođenju topline prema nosiocu topline u cijevima). Na ovo posljednje treba obratiti pozornost jer mnogi proizvođači u tehničkoj dokumentaciji uz kolektore navode samo karakteristike premaza (apsorpcija 90-95%) i stakla (propusnost 90%) koji su danas manje-više standardni. Stoga je pri nabavci kolektora uputno zatražiti i krivulju efikasnosti rada kolektora (Slika 7.5.) koja omogućuje određivanje efikasnosti kolektora (time i njegovog toplinskog učina), pri proizvoljnim radnim i vremenskim uvjetima (insolaciji, temperaturi zraka i nosioca topline) te usporedbu toplinskih karakteristika raznih modela kolektora. Najbolje karakteristike imaju spojevi ostvareni laserskim zavarivanjem cijevi za ravnu ploču te specijalnim postupcima točkastog lemljenja. Kako se vidi iz dijagrama na slici 7.5. efikasnost kolektora pada sa smanjenjem insolacije i temperature zraka, te s povećanjem srednje temperature nosioca topline. Stoga je poželjno osigurati da temperatura u kolektoru ne bude previsoka, s obzirom na željenu temperaturu vode u spremniku (~ 50 °C). To je moguće postići pravilnim odabirom protoka nosioca topline (tj. pumpe i promjera cjevovoda) te načinom spajanja i brojem kolektora u spoju.

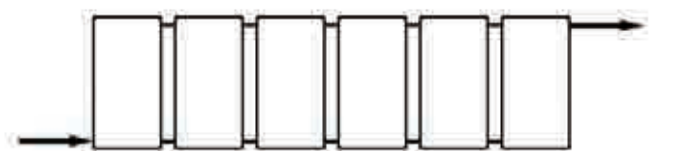


Slika 7.5. Krivulja efikasnosti pločastog i vakuumskog kolektora

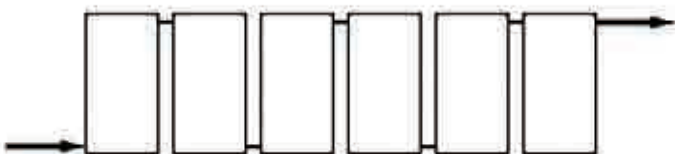
7.1.2.3. Spajanje kolektora

Kolektori se mogu montirati u paralelnom i serijskom spoju (Slika 7.6.). Paralelni spoj omogućuje približno jednaku temperaturu na ulazu i izlazu svakog kolektora, dok kod serijskog spoja izlazna temperatura iz jednog kolektora predstavlja zapravo ulaznu temperaturu u drugi. Iz tog razloga serijski spoj omogućuje veći prirast temperature nosioca topline prilikom prolaza kroz grupu, ali i nižu ukupnu efikasnost svih kolektora u spoju zbog znatno viših prosječnih temperatura nosioca topline od temperature vode u spremniku, te uz sve to i veći pad tlaka. Iz tih se razloga češće koristi paralelni spoj unatoč tomu što zahtijeva veće protoke, cjevovode većih promjera i dulje vrijeme zagrijavanja vode u spremniku zbog manjeg prirasta temperature nosioca topline u spoju (tj. manje razlike temperature između nosioca topline i vode

u spremniku). Serijski spoj se češće koristi u područjima niže insolacije (poput Njemačke, Austrije) gdje bi paralelni spoj zahtijevao prevelike izmjenjivačke površine u spremnicima. Protok nosioca topline kroz kolektor mora biti takav da se u svakom paralelno spojenom kolektoru (ili serijskom spoju) ostvari prirast temperature od 5 do 15 °C. To se postiže ukoliko je protok oko 30-70 Lit/h po m² površine apsorbera. Niži protoci mogu uzrokovati značajniji pad efikasnosti zbog lošijeg odvođenja topline u cijevima te previsokih temperatura nosioca topline u kolektoru. Broj kolektora u paralelnom spoju ne bi trebao biti veći od 5 do 6 zbog izraženijeg problema jednolike raspodjele protoka nosioca topline kroz svaki pojedini kolektor, u slučaju njihovog većeg broja u spoju. U serijskom spoju tih problema nema, a pad tlaka i prirast temperature su odlučujući faktori za odabir broja kolektora.



a)



b)

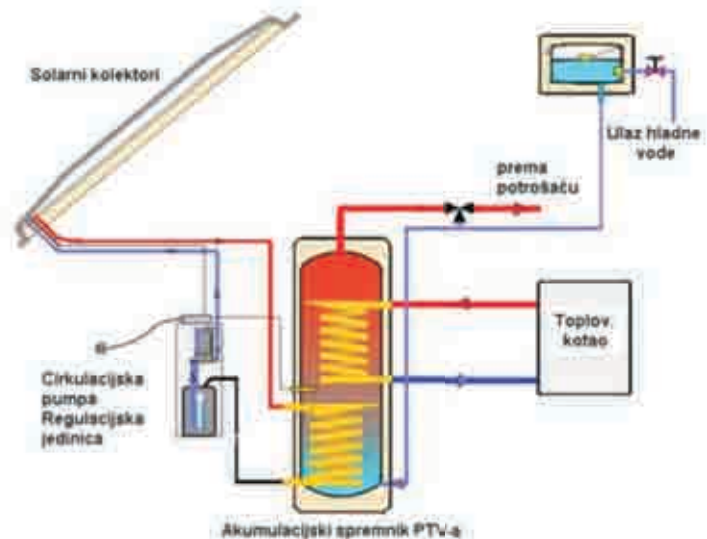
Slika 7.6. a) paralelni i b) serijski spoj kolektora

7.1.2. 4. Solarni toplovodni sustavi

Priprema PTV-a

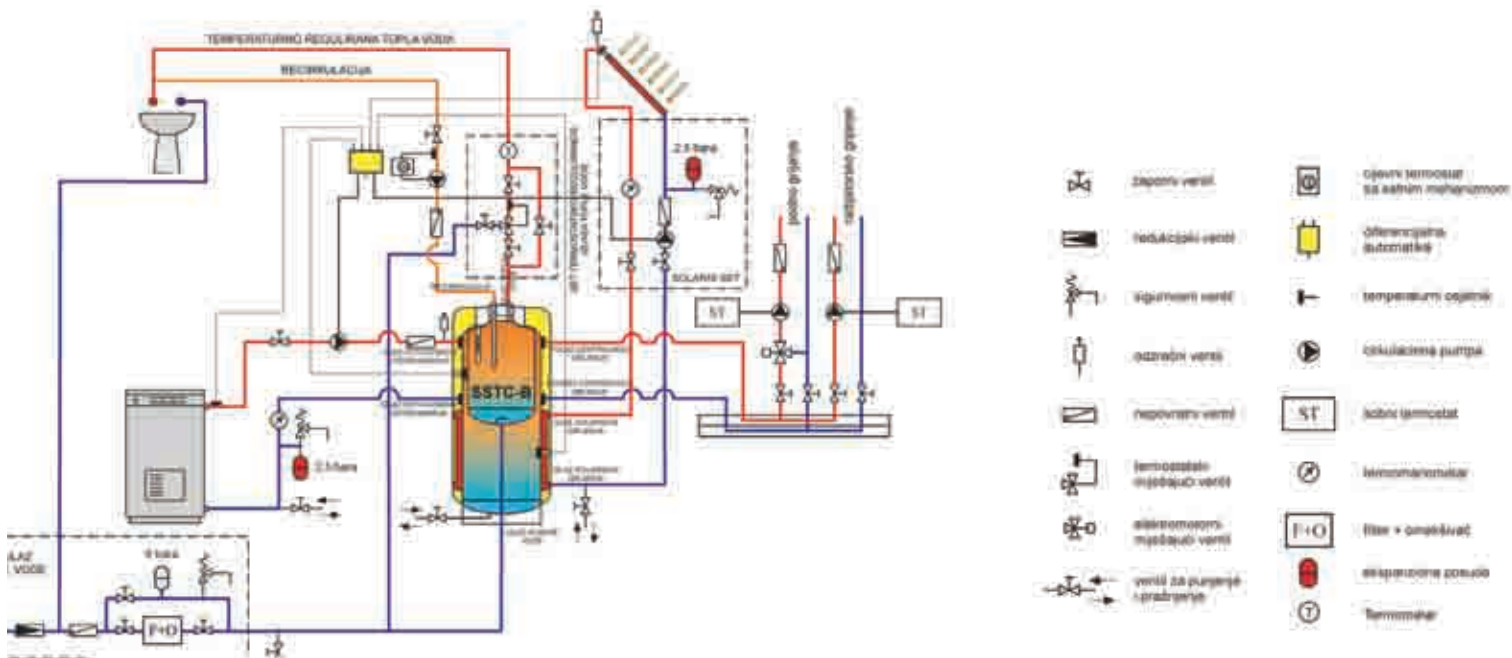
Tipičan solarni sustav za zagrijavanje PTV-a je prikazan na slici 7.7. Osnovni dijelovi su kolektor, akumulacijski spremnik, cirkulacijska pumpa i regulacija. Nosilac topline preuzima apsorbirano sunčevo zračenje u kolektoru i predaje ga vodi u akumulacijskom spremniku preko izmjenjivača topline, koji se sastoji od cijevi savijenih u spiralu radi bolje izmjene topline i zauzimanja manjeg

prostora. Kod većih sustava koriste se visokoučinski pločasti izmjenjivači smješteni unutar ili izvan spremnika.



Slika 7.7. Solarni sustav s jednim spremnikom

U razdobljima nedovoljne insolacije ili povećane potrošnje u većini solarnih sustava voda se dogrijava preko dodatnog izmjenjivača topline kroz koji struji topla voda iz kotla na lož ulje, plin, el. energiju ili biomasu. U ljetnim mjesecima je uputno koristiti električni grijač ugrađen izravno u spremnik, s obzirom da sustav centralnog grijanja ne radi, pa zagrijavanje cijelog kotla i vode u sustavu nije ekonomično. El. grijač i izmjenjivač topline za dogrijavanje kotlom se nalaze u gornjem dijelu spremnika jer se topla voda nakon zagrijavanja oko izmjenjivača solarnog kruga diže prema gornjim dijelovima spremnika. Na taj način je najhladnija voda uvijek u donjem dijelu spremnika u području oko izmjenjivača solarnog kruga što omogućuje rad kolektora pri nižim temperaturama nosioca topline, odnosno veću efikasnost u radu. Da bi se održala što veća razlika temperatura između donjih i gornjih dijelova spremnika, ugrađuje se dodatni manji spremnik (Slika 7.8.) izravno napajan svježom vodom, čime se sprječava miješanje tople i hladne vode u većem spremniku što, između ostalog, povoljno utječe na povećanje efikasnosti rada kolektora.



Slika 7.8. Solarni sustav s dvostrukim spremnikom

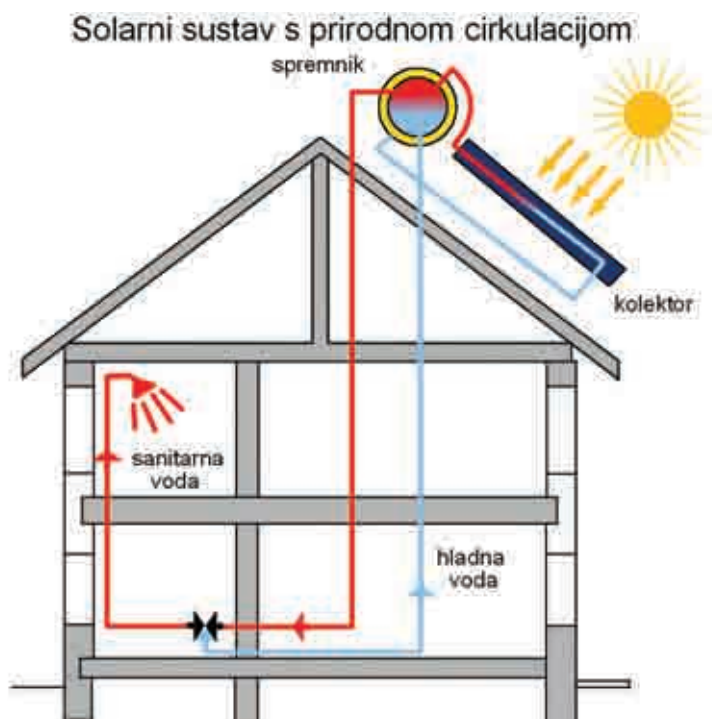
Sustavi namijenjeni zagrijavanju većih količina PTV-a u turističkim objektima (npr. apartmanima) u ljetnim mjesecima, obično se sastoje od dva spremnika (Slika 7.24.) koji se zasebno griju. Kada temperatura u jednom spremniku dostigne željenu vrijednost (obično ~50°C), tada automatika preko troputnog ventila usmjerava nosilac topline na izmjenjivač drugog spremnika. U takvom sustavu je zagrijavanje vode brže, a efikasnost veća u odnosu na sustav s jednim spremnikom jednake ukupne zapremine.

Grijanje prostora

Sustavi koji su namijenjeni i zagrijavanju PTV-a i grijanju prostora zahtijevaju veću površinu kolektora i veću zapreminu spremnika. Kod takvih se sustava javljaju problemi viška prikupljene energije u ljetnim mjesecima, koja se onda može koristiti primjerice za zagrijavanje bazena, apsorpcijsko hlađenje prostora ili pak za pokrivanje znatno većih potreba za PTV-om u ljetnim mjesecima, kao što je to slučaj s apartmanima u obiteljskim kućama i hotelima tijekom ljetne sezone. Najveća se efikasnost sustava postiže ukoliko je grijanje niskotemperaturno, što povlači upotrebu podnog ili zidnog grijanja ili pak većih površina radijatora.

Sustavi s prirodnom cirkulacijom

Kod nas se na tržištu mogu pronaći i sustavi s prirodnom cirkulacijom nosioca topline (Slike 7.9. i 7.10.) koji se nakon zagrijavanja u kolektoru uslijed razlike u gustoći diže do spremnika, postavljenog iznad kolektora, tamo hladi i vraća nazad u kolektor, potiskujući toplu vodu prema spremniku. Ne zahtijevaju regulaciju niti pumpu, no imaju manju efikasnost zbog manjih protoka u kolektoru i većih toplinskih gubitaka ukoliko je spremnik montiran izvan objekta. Stoga su takvi sustavi prikladni za pripremu PTV-a u manjim objektima u ljetnim mjesecima.



Slika 7.9. Solarni sustav s prirodnom cirkulacijom



Slika 7.10. Solarni kolektor u paketu sa spremnikom s prirodnom cirkulacijom

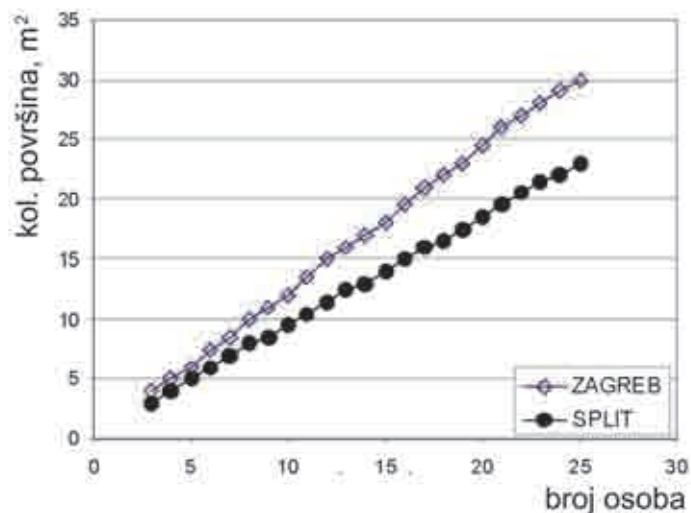
Automatika

Zadatak automatike (regulacije) je osigurati najveću efikasnost rada solarnog sustava. Diferencijalna automatika u solarnom sustavu upravlja radom pumpe koja cirkulira nosioca topline između kolektora i spremnika. Automatika uključuje pumpu kada je temperatura na izlazu iz kolektora nekoliko °C veća od one u spremniku na mjestu neposredno iznad izmjenjivača topline, a isključuje, kada je ta razlika manja od zahtijevane. Tako se onemogućuje rashlađivanje spremnika u razdobljima kada je temperatura u spremniku viša od one u kolektoru (za oblačna vremena ili tijekom noći). Pored upravljanja solarnim krugom, u pojedinim sustavima isti sklop automatike upravlja i radom pumpe pomoćnog grijanja, el.grijača te pumpom grijanja prostora objekta.

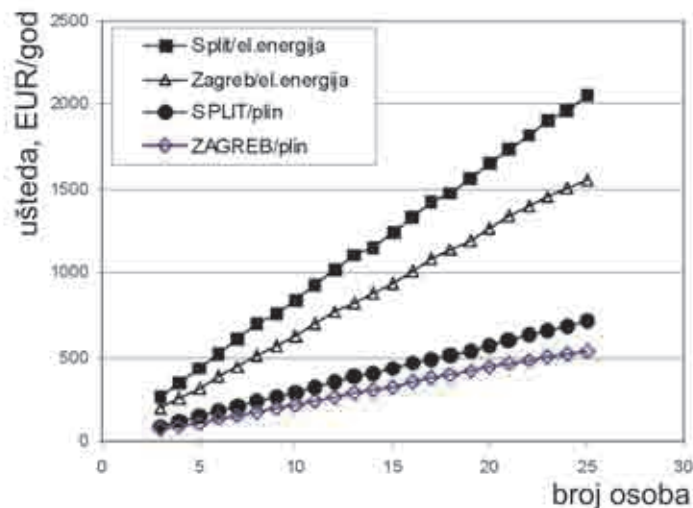
7.1.2.5. Dimenzioniranje solarnih toplovodnih sustava

Kod solarnih sustava namijenjenih isključivo pripremi PTV-a odabir broja kolektora i njihovog nagiba te veličine spremnika, ponajviše ovisi dnevnoj potrošnji vode u pojedinom dijelu godine, klimatskom području (kontinentalni ili primorski dio), te orijentaciji kolektora u odnosu na strane svijeta. Tipične vrijednosti za obitelj s 4-5 članova su 4-6 m² kolektora u kontinentalnom dijelu i do 4 m² u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 Lit. Tada je kroz cijelu godinu moguće prikupiti oko 600 kWh/m² toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m² u primorskom dijelu naše zemlje. Ti se podaci odnose na visokoučinske pločaste kolektore (Tinox apsorber) instalirane pod kutem 45° i usmjerene prema jugu, uz pokrivanje svih potreba za energijom u ljetnim mjesecima, te najkraće razdoblje povrata investicije (omjer investicije i godišnje uštede na pojedinom energentu) koji u odnosu na grijanje vode plinom iznosi 24 godine u kontinentalnom dijelu i 16 godina u primorskom dijelu, te u odnosu na električno grijanje 8.5 odnosno 5.5 godina. Tu je potrebno naglasiti da su kod većih sustava razdoblja povrata investicije znatno niži jer u investiciju za solarni dio sustava ne ulazi cijeli spremnik nego samo povećanje u odnosu na spremnik koji bi se instalirao za klasično grijanje kotlom. Dijagrami na slikama 7.11. i 7.12. pokazuju okvirne vrijednosti optimalne kolektorske površine u ovisnosti o broju osoba, te iznos godišnje uštede u odnosu na konvencionalne energente plin i električnu energiju. Prethodno iznesene vrijednosti se odnose na sustave s kolektorima usmjerenim prema jugu, no ukoliko nema mogućnosti za postavljanje kolektora prema jugu, potrebno je konzultirati stručnjake radi određivanja optimalne površine kolektora.

S obzirom na vrlo niske vrijednosti insolacije tijekom hladnije polovice godine u našim krajevima, te posebice niske temperature u kontinentalnom dijelu koje dodatno snižuju efikasnost kolektora (oko 35% zimi dok u ljeti >55%), uporaba solarnih sustava za grijanje prostora zahtijeva stručni odabir i dimenzioniranje sustava uz dobru procjenu stvarnih potreba za energijom, kako bi tehničko rješenje sustava bilo ekonomski prihvatljivo.



7. 11 Prikaz optimalne kolektorske površine (nagnute pod kutem od 45° prema horizontali) u ovisnosti o broju osoba



7. 12 Godišnja ušteda na energiji PTV-a ostvarena korištenjem solarnog sustava

7.1.3. Fotonaponske ćelije

Fotonaponske ćelije pretvaraju energiju sunčevog zračenja u električnu. Napravljene su od poluvodičkog materijala (najčešći silicija (Si)) u obliku tankih pločica povezanih u module (Slika 7.13.). Dodavanjem malih količina primjesa (poput borona, fosfora) osnovnom materijalu nastaju pozitivno i negativno nabijene poluvodičke pločice koje spojene zajedno, kada ih se osvijetli, generiraju istosmjernu el. struju u vanjskom krugu. Jakost struje je proporcionalna intenzitetu sunčevog zračenja. Tipična monokristalna Si fotoćelija proizvodi napon od oko 0.5 V i struju manju od 3 A, tako da je potrebno spojiti više takvih ćelija u seriju da bi se dobio napon veći od 12 V jer je to nominalni napon većine baterija koje se pune uz pomoć fotonaponskih ćelija. Tako spojene ćelije formiraju fotonaponske module koji imaju

maksimalnu snagu oko 73 W (pri insolaciji od 1000 W/m²) i površinu oko 0,5 m² (1 × 0,5 m). Prema tome, efikasnost ovakvih monokristalnih fotonaponskih ćelija je oko 14.5%. Ovdje je potrebno naglasiti da snaga (time i efikasnost) pada s povišenjem temperature ćelije tako da prethodne vrijednosti mogu biti niže u realnim uvjetima eksploatacije. Pored monokristalnih Si ćelija postoje i jeftinije polikristalične ćelije čija je kristalna struktura manje pravilna a efikasnost 10%, te ćelije od amornog silicija koje su daleko najjeftinije, ali imaju malu efikasnost od samo 4%.

Električna energija proizvedena fotonaponskim ćelijama se uskladištava u baterijama sličnim onima kakve se koriste kao akumulatori u automobilima. Punjenje/praznjenje se regulira posebnim regulatorom, a obično se ugrađuje i pretvarač istosmjerne struje u izmjeničnu, prikladnu za pogon uređaja u kućanstvu (Slika 7.14.). Pretvorba kemijske energije baterije natrag u el. energiju (gubici 20%) te ostali gubici u navedenim regulatorima i pretvaračima, dodatno smanjuju efikasnost pretvorbe sunčeve u korisnu el. energiju. Zbog male efikasnosti i još uvijek visoke cijene (8-10 EUR/W), fotonaponske ćelije se ugrađuju samo tamo gdje su potrebne male snage ili već ne postoji priključak na el. mrežu. Primjeri primjene su npr. planinarski domovi, radiorepetitori na vrhovima planina, telefonske govornice uz autoceste, ulična rasvjeta, parkirni automati, baterije za manje brodove i jedrilice itd. Cijena instalacije fotonaponskih modula se može smanjiti ukoliko se oni koriste kao dijelovi krova, što je već testirano na mnogo projekata u EU, a čiji rezultati upućuju da bi s daljnjim povećanjem proizvodnje i padom cijene, fotonaponske ćelije mogle postati ekonomski konkurentne klasičnim načinima opskrbe el. energijom.



Slika 7.13. Fotonaponski moduli



Slika 7.14. Način spajanja FN modula s potrošačima preko regulatora punjenja/praznjenja baterije i DC/AC pretvarača

7.1.4. Uporaba sunčeve energije u R. Hrvatskoj

Hrvatska je tijekom '70-tih bila jedna od vodećih zemalja u svijetu u promoviranju i istraživanjima iskorištenja sunčeve energije (Tehnički fakultet Rijeka i Institut R.Bošković). Unatoč tome, danas primjerice jedna Slovenija ima 2-3 puta više instaliranih kolektora (100.000 m²) od nas dok Austrija čak 30 puta više unatoč upola manjoj godišnjoj insolaciji. Zbog relativno velikih investicijskih troškova u odnosu na konvencionalne sustave za grijanje i pripremu PTV-a, većina europskih zemalja subvencionira ulaganje u opremu za iskorištavanje obnovljivih izvora energije (Slovenija daje poticaje u iznosu od 100 EUR po m² instalirane površine kolektora, Grčka vlada pokriva 50% investicije u svaki solarni sustav, itd). Čak i bez takvih poticaja, proračuni i iskustva pokazuju da je korištenje solarnih kolektora ekonomski vrlo isplativo kao alternativa električnom zagrijavanju vode koje je uobičajeno u tijeku turističke sezone na Jadranu, odnosno grijanju na lož ulje koje je često korišteno energent u kontinentalnom dijelu naše zemlje.

7.1.5. Proizvođači solarne opreme

Na našem su tržištu prisutni domaći i strani proizvođači solarne opreme, koji se uz proizvodnju bave i prodajom i ugradnjom te opreme. Također, ugradnjom se bave i mnogi instalateri grijanja. S obzirom na specifičnost solarnih sustava u odnosu na klasične, za njihovo pravilno dimenzioniranje i instaliranje, potrebna je visoka razina stručnosti i iskustvo. Upravo zbog nedostatka toga, danas u Hrvatskoj mnogi solarni sustavi ne zadovoljavaju potrebe korisnika i podložni su čestim ispadima iz rada. Stoga je najbolje odabir i instalaciju solarnih sustava povjeriti dokazanim firmama s dugogodišnjim iskustvom.

7.2. Biomasa

Posljednjih godina sve više sazrijeva spoznaja, kako na lokalnom tako i na globalnom planu, o dobrobiti pridobivanja toplinske energije iz biomase. Između različitih vrsta biomase drvna ima najširu primjenu. Dobro osmišljeni šumski kompleksi predstavljaju održivi izvor energije, jer se mogu obnovljati, CO₂ su neutralni i dobra su zamjena za postojeća fosilna goriva. Danas praktički nema tehničkih prepreka koje bi sputavale rast uporabe drveta, posebice kad se znaju prednosti koje ona nosi. Stvaranje pozitivnog okruženja za uporabu drvne biomase nosi sa sobom održivo rješenje za buduće energetske potrebe.



Slika 7.15. Zatvoreni ciklus ugljika u prirodi

Na slici 7.15. prikazan je put ugljika akumuliranog u drvnj masi, korištenoj kao gorivo u procesu proizvodnje energije. Ako ga promatramo kao zatvoren ciklus, nema viška CO₂ koji bi se gomilao u atmosferi kao posljedica izgaranja drveta, ukoliko su sječa i prirast drvne mase u održivom odnosu. Drugim riječima količina drvne mase koja se troši kao gorivo, mora biti kontinuirano nadomještan istom količinom rastuće biomase. Samo u tom slučaju će se sav izgaranjem nastao ugljični dioksid utrošiti na rast nove biomase.

7.2.1. Biomasa kao spremnik energije

Biomasa akumulira energiju sunca pomoću fotosinteze. Biomasa iz vode i ugljičnog dioksida i energije sunca tvori glukozu a pri tome se oslobađa kisik. Za stvaranje glukoze potrebno je približno 0,8 kWh/mol (energije po jedinici mase). Prilikom izgaranja glukoze u zatvorenom sustavu, oslobađa se približno, bez topline kondenzacije vodene pare, 0,78 kWh/mol (energije po jedinici mase glukoze). Na taj način u biomasi akumuliranu energiju sunca dobivamo izgaranjem u obliku toplinske energije. U procesu gorenja veže se ugljik iz goriva s kisikom i u slučaju potpunog izgaranja nastaje CO₂. Ukoliko izgaranje nije potpuno, stvaraju se i drugi spojevi CO, C_xH_y.

Drvna masa predstavlja samo jedan dio stvari biološkog podrijetla koje nazivamo zajedničkim imenom biomasa i potencijalni su obnovljivi izvori energije. Razlikujemo drvnu masu namijenjenu isključivo za loženje i drvnu masu koja predstavlja tehnološki otpad, a može se koristiti kao gorivo (otkorci, otpadci, piljevina, blanjevina i sl.). Indikativan je podatak da 35 do 40% drvne mase stabla namijenjenog za daljnju preradu ostaje kao otpad. Za neke specifične proizvode (parketi) ta se količina penje do 65%. Sav taj otpadni materijal veliki je energetski potencijal.

Ciklus modernog uzgoja drvene mase namijenjene za gorivo je od 3 do 15 godina, ovisno o vrsti drveta koje se uzgaja. Prinos takvog uzgoja kreće se od 10 do 15 t/ha/god što omogućava da se s 11.250 ha može dobiti drvene mase za pogon 30 MW elektrane koja je dostatna za opskrbu električnom energijom naselja od cca 30.000 kuća. Klasičan uzgoj drvene mase ima ciklus od 30 do 80 godina i kod njega ogrjevno drvo predstavlja dodatni proizvod.

7.2.1.1. Karakteristike biomase

Svaka biomasa ima svojstva koja definiraju način njezine uporabe kao goriva, posebno njezino ponašanje u ložištu, kako za izgaranje tako i za rasplinjavanje.

Najvažnija svojstva su:

- Sadržaj vlage
- Sadržaj pepela
- Sadržaj hlapivih sastojaka
- Kemijski sastav
- Ogrjevna vrijednost
- Gustoća.

Kad definiramo svojstva biomase važno je navesti jesu li ona svedena na masu koja sadrži vlagu, pepeo ili na čistu suhu tvar.



Slika 7.16. Definiranje svojstava biomase

Vlaga

Predstavlja količinu vode u drvnj masi izraženu u % njezine mase. Može biti svedena na vlažno stanje, suho stanje ili suho stanje bez pepela. Kako vlaga izravno utječe na ogrjevnu vrijednost goriva, bitno je znati na što je svedena. Biomasa ima široki dijapazon sadržaja vlage, od 10% pa do 50 ili čak 70%.

Sadržaj pepela

Pepeo sadrži anorganske tvari (minerale), i izražava se kao i vlaga, a najčešće je sveden na suhu biomasu. U biomasu ga ima:

- Drvo < 0,5%
- Slama žitarica: 5 to 10 %
- Rižina slama i pljeva: 30 to 40%.

Kemijski sastav pepela i njegova količina u biomasu važni su za konstrukciju ložišta. Oni mogu izazvati probleme u ložištima kotlova i rasplinjačima ukoliko dolazi do pojave taljenja pepela.

Hlapive tvari

Kada se biomasa zagrijava na temperaturu od 400 do 500 °C, ona se raspada

na hlapive tvari i drveni ugljen. U usporedbi s klasičnim ugljenom koji ima svega do 20% hlapivih tvari, u biomasu ih ima do 80%. To stvara probleme kod izgaranja i regulacije izgaranja u uređajima.

Sastav

Sastav biomase bez pepela manje-više je konstantan. Osnovne komponente su: ugljik C, kisik O, vodik H i mala količina dušika N, a težinski udjeli svedeni na suhu tvar bez pepela su dani u tablici 7.2.

Tablica 7.2. Sastav biomase

Element	Simbol	Težinski udio sveden na suhu tvar bez pepela
Ugljik	C	44 – 51
Vodik	H	5,5 – 6,7
Kisik	O	41 – 50
Dušik	N	0,12 – 0,6
Sumpor	S	0,0 – 0,2

Biomasa i utjecaj na okoliš

Sirova biomasa sadrži vrlo malo za okoliš štetnih tvari. Sumpor i klor prisutni su u vrlo malim količinama i mogu stvarati kisele kiše, pretvarajući se u SO₂ ili HCl u procesu izgaranja.

Dušik: Oksidi dušika (NO i NO₂ ukupno izraženi kao NO_x) također uzrokuju kisele kiše. Dva tipa NO_x spojeva nastaju prilikom izgaranja. Termički NO_x nastaje na temperaturama iznad 950 °C iz N sadržanog u zraku za izgaranje. NO_x koji nastaje iz N sadržanog u gorivu, stvara spojeve na nižim temperaturama. Količina NO_x može se ograničiti izborom nižih temperatura izgaranja ili stupnjevitim izgaranjem.

Hlapivi ugljikovodici C_xH_y: Ovi spojevi mogu izgoriti ukoliko provedu dovoljno dugo vrijeme u vrućoj zoni izgaranja (minimalno 2 s). U dobro konstruiranim ložištima emisija C_xH_y spojeva je vrlo mala. Međutim kod loše konstruiranih ložišta i otvorenih vatri emisije C_xH_y spojeva mogu biti znatne.

7.2.1.2. Karakteristike drvene mase kao goriva

- 2,5 kg drvene mase (cca 20% vlage) = 1 lit. EL loživog ulja
- 1 ha šume apsorbira količinu CO₂ koja nastaje izgaranjem 88.000 lit. EL loživog ulja ili 135.000 Nm³ prirodnog plina.



Slika 7.17. Drvena biomasa kao gorivo

Ogrjevna vrijednost i vlažnost drva

Ogrjevna vrijednost drveta ovisi u prvom redu o sadržaju vlage u drvnj masi (1 kg drvene mase prosječne vlažnosti 20% ima donju ogrjevnu vrijednost od 14.500 kJ). Za sve vrste biomase gornja ogrjevna vrijednost H_g svedeno na stanje suho i bez pepela iznosi:

$H_g = 20.400 \text{ kJ/kg} \pm 15\%$.

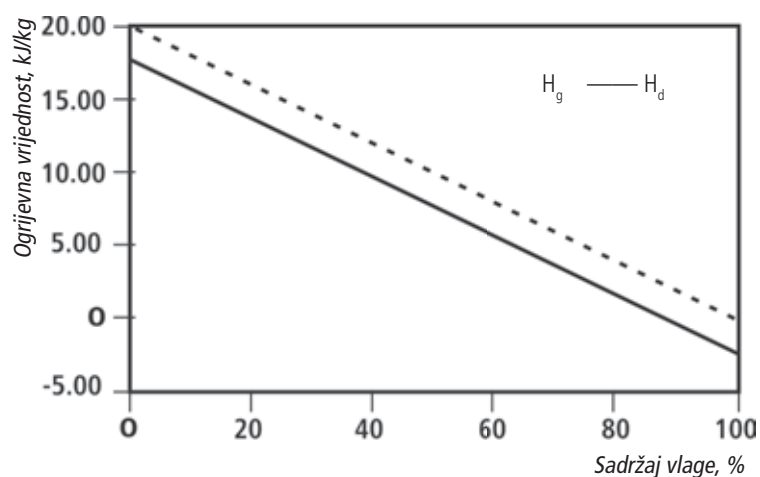
Karakteristike drvene biomase u ovisnosti o sadržaju vlage su prikazani u tablici 7.3. i na slici 7.18.

Tablica 7.3. Karakteristike drvene biomase

1 prostorni metar (prm) sirovog drveta	1 prostorni metar drveta sušenog na zraku $w=15\%$
1500 kWh	2100 kWh
cca 800 kg	cca 500 kg
1,9 kWh/kg	4,2 kWh/kg

Cijene drveta za ogrjev

Iz tablice 7.4. se vidi da je drvo kao ogrjevni materijal jeftino, te pored toga prihvatljivo za okoliš.



Slika 7.18. Ogrjevna vrijednost drveta kao funkcija sadržaja vlage

Tablica 7.4. Cijene različitih vrsta goriva na EU tržištu (2004. god.)

	količina	EUR	H_d kWh	η kotla	EUR/MWh
Bjelgorica	1 prm ²	40	2070	80%	24,00
Crnogorica	1 prm	30	1570	80%	23,80
Sjeckano drvo	1 prm	17	900	85%	28,30
Prešano drvo	100 kg	20	510	90%	43,50
EL loživo ulje	1 lit.	0,60	10	95%	66,60
Zemni plin	1 m ³	0,40	10	95%	44,40
El. energija	1 kWh	0,09	1	100%	90,00

Onaj tko je spreman uložiti određeno vrijeme i trud za njegovo iskorištavanje, može računati da s 1 prm drvene mase zamjenjuje oko 180 lit. EL loživog ulja. Pogledajmo to na jednom primjeru:

Tablica 7.5. Usporedni prikaz troškova grijanja na EL loživo ulje i drvo

Godišnji troškovi grijanja		
	Domaćinstvo A	Domaćinstvo B
god. potrošnja	4.000 lit. EL	23 prm drva
cijena	0,6 EUR/lit.	35 EUR/prm
ostali troškovi	-	15 EUR/prm, piljenje
UKUPNO	2340 EUR	1150 EUR

7.2.2. Uređaji za izgaranje biomase

Izgaranje drveta

Biomasa ima svojstva koja se razlikuju od svojstava klasičnih fosilnih goriva. Osnovna razlika je u velikom sadržaju hlapivih tvari, čak do 80% dok ih ugljen sadrži svega do 20%. U procesu izgaranja razlikujemo nekoliko faza:

- SUŠENJE koje uključuje isparavanje vlage (100 do 150°C)
- IZGARANJE hlapivih sastojaka (240 do 600°C piroliza i izgaranje)
- IZGARANJE drvenog ugljena (do 1400°C).

Dobivanje toplinske energije iz drveta

Najstariji način korištenja drveta je izgaranje na otvorenom. Danas postoji niz uređaja i nekoliko načina pretvorbe energije sadržane u drvenoj masi u toplinsku energiju.

- Izgaranje u pećima i kaminima
- Izgaranje u kotlovima
- Rasplinjavanje i izgaranje
- Dobivanje tekućeg goriva, plina i topline pirolizom

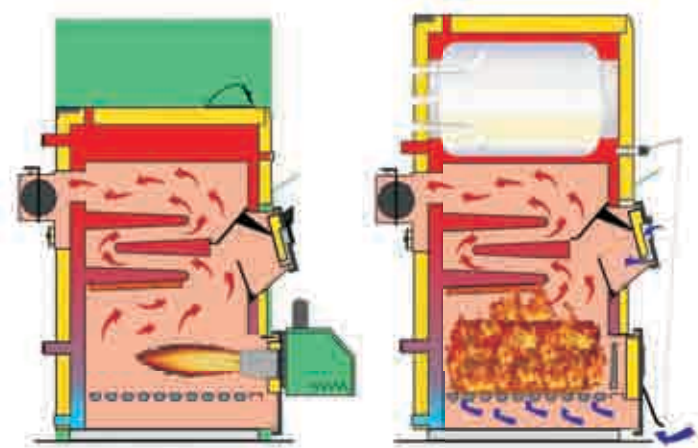


Slika 7.19. Peći, kamini i štednjaci

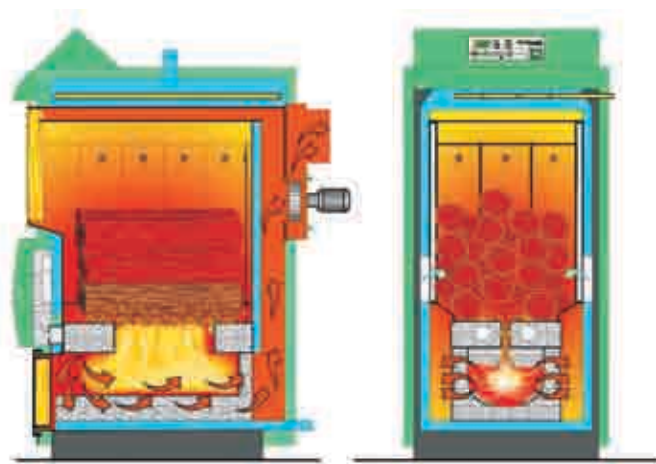


Slika 7.20. Peć na piljevinu

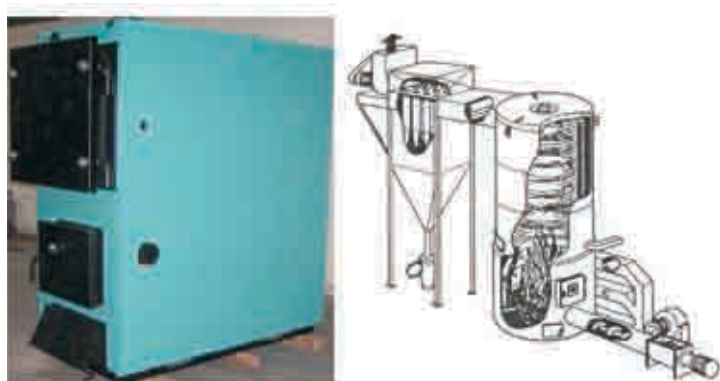
Toplinski učinak 25 do 40 kW, punjenje 2 x 55kg
55 kg piljevine = 30 m³ zemnog plina



Slika 7.21. Standardni kotao na kruto gorivo s pelet plamenikom – ložen peletima i kotao na kruto gorivo s ugrađenim inox spremnikom za sanitarnu vodu



Slika 7.22. Pirolički toplovodni kotao na drva



Slika 7.23. Veliki toplovodni kotlovi na biomasu

Tablica 7.6. Cijene pojedinih uređaja za proizvodnju toplinske energije (izvor, Heizen mit Holz ..., 2001)

Vrsta	cijena po kW toplinskog učina
Kalijeva peć	100 – 150 EUR/kW
Kotao (toplovodni)	50 – 200 EUR/kW
Akumulacijski spremnik	1 EUR/lit.
Plamenik za pelete	30 –100 EUR/kW
Automatsko odpepeljavanje	30 –100 EUR/kW
Automatsko loženje	250 – 800 EUR/kW
Velika postrojenja	350 – 500 EUR/kW
Energane	1.000 – 2.500 EUR/kW

Moguće primjene

Kotlovi na biomasu mogu se u sustave ugrađivati kao samostalni izvori topline, u kombinaciji sa solarnim kolektorima ili kotlovima na drugu vrstu goriva. Na slikama koje slijede prikazane su neke od tih izvedbi, a u priloženim tablicama dan je usporedni pregled cijena sustava grijanja s ugrađenim malim, srednjim i velikim kotlovima na različite vrste energenata.

Tablica 7.7. Cijene malih toplovodnih kotlova u Hrvatskoj (kn)

Učin kotla 25 kW	Kruto gorivo	EL loživo ulje	Plin
Cijena kotla	5.200	3.750	3.750
Cijena pribora	600	100	100
Cijena plamenika		2.700	5.500
UKUPNO	5.800	6.550	9.350

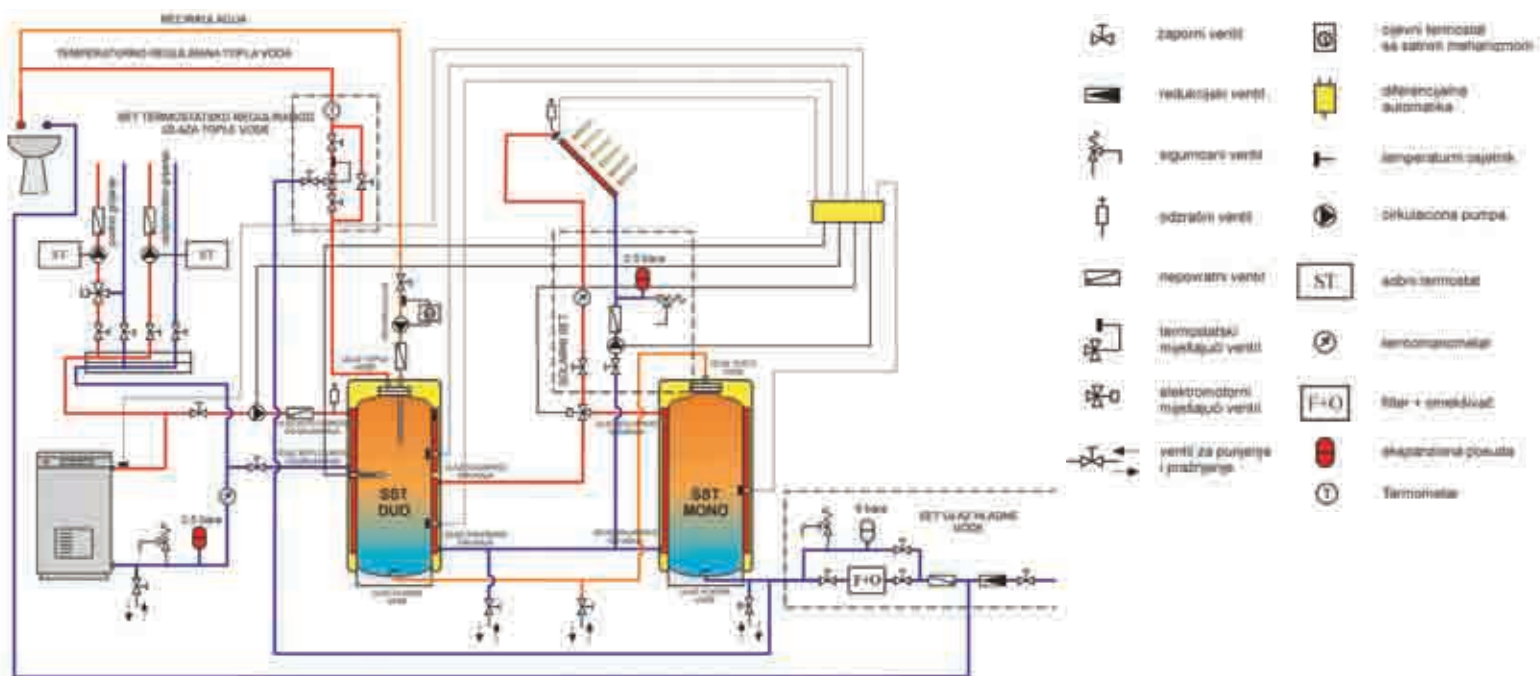
Tablica 7.8. Cijene srednjih toplovodnih kotlova u Hrvatskoj (kn)

Učin kotla 70 kW	Kruto gorivo	EL loživo ulje	Plin
Cijena kotla	9.000	5.400	5.400
Cijena pribora	700	100	100
Cijena plamenika		3.100	7.900
UKUPNO	9.700	8.600	13.400

Tablica 7.9. Cijene toplovodnih kotlova u Hrvatskoj (kn)

Učin kotla 240 kW	Kruto gorivo	EL loživo ulje	Plin
Cijena kotla	27.800	16.900	16.900
Cijena pribora	10.700	800	800
Cijena plamenika		10.100	19.900
UKUPNO	38.500	27.800	37.600

Za kotlove na biomasu preporuča se ugradnja akumulacijskog spremnika veličine 40 lit./kW. Na taj se način osigurava rad kotla na približno nazivnoj snazi i dobrom stupnju djelovanja. U tom se slučaju mogu na instalaciju centralnog grijanja ugraditi termostatski ventili. Ukoliko ne postoji akumulacijski spremnik, termostatski ventili uzrokuju loš rad kotla radi prigušivanja plamena kod smanjene potrebe za toplinom.

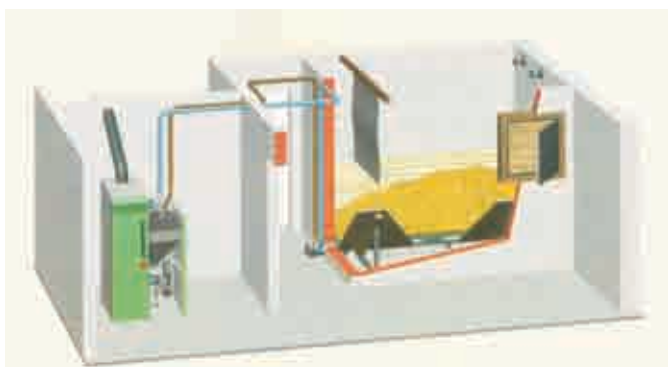


Slika 7.24. Toplovodni kotao na drvenu masu u sklopu solarnog sustava

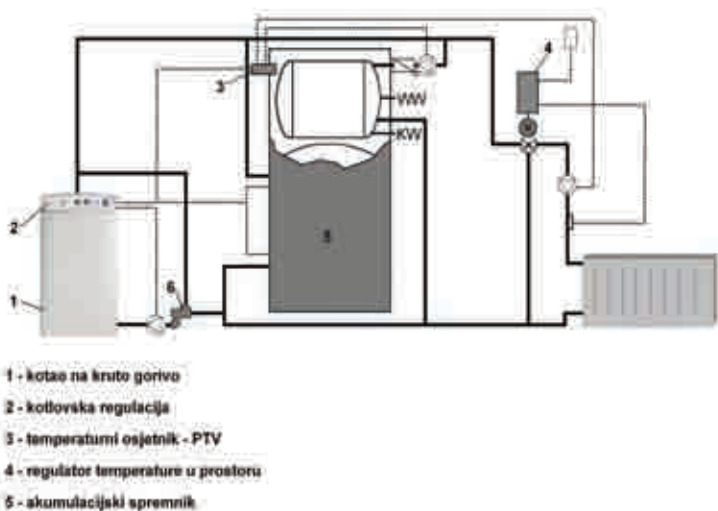
7.2.3. Preporuke

Biomasa koja se koristi kao gorivo u kotlovima mora odgovarati zahtjevima koje navodi proizvođač kotlova, a tu se prvenstveno misli na sadržaj vlage i dimenzije:

- Kotao mora biti konstruiran za odgovarajući tip biomase.
- Dimnjak mora biti dimenzioniran prema snazi kotla, izrađen iz kvalitetnih materijala i izoliran.
- Mora se ostvariti tražen potlak dimnjaka.
- Ugradnja akumulacijskog spremnika osigurava kvalitetan rad sustava.
- Drvenu biomasu potrebno je prije uporabe sušiti na zraku minimalno 12 mjeseci da se postigne tražena vlaga.
- Kotao treba čistiti prema uputama proizvođača, a po potrebi i češće.
- Kontrolu i čišćenje dimnjaka treba povjeriti stručnoj osobi (dimnjačaru) svake godine.



Slika 7.25. Sustav za grijanje biomasom (peleti i sječka)



Slika 7.26. Shema spajanja kotla na biomasu

7.3. Kogeneracija u kućama

Kogeneracija je proces korištenja primarne energije goriva za proizvodnju dvije vrste korisne energije od kojih je jedna toplinska, a druga električna. Primjer jednog kogeneracijskog uređaja je motor s unutrašnjim izgaranjem koji proizvodi električnu energiju s efikasnošću od 30%, koristeći istovremeno razvijenu otpadnu toplinu za zagrijavanje PTV-a (i grijanje prostora). Time se ukupna efikasnost uređaja podiže na 90%, čime je postignuta značajna ušteda goriva u odnosu na slučaj kada bi se el. energija i toplinska za PTV proizvodili u zasebnim uređajima (tada bi odnos ukupno dobivene korisne energije i ukupno uložene energije iz goriva bio oko 60%). Pored velikih kogeneracijskih postrojenja (npr. u termoelektranama) posebno su interesantna individualna postrojenja koja omogućuju snabdijevanje objekata poput jedne ili više obiteljskih kuća jeftinom el. i toplinskom energijom. Danas se na našem tržištu mogu pronaći kompaktni tzv. mikrokogeneracijski uređaji el. snage oko 5 kW koji se sastoje od plinskih motora s vodenim hlađenjem (Slika 7.27.) Priklučivanjem kruga hlađenja na izmjenjivač topline spremnika PTV-a (i dalje kruga grijanja), moguće je iskoristiti još 18 kW toplinske energije za zagrijavanje

PTV-a (i grijanje prostora). Ovakvi su uređaji posebice prikladni za objekte koji nemaju priključak na el. mrežu, a kao energent može se koristiti ukapljeni naftni plin, ukoliko ne postoji priključak na plinsku mrežu. Pored plinskih generatora moguće je nabaviti i one koji koriste skuplji dizel, a koji su nešto robusniji i dugovječniji. Praktički se svi vodom hlađeni generatori el. energije na plin ili dizel mogu pretvoriti u kogeneracijske uređaje jednostavnim preusmjerenjem kruga hlađenja prema spremniku PTV-a. Glavni nedostaci proizvodnje el. i toplinske energije uz pomoć kogeneracijskih uređaja su ograničeni radni vijek motora (do 4000 sati) koji se može produljiti servisiranjem, te buka pri radu. Više informacija o uređajima može se dobiti kod tehničke službe firme Vaillant.



Slika 7.27. Plinski kogeneracijski uređaj

7.4. Energija vjetra

7.4.1. Općenito o energiji vjetra

Vjetrovi nastaju najvećim dijelom kao posljedica različitog intenziteta zagrijavanja/hlađenja pojedinih dijelova Zemlje. Veliki energetske potencijal energije vjetra za proizvodnju el. energije počinje se značajnije iskorištavati u europskim zemljama tijekom 90-tih godina prošlog stoljeća, te je u velikom porastu sve do današnjih dana (100% godišnje). Zemlje predvodnice su Njemačka i Danska s više od 7 GW odnosno 3 GW instalirane snage. Danska tako danas pokriva 20% svih potreba za el. energijom iz svojih vjetroelektrana. Poslije hidroenergije, energija vjetra predstavlja najznačajniji obnovljivi izvor za proizvodnju el. energije, tako da se u EU sa 100 GW instalirane snage planira do 2030 pokriti 10% svih današnjih potreba za el. energijom. U R. Hrvatskoj iskorištavanje energije vjetra je na vrlo niskoj razini, a određeni pomaci učinjeni su instaliranjem vjetroelektrana na Pagu (proizvede 15 000 MWh godišnje) i na brdu Trtar-Krtolin iznad Šibenika (proizvede 32 000 MWh struje godišnje - dovoljno za opskrbu 10 000 domaćinstava). Unatoč tomu, interes za vjetroelektrane je u porastu, posebice za male vjetro turbine (vjetrenjače), koje mogu pokriti potrebe jedne obiteljske kuće, a o kojima će biti više riječi u nastavku.

7.4.2. Karakteristike vjetroturbina

Za proizvodnju el. energije danas se najviše koriste vjetroturbine s horizontalnom osi s jednom, dvije ili tri lopatice (Slika 7.28.), dok su one s vertikalnom osi još uglavnom u fazi razvoja. Za crpljenje vode koriste se turbine s horizontalnom osi i većim brojem lopatica (npr. 12). Na vrhu stupa vjetroturbina s horizontalnom osi obično se nalazi mjenjačka kutija s generatorom el. struje (obično izmjenične). Vjetroturbine se pokreću pri brzinama vjetra većim od 5 m/s (18 km/h) te postižu najveću snagu pri 15 m/s koja ostaje konstantna sve do 30 m/s (108 km/h) kada dolazi do zaustavljanja lopatica radi sprječavanja oštećenja. Iz tih razloga često nije moguće koristiti energiju bure koja uz našu obalu na mahove

puše brzinom većom od 150 km/h. Prije instaliranja svake vjetroturbine, potrebno je provesti mjerenja brzine vjetra tijekom jedne ili više godina na raznim visinama, s obzirom na to da se brzina vjetra povećava s udaljenošću od tla. Zbog velike varijacije u snazi tijekom rada, potrošači koji su spojeni na vjetroturbine moraju imati dodatni izvor el. energije, a same vjetroturbine (vjetroelektrane) mogućnost predaje viškova energije u el. mrežu. Kod manjih sustava viškovi energije se mogu spremati u akumulatore ili koristiti za grijanje prostora ukoliko ne postoji ugovor s distributerom el. energije za otkup viškova kroz mrežu. Glavni nedostaci korištenja vjetroturbina se prije svega očituju kroz vizualno zagađenje okoliša te buku koju proizvode u neposrednoj okolini.



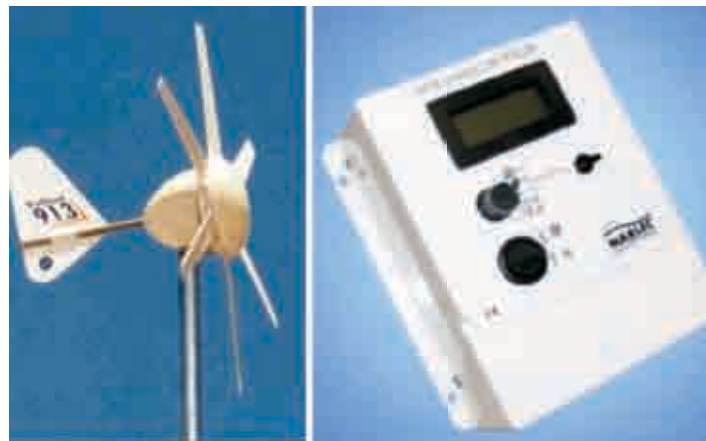
Slika 7.28. Vjetroturbina s horizontalnom osi i tri lopatice

7.4.3. Male vjetroturbine

Vjetroturbine se mogu podijeliti na male (do 30 kW), srednje (30-1500 kW) i velike (>1500 kW). Visina investicije se kreće od 1500 do 3000 EUR/kW za male, 700 do 1100 EUR /kW za srednje i 1500 EUR kW za velike (offshore) elektrane.

Male vjetroturbine (Slika 7.29.) su prikladne za proizvodnju el. energije na primjerice svjetionicima, vikendicama, u udaljenim naseljima, za pogon telekom. i signalnih uređaja na brodovima, crpljenje vode. Za razliku od velikih vjetroturbina, najmanjim vjetroturbinama, kakve se koriste primjerice na brodovima (do 100 W) se obično generira istosmjerna struja pri čemu se, kao i kod fotonaponskih ćelija, od dodatnog pribora koriste baterije, regulatori punjenja i pretvarači istosmjerne u izmjeničnu struju.

Vjetroturbine srednjih i većih snaga su učinkovitije i ekonomičnije od manjih, no male vjetroturbine imaju niže troškove postavljanja jer nisu potrebne velike dizalice, proizvedeni rad se može koristiti na licu mjesta (npr. za crpljenje vode) ili proizvodnju el. energije i manji je utjecaj na okoliš. Također, male vjetroturbine je moguće kombinirati s fotonaponskim ćelijama radi pokrivanja varijacija u insolaciji i brzini vjetra.



Slika 7.29. Mala vjetroturbina (70 W) i regulator punjenja

Literatura:

- [1] Twidell J., Weir T., *Renewable energy resources*, E&FN Spon, pp.439, London, 1997
- [2] Boyle G., *Renewable energy-power for sustainable future*, Oxford University Press, pp.477, Oxford, 1998
- [3] Duffie J.A., Beckman W.A., *Solar engineering of thermal processes*, John Wiley&Sons, pp.919, New York, 1991
- [4] Kulišić P., *Novi izvori energije*, Šk. knjiga, pp.154, Zagreb, 1991



8. Električna energija u kućanstvu



8. ELEKTRIČNA ENERGIJA U KUĆANSTVU

8.1. Uvodno o električnoj energiji

Ako bi se pokušala formirati ljestvica prioriteta današnjih ljudskih potreba, uz uvažavanje dostignuća modernog doba i način života suvremenog čovjeka, električna energija bi na toj ljestvici gotovo sigurno zauzimala vrlo visoko mjesto. Današnji život u razvijenom svijetu je jednostavno nezamisliv bez električne energije. Električna energija u kućanstvima koristi se za rasvjetu, kuhanje, omogućava rad računala, TV prijarnika, perilice rublja te ostalih električnih i elektroničkih uređaja. U industriji se električna energija koristi za rad različitih strojeva i alata, računala, rasvjetu proizvodnih hala itd. Zamisliti život bez javne rasvjete za koju se opet koristi električna energija je gotovo nemoguće. A odakle dolazi električna energija?

Električna energija se preko elektroenergetskog sustava dostavlja u stanove, kuće i tvrtke. Osnovna karakteristika i zadatak elektroenergetskog sustava (EES) je osiguravanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje električne energije u svakom trenutku. Da bi elektroenergetski sustav mogao izvršiti taj zadatak, potrebno ga je kontinuirano održavati, razvijati i graditi. Stalan porast potrošnje električne energije zahtijeva i stalnu izgradnju EES-a, odnosno postrojenja za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije. Razvoj i izgradnja EES-a je vrlo složen i skup tehnološki proces jer su investicije u elektroenergetske objekte izrazito velike i jer im je razdoblje povrata prilično dugo (često i preko 30 godina).

Proizvodnja električne energije se realizira u elektranama. Dakle, elektrane su postrojenja za proizvodnju električne energije a njihova osnovna podjela napravljena je prema pogonskom gorivu koje koriste. Tako su na primjer hidroelektrane dobile ime po tome što u njima pomoću vodenih turbina iskorištava potencijalna energija vode za proizvodnju električne energije. Termoelektrane su dobile ime po tome što se u njima proizvodi električna energija pretvorbom toplinske energije dobivene izgaranjem fosilnih goriva ili korištenjem drugih izvora topline (Sunce, geotermalni izvor, komunalni otpad itd.) Nuklearna elektrana je u osnovi termoelektrana u kojoj se toplinska energija dobiva fisijom nuklearnog goriva. Osnovni zadatak elektrana u EES-u je proizvodnja potrebne količine električne energije i to u trenutku kad to zahtijeva potrošač. Budući da ne postoji mogućnost akumuliranja većih količina električne energije, u svakom trenutku mora biti zadovoljena jednakost između proizvodnje i potražnje, tj. proizvodnja = potražnja, a elektrane u sustavu moraju biti tako dimenzionirane da u svakom trenutku mogu udovoljiti ovom uvjetu. U EES-u postoji veliki broj potrošača i, naravno, svaki od potrošača troši električnu energiju na način i u trenutku kad to njemu najviše odgovara. Stoga se i potražnja za električnom energijom tijekom dana mijenja i ta promjena prikazana je dnevnim dijagramom opterećenja (Slika 8.1.). Osim dnevne promjene opterećenja, postoje i tjedne promjene jer ni svi dnevni dijagrami opterećenja unutar tjedna nisu jednaki, npr. dijagram opterećenja u srijedu znatno se razlikuje od onoga u nedjelju, jer je nedjelja neradni dan, pa je između ostalog smanjena industrijska potrošnja, a povećana potrošnja u kućanstvima. Godišnje doba, također, utječe na potražnju električne energije, tj. dijagram opterećenja zimskog dana znatno se razlikuje od dijagrama opterećenja ljetnog dana, mada je potrebno istaknuti da se danas te razlike u razvijenom svijetu sve više smanjuju. Na kraju i vrste potrošača u sustavu kao i odnos između pojedinih vrsta potrošača, igraju značajnu ulogu na oblik dnevnog dijagrama opterećenja. Tu se prvenstveno misli na stupanj industrijalizacije zemlje ili područja koje zahvaća pojedini sustav kao i odnos između industrijske potrošnje i potrošnje u kućanstvima.

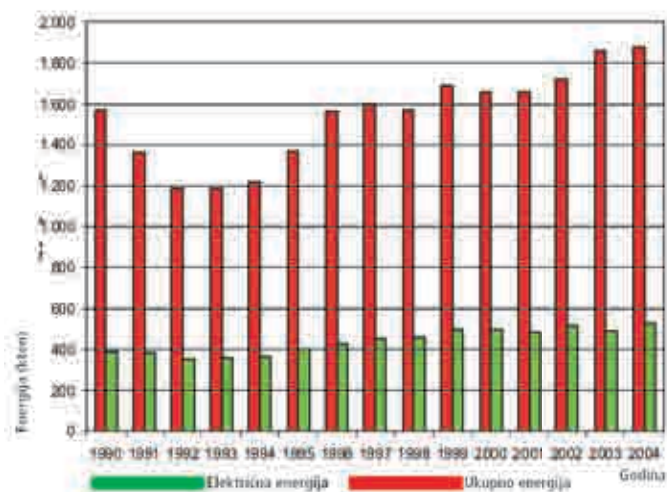


Slika 8.1. Primjer dnevnog dijagrama opterećenja

8.2. Potrošnja električne energije u kućanstvu

U Hrvatskoj je danas vrlo teško naći kućanstvo koje nema dostupa do električne energije. Većina kućanstva u Hrvatskoj opremljena je štednjakom, hladnjakom, ledenicom za duboko zamrzavanje, perilicom za rublje, bojlerom za pripremu tople vode te televizorom i radioprijemnikom. Također, u stalnom porastu je broj kućanstava koja uz navedenu opremu imaju i sušilice rublja, perilice posuđa, mikrovalne pećnice, osobna računala te uređaje za hlađenje unutarnjeg boravišnog prostora.

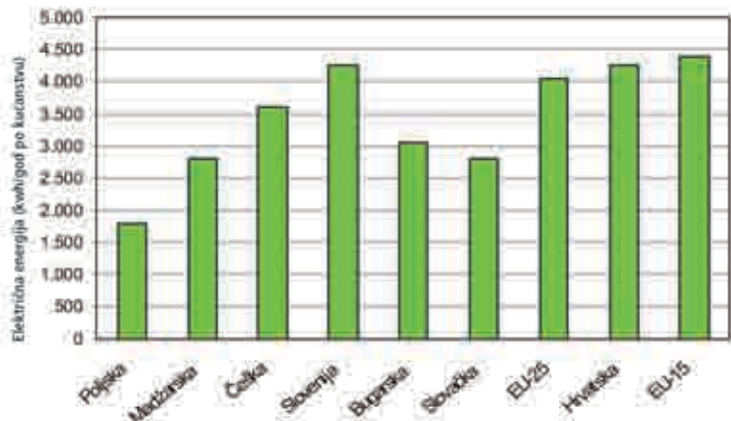
Između 1992. i 2004. godine neposredna potrošnja energije u kućanstvima u Hrvatskoj porasla je s 1,57 Mten (milijuna tona ekvivalentne nafte – energetski omjer 1 kgen = 11,63 kWh [1]) na 1,87 Mten (vrijednosti nisu korigirane s obzirom na klimatsko podneblje). Na slici 8.2. lako se uočava pad u potrošnji energije tijekom Domovinskog rata (1990. – 1992.) te značajniji porast u potrošnji energije tijekom 1996. godine koji se može povezati s hladnom zimom, ali i s povećanjem životnog standarda jer je broj stanovnika i kućanstava ostao gotovo nepromijenjen u odnosu na prethodne godine. Prema energetske bilanci iz 2004. godine električna energija pojedinačno zauzima najveći udio, i to u iznosu od 32% ukupne energije potrošene u kućanstvima [2].



Slika 8.2. Potrošnja energije u kućanstvima u Hrvatskoj od 1990. do 2004. godine [2]

U prikazanom razdoblju sasvim se jasno uočava i trend rasta potrošnje električne energije u kućanstvima. Potrošnja električne energije u kućanstvima je 1992. godine iznosila oko 4.050 GWh, dok je 2004. godine dosegla vrijednost od oko 6.070 GWh [2]. U ukupnoj godišnjoj potrošnji električne energije u Hrvatskoj u 2004. godini (uključeni svi gubici i potrošnja energetike) kućanstva sudjeluju s 35,7% [1]. Prema [2] broj kućanstava u Hrvatskoj u 2004. godini

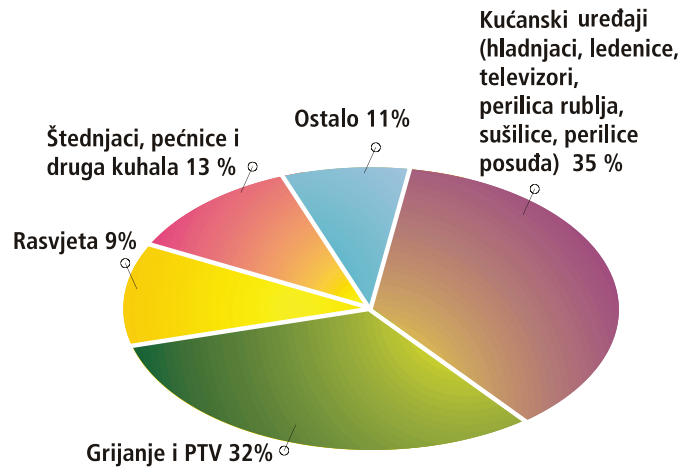
iznosio je 1.426.210 te je godišnja potrošnja električne energije po kućanstvu iznosila oko 4.260 kWh što je malo više od prosjeka zemalja EU-25. Na slici 8.3. prikazana je potrošnja električne energije u 2004. godini po kućanstvu u Hrvatskoj te odabranim zemljama iz Europske unije.



Slika 8.3. Potrošnja električne energije u 2004. godini po kućanstvu u Hrvatskoj i odabranim zemljama Europske unije [2]

Naravno, podatke sa slike 8.3 nikako ne treba promatrati, a da se ne uzme u obzir i stupanj gospodarskog razvoja pojedine zemlje. Naime, bilo bi pogrešno zaključiti da se na primjer u poljskim ili hrvatskim kućanstvima električna energija koristi učinkovitije od prosjeka zemalja EU-15.

Prema dostupnim podacima iz 2004. godine (literatura [2]) napravljena je i na slici 8.4. prikazana bilanca potrošnje električne energije u sektoru kućanstva.



Slika 8.4. Bilanca potrošnje električne energije u sektoru kućanstva u Hrvatskoj u 2004. godini [2]

Na slici 8.4. sasvim se jasno vidi kako se skoro jedna trećina ukupno utrošene električne energije u hrvatskim kućanstvima koristi za grijanje prostora i pripremu sanitarne tople vode. Naravno, u kućanstvima u kojim se električna energija koristi za grijanje i pripremu tople vode, njen udio u ukupno utrošenoj energiji je bitno veći i vrlo često prelazi i 60%. Prikazana bilanca se odnosi na cijeli sektor kućanstva i treba uzeti u obzir da se u dobrom dijelu kućanstava za grijanje i pripremu tople vode koriste drugi energenti kao na primjer prirodni plin ili toplina iz javnog toplinskog sustava. Osvremenjivanjem sustava grijanja i pripreme sanitarne tople vode te zamjenom električne energije prirodnim plinom, ukapljenim naftnim plinom ili eventualno biomasom, otvorio bi se veliki potencijal za smanjenje potrošnje električne energije

u kućanstvima. Ukoliko je električna energija jedini dostupan energent za grijanje prostora ugrađivanjem dizalice topline, umjesto električnih radijatora ili peći, može se, uz zadržavanje istoga stupnja ugodnosti boravka u prostoru smanjiti potrošnja električne energije za dva do četiri puta. Instalacijom dizalice topline uz grijanje zimi, isti uređaj se koristi i za eventualno hlađenje prostora u ljetnim mjesecima.

Veliki udio električne energije koja se troši u kućanskim aparatima (hladnjaci, ledenice, perilice, sušilice itd.) te za kuhanje (štednjaci, pećnice), ukazuje na činjenicu da se u Hrvatskoj još uvijek koristi razmjerno veliki broj starih, energetski manje učinkovitih, električnih uređaja.

Visina ukupnih troškova u kućanstvu izravno ovisi o potrošnji električne energije pojedinih kućanskih uređaja. Prema istraživanju tvrtke GfK Hrvatska d.o.o. na reprezentativnom uzorku (osobna anketa) od tisuću kućanstava u prosincu 2005. godine, opremljenost kućanstava i starost pojedinih kućanskih uređaja u Hrvatskoj (vidi tablicu 8.1.) pokazuje da su moguće značajne uštede u potrošnji električne energije ukoliko se potrošači prilikom zamjene ili kupnje novih uređaja odluče i na kupnju nove generacije nešto skupljih uređaja koji troše manje električne energije. To su svi oni uređaji s posebnom oznakom energetske učinkovitosti koji svojim kupcima donose trajno niže kućanske troškove i smanjuju ukupnu potrošnju električne energije u cijeloj zemlji.

Prema rezultatima ankete [3] perilicu rublja ima 98% kućanstva u Hrvatskoj. Od ukupnog broja približno 80% perilica, staro je do 10 godina. Preostalih 20% nalazi se u skupini koju će se polako trebati zamijeniti novim uređajima jer se njihov životni vijek bliži kraju. Namjeru kupnje novih perilica pokazalo je 6% kućanstava, od čega 4% želi kupiti klasičnu, a 2% sa sušilicom. Samostalna sušilica rublja koristi se u tek 5% kućanstava i sasvim očekivano većina ih je starosti do 5 godina. Oko 4% kućanstava želi ovaj stroj nabaviti u 2006. godini.

Perilica posuđa je kućanski uređaj koji koristi približno 30% kućanstava dok oko 4% kućanstava ima namjeru kupiti novu perilicu posuđa tijekom 2006. godine.

Hladnjak je uz perilicu rublja još jedan obavezni uređaj u kućanstvima. Oko 56% posjedovanih hladnjaka ima jedna vrata (oko 20% uopće nema odjeljak za zamrzavanje hrane, a 36% ima). Ostatak čine veći kombinirani hladnjaci koji imaju dvoja vrata – tj. odvojene dijelove za čuvanje hrane i za zamrzavanje. Preko 20% kućanstava ima hladnjak čija starost prelazi 10 godina. Namjeru kupnje u 2006. godini iskazalo je oko 6% kućanstava (pri čemu je jednak omjer onih koji žele manji hladnjak s jednim vratima i veći s dva odvojena dijela/vrata). Kompletnu sliku o čuvanju hrane u kućanstvima dobiva se tek kada se podaci o posjedovanju hladnjaka usporede s podacima o broju ledenica. Ledenicu posjeduje 65% kućanstava, od čega ih većina ovaj uređaj ima u obliku škrinje (76%), a manji dio ima stojeći ormar za zamrzavanje (24%). Ledenice su općenito najviše zastupljene u sjevernoj Hrvatskoj i u Slavoniji (preko 80%) u koje se stavlja hrana osigurana u vlastitoj proizvodnji, odnosno iz šire obitelji [3]. Oko 35% ledenica starije je od 10 godina što se može povezati i s činjenicom da je krajem osamdesetih i početkom devedesetih, postojao relativno veliki trend pripreme zimnice koji je zadnjih godina u velikom padu, posebice u gradovima. Naime, zamjenu ili kupnju novog zamrzivača u 2006. godini planira tek oko 3% kućanstava. To su prvenstveno – škrinje, a tek zanemarivo mali broj kućanstava (0,3%) želi kupiti stojeći ormar za zamrzavanje.

Ugradbene električne pećnice ima oko 16% kućanstava. Većina kućanstava u Hrvatskoj ima kompletan štednjak (električni ili plinski) s električnom pećnicom. Samo oko 2% kućanstava iskazalo je namjeru kupnje ugradbene električne pećnice u 2006. godini.

Tablica 8.1. Opremljenost kućanstava pojedinim kućanskim uređajima [3]

	Posjedovanje (prosinac 2005.)	Plan nabave (tijekom 2006.)	Starost <5 god.	Starost >5 <10 god.	Starost >10 god.
Perilica rublja	98%	6%	39%	41%	20%
klasična sa sušilicom	94%	4%			
	4%	2%			
Sušilica rublja	5%	2%	84%	16%	-
Perilica posuđa	29%	4%	74%	26%	-
Hladnjak	100%	6%	39%	39%	22%
1 vrata 2 vrata	56%	3%			
	44%	3%			
Ledenica	65%	3%	31%	34%	35%
Električna pećnica	94%	5%	38%	34%	28%
u štednjaku ugradbena	84%	3%			
	16%	2%			
Uređaj za hlađenje/grijanje boravišnog prostora	23%	5%	90%	10%	-

Uređaj za hlađenje/grijanje boravišnog prostora ili popularno nazivan i klima uređaj (to je potpuno krivi izraz jer klimatizacija nužno podrazumijeva pripremu i dovođenje svježeg zraka) je zbog relativno pristupačne cijene, ali i toplijih godina sve više prisutan i u kućanstvima. Gotovo četvrtina kućanstava u Hrvatskoj danas ima taj rashladni uređaj, a 90% ugrađenih staro je do 5 godina. Najčešće služe za hlađenje i grijanje (77%), a samo manji dio za hlađenje (23%). Namjeru kupnje ovoga uređaja iskazalo je oko 5% kućanstava (hlađenje i grijanje – 3%, te samo za hlađenje – 2%). Prema podacima Svjetske meteorološke organizacije posljednjih devet godina iz razdoblja od 1995. do 2004. godine (izuzetak je 1996.) je među deset najtoplijih godina u razdoblju od 1861. godine, od kada se instrumentalno mjeri temperatura [4]. Bitno je napomenuti da je u analiziranom razdoblju zabilježen i karakterističan visoki porast potrošnje električne energije tijekom ljetne sezone, od oko 4%. (izvor [5], [6], [7], [8] i [9]).

Prikupljeni i obrađeni podaci pokazuju da kućanstva u Hrvatskoj imaju značajan broj velikih kućanskih uređaja. Sva kućanstva koja su nabavila energetske učinkovitije uređaje imaju i manje mjesečne troškove za električnu energiju. U odabiru novih ili zamjeni starih/dotrajalih kućanskih uređaja, potrošačima bi od velike pomoći trebao biti i Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja koji je u punoj primjeni od 1. svibnja 2006. godine. Pravilnik je dostupan na internetu i to na stranici <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2005/2471.htm>. Jedan od glavnih ciljeva Pravilnika je upravo poticanje racionalnijeg korištenja električne energije kupnjom energetske učinkovitih kućanskih uređaja.

Značajan dio električne energije se u hrvatskim kućanstvima koristi za električnu rasvjetu. Razvojem tehnologije danas su tzv. štedne žarulje bitno jeftinije nego što su bile prije dvadesetak godina i postale su dostupne svim slojevima društva.

U nastavku poglavlja o električnoj energiji u kućanstvima bit će više riječi o uštedama koje se mogu ostvariti pravilnim izborom, rukovanjem i održavanjem kućanskih uređaja. Kroz primjere će biti objašnjeno što donosi zamjena standardne, tzv. obične žarulje štednom žaruljom odgovarajuće snage, koje su koristi od izbora kućanskih aparata više klase energetske učinkovitosti te

kako izabrati odgovarajući tarifni model za preuzimanje električne energije u kućanstvu.

8.3 Električna rasvjeta

8.3.1. Općenito o svjetlu – svjetlosne veličine

Čovjek prvenstveno skuplja informacije vidom, jer je njegova okolina vizualni svijet. Oko je najvažnije osjetilo i dobiva 80% svih informacija koje čovjek prima. Bez svjetla ovo ne bi bilo moguće – svjetlo je medij koji omogućuje vizualnu percepciju. Brzina prijenosa informacija vidom je gotovo 10 puta veća nego sluhom [10].

Svjetlost utječe i na raspoloženje te osjećaj sigurnosti. Osvjetljenost i boja, utjecaj sjene i izmjena svjetla i tame utječu na trenutne osjećaje i određuju ritam života. Nedovoljno svjetlosti ili potpuni izostanak stvaraju osjećaj nesigurnosti – nedostatak informacija. Prosječan Europljanin provede 90% svog vremena u zatvorenom, pa je zbog toga važnost umjetne rasvjete nenadoknativa [10].

A što je zapravo svjetlost? Svjetlost je elektromagnetsko zračenje valnih duljina od 10^{-7} m do 10^{-3} m koje nadražuje mrežnicu u čovječjem oku i time u organizmu izaziva osjet vida. Taj dio zračenja naziva se optičko zračenje.

A što je elektromagnetsko zračenje? Elektromagnetsko zračenje je oblik energije, a spektar takvoga zračenja daje informaciju o njegovom sastavu. Kompletan spektar elektromagnetskog zračenja obuhvaća od X-zraka na visokoenergetskom, kratkovalnom području do radiovalova na niskoenergetskom, dugovalnom području [10].

Vrlo često se u običnom govoru koristi izraz svjetlo čime se označava svako zračenje, koje uzrokuje neposredno vidljivo opažanje. Inače, svjetlost se može promatrati na dva načina, i to u:

- fizikalnom smislu (prijenos energije u obliku elektromagnetskih valova – gornja definicija),
- osjetilnom smislu (modeliranje dijelova ljudskog oka).

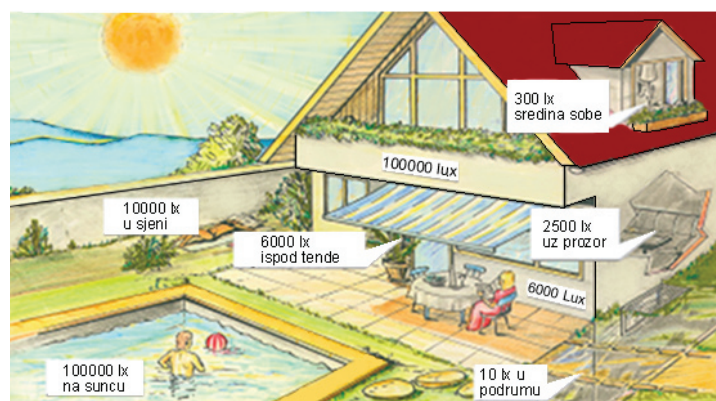
Osnovna svjetlosna veličina je kandela [cd] koja je definirana kao monokromatsko zračenje svjetlosti frekvencije $540,015 \times 10^{12}$ Hz i snage $1/683$ W po jediničnom prostornom kutu [11]. U kandelama se izražava intenzitet (često se koristi i izraz jakost) svjetlosti i to je osnovna SI jedinica.

Svjetlosni tok predstavlja snagu zračenja koju emitira izvor svjetla u svim smjerovima. Jedinica za svjetlosni tok je lumen [lm]. To je izvedena jedinica SI sustava - točkasti izvor svjetla ima svjetlosni tok od 1 lm kada u prostorni kut od 1 sr zrači jakošću svjetlosti od 1 cd [10]. Primjera radi svjetlosni tok standardne žarulje sa žarnom niti snage 100 W iznosi 1.380 lm, a kvalitetne fluorescentne cijevi snage 18 W iznosi 1.350 lm.

Osvjetljenost je mjerilo za količinu svjetlosnog toka koja pada na određenu površinu. Jedinica za Osvjetljenost je luks [lx] i to je izvedena jedinica SI sustava. Lx je definiran kao osvjetljenost 1 kvadratnog metra na koju pada ravnomjerno raspodijeljen svjetlosni tok od 1 lm. Nekoliko primjera razine osvjetljenosti nalazi se u tablici 8.2 odnosno na slici 5.5 [10]. Dakle, sve što se želi vidjeti mora biti osvjetljeno, jer je sama svjetlost nevidljiva. Za sunčana dana osvjetljenost je do 100.000 lx, u hladu drveta 10.000 lx, a pri mjesecini samo 0,25 lx. Ipak, prilagodljivost oka dopušta da vidimo u svim ovim uvjetima.

Tablica 8.2. Primjeri razine osvjetljenosti [10]

Primjer	osvjetljenost [lx]
Rasvjeta operacijskog stola	20.000 - 120.000
Sunčan ljetni dan	60.000 - 100.000
Oblačan ljetni dan	20.000
Oblačan zimski dan	3.000
Dobro osvjetljeno radno mjesto	500 - 750
Pješačka zona	5 - 100
Noć s punim mjesecom	0,25
Noć s mladim mjesecom	0,01



Slika 8.5. Primjeri razine osvjetljenosti [10]

Svjetlosna iskoristivost izvora svjetlosti definira se kao omjer dobivenog svjetlosnog toka izvora svjetlosti i uložene snage:

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \text{ [lm/W]} \quad (8.1)$$

gdje je:

- Φ svjetlosni tok mjereno u lm,
- P električna snaga mjerena u W.

Svjetlosna iskoristivost pokazuje iskoristivost kojom se uložena električna energija pretvara u svjetlost. Teoretski maksimum iskoristivosti, pri kojem se sva energija pretvara u vidljivo svjetlo iznosi 683 lm/W. U stvarnosti vrijednosti su puno manje i iznose između 10 i 150 lm/W [10]. Svjetlosna iskoristivost predstavlja jedan od osnovnih parametara za ocjenu ekonomičnosti rasvjetnog sustava.

Vidljivo zračenje čovječje oko ne opaža samo po jačini svjetlosti već i po bojama. Taj se osjećaj naziva podražaj boja. Pri tome je svejedno radi li se o zračenju izvora (boja svjetlosti) ili osvjetljenom objektu (boja predmeta), jer je upravo svjetlost jedini izvor boje na svijetu. Svjetlost je uvijek obojena, a zastupljenost pojedinih boja može se odrediti analizom pojedinih valnih duljina. Svjetlost ne može proizvesti nikakvu boju koje nema u spektru te svjetlosti (primjetno kod monokromatskih izvora svjetlosti). Teorija tri boje (crvene, zelene i plave), koje nadražuju pojedine čepičaste receptore u oku, te superponiranjem svih podražaja stvaraju zapažanje boje, osnova je kolorimetrije. Kolorimetrija ili mjerenje boja je znanost koja se bavi kvantitativnim vrednovanjem boja.

Za označavanje boje nekog izvora svjetlosti uz tzv. trikromatski dijagram koristi se i pojam temperature boje. Temperatura boje mjeri se u kelvinima [K] i označava boju izvora svjetlosti, usporedbom s bojom svjetlosti koju zrači idealno crno tijelo. Temperatura idealnog crnog tijela u kelvinima, pri kojoj ono emitira svjetlost kao mjereno izvor, naziva se temperatura boje toga izvora svjetlosti.

Zbog standardizacije, temperature boja izvora svjetlosti podijeljene su u tri grupe:

- dnevno svjetlo (> 5000 K)
- neutralno bijelo (3500 – 5000 K)
- toplo bijelo (< 3500 K)

Ovisno o primjeni, umjetno svjetlo treba omogućiti da se boje vide kao da su obasjane prirodnim svjetlom. Ova kvaliteta izvora svjetla naziva se uzvrat boje i izražava se faktorom uzvrata boje (tzv. Ra faktorom). Uzvrat boje nije povezan s temperaturom boje, te se ne može na osnovu temperature boje izvoditi zaključak o kvaliteti svjetla. Primjer dobrog i lošeg uzvrata boje nalazi se na slici 8.6. [10]. Što je Ra faktor izvora niži, to je uzvrat boje toga izvora lošiji. Referentni Ra iznosi 100.



Slika 8.6. Primjer dobrog (lijevo) i lošeg (desno) uzvrata boje [10]

Uz navedena svojstva izvora svjetlosti (svjetlosni tok, jakost svjetlosti, uzvrat boje, temperature boja, svjetlosna iskoristivost) promatraju se i sljedeća svojstva koja su međusobno višestruko povezana:

- Kompaktnost
- zahtjevi za prostorom
- veličina svjetiljke
- utjecaj na arhitekturu
- usmjerljivost svjetla
- Uporaba
- jednostavnost
- komfor korisnika (temperatura i uzvrat boje)
- regulabilnost
- jednostavnost zamjene
- Ekonomičnost
- svjetlosna iskoristivost
- vijek trajanja
- cijena
- trošak zamjene
- Utjecaj na okoliš
- potrošnja energije
- potrošnja prirodnih resursa
- zbrinjavanje.

8.3.2. Izvori svjetlosti

Prije 400.000 godina čovjek je počeo koristiti vatru kao izvor svjetla i topline. Oko 70.000 godina prije naše ere izumljena je prva svjetiljka. Šuplja stijena ili čahura bile bi napunjene mahovinom (ili sličnim materijalom) natopljenom životinjskom mašću i zapaljene. U 7. stoljeću prije naše ere Grci počinju izrađivati tzv. terra cotta svjetiljke kao zamjenu za baklje. U 18. stoljeću naše ere koristile su se uljne svjetiljke, što je ujedno prvi pokušaji regulacije jakosti svjetlosti, dok u 19. stoljeću postaju popularne plinske svjetiljke. Prelomi trenutak u razvoju rasvjete dogodio se 1879. godine kada je Thomas Alva Edison, koristeći usavršenu ugljenu nit, te uvodeći vakuum unutar žarulje, uspješno demonstrirao

njen rad. Unatrag nekoliko desetaka godina razvoj izvora svjetlosti i svjetiljaka izuzetno je dinamičan, te uključuje najnovije tehnologije, nove optičke sustave, nove materijale i posebno u zadnje vrijeme – brigu prema okolišu.

Izvore svjetlosti prvenstveno dijelimo prema načinu generiranja svjetlosti – princip termičkog zračenja (žarulje sa žarnom niti) i princip luminiscencije (žarulje na izboj). Također, često spominjana je i podjela na prirodne i umjetne izvore svjetlosti.

Svjetlost sunca spada u grupu termičkih isijavanja. Tijekom evolucije ljudsko oko se posebno prilagodilo spektru zračenja Sunca, koje prolazi kroz atmosferu u dovoljnoj količini i jednoličnosti. Sunčevo zračenje odgovara temperaturi crnog tijela od 5.800 K. Specifična energija zračenja iznosi izvan atmosfere 1,374 W/m². Na morskoj površini energija je 60-70% ove vrijednosti. Atmosfera propušta samo zračenje između 350 i 2.500 nm. Stoga u sunčevu zračenju nema UV-C i IR-C zračenja. Dnevno svjetlo mješavina je izravnog i neizravnog zračenja, te ovisi o vremenskim uvjetima [10]. U hrvatskim kućanstvima se najčešće upotrebljavaju standardne tzv. obične žarulje sa žarnom, halogene, fluokompaktne te u manjem opsegu fluorescentne žarulje (cijevi).

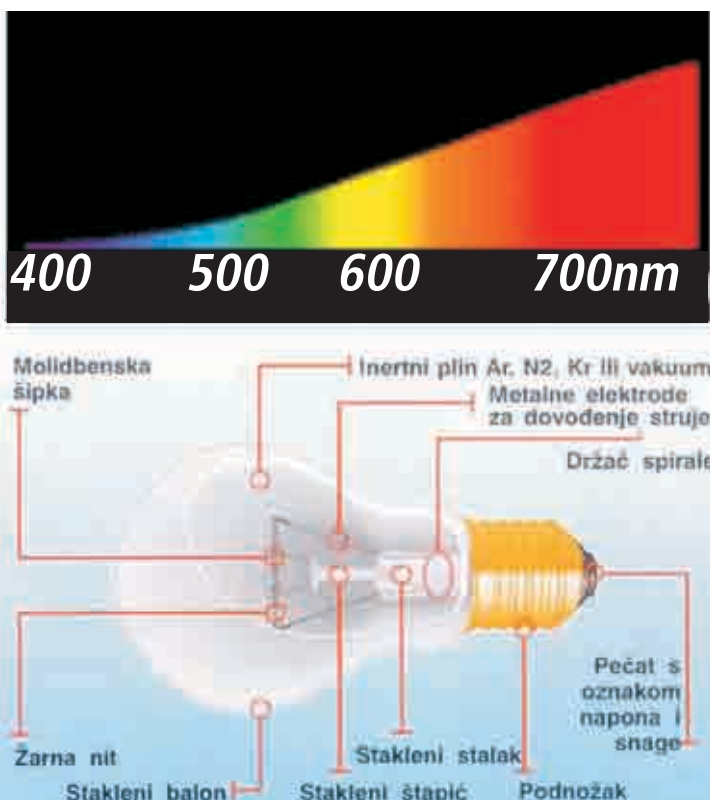
8.3.2.1. Standardne (obične) žarulje

Standardne žarulje spadaju u kategoriju žarulja sa žarnom niti te generiraju svjetlost principom termičkog zračenja. Svjetlost nastaje tako što električna struja prolazi kroz žarnu nit od wolframa i ugrijava (usijava) je na temperaturu od 2.600 do 3.000 K. Većina zračenja emitira se u infracrvenom dijelu spektra.

Na osnovna svojstva standardne žarulje – svjetlosna iskoristivost i vijek trajanja – najviše utječe temperatura žarne niti. Što je ona viša, svjetlosna iskoristivost je veća, a vijek trajanja kraći. Vijek trajanja se smanjuje zbog naglog porasta broja atoma wolframa koji se odvajaju sa žarne niti pri porastu temperature. Ovaj proces ne samo da proizvodi tamni sloj na unutrašnjoj strani staklenog balona (što dovodi do smanjenja svjetlosnog toka), već i dovodi do pucanja žarne niti – pregaranja žarulje.

Ovaj proces može se bitno ublažiti dodavanjem inertnog plina (argon, kripton ili ksenon) u punjenje balona, čime se podiže temperatura žarne niti (time i iskoristivost) i smanjuje isparavanje wolframa. Danas standardno punjenje čine plinovi argon i dušik, a kripton ili ksenon dodaju se zbog poboljšanja iskoristivosti.

Daljnji korak u poboljšanju iskoristivosti je način motanja spirale – dvostrukim motanjem spirale smanjuje se površina isijavanja, a time i gubici. Primjera radi za standardnu žarulju snage 100W potrebno je 1m wolframa debljine niti kose, a duljina žarne niti je oko 3 cm [10]. Na slici 8.7. prikazan je spektar zračenja i shematski prikaz standardne žarulje sa žarnom niti.



Slika 8.7. Spektar zračenja i shematski prikaz standardne žarulje sa žarnom niti [10]

Svjetlosna iskoristivost standardnih žarulja sa žarnom niti snage 25 – 500W iznosi 9 – 17 lm/W. U svjetlost se pretvara 5-10% uložene električne energije dok se ostatak pretvara u toplinu. Vijek trajanja standardne žarulje sa žarnom niti u normalnim pogonskim uvjetima (nazivni napon, sobna temperatura i bez izloženosti vibracijama) iznosi 1.000 sati. Ove žarulje imaju vrlo dobar uzvrat boje (oznaka 1A, Ra > 90) a temperatura boje kreće se u granicama od 2.600 do 2.800 K.

Brojne pogonske karakteristike žarulje sa žarnom niti ovise o naponu (svjetlosni tok je ovisan o naponu – koristi se kod regulacije). Snižavanjem pogonskog napona smanjuje se svjetlosni tok, ali se povećava vijek trajanja žarulje. Također, povišenjem pogonskog napona povećava se svjetlosni tok, ali se smanjuje vijek trajanja žarulje. Ove promjene su dosta drastične pa se recimo snižavanjem pogonskog napona za oko 10% svjetlosni tok u odnosu na referentni smanji za skoro 30%, ali se zato radni vijek učetrstruči. Isto vrijedi i za promjenu u suprotnom smjeru, tj. povišenjem pogonskog napona za oko 10% u odnosu na referentni raste svjetlosni tok za oko 30%, dok se vijek trajanja smanji za oko četiri puta. Zbog trošenja žarne niti, svjetlosni tok se smanjuje u pogonu i obično na kraju iznosi 15% manje od nazivnog. Zbog izražene temperaturne ovisnosti otpora wolframove niti, struja uključivanja je bitno veća od nazivne struje (za 100 W žarulju 14 puta, prijelazna pojava traje 56 ms).

Iako imaju vrlo malu svjetlosnu iskoristivost zbog svojih karakteristika: topla i ugodna boja, odsutnost treperenja, trenutno postizanje maksimalnog svjetlosnog toka, lakog rukovanja i ugradnje te niske cijene, ove žarulje su još uvijek najrasprostranjeniji izvor svjetlosti u svijetu. Međutim, potrebno je naglasiti da razvojem tehnologije i povećanjem svijesti o nužnosti zaštite okoliša, fluokompaktne žarulje s integriranom elektroničkom prigušnicom (tzv. štedne žarulje) sve više istiskuju standardne žarulje iz svakodnevne upotrebe. Korištenjem štednih žarulja odgovarajuće snage umjesto standardnih žarulja uz zadržavanje istih uvjeta osvjetljenosti prostora, ostvaruju se uštede u energiji i do 80%. O ovome će više riječi biti u poglavlju o fluokompaktnim i štednim žaruljama.

8.3.2.2. Halogene žarulje

Halogene žarulje su također žarulje sa žarnom niti, te koriste princip termičkog zračenja pri generiranju svjetlosti. Dodatak halogenida (brom, klor, fluor i jod) plinskom punjenju gotovo potpuno sprječava crnjenje balona žarulje, čime se održava gotovo konstantan svjetlosni tok kroz cijeli vijek trajanja. Upravo zbog zadnje navedenog, moguće je napraviti balon puno manjih dimenzija, s višim pritiskom plinskog punjenja, čime se dodatno povećava iskoristivost inertnih plinova u punjenju – kriptonu i ksenonu. Također, moguće je žarnu nit zagrijati na puno višu temperaturu, čime se podiže svjetlosna iskoristivost (ovo nije bilo moguće kod standardne žarulje zbog pojačanog isparavanja wolframa pri višim temperaturama).

Glavna karakteristika halogenih žarulja je halogeni kružni proces. Naime, wolfram koji isparava sa žarne niti odlazi prema stjenici balona, gdje se pri temperaturi < 1400 K spaja s halogenidima. Termičko strujanje odvodi ovaj spoj bliže prema žarnoj niti, gdje se pri temperaturi > 1400 K razgrađuje, a atom wolframa se ponovno vraća na žarnu nit. Pri tome on ne dolazi na staro mjesto, tako da ipak dolazi do pucanja žarne niti na kraju vijeka trajanja. Pri ovom procesu temperatura žarne niti doseže i do 3.000 K, a stakla i do 520 K (250°C). Zbog toga se mora koristiti balon od kvarcnog stakla, koje je specijalno dotirano pa ujedno i zadržava štetno UV zračenje.

Osnovne prednosti halogene žarulje u odnosu na standardnu žarulju su:

- viša svjetlosna iskoristivost (do 25 lm/W)
- dulji vijek trajanja (do 4.000 sati)
- optimalna kontrola svjetla
- male dimenzije
- konstantan svjetlosni tok kroz vijek trajanja i
- viša temperatura boje – sjajno, bijelo svjetlo.

Kao i standardna žarulja sa žarnom niti, halogena žarulja jako je osjetljiva na promjene pogonskog napona. Pogotovo kod niskonaponskih žarulja (12 V AC), do izražaja dolazi osjetljivost vijeka trajanja o naponu. Zbog toga povećanje pogonskog napona od samo 5% (12,6 V) donosi smanjenje vijeka trajanja za 40%!!! Do ovakve drastične promjene dolazi zbog toga što se halogeni kružni proces odvija samo u strogim temperaturnim (naponskim) granicama, te prestaje pri većim odstupanjima, čime se automatski znatno smanjuje vijek trajanja.

Do povećanja napona dolazi uglavnom zbog neodgovarajućih transformatora (magnetski transformatori imaju nelinearnu karakteristiku, pa pri rasterećenju dolazi do rasta napona). Zbog toga suvremeni rasvjetni sustavi koriste elektroničke transformatore. Pri smanjenju napona dolazi do blagog povećanja vijeka trajanja, ali ne takvog kao kod standardnih žarulja.

Halogene žarulje se najčešće u kućanstvima koriste kao dodatni izvor svjetlosti na radnom stolu, iznad postelje ili u kupaonici. Zbog malih dimenzija su jako pogodne za dekorativnu rasvjetu.

8.3.2.3. Fluorescentne žarulje

Fluorescentne žarulje pripadaju grupi niskotlačnih izvora na izboj. Svjetlost se generira izbojem u živinim parama visoke luminoznosti, pri čemu se stvara uglavnom nevidljivo ultraljubičasto zračenje, koje se fosfornim slojem na unutrašnjoj stijenci cijevi pretvara u vidljivo svjetlo. Ovaj princip generiranja svjetlosti naziva se fotoluminiscencija. U običnom govoru često ih se naziva i neonkama što je potpuno krivi naziv jer u njima nema neona! Neonske cijevi najčešće se koriste za obojene svjetlosne natpise (reklame) i nikako ih ne treba miješati s fluorescentnim žaruljama (cijevima).

Spekter zračenja koji daje fluorescentna cijev dosta je složen, a uporabom različitih fluorescentnih materija moguće je dobiti drukčije karakteristike – temperature boje, faktora uzvrat i svjetlosne iskoristivosti. Odlikuje ih dosta dugi vijek trajanja, prosječno gledano i preko 15.000 sati.

Postoje i okrugle i fluorescentne cijevi U-oblika. Promjer cijevi smanjuje se, čime se postiže veća iskoristivost svjetlosnog sustava (izvor svjetlosti je bliži točkastom). Danas se najčešće koriste cijevi promjera 26 mm (T8 – 8/8”), a cijevi nove generacije imaju promjer od 16 mm (T5). Postoje i 38 mm (T12) i 7 mm (T2) cijevi.

Kao i sve žarulje na izboj, fluorescentne cijevi ne mogu se priključiti izravno na mrežni napon, već trebaju prigušnicu, te kod starije generacije prigušnica i starter (pri paljenju trebaju viši napon nego u pogonu – koristi se samo uz magnetske prigušnice). Magnetske prigušnice su induktiviteti koji se spajaju u seriju s izvorom svjetlosti. Suvremeni rasvjetni sustavi sve više koriste i elektroničke prigušnice. Primjenom modernih tehnologija i metoda mogućnosti za uštede energije su dosta velike, vidi sliku 8.8.

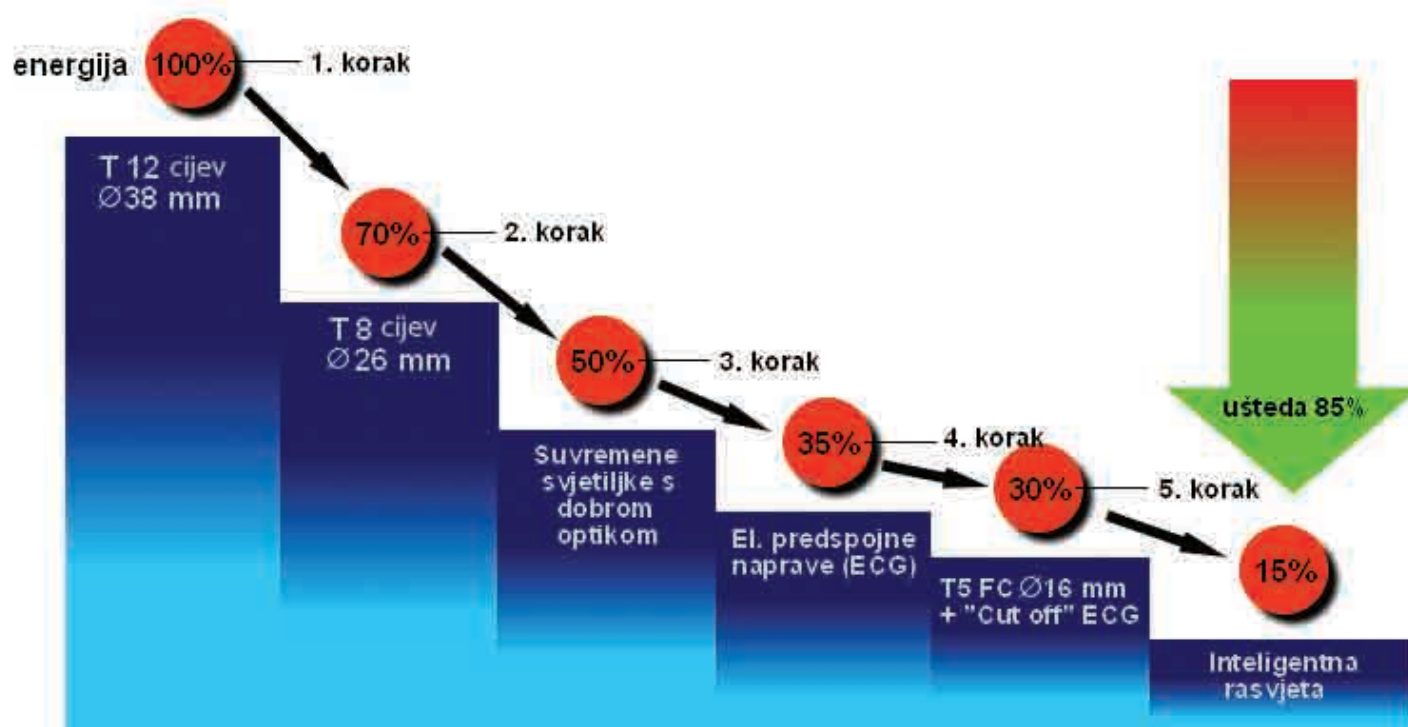
Dakle, fluorescentne cijevi predstavljaju značajan potencijal za uštedu električne energije. Primjera radi samo se zamjenom magnetske prigušnice elektroničkom može ostvariti i do 25% uštede električne energije, te se dodatno produljuje radni vijek fluorescentne cijevi, dobiva se rad bez treperenja koje se javlja uz

sve žarulje na izboj koje sadrže živu (dakle i fluorescentne cijevi), pripadaju skupini proizvoda koje se tretiraju kao opasan otpad, te se ne mogu baciti u smeće, njihovo prikupljanje i daljnja prerada je organizirana (preradom, tj. recikliranjem bave se specijalne tvrtke).

8.3.2.4. Fluokompaktne žarulje i štedne žarulje

Fluokompaktne žarulje su zapravo savinute fluorescentne cijevi, čime se postižu manje ukupne dimenzije izvora svjetlosti, dok se zadržavaju sve karakteristike rada fluorescentnih cijevi. Naziv dolazi od engleskog izvornika Compact Fluorescent Lamps pa se za njih vrlo često koristi i skraćenica CFL žarulje.

Fluokompaktne žarulje pripadaju grupi niskotlačnih žarulja na izboj, pri čemu se svjetlost generira principom fotoluminiscencije. Izboj se događa između elektroda u živinim parama, pri tlaku od oko 1,07 Pa (tlak para tekuće žive pri temperaturi od 40°C). Osim žive u punjenju se obično nalazi i neki inertni plin, kao pomoć pri startanju (argon, kripton, neon, ksenon, ...). Količina žive se bitno smanjuje, i iznosi 5-10 mg u kvalitetnijim cijevima. Kao i većina žarulja na izboj, fluokompaktne žarulje moraju u pogonu imati, u seriju spojene, napravu za ograničavanje električne struje. Ova predspojna naprava, koja se naziva prigušnica, ograničava pogonsku struju



Slika 8.8. Mogućnosti za uštede korištenjem dostignuća suvremene rasvjete [10]

magnetsku prigušnicu, niži su troškovi održavanja te se dodatno popravljiva $\cos \varphi$. Studije s područja ergonomije potvrdile su da je latentno treperenje svjetla stresni faktor za osobe koje su mu izložene, a pogotovo pri radu s računalom. Rezultati ove vrste stresa su povećani umor, nedostatak koncentracije i pogreške pri obradi/unosu teksta. Također, unutar direktive Europske unije, oznaka 2000/55/EC, od studenoga 2005. godine, zabranjeno je koristiti magnetske prigušnice u svim novim instalacijama fluorescentne rasvjete.

Iako se 70% umjetne rasvjete [10] proizvodi u fluorescentnim cijevima, njihova zastupljenost u kućanstvima je vrlo mala. U kućanstvima se fluorescentne cijevi najčešće koriste za osvijetljavanje radne površine na kuhinjskom pultu te u većim stambenim objektima za rasvjetu u dizalima. Bitno je naglasiti da

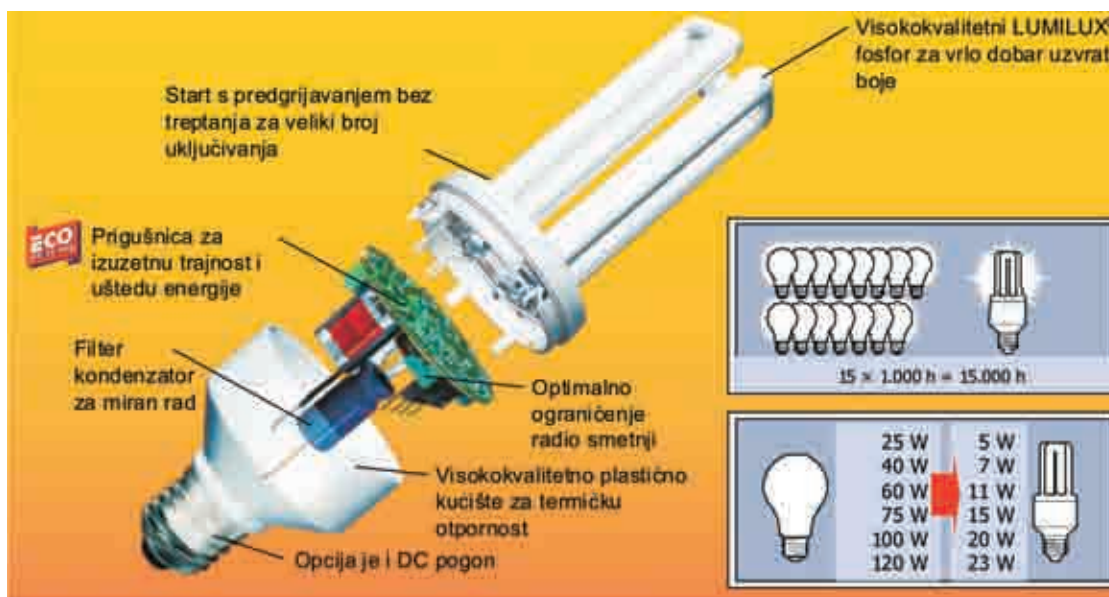
na vrijednost za koju je žarulja napravljena, te osigurava potreban startni i pogonski napon.

Temperaturu boje svjetla koju daju fluokompaktne žarulje, moguće je kontrolirati fosfornim omotačem, kao i kod fluorescentnih cijevi. Standardno se koriste trokomponentni fosfori. Zahvaljujući svojim kompaktnim dimenzijama, fluokompaktne žarulje razvijene su prvenstveno kao zamjena za standardne žarulje snaga od 25 do 200W, ali se zahvaljujući konstantnom razvoju, njihovo područje primjene znatno proširilo, te danas predstavljaju jedan od najpopularnijih izvora svjetlosti, jer spajaju visoku iskoristivost fluorescentnih cijevi i kompaktne dimenzije.

Fluokompaktne žarulje proizvode se u snagama od 3 do 70 W. Postoje izvedbe s integriranom elektroničkom prigušnicom i standardnim grlom E27 i E14, koje mogu zamijeniti gotovo svaku standardnu žarulju, ostvarujući pri tome uštedu energije od gotovo 80%. Kao što je već navedeno, za ovakvu izvedbu fluokompaktnih žarulja koristi se naziv - štedne žarulje. Primjer štedne žarulje prikazan je na slici 8.9.

Ušteda uvođenjem novog rasvjetnog sustava sa štednim žaruljama, sastoji se od nekoliko elementa (neki su dosta teški o mjerljivi):

- ušteda električne energije zbog smanjene potrošnje rasvjetnog sustava
- ušteda na troškovima nabave zbog duljeg vijeka trajanja žarulje
- ušteda električne energije zbog smanjenja dodatnog zagrijavanja prostora uzrokovanog rasvjetom (ušteda na hlađenju prostora)
- povećana udobnost i sigurnost zbog veće pouzdanosti rasvjetnog sustava,
- smanjenje opterećenja napojnih vodova
- manja osjetljivost sustava o pogonskom naponu i
- uporaba ekološki prihvatljivijeg izvora svjetlosti (npr. smanjenje emisije CO₂, NO_x itd.).



Slika 8.9. Primjer štedne žarulje (OSRAM DULUX EL LONGLIFE E27) s oznakom snaga za zamjenu odgovarajućih standardnih žarulja [10]

Primjer 8.1: Za koliko vremena će se kućanstvu isplatiti investicija u zamjenu standardne žarulje snage 100W s odgovarajućom štednom žaruljom ako se uzme u obzir godišnje vrijeme rada od 700 sati? Pretpostavka: kućanstvo ima ugovoren plavi tarifni model za preuzimanje električne energije.

Iz kataloga proizvođača štednih žarulja odabrana je žarulja OSRAM DULUX EL ECONOMY, štedna štapićasta, grlo E27, snaga 21W, vijek trajanja 8.000 h, napon 220-240V, boja 827 LUMILUX INTERNA, 1.200 lumena.

Godišnja potrošnja električne energije uz korištenje standardne žarulje iznosi **70 kWh (100W × 700 h).**

Godišnja potrošnja električne energije uz korištenje odabrane štedne žarulje (OSRAM DULUX EL ECONOMY) iznosi **14,7 kWh (21W × 700 h).**

Izračunata godišnja ušteda u električnoj energiji iznosi **55,3 kWh (70 kWh – 14,7 kWh).**

Cijena električne energije prema tzv. plavom tarifnom modelu za kućanstva iznosi 0,71 KN/kWh (uključen PDV). [11]

Izračunata novčana ušteda: **39,76 KN/god.**

Cijena nove štedne žarulje iznosi **46,46 KN** (uključen PDV) [12]

Jednostavno razdoblje povrata investicije iznosi 1,17 godina ili 14 mjeseci uz naznaku da nova žarulja ima **8 puta duži vijek trajanja** od standardne žarulje

sa žarnom niti. **Bitno je naglasiti da uz godišnji rad od 700 sati vijek trajanja instalirane štedne žarulje (uz normalne pogonske uvjete) iznosi 11,4 godine što je gotovo dovoljno da ukućani i zaborave kako se mijenjaju žarulje!**

Na ovaj način učinjen je i korak u smanjenju emisija CO₂ u iznosu od **15,3 kg/god. (55,3 kWh/god × 276,75 g CO₂/kWh)** [13]

Na osnovu svega iznesenog u ovom poglavlju, sasvim je jasno da se isplati ugrađivati štedne žarulje. Prilikom kupovine novih štednih žarulja kupci svakako trebaju voditi računa o deklariranom vijeku trajanja žarulje jer se na mjestima gdje se rasvjeta puno koristi isplati ugrađivati žarulje s dužim vijekom trajanja i obrnuto. Uobičajeno se za kućanstva uzimaju štedne žarulje s vijekom trajanja do 8.000 sati.

Na kraju bitno je naglasiti da zakonska regulativa jako promovira korištenje štednih svjetlosnih sustava jer su jako rasprostranjeni a učinci poduzetih mjera su odmah vidljivi!!!

8.3.3. Regulacija – upravljanje rasvjetom, ovisnost o dnevnom svjetlu

Osnovni postulat za uštede električne energije u sustavu električne rasvjete glasi:

Kada ne trebaš rasvjetu nemoj je niti koristiti!!!

Naime, čest je slučaj da je rasvjeta uključena u prostoru u kojoj nema nikoga ili da prilikom izlaska iz prostorije nije isključena jer se dotična osoba planira vrlo brzo vratiti u tu prostoriju. U ovom slučaju nije bitno niti to da je instalirana najštedljivija moguća žarulja jer i ona radi bez ikakve potrebe.

Energetski najučinkovitija mjera za poboljšanje svjetlosne udobnosti boravka u zatvorenom prostoru je u što većoj mjeri koristiti dnevno svjetlo. Dnevno svjetlo osigurava zdravije klimatske uvjete u prostorijama, omogućava veće standarde vizualne udobnosti, čini prostorije vedrijima i ugodnijima za boravak, štedi energiju i novac, smanjuje emisije štetnih plinova u atmosferu i štedi ograničene globalne izvore energije. Zbog svih tih razloga, trebalo bi maksimizirati mogućnosti korištenja dnevnog svjetla. Međutim, kako je dnevno svjetlo često nedovoljno koristi se umjetna rasvjeta s naznakom da je razina osvjetljenosti propisan standardom. Dakle, nikako ne treba štedjeti tako da se zbog slabe osvjetljenosti ugrožava vid i normalni uvjeti za život i rad. Na ovaj način ostvarene uštede u energiji nemaju smisla. Nedostatna rasvjeta osim ugrožavanja vida, izaziva stres koji se očituje povećanim umorom i rastresenošću. Isto tako niti prekomjerna osvjetljenost nije dobra i ugrožava zdravlje. Pri opremanju stana ili kuće pravilan izbor i raspored rasvjetnih tijela u funkcionalnom ali i dekorativnom smislu, jednako je značajan kao i izbor namještaja ili boja za zidove. Na žalost, čest je slučaj da se ovom segmentu posvećuje premalo pozornosti pa tako rasvjetna tijela s pripadajućim električnim instalacijama, po izboru projektanta (linijom najmanjeg mogućeg otpora) završe na sredini sobe uz nekoliko nasumice raspoređenih utičnica po zidovima.

Na sreću danas se sve češće i u hrvatskim kućanstvima (pogotovo u tzv. urbanim vilama za regulaciju rasvjete u dnevnoj sobi) koriste uređaji za regulaciju – upravljanje rasvjetom ovisno o dnevnom svjetlu. Takvi sustavi sukladno zadanim postavkama podešavaju rasvjetu u prostoru ovisno o doprinosu dnevnog svjetla i na taj način štede energiju, vidi sliku 8.10. Sustav prikazan na slici 8.10. automatski održava zadanu razinu osvjetljenosti u prostoru. Inače, ovakvi sustavi automatske regulacije rasvjete u ovisnosti o dnevnom svjetlu postali su praksa u novoizgrađenim uredskim prostorima. Dobivene uštede u

električnoj energiji za uredske prostore opravdavaju početnu investiciju. Manja primjena ovih sustava u kućanstvima vezana je uz relativno dugačko razdoblje povrata početne investicije zbog visoke cijene ugradnje ali i manjeg (po broju sati) korištenja umjetne rasvjete tijekom dana u kućanstvima.

Za očekivati je da će primjena ovakvih ili sličnih sustava za automatsku regulaciju rasvjete, ovisno o dnevnom svjetlu u kućanstvima rasti s porastom životnog standarda u Hrvatskoj. Jeftinija inačica ovoga sustava, gdje se ručno podešava razina rasvijetljenosti već se dosta često može sresti u hrvatskim kućanstvima.

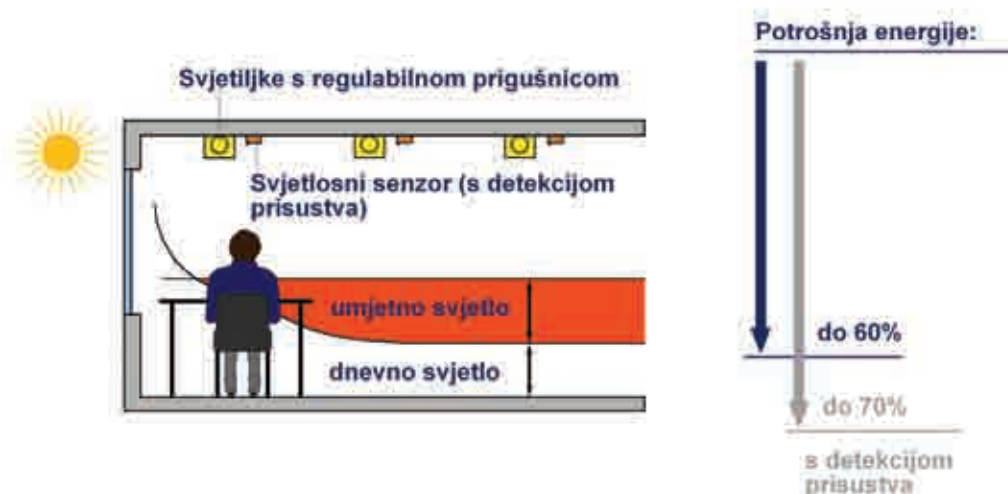
8.4. Kućanski uređaji

Kućanski uređaji zauzimaju središnje mjesto u potrošnji električne energije u svakom kućanstvu. Jednako kao i kod rasvjete odgovornim ponašanjem prilikom korištenja kućanskih uređaja, mogu se postići značajne uštede. Vrlo često korisnik je fokusiran na aktivnost koju obavlja pomoću određenog kućanskog uređaja (na primjer kuhanje večere ili pranje hlača prije važnog sastanka) i ne vodi računa o utrošenoj električnoj energiji za obavljanje te aktivnosti. Upravo zbog te neosjetljivosti korisnika na energetske dio, obične kućanske aktivnosti rezultiraju bitno većom potrošnjom energije nego što bi trebalo. Opet vrijedi pravilo da električnu opremu treba potpuno isključivati kada se ne koristi! Na žalost, u hrvatskim kućanstvima čest je slučaj da uključeni televizor nitko ne gleda, radio nitko ne sluša itd. Odgovornim ponašanjem korisnika ovi, krajnje nepotrebni troškovi mogu se potpuno eliminirati.

Također, prilikom zamjene starih i dotrajalih uređaja, svakako treba voditi računa o na njima deklariranoj potrošnji energije, tj. razredu energetske učinkovitosti. Izborom uređaja odgovarajućeg razreda početno veća investicija vraća se tijekom životnog vijeka uređaja. Naravno, opet je potrebno skrenuti pozornost na pravilan izbor veličine i snage kućanskog uređaja. Naime, nema prevelikog smisla kupiti trostruko veći i snažniji uređaj nego što su stvarne potrebe bez obzira što je on eventualno većeg razreda energetske učinkovitosti.

8.4.1. Označavanje električnih uređaja

Povećanjem energetske učinkovitosti uređaja za istu ili veću razinu usluge troši se manje energije i na taj način se ostvaruju uz energetske i novčane uštede. Naravno, energetske uštede su u izravnoj vezi sa smanjenjem emisija štetnih plinova jer se smanjuje i izgaranje fosilnih goriva za proizvodnju električne energije.



Slika 8.10. Princip rada i mogućnosti za uštedu primjenom modernog sustava regulacije rasvjete u prostoru, ovisno o dnevnom svjetlu [10]

Energetske oznake informiraju kupca o potrošnji energije, cijeni i utjecaju na okolišu uređaja kojeg namjerava kupiti. Upravo je standardizacija energetske oznake te neovisno ispitivanje uređaja uvelo dodatni mehanizam zaštite kupaca od lažnih tvrdnji proizvođača ili trgovaca o energetske potrošnji. Kupcu se daje točan podatak o energetske potrošnji uređaja čime je njegova odluka o kupnji racionalnija jer uključuje i cijenu energije utrošene tijekom životnog vijeka uređaja. Energetski standardi obvezuju proizvođače uređaja da isporučuju samo one uređaje koji zadovoljavaju minimalnu razinu energetske učinkovitosti. Uređaje koji ne zadovoljavaju energetski standard mora se tehnološki unaprijediti, za njih pronaći drugo tržište (tržišta koje nemaju obvezujuće energetske standarde) ili ih se jednostavno mora prestati proizvoditi.

Ključni dokument koji bi trebao biti pomoć kupcima kod kupovine novih i zamjeni starih/dotrajalih kućanskih uređaja je Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja koji je u punoj primjeni od 1. svibnja 2006. godine.

Odredbes ovoga Pravilnika primjenjuju se na sljedeće skupine kućanskih uređaja:

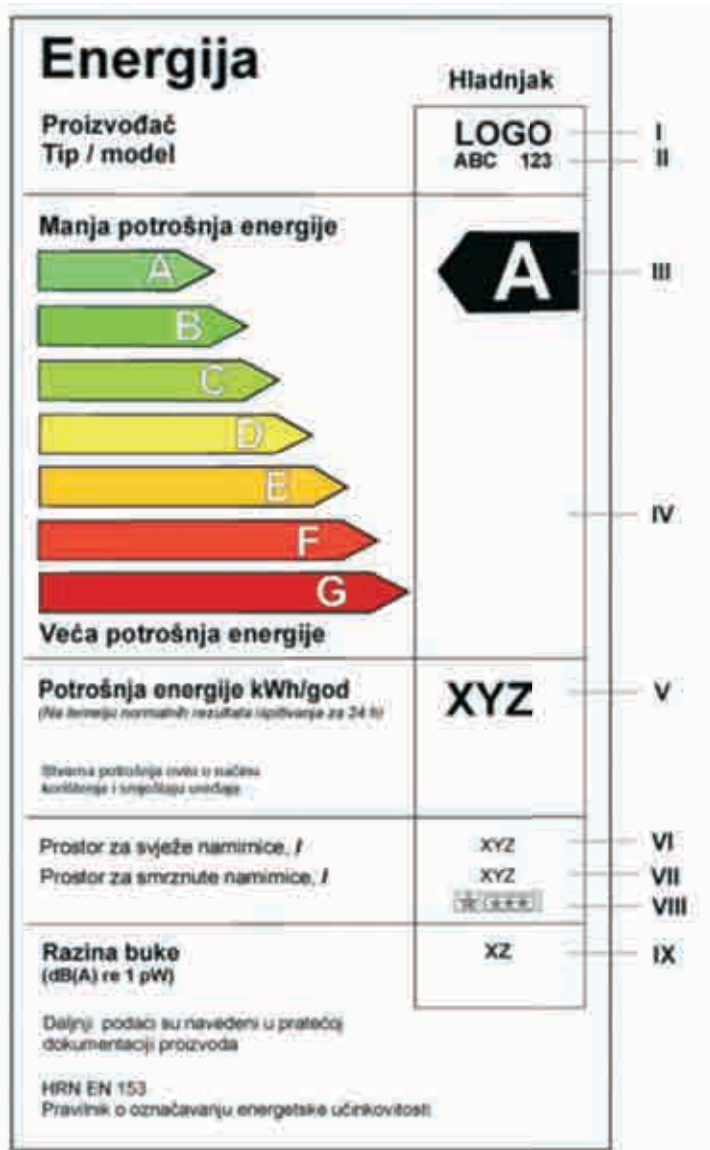
- hladnjake i ledenice, te njihove kombinacije
- perilice rublja
- bubnjaste sušilice rublja
- kombinirane perilice-sušilice rublja

- perilice posuđa
- električne pećnice
- klimatizacijske uređaje
- električne izvore svjetla napajane izravno iz mreže.

Gore navedeni kućanski uređaji koji za pogon koriste električnu energiju, a proizvode se u Republici Hrvatskoj radi stavljanja na hrvatsko tržište ili se uvoze na područje Republike Hrvatske radi stavljanja na hrvatsko tržište, moraju biti označeni oznakom energetske učinkovitosti. Svaki od gore navedenih uređaja ima posebno definiranu oznaku energetske učinkovitosti. Na slici 8.11. prikazani su primjeri energetske oznake za hladnjak/ledenicu i perilicu rublja. Dakle, oznake su izgledom identične, ali sadrže podatke relevantne za kvalitetan odabir uređaja od interesa.

Kao što je vidljivo posebno mjesto na slici 8.11. zauzima razred energetske učinkovitosti. Razred energetske učinkovitosti se kreće u rasponu od A do G, s tim da A znači manju potrošnju energije a G veću. Za neke uređaje (na primjer hladnjaci) definirani su i razredi A+ i A++. Način izračuna u koji razred energetske učinkovitosti pripada određeni uređaj detaljno je opisan i može se naći u Pravilniku o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja koji je besplatno dostupan na internetskoj stranici Narodnih novina.

Nakon svega izrečenog ipak se postavlja pitanje: Isplatili li se kupovati energetski učinkovitije uređaje i kako ove oznake zbilja pomažu u stvarnom životu? Odgovor na ovo pitanje dan je kroz primjer kupovine hladnjaka robne marke Končar.



Slika 8.11. Primjer izgleda energetske oznake koje se primjenjuju na hrvatskom tržištu [14]

Primjer 8.2: Za koliko vremena će se kućanstvu isplatiti investicija u kupovinu hladnjaka KONČAR, model HC 360, razreda energetske učinkovitosti A u odnosu na model KONČAR HCB 60 330.BV razreda energetske učinkovitosti B? Hladnjak model HC 360 je nešto većeg volumena iako troši manje energije. Vizualno su oba hladnjaka jako slična. Pretpostavka: kućanstvo ima ugovoren plavi tarifni model za preuzimanje električne energije.

Iz kataloga proizvođača KONČAR očitana je za hladnjak HC 360 E godišnja potrošnja električne energije u iznosu od 346 kWh te cijena hladnjaka u iznosu **2.600 KN** (uključen PDV).

Iz kataloga proizvođača KONČAR očitana je za hladnjak HCB 60 330.BV godišnja potrošnja električne energije u iznosu od **449 kWh** te cijena hladnjaka u iznosu **2.400 KN** (uključen PDV).

Izračunata godišnja ušteda u električnoj energiji iznosi **103 kWh (449 kWh – 346 kWh)**.

Cijena električne energije prema tzv. plavom tarifnom modelu za kućanstva iznosi **0,71 KN/kWh** (uključen PDV). [11]

Izračunata novčana ušteda: 73,13 KN/god.

Jednostavno razdoblje povrata investicije iznosi **2,73 godine**.

Na ovaj način učinjen je i korak u smanjenju emisija CO₂ u iznosu od 28,5 kg/god. (**103 kWh/god × 276,75 g CO₂/kWh**) [13]

Na cijenu uređaja jako utječe i njegov dizajn te kad se računa isplativost ulaganja u energetski učinkovitije uređaje uz tehničke karakteristike, svakako treba voditi računa i o njihovoj fizičkoj sličnosti jer je često razlika u cijeni posljedica dizajna a ne tehničkih karakteristika. Međutim, može se zaključiti kako se isplati kupovati energetski učinkovitije električne uređaje te da energetske oznake predstavljaju veliku pomoć u pravilnom izboru! Većina starih uređaja koji se koriste u hrvatskim kućanstvima spada u razrede energetske učinkovitosti D, E i F.

8.4.2. Savjeti za poboljšanje učinkovitosti korištenja kućanskih električnih uređaja

U svim električnim uređajima potrebno je kad god je to moguće izbjegavati tzv. gubitke u stand-by načinu rada. Suprotno općem vjerovanju ovi gubici

nisu nikako zanemarivi jer je većina kućanskih uređaja spojena utičnicom konstantno sve dane u godini. Na razini Europske unije pokrenuta je tzv. Stand-by inicijativa za reduciranje ovih gubitaka. Prema dostupnim podacima [15] u tablici 8.3. prikazani su gubici u stand-by načinu rada nekih vrlo često korištenih kućanskih uređaja.

Tablica 8.3. Primjeri stand-by gubitaka nekih često korištenih kućanskih uređaja [15]

Uređaj	Raspon iznosa gubitaka [W]
Televizor	1 - 13 W
Videorekorder	5 - 19 W
Radiobudilica	1 - 3 W
Mikrovalna pećnica	2 - 6 W
Punjač baterija	2 - 4 W
Automatska telefonska sekretarica	2 - 4 W
Glazbene linije	0 - 12 W

8.4.2.1. Hladnjaci i ledenice

Hladnjak/ledenica je kućanski uređaj koji u svojoj unutrašnjosti zadržava nižu temperaturu od temperature okoline. To postiže tako da toplinu iz svoje unutrašnjosti izvlači u okolinu. Iako postoji više principa rada hladnjaka najčešći način je onaj pomoću kompresora. U hrvatskim kućanstvima susreću se različite izvedbe hladnjaka/ledenica i njihovih kombinacija. Izvedbe se razlikuju u tehničkim karakteristikama i veličini. Pri kupovini novog uređaja svakako ne treba pretjerivati s veličinom jer ako je uređaj predimenzioniran, sasvim sigurno troši više energije a samim time i novaca.

Prilikom smještanja hladnjaka/ledenice u prostor, potrebno je voditi brigu da isti ne bude u pretjeranoj blizini izvora topline ili da nije izravno izložen suncu jer će to samo povećavati vrijeme rada kompresora, potrebno da se postigne zadana temperatura. Iz samih fizikalnih zakona proizlazi da ako je temperatura prostora u kojem se hladnjak/ledenica nalazi, rashladni agregat potrošit će veću količinu energije da rashladi unutarnji prostor. U vrlo nepovoljnim situacijama povećanje temperature okoline za jedan stupanj znači povećanje potrošnje električne energije za oko 5% u odnosu na referentnu. Također, važno je izbjegavati postavljanje hladnjaka u uske prostore. Hladnjak se u prostoru mora postaviti prema naputcima proizvođača, tj. vrlo često mora imati barem 5 cm razmaka od zidova ili drugih uređaja. Na ovaj način smanjuje se nakupljanje prašine iza uređaja i temperatura u njegovoj okolini. Naime, vrlo poželjno je čistiti hladnjak/ledenicu svaka dva mjeseca. Iza i ispod hladnjaka se nalaze metalne cijevi, obično crne boje. Njihova uloga je da prenose toplinu iz unutrašnjosti uređaja u okolinu. Vrlo često su prekrivene prašinom koja se ponaša kao izolator, pa hladnjak mora raditi mnogo duže kako bi održavao potrebnu temperaturu, a time se povećava njegova potrošnja. Metalne šipke je najbolje čistiti usisavačem ili četkom za prašinu. Racionalno korištenje će povećati životni vijek hladnjaka koji iznosi otprilike 15-20 godina.

Ako hladnjak ima mogućnost štednog režima rada, dobro ga je i koristiti, u protivnom termostat treba postaviti otprilike na 4-5 °C u hladnjaku i -18 °C u zamrzivaču. Kod dužih izbjivanja iz kuće, ako je to moguće, dobro je hladnjak/ledenicu isprazniti i isključiti.

Namirnice se spremaju u hladnjak tako da se ostavlja mali razmak između njih, te između njih i stjenke hladnjaka. Kada se to ne poštuje, može doći do kvarenja jer hladan zrak neće moći doći do svih dijelova unutar uređaja. Također, vlaga nastaje ishlapljivanjem iz spremljene hrane koja se kondenzira

na stjenkama i stvara zaleđeni sloj. Taj sloj leda povećava potrošnju električne energije hladnjaka zbog smanjenog prijelaza topline između cijevi i zraka u unutrašnjosti uređaja. Odmrzavanje je potrebno nakon što sloj leda prijeđe debljinu od 3 do 5 mm. Moderni hladnjaci imaju opciju samoodmrzavanja. Korisno je sve spremljene tekućine (sokovi, juhe itd.) držati zaklopljenima kako bi se usporilo ishlapljivanje i stvaranje leda. Također, dobro je hranu prije spremanja u hladnjak/ledenicu prvo ohladiti i spremati u više manjih kutija jer će se na taj način smanjiti ishlapljivanje i vrijeme potrebno za hlađenje.

Predugo držanje hladnjaka otvorenim, tzv. razmišljanje ili kreativna pauza uz otvorena vrata je gubljenje energije. Kada god je to moguće dobro je prvo razmisliti o tome što se želi uzeti iz uređaja, a tek onda ga otvoriti. Što su vrata duže otvorena više hladnog zraka se izgubi, te rashladni uređaj mora duže raditi kako bi ponovo snizio temperaturu. Kod starijih modela koji su dugi niz godina u upotrebi, dobro je provjeriti je li guma na vratima još uvijek dobro brtvi. Pozitivno je kada se stvori navika provjeravanja jesu li vrata dobro zatvorena. Novi hladnjaci u slučaju otvorenosti dulje vremena, korisnike na tu činjenicu upozoravaju zvučnim signalima.

Prilikom zamjene starog hladnjaka novim, potrebno je uzeti u obzir i energetske karakteristike budućeg uređaja kao što je to prikazano u primjeru 2. Dizajn uređaja i megalomanija nikako ne smiju biti ideje vodilje prilikom odabira novog hladnjaka/ledenice ili bilo kojeg drugog električnog uređaja.

8.4.2.2. Štednjaci

Veliki dio hrane koja se tijekom dana konzumira je termički obrađena (kuhana, pečena itd.). Štednjak je osnovni kućanski aparat koji je namijenjen za pripremu hrane. On se u osnovi sastoji od grijače ploče i pećnice. Danas je sve veći trend da se odvojeno kupuju grijače ploče i pećnice koje se onda i odvojeno ugrađuju u kuhinjski namještaj. Posebno popularna je staklokeramička grijača ploča koja ima oko 20 do 25% manju potrošnju električne energije u odnosu na klasične grijače ploče. Naravno, mora se naglasiti da je iskorištenje ulazne energije (do 92%) najbolje kod plinskih kuhala. Ako se k tome još pridodaju gubici u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije, onda su plinski štednjaci višestruko isplativiji od električnih. Uz ostalo plinski štednjaci se uglavnom mogu koristiti i za vrijeme nestanka električne energije, pa ih to čini povoljnijima za područja u kojima se često događaju ispadi u napajanju. Međutim, potrebno je naglasiti da su električni štednjaci uglavnom jednostavniji za održavanje i čišćenje nego konvencionalni plinski štednjaci. Također, ne smije se zanemariti i činjenica da kod električnih štednjaka ne postoji opasnost od istjecanja plina, pa time i ne postoji opasnost od eksplozije.

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na moderne grijače ploče i pećnice, tj. štednjake općenito su:

- što kraće vrijeme postizanja maksimalne temperature
- što je moguće manja akumulirana toplina po prestanku rada (isključivanju)
- što je moguće finija regulacija
- energetska učinkovitost i
- što je moguće veća pouzdanost (što je moguće manje kvarova).

Iako su indukcijske grijače ploče vizualno jako slične klasičnim staklokeramičkim pločama, svakako ih treba razlikovati od njih. Indukcijsko zagrijavanje je budućnost kuhanja sa stajališta korištenja električne energije i već od samih početaka privlači mnogo poklonika jer posebnim načinom rada omogućava iznimno kratko vrijeme zagrijavanja te omogućava brze reakcije na svaku

promjenu stupnja snage rada. Naime, na indukcijskim pločama toplina se razvija u dnu same posude, a ne na ploči za kuhanje, pa je samim time i zagrijavanje sadržaja u posudi mnogo brže. Potrebno je naglasiti da indukcijske ploče za kuhanje zahtijevaju posebno posude s kojim ploča može zatvoriti magnetski krug. Međutim, na vrlo jednostavan način može se isprobati je li se i postojeće posude može koristiti na indukcijskim pločama. Naime, ako se mali magnet prihvati na dno posude, ona se može bez problema upotrijebiti na indukcijskoj ploči. Upravo zbog te karakteristike posuda i ploče, odnosno njihove mogućnosti da zatvaraju magnetski krug i stvaraju toplinu u dnu posude za kuhanje, a ne na ploči za kuhanje, vrijeme hlađenja nakon kuhanja je iznimno kratko. Zbog toga se indukcijsko kuhanje naziva i tzv. hladno kuhanje. Budući da se tijekom rada sama staklokeramična površina ne zagrijava, postupak čišćenja ploče iznimno je lagan jer nema opasnosti od zagorijevanja. Kako indukcijske ploče prepoznaju prisutnost posuda i njegovu veličinu, nema nepotrebnog zagrijavanja dijelova ploče na kojima se ne nalazi posuda. Jedina mana indukcijskih ploča je njihova još uvijek relativno visoka cijena.

Pozitivna navika da se grijača ploča ili pećnica ugasi odmah nakon korištenja korisna je zbog uštede dijela energije. Ipak, bitno je naglasiti da se grijača ploča ili pećnica može isključivati i prije završetka korištenja jer se koristiti akumulirana toplina grijače ploče ili pećnice.

I prilikom kuhanja dobro je planirati unaprijed te izabrati pravu veličinu posude za kuhanje. Naime, bitno više energije se utroši za pripremu male količine hrane u neprimjereno velikoj posudi nego u odgovarajućoj manjoj posudi. Prilikom kuhanja pametno je koristiti što je moguće manje vode jer će namirnice biti jednako kuhane u malo ili puno vode. Manje vode u posudi znači i skraćivanje vremena kuhanja a time i potrošnje energije. Također, korisno i poželjno je korištenje poklopca za posude jer tako toplina sporije izlazi iz posude te se hrana kuha brže i povećava se iskoristivost proizvedene topline čak i do četiri puta u odnosu na kuhanje bez poklopca. Kada voda u posudi proključa, pametno je smanjiti dovod energije na primjerenu razinu na kojoj će voda i dalje klučati. Potrebno je truditi se čim manje otvarati pećnicu ili podizati poklopac s posude prilikom kuhanja jer se na taj način nepotrebno rasipa energija.

Grijače ploče i pećnice potrebno je redovito čistiti jer se na taj način održava higijena ali i smanjuju gubici prijelaza topline. Moderne pećnice imaju programe samočišćenja, pri čemu se prljavština otklanja pri vrlo visokim temperaturama. Manje će se energije potrošiti ukoliko se program samočišćenja pokrene dok je pećnica još vruća, dakle neposredno nakon pečenja. Dakle, uz pravilan izbor štednjaka, tj. grijače ploče ili pećnice ključno je i odgovorno ponašanje prilikom upotrebe.

8.4.2.3. Mikrovalne pećnice

Mikrovalna pećnica je danas sve češći uređaj i u hrvatskim kućanstvima. Koristi se za odmrzavanje, podgrijavanje ili čak i kuhanje manje količine hrane. U tzv. kombiniranim mikrovalnim pećnicama (imaju ugrađen infracrveni grijač) hrana se može i peći. Osnovna prednost korištenja mikrovalnih pećnica leži u brzini pripreme hrane i s tim u vezi manje potrošnje energije. Posebice u mladim kućanstvima mikrovalna pećnica je omiljena zbog mogućnosti brzog podgrijavanja dječje hrane. Prilikom postavljanja mikrovalne pećnice potrebno je voditi računa o tome da oko nje ima dovoljno prostora za kruženje zraka. Mikrovalne pećnice s mogućnošću odabira temperature, odnosno snage, štedljivije su i korisnije od običnih jer nije uvijek potrebna maksimalna snaga koju pećnica može dati.

Odmrzavanja hrane u mikrovalnoj pećnici je potreba koja se može potpuno eliminirati uz malo planiranja prilikom kuhanja.

8.4.2.4. Perilice i sušilice rublja

Za perilice i sušilice rublja vrijedi isto pravilo kao i za sve ostale električne uređaje, tj. pravilan izbor (energetska učinkovitost) i racionalno korištenje temeljni su preduvjeti za ostvarivanje ušteda tijekom korištenja uređaja. Najveći dio energije, pa čak i do 90%, koju troši jedna perilica odlazi na zagrijavanje vode potrebne za pranje. Prosječna perilica troši oko 100 litara vode, dok veće perilice troše i do 160 litara vode po ciklusu pranja. Iz navedenog se može jasno vidjeti koliko su ovo veliki izdaci u kućanstvu i koliko je važno racionalno korištenje uređaja. Naime, većinu korištene odjeće moguće je oprati s hladnim ili toplim pranjem i hladnim ispiranjem. Ovakav štedni režim rada perilice ostvaruje uštede i do 65% energije koja se troši kod vrućeg ispiranja. Perilicu je važno održavati čistom iznutra i izvana. Prljavština na perilici, te proliveno sredstvo za pranje mogu zaprljati svježe opranu odjeću što zahtijeva ponovno pranje. Prašina na zadnjoj strani perilice može dovesti do njenog povećanog zagrijavanja što joj istovremeno povećava potrošnju i smanjuje životni vijek. Važno je uređaj čistiti i štiti od kamenca, pravovremeno mijenjati filtere te redovito provjeravati odvodne cijevi i elektroinstalacije [16]. Prilikom svakog pranja/sušenja rublja perilica/sušilica treba biti primjereno puna (u skladu s preporukama proizvođača). Prazna ili prenatrpana perilica/sušilica rublja ne može obaviti svoju funkciju i zbog potrebnog ponovnog pranja/sušenja veća je i potrošnja energije.

8.4.2.5. Perilice posuda

Perilice posuda su vrlo koristan kućanski uređaj koji postaje gotovo nezaobilazan posebice u mladim kućanstvima. Uz pravilno i racionalno ponašanje posude oprano u perilici posuda higijenski je čistije nego kod ručnog pranja te je i u samom procesu pranja utrošeno manje energije i vode. Kao i kod perilice rublja jako je bitno da je perilica posuda primjereno puna te da je posude u njoj pravilno složeno. Na ovaj način perilica će na najbolji mogući način obaviti svoj zadatak. Kada god je to moguće potrebno je koristiti štedljive programe pranja posuda. U principu prije slaganja u perilicu, posude nije potrebno dodatno ispirati i na taj način nepotrebno trošiti vodu. Jako važno je redovito čišćenje filtera i odvodnog kanala od ostataka hrane jer u protivnom potrošnja energije može biti znatno veća zbog slabijih rezultata pranja.

8.4.2.6. Električni uređaji za pripremu potrošne tople vode

U Hrvatskoj se još uvijek jako velika količina električne energije u kućanstvima koristi za pripremu potrošne tople vode. Ovaj segment potrošnje predstavlja veliki potencijal za uštede u energiji a osnovni princip je da se, ako je to moguće umjesto električne energije za pripremu potrošne tople vode koriste drugi raspoloživi energenti npr. prirodni plin, ukapljeni naftni plin ili solarna energija. Dugoročno gledano trenutno stanje nije održivo i Hrvatska u ovom segmentu potrošnje električne energije jako zaostaje za Europom. Priprema potrošne tople vode obrađena je detaljnije u poglavlju 6 ovog priručnika.

8.4.2.7. Električni uređaji za grijanje/hlađenje boravišnog prostora

Iako je i ova tema detaljnije obrađena na drugom mjestu u priručniku (vidi poglavlja Grijanje stambenog prostora i Ventilacija i hlađenje stambenog prostora), značajno je spomenuti da se, i kod ovih uređaja, tijekom njihovog životnog vijeka, višestruko isplati pravilno i racionalno korištenje te početni izbor uređaja u skladu sa stvarnim potrebama. Naime, potpuno neracionalno i nezdravo je boravišne prostore pregrijavati ili previše hladiti.

8.4.2.8. Mali kućanski uređaji

U skupinu malih kućanskih uređaja spadaju svi oni mali, pomoćni uređaji koji se nalaze u gotovo svakom kućanstvu. Najčešće korišteni mali kućanski uređaji su usisavač, glačalo, fen za sušenje kose itd. Kako ovi uređaji na tržištu nisu označeni oznakom o energetske učinkovitosti prilikom njihove kupnje potrebno dodatno voditi računa o tome da odabrani uređaj točno zadovoljava postavljene ciljeve. Racionalnim ponašanjem i pravilnim korištenjem (npr. redovitim zamjenom punih vrećica kod usisavača ili čišćenjem donje površine kod glačala) ostvaruju se značajne uštede u energiji i produžava životni vijek uređaja.

8.5. Sustavi za inteligentno upravljanje u kućanstvu – inteligentne zgrade

Svakako da je težnja prema poboljšanju kvalitete življenja bila glavna ideja vodilja napretka čovječanstva. Sasvim prirodnom se čini težnja da čovjek sebi i svojoj obitelji pokuša pružiti maksimalan komfor i sigurnost. Jedan od načina za postizanje gore navedenih ciljeva je i korištenje tzv. sustava za inteligentno upravljanje u kućanstvu. Često se i u žargonu objekti u kojima se primjenjuju ovakvi sustavi nazivaju inteligentni objekti (stanovi, kuće, zgrade).

U kontekstu inteligentnih objekata često se spominju sustavi inteligentnih električnih instalacija, koji će daljnjim razvojem tehnologije gotovo sigurno u potpunosti zamijeniti tradicionalne električne instalacije te pružiti mogućnost korisniku da sebi na najbolji način prilagodi svoj životni prostor. Novi inteligentni sustavi preuzimaju brigu i kontrolu nad svim funkcijama u stanu, obiteljskoj kući i svakom drugom objektu namijenjenom za boravak ljudi. Tehničkih ograničenja nema, u smislu obima sustava ili zagušenja protoka informacija, tj. ograničenja ovise isključivo o kreativnosti projektanta i željama korisnika. Sustavi za inteligentno upravljanje mogu biti složeniji ili jednostavniji, veći ili manji, o čemu će ovisiti broj komponenti integriranih u sustav. Sustav funkcionira kao skup određenog broja komponenti, smještenih u prostoru od kojih svaka vrši funkciju za koju je namijenjena. Sve komponente međusobno su povezane komunikacijskom opremom i međusobno komuniciraju. Općenito govoreći komponente sustava grubo se mogu podijeliti u dvije osnovne kategorije:

- komponente za prikupljanje vanjskih informacija i njihovo slanje u sustav (senzori pokreta, dima, plina, vode, senzori temperature, termostati itd.)

- izvršne komponente koje na osnovu informacija dobivenih u sustav, odrađuju funkciju za koju su namijenjene (regulacije i upravljanje rasvjetom, upravljači prozorima i roletama, upravljači ventilokonvektorima itd.).
- Inteligentni sustavi se programiraju tako da na osnovu podatka prikupljenih u sustav šalju nalog određenoj komponenti da obavi svoju funkciju.

Sustav inteligentnih instalacija primjenjiv je na svim objektima, bez obzira na namjenu. Inteligentna instalacija prvenstveno će podići komfor prostora koji pokriva sigurnost ljudi i materijalnih dobara, racionalizirati utrošak električne energije i drugih energenata. Prije izrade projekta električnih instalacija obiteljske kuće, potrebno je definirati funkcije koje se žele staviti pod nadzor inteligentnog sustava. Upravo o ovim zahtjevima ovisit će kompleksnost te cijena inteligentne instalacije.

Najčešće funkcije inteligentnih sustava u kućanstvima su:

- upravljanje unutarnjom rasvjetom (upravljanje unutarnjom rasvjetom odabrano je u ovisnosti o namjeni prostorije)
- upravljanje vanjskom rasvjetom (vanjska rasvjeta uklapa se samo u trenutku kad je to potrebno)
- regulacija grijanja i hlađenja (na osnovu zadanih režima rada)
- upravljanje roletama, zavjesama, prozorima
- otvaranje i zatvaranje svih vrsta vrata
- zaštita od požara, poplave, curenja plina itd. (dojava na mobitel, telefon)
- alarm – SOS tipkalo.

U Hrvatskoj su ovakva rješenja najčešće u primjeni kod izgradnje novih luksuznih vila ili stanova. Daljnjim razvojem tehnologije, prvenstveno njenim pojeftinjenjem, te povećanjem životnog standarda, ovakvi sustavi će sigurno naći svoje mjesto i u većem broju hrvatskih kućanstava.

8.6. Tarifni sustavi za preuzimanje električne energije u kućanstvima

Prema važećem tarifnom sustavu [17], kućanstva spadaju u istoimenu kategoriju potrošnje koja električnu energiju može preuzimati isključivo na niskom naponu (mjesto predaje električne energije na niskom naponu, do uključivo 1 kV) [17]. Za kupce iz kategorije kućanstava još uvijek nije otvoreno tržište električne energije te ne mogu samostalno birati opskrbljivača. Prema Zakonu o tržištu električne energije, planirano otvaranje tržišta za kućanstava planira se 1. srpnja 2008. godine [18]. Za kućanstva se mogu ugovoriti četiri različita tarifna modela za preuzimanje električne energije, tj. plavi, bijeli, narančasti i crni tarifni model. Trenutno važeći tarifni modeli na snazi su od 1. rujna 2005. godine. Svakom je kupcu omogućen odabir tarifnog modela koji najviše odgovara njegovom načinu potrošnje električne energije. Naravno, sasvim je drugo pitanje je li svaki kupac odabrao optimalni tarifni model. Osnovne značajke gore navedenih tarifnih modela prikazane su tablici 8.4.

Tablica 8.4. Osnovne značajke tarifnih modela za preuzimanje električne energije u kućanstvima [11]

Obračunski element	Tarifne stavke		Cijene* u KN po tarifnim modelima			
	Mjerna jedinica	Vrijeme obračuna	Plavi	Bijeli	Narančasti	Crni
Radna energija	KN/kWh	Viša tarifa VT	0,58 (0,71)	0,61 (0,74)	0,85 (1,04)	0,26 (0,32)
		Niža tarifa NT	-	0,32 (0,39)	-	0,26 (0,32)
Mjesečna naknada	KN/mjesečno		15,75 (19,22)	15,75 (19,22)	-	5,25 (6,41)

*svi iznosi u zagradama su s uključenim PDV-om i zaokruženi na dvije decimale.

Uz navedeno kupci plaćaju i naknadu za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora [19] i to za 2007. godinu u iznosu od 0,0089 KN/kWh (bez PDV-a).

U razdoblju do 2010. godine naknada za poticanje iznosi po godinama:

- za 2008. godinu: 0,0198 KN/kWh
- za 2009. godinu: 0,0271 KN/kWh i
- za 2010. godinu: 0,0350 KN/kWh.

Tarifni modeli podrazumijevaju različite mjerne uređaje. Plavi tarifni model mogu izabrati kupci koji imaju jednotarifno ili višetarifno brojilo. Bijeli tarifni model mogu izabrati kupci s višetarifnim brojiлом [11]. Ovisno o vremenu korištenja električne energije za kategoriju kućanstava postoje dvije dnevne tarife tzv. viša i niža tarifa. Za vrijeme zimskog računanja vremena, viša tarifa se primjenjuje od 7 do 21 sat, a niža od 21 do 7 sati. Za vrijeme ljetnog računanja vremena, viša tarifa se primjenjuje od 8 do 22 sata, a niža od 22 do 8 sati.

Narančasti tarifni model mogu izabrati kupci koji imaju ugrađeno samonaplatno brojilo. Narančasti tarifni model je primjereno rješenje za:

- kupce koji žele imati potpunu kontrolu nad potrošnjom i obračunom električne energije, prema pravilu "plati koliko trošiš"
- posjede čiji se zakupci često mijenjaju (primjerice, apartmani i druge nekretnine u najmu),
- objekte koji se rijetko ili povremeno koriste
- kupce koji se žele osloboditi periodičnih obračuna
- kupce zabrinute za iznose svojih računa i
- kupce s neredovitim prihodima.

Prilikom izbora narančastog tarifnog modela, kupac treba obratiti pozornost na činjenicu da pri njegovu odabiru mora na vlastitom mjestu ugraditi odgovarajući mjerni uređaj (samonaplatno brojilo) [11].

Crni tarifni model (tzv. "upravljana potrošnja") podrazumijeva isporuku električne energije za kategoriju kućanstva, kod koje isporučitelj, daljinskim upravljanjem određuje vrijeme upotrebe električne energije (energija kupcu nije dostupna 24 sata dnevno). Zbog ograničenog vremena u kojem se kupcu isporučuje električna energija, crni tarifni model je dopunski tarifni model. Ovaj model je primjenjiv za trošila u kućanstvima kod kojih je vrijeme upotrebe električne energije moguće prilagoditi vremenu u kojem je električna energija raspoloživa (termoakumulacijske peći, bojleri i slično). Vrijeme u kojem je električna energija raspoloživa određuje isporučitelj, s tim da kupac ta trošila može koristiti najmanje osam sati tijekom dana, najčešće za vrijeme trajanja niže dnevne tarife. Potrebni preduvjeti za primjenu ovog modela su da HEP ODS mora imati tehničke uvjete koji omogućavaju sustav daljinskog upravljanja potrošnjom na određenom području, a kupac mora imati posebno brojilo i pripadajuću instalaciju, sukladno važećim tehničkim uvjetima. Praktično je crni tarifni model u primjeni u distribucijskim područjima, odnosno dijelovima područja "Elektroistra" Pula i "Elektrojug" Dubrovnik. Primjena u ostalim područjima, odnosno dijelovima područja, u kojima su osigurani tehnički uvjeti, planira se ovisno o iskazanom interesu kupaca [11].

Promjena tarifnog modela je besplatna, uz uvjet da su na mjestu kupca osigurani svi tehnički uvjeti koji omogućavaju mjerenje potrošnje prema novoodabranom tarifnom modelu te da je od prošle promjene tarifnog modela proteklo najmanje 12 mjeseci [11]. Dakle, prije poduzimanja aktivnosti oko promjene tarifnog modela u cilju sprječavanja eventualnih neželjenih iznenađenja, jako je bitno koji tip brojila se koristi na mjestu od interesa (jednotarifno, višetarifno, samonaplatno).

Primjer 8.3: Ovisno o zadanim navikama potrošnje električne energije proračunom odrediti najpovoljniji tarifni model.

Izbor najpovoljnijeg tarifnog modela (u biti se radi o izboru između plavog i bijelog tarifnog modela jer su za izbor ostala dva modela presudni neki drugi faktori) ovisi o navikama potrošnje energije u kućanstvu. Ilustracije radi u tablici 5.5 prikazan je proračun troškova za različite načine potrošnje energije u kućanstvu. Početna pretpostavka proračun je da ukupna godišnja potrošnja električne energije u 2007. godini za odabrano kućanstvo, iznosi **4.260 kWh** (hrvatski godišnji prosjek iz 2004. godine). Analizirane su sljedeće varijante potrošnje električne energije:

Varijanta A: 90% električne energije ($0,9 \times 4.260 \text{ kWh} = 3.834 \text{ kWh}$) potrošeno je za vrijeme više dnevne tarife, a **10%** ($0,1 \times 4.260 \text{ kWh} = 426 \text{ kWh}$) za vrijeme niže dnevne tarife.

Varijanta B: 75% električne energije ($0,75 \times 4.260 \text{ kWh} = 3.195 \text{ kWh}$) potrošeno je za vrijeme više dnevne tarife, a **25%** ($0,25 \times 4.260 \text{ kWh} = 1.065 \text{ kWh}$) za vrijeme niže dnevne tarife.

Varijanta C: 50% električne energije ($0,5 \times 4.260 \text{ kWh} = 2.130 \text{ kWh}$) potrošeno je za vrijeme više dnevne tarife, a **50%** ($0,5 \times 4.260 \text{ kWh} = 2.130 \text{ kWh}$) za vrijeme niže dnevne tarife.

Varijanta D: 25% električne energije ($0,25 \times 4.260 \text{ kWh} = 1.065 \text{ kWh}$) potrošeno je za vrijeme više dnevne tarife, a **75%** ($0,75 \times 4.260 \text{ kWh} = 3.195 \text{ kWh}$) za vrijeme niže dnevne tarife.

Varijanta E: 10% električne energije ($0,1 \times 4.260 \text{ kWh} = 426 \text{ kWh}$) potrošeno je za vrijeme više dnevne tarife, a **90%** ($0,9 \times 4.260 \text{ kWh} = 3.834 \text{ kWh}$) za vrijeme niže dnevne tarife.

Bitno je naglasiti da su za oba tarifna modela jednaki troškovi za stalnu mjesečnu naknadu, naknadu za poticanje proizvodnje iz obnovljivih izvora i PDV-a te stoga nisu niti uvršteni u tablicu 8.5.

Tablica 8.5. Primjer proračuna troškova potrošnje električne energije ovisno o navikama potrošnje

Tarifni model	Radna energija		Ukupno [KN/god.]
	Viša tarifa [KN/god.]	Niža tarifa [KN/god.]	
Plavi – Varijanta A	2.470,80	-	2.470,80
Plavi – Varijanta B	2.470,80	-	2.470,80
Plavi – Varijanta C	2.470,80	-	2.470,80
Plavi – Varijanta D	2.470,80	-	2.470,80
Plavi – Varijanta E	2.470,80	-	2.470,80
Bijeli – Varijanta A	2.338,74	136,32	2.475,06
Bijeli – Varijanta B	1.948,95	340,80	2.289,75
Bijeli – Varijanta C	1.299,30	681,60	1.980,90
Bijeli – Varijanta D	649,65	1.022,40	1.672,05
Bijeli – Varijanta E	259,86	1.226,88	1.486,74

Dakle, ako se na lokaciji od interesa već posjeduje višetarifno brojilo te ako se barem 11% ukupno utrošene električne energije troši za vrijeme niže dnevne tarife, isplati se ugovoriti bijeli, dvotarifni, tarifni model za preuzimanje električne energije. Također, u tablici 8.5. sasvim se jasno vidi zašto se korisnicima ako su u mogućnosti, isplati prebaciti potrošnju električne energije iz više u nižu dnevnu tarifu. Naime, na taj način vrlo jednostavno štede svoj novac!

Prilikom promjena tarifnog sustava svaki potrošač/kupac trebao bi odvojiti nešto vremena i proučiti nova pravila za nabavu električne energije. Ovo će postati posebno značajno potpunom liberalizacijom tržišta električne energije u Hrvatskoj jer će tada i promjene biti izraženije.

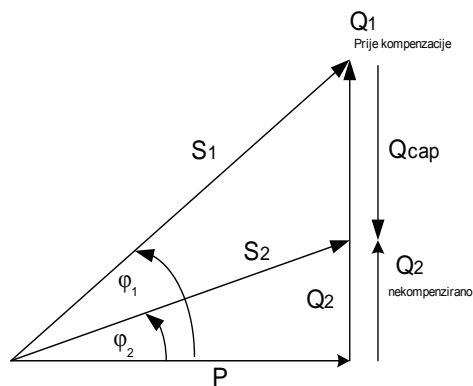
8.7. Kompenzacija jalove snage

Kod izmjenične struje većina potrošača uzima veću struju od one koja bi odgovarala njihovoj radnoj snazi uvećanoj za gubitke. Kod istosmjerne struje snaga je jednaka umnošku napona na potrošaču i struje kroz taj potrošač. Ovaj zakon vrijedi i kod izmjenične struje, ali samo za termičke potrošače kao što su električne peći, grijalice, i žarulje. Motori, fluorescentna rasvjeta, transformatori i električni vodovi uzimaju veću struju od one koja bi odgovarala obavljenom radu. Uvećana struja dolazi iz generatora i na vodovima stvara uvećane gubitke snage. U elektrotehnici se razlikuju dva pojma i to radna i jalova komponenta struje, snage i energije. Jalova komponenta može biti induktivna i kapacitivna. Ove dvije komponente po svom karakteru su suprotne te se međusobno poništavaju. Prirodno stanje većine električnih motora je potražnja induktivne energije koja se koristi za izgradnju magnetskih polja.

Potrebna jalova snaga tijekom dana se mijenja. Omjer maksimalne i minimalne snage tipično se kreće i do 2:1. Iz prethodnih računa za električnu energiju poznata je mjesečno preuzeta radna i jalova energija. Isto tako poznata je i mjesečna vršna snaga P_v . Iz poznate radne P i jalove Q energije može se izračunati prosječni $\cos\varphi$.

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (8.2.)$$

Dodavanjem kondenzatora potrebno je podignuti $\cos\varphi$ iznad 0,95 i na taj način izbjeći dodatne troškove za jalovu energiju. Pretpostavi li se prosječni $\cos\varphi$ na vršnoj snazi, može se nacrtati sliku uz čiju pomoć se odredi potrebni iznos kapacitivne snage kondenzatora.



Slika 8.12. Kompenzacija jalove snage

Sa slike 8.12. vidljivo je kako je dopušteno preuzimati snagu Q_2 , a Q_{cap} je potrebna snaga kondenzatora.

$$Q_1 = P \cdot \tan\varphi_1 \quad (8.3.)$$

$$Q_2 = P \cdot \tan\varphi_2 \quad (8.4.)$$

$$Q_{cap} = Q_1 - Q_2 \quad (8.5.)$$

Dakle, dobiva se izraz za potrebu snagu kondenzatora, ako je poznata radna snaga i kut φ_1 , odnosno faktor snage $\cos\varphi$.

$$Q_{cap} = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \text{ [kVAr]}, [P \text{ u kW}] \quad (8.6.)$$

Ukupni iznos snage kondenzatora se raspodijeli u nekoliko stupnjeva, najčešće 6. U današnje vrijeme kondenzatorske baterije opremljene su regulatorom koji ih uključuje prema potrebi. Dvostruka pogreška bila bi uključiti previše kondenzatora, prvo bi se povećali gubici, a investicija u kompenzaciju ne bi imala nikakvog smisla.

Za definirani $\cos\varphi = 0,95$ kut φ je 18 stupnjeva, a omjer jalove energije prema radnoj je 1/3. To znači da potrošač može besplatno preuzimati jalove energije brojčano u iznosu od 33% preuzete radne energije tijekom analiziranog mjeseca. Po smještaju kondenzatorske baterije se postavljaju: centralno, grupno, pojedinačno i mješovito. Svaki od ovih načina kompenzacije ima svoje prednosti i mane.

Kod centralne kompenzacije kondenzatori su postavljeni na jedno mjesto uz glavne sabirnice. Opremljeni su regulatorima koji ih ukapčaju u stupnjevima po potrebi. Nedostatak ovog načina kompenzacije je što vodovima teče jalova struja i tako stvara gubitke na vodovima, tipično 0,5 do 1%. Potrebno je nadzirati kondenzatore jer ako bi pregorio osigurač jedne faze, pojavila bi se velika nesimetrija, koja povećava gubitke kod asinkronih motora, povećava harmonike, a dolazi i do prenapona.

Grupna kompenzacija primjenjuje se za kompenzaciju kod elektromotornih pogona s više manjih motora. Izvodi se i bez regulatora, ali tad se uzima podatak o ukopčanosti s nekoliko motora. Bitno je naglasiti da se na ovaj način ne izvodi kompenzacija u potpunosti, već se nadopunjuje centralna kompenzacija. Prednost grupne kompenzacije je što se na taj način dijelom smanjuju gubici na vodovima. Zbog faktora istovremenosti potrebno je više kondenzatora.

Kod pojedinačne kompenzacije kondenzator za popravljavanje faktora snage priključuje se neposredno na trošilo, te se ukapča i iskapča zajedno s njim. Pogodna je za kompenzaciju rasvjete. Prednost ovog tipa kompenzacije što se nalazi na mjestu nastajanja jalovine pa nema gubitka na vodovima. Naravno, mana je što je potrebno više kondenzatora i zahtijeva puno rada na postavljanju i održavanju. Kod fluorescentnih svjetiljki kondenzatori se ugrađuju već pri izradi armature svjetiljke. Pojedinačna kompenzacija prikladna je za kompenzaciju kod asinkronih motora s trajnim pogonom kao što su pumpe, ventilatori i kompresori. Na ovaj način se smije kompenzirati samo iznos jalove snage koju motor troši u praznom hodu. Struja praznog hoda I_{ph} se mora izmjeriti.

Izraz po kojem se određuje kondenzator za pojedinačnu kompenzaciju asinkronog motora je:

$$Q_{cap} = 0,9 \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{ph} \cdot 10^{-3} \text{ [kVAr]} \quad (8.7.)$$

Izmjeri li se ili izračuna li se struja punog tereta prije i poslije kompenzacije te poznaje li se dužina i presjek voda ili otpor voda R_v , može se izračunati smanjenje gubitaka.

$$\Delta P_{gub} = 3 \cdot (I_{prije}^2 - I_{poslije}^2) \cdot R_v \quad (8.8.)$$

Obično ta ušteda se kreće oko 1% snage što za motore koji trajno rade nije zanemarivo. Primjera radi za jedan elektromotorni pogon snage 200 kW i koji je u trajnom pogonu te ima 8.000 h rada godišnje, ispravno dimenzioniranom pojedinačnom kompenzacijom može se uštedjeti oko 16.000 kWh/godišnje ili jedna mjesečna bruto plaća djelatnika u pogonu (energetski ekvivalent plaće djelatnika). Za kraj bitno je naglasiti da proračun potrebne snage kondenzatora za kompenzaciju jalove snage i mjerenje na terenu prije same instalacije treba prepustiti kvalificiranim stručnjacima.

8.8. Dostupnost opreme na tržištu

Zbog sve veće globalizacije gotovo da i nema razlike između tržišta Europske unije i hrvatskog tržišta. Naime, gotovo sva oprema i uređaji raspoloživi na tržištu Europske unije dostupni su i u Hrvatskoj. Istina je kako je cijena određenih uređaja u zemljama Europske unije još uvijek nešto niža nego u Hrvatskoj te su potrebna kraća čekanja na isporuku zbog bolje povezanosti unutarnjeg tržišta Unije. Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju za očekivati je da će se i ove preostale barijere premostiti.

Također, prilikom kupovine novog električnog uređaja, bitno je provjeriti i kakva je dostupnost servisa odabrane robne marke. Naime, svaki uređaj može se i pokvariti, stoga je jako bitno kako je razgranata servisna mreža te u kojem roku serviseri imaju obvezu zamijeniti uređaj ukoliko se kvar ne može otkloniti, a uređaj je još uvijek pod garancijom.

8.9. Zaključak

U ovom poglavlju analizirana je potrošnja električne energije u kućanstvima te su predstavljene metode za ostvarivanje energetske i novčanih ušteda. Najjednostavniji, ali i najuniverzalniji savjet za učinkovito gospodarenje električnom energijom u kućanstvima može se sažeti u sljedeću rečenicu:

Isključite električne uređaje kada ih ne koristite jer i najučinkovitija žarulja bespotrebno troši električnu energiju ako nema razloga za njen rad!!!

Pravilnim izborom opreme i racionalnim ponašanjem mogu se ostvariti značajne uštede električne energije u kućanstvima. Potrebno je pravilno protumačiti podatke s energetske oznake jer su one ključne za pravilan izbor uređaja. Temeljni princip prilikom izbora novog uređaja svakako treba biti njegova funkcionalnost, a ne dizajn.

Popis korištenih oznaka i rječnik pojmova

CFL	eng. Compact Fluorescent Lamps, hrv. fluokompaktne žarulje
EES	Elektroenergetski sustav
EU	Europska unija
EU-15	Europska unija sa zemljama članicama prije proširenja od 01.05.2004.
EU-25	Europska unija bez novih članica Rumunjske i Bugarske
FER	Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu
HEP	Hrvatska elektroprivreda
HEP ODS	HEP - Operator distribucijskog sustava je tvrtka unutar HEP Grupe odgovorna za siguran, pouzdan i učinkovit pogon distribucijske mreže, osiguravanje nepristranosti prema korisnicima distribucijske mreže, uključujući povezana društva unutar HEP-grupe davanje informacija korisnicima mreže koje su im potrebne za učinkovit pristup i korištenje mreže, osiguravanje pristupa mreži prema reguliranim, razvidnim i nepristranim načelima i briga o gubicima u mreži i svakogodišnjoj analizi gubitaka. itd. i tako dalje
PDV	Porez na dodanu vrijednost

Literatura

- [1] "Energija u Hrvatskoj 2005.", Ministratsvo gospodarstva rada i poduzetništva, Zagreb, 2006., dostupno na <http://www.mingorp.hr/> (31.10.2007.)
- [2] "Energy efficiency in Croatia (1992 - 2004)", Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2005., dostupno na http://www.eihp.hr/hrvatski/pdf/Energy_Efficiency_Croatia.pdf (31.10.2007.)
- [3] S interneta, <http://www.gfk.hr/press1/kucanski.pps>, 20.10.2007.
- [4] Internetske stranice DHMZ-a, <http://hidro.hr/hidro.html>, <http://prognoza.hr/prognoze.html> i <http://klima.hr/suradnja/aladin.html>, listopad 2007.
- [5] Grupa autora – HEP, "Elektroenergetsko izvješće za 2002. godinu", HEP, Zagreb, 2003.
- [6] Grupa autora – HEP, "Elektroenergetsko izvješće za 2003. godinu", HEP, Zagreb, 2004.
- [7] Grupa autora – HEP, "Elektroenergetsko izvješće za 2004. godinu", HEP, Zagreb, 2005.
- [8] Grupa autora – HEP, "Elektroenergetska bilanca za 2003. godinu", HEP, Zagreb, 2002.
- [9] Grupa autora – HEP, "Elektroenergetska bilanca za 2004. godinu", HEP, Zagreb, 2003.
- [10] Debrečin, Nenad et al: Predavanja sa stručnog studija energetske učinkovitosti i zaštite okoliša, FER, Zagreb, 2004/05.
- [11] S Interneta, <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>, 25.10.2007.
- [12] S Interneta, <http://www.zaruljica.com/>, 25.10.2007.
- [13] Borković Hrs, Željka et al: GHG Project Monitoring and Verification Protocol, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2007.
- [14] S interneta, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2005/2471.htm>, 28.10.2007.
- [15] S interneta, http://sunbird.jrc.it/energyefficiency/pdf/consumer_electronics_communication.pdf, 28.10.2007.
- [16] S interneta, http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/knjiznica/energetska_ucinkovitost/energetska_ucinkovitost_u_kucanstvu, 28.10.2007.
- [17] S interneta, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2006/3258.htm>, 28.10.2007.
- [18] S interneta, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2004/3078.htm> i <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/2401.htm>, 28.10.2007.
- [19] S interneta, <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/1079.htm>, 28.10.2007.



9. Ekonomska procjena projekata energetske učinkovitosti



9. EKONOMSKA PROCJENA PROJEKATA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Odluka o provođenju neke mjere energetske učinkovitosti donijet će se na temelju ocjene njezine isplativosti. U ovom će se poglavlju dati osnove ekonomske procjene projekta, objasniti će se uobičajeni načini za izračun isplativosti projekta, ali će se dati i primjeri nekih složenijih proračuna, kao što su analiza novčanih tokova projekta i procjena troškova u životnom ciklusu projekta. Naposljetku će se dati pregled mogućih financijskih poticaja za projekte energetske učinkovitosti u Hrvatskoj.

9.1. Osnove ekonomike projekta

9.1.1. Ekonomski parametri

Za svaku procjenu profitabilnosti potrebni su sljedeći ulazni podaci:

Investicija I_0 [kn]

Investicija podrazumijeva sve troškove projekta, uključujući projektiranje, nabavu opreme, instalaciju opreme, PDV, ostale poreze i dr.

Godišnje uštede V [kn/god]

Godišnje uštede predstavljaju ukupne uštede koje se na godišnjoj razini ostvaraju projektom. Jednostavno se računaju:

$$V = Q \cdot E \quad (9.1.)$$

gdje su

Q – godišnja ušteda energije [kWh]

E – cijena energije [kn/kWh]

U jednadžbu (9.1.) 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.

Vrijeme efektuiranja T [god]

Tehnički životni vijek neke opreme podrazumijeva ono vremensko razdoblje u kojem oprema tehnički ispravno funkcionira, dok je ekonomski životni vijek ono vremensko razdoblje nakon kojega je isplativo zamijeniti postojeću opremu. Ukoliko se oprema mijenja zbog zastarjelosti, napretka tehnologije, promjene u standardima i regulativi i sl., ekonomski životni vijek je kraći od tehničkog.

Najbolji primjer su računala – njihov tehnički životni vijek je 7 do 10 godina, ali im je ekonomski životni vijek 3 godine, jer ih je nakon toga uputno zamijeniti novijom tehnologijom.

Valja istaknuti da se u ekonomskim procjenama koristi ekonomski životni vijek. Ovaj ekonomski životni vijek projekta naziva se razdoblje efektuiranja. U tom razdoblju investicijski projekt stvara profite i novčane tokove koji se mogu tretirati kao njegova kontribucija povećanju sadašnje vrijednosti poduzeća/investitora.

Stopa inflacije i [%]

Inflacija se definira kao prosječno godišnje povećanje cijena roba i usluga.

Diskontna stopa k [%]

Diskontna stopa je mjera vremenske vrijednosti novca, odnosno svođenja budućih novčanih iznosa ili primitaka na sadašnju vrijednost. Diskontna stopa neke tvrtke određuje se korištenjem troška kapitala te tvrtke, a pokazuje ustvari kamatnu stopu po kojoj je tvrtka (ulagač) voljna investirati. Valja razlikovati nominalnu i realnu diskontnu stopu. Realna diskontna stopa je nominalna korigirana prema stopi inflacije, relativnom povećanju cijene energije i drugim mogućim relevantnim povećanjima cijena.

Ovo je iznimno važan parametar za ocjenu profitabilnosti projekta, ali ga je teško točno odrediti. Metode određivanja diskontne stope temelje se na prosječnom ponderiranom trošku kapitala tvrtke, čije određivanje ipak prelazi okvire ovog priručnika.

Ipak, pokažimo kako se nominalna diskontna stopa korigira prema stopi inflacije i stopi porasta cijena energije. Ukoliko se radi korekcija samo po stopi inflacije, realna diskontna stopa računa se prema izrazu:

$$k = \frac{k_n - i}{1 + i} \quad (9.2.)$$

Ukoliko se rade grube procjene, može se koristiti sljedeća jednadžba:

$$k = k_n - i \quad (9.3.)$$

Složenije će pak procjene u obzir uzeti i moguće godišnje povećanje cijena energije (e), pa će realna diskontna stopa povrata biti:

$$k = \frac{1}{1 + e} \left[\frac{k_n - i}{1 + i} \right] - e \quad (9.4.)$$

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.

9.1.2. Vremenska vrijednost novca

Novac nema jednaku vrijednost u vremenu. Stoga se svi novčani tokovi trebaju svesti na zajednički trenutak u vremenu.

U ovoj, tzv. vremenskoj preferenciji novca razlikujemo dva procesa – ukamaćivanje i diskontiranje.

Ukamaćivanje je svođenje vrijednosti novca na trenutak u budućnosti. Ukoliko se svota novca B_0 i uloži u banku uz kamatnu stopu k , nakon n godina svota novca iznosi:

$$V_t = V_0 \cdot (1 + k)^t \quad (9.5.)$$

Primjer 9.1: U banci imate 1.500 kn na štednji uz kamatnu stopu od 15%. Koliko ćete novaca imati nakon 5 godina?

$$V_t = V_0 \cdot (1 + k)^t = 1500 \cdot (1 + 0,15)^5 = 3.017 \text{ kn}$$

Diskontiranje je svođenje novčanih tokova na sadašnji trenutak. Diskontirana vrijednost novca V_t u sadašnjem trenutku jest V_0 i vrijedi:

$$V_0 = \frac{V_t}{(1 + k)^t} \quad (9.6.)$$

Pri čemu je k diskontna stopa, a sljedeća veličina naziva diskontni faktor:

$$d = \frac{1}{(1 + k)^t} \quad (9.7.)$$

Primjer 9.2: Za 10 godina primit ćete bonus od svoje tvrtke u iznosu od 20.000 kn. Koliko danas vrijedi taj novac ako je stopa inflacije 5%.

$$V_0 = \frac{V_t}{(1 + k)^t} = \frac{20.000}{(1 + 0,05)^{10}} = 12.278 \text{ kn}$$

Dakle, taj je bonus preračunat na današnju vrijednost znatno manji.

9.2. Ocjena isplativosti projekta

Postoji niz metoda kojima se ocjenjuje isplativost investicije. U nastavku će biti pojašnjene najčešće korištene metode.

Važna napomena: Primjeri dani u ovom poglavlju ne odražavaju stvarne cijene, troškove i uštede, već su navedeni samo kao primjer kojim se objašnjava pojedina metoda ocjene isplativosti projekta energetske učinkovitosti.

9.2.1. Razdoblje povrata

Razdoblje povrata najjednostavniji je kriterij financijskog odlučivanja o investicijama. Nakon što je postignuto razdoblje povrata investicije, novčani tokovi projekta u ostatku vremena efektuiranja predstavljaju zaradu investitora.

Matematički se kriterij razdoblja povrata zapisuje:

$$I_0 = \sum_{t=1}^{T_p} V_t, \text{ a uz pretpostavku da se godišnje ostvaruju jednake}$$

neto uštede ($V_1=V_2=\dots=V_T$):

$$T_p = \frac{\text{Investicija}}{\text{Godišnje uštede}} = \frac{I_0}{V} [\text{god}] \quad (9.8.)$$

Primjer 9.3: Instalirali ste novi kotao u sustavu grijanja koji je koštao 10.000 kn. Zbog poboljšanja učinkovitosti sustava ocijenili ste da ćete na osnovu energetskih ušteda godišnje uštedjeti 2.500 kn. Koliko je razdoblje povrata ove investicije?

$$T_p = \frac{I_0}{V} = \frac{10.000}{2.500} = 4 \text{ god}$$

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, ukoliko vraća uložena sredstva u razdoblju kraćem od unaprijed definiranog maksimalno prihvatljivog broja godina.

Ova metoda ocjene isplativosti projekta 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 cijelo vrijeme efektuiranja projekta, pa se ne može upotrijebiti za usporedbu isplativosti projekata s različitim vremenima efektuiranja. Također, ova metoda ne uzima u obzir vremensku preferenciju novca.

9.2.2. Diskontirano razdoblje povrata

Kriterij diskontiranog razdoblja povrata varijanta je metode razdoblja povrata kojom se nastoji ukloniti nedostatak neuzimanja u obzir vremenske vrijednosti novca. Ovom se metodom izračunava vrijeme potrebno da se diskontirani čisti novčani tokovi izjednače s investicijskim troškovima projekta. Matematički se to izražava sljedećom formulom:

$$I_0 = \sum_{t=1}^{T_p} \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad (9.9.)$$

Iz jednadžbe (9.7.) jasno slijedi:

$$I_0 = \sum_{t=1}^{T_p} V_t \cdot d_k^t$$

Diskontni faktor d izračunava se za diskontnu stopu i i vrijeme efektuiranja projekta, te se prikazuje u tablicama.

Ukoliko su godišnji čisti novčani tokovi jednaki, vrijedit će jednakost:

$$\frac{V_t}{I_0} = \frac{k}{1 - (1+k)^{-T}} \quad (9.10.)$$

Faktor s desne strane jednakosti možemo računati za dane k i T , te prikazivati tablično.

Kriterij financijskog odlučivanja, dakako je, što brže diskontirano razdoblje povrata. No, i ova metoda zadržava temeljni nedostatak metode razdoblja povrata, jer ne uzima u obzir učinke projekata nakon vraćanja investicijskih troškova.

Primjer 9.4. : Ukoliko investicija u neki projekt iznosi 71.500 kn, godišnje neto uštede 15.000 kn, a stvaran kamatna stopa 7%, potrebno je naći vrijeme povrata te investicije.

Tablica s vrijednostima faktora s desne strane jednadžbe (9.10.) za različite vrijednosti k i T može se vrlo lako izraditi u MS Excelu.

Prema jednadžbi (9.10.), izračunavamo da je V_t/I_0 jednako 0,2098, a iz donje tablice iščitavamo da ova vrijednost uz diskontnu stopu od 7% odgovara diskontiranom razdoblju povrata od 6 godina.

Tablica 9.1.

t (god)	Diskontna stopa k(%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	1,0100	1,0200	1,0300	2,0400	1,0500	1,0600	1,0700	1,0700	1,0900	1,1000
2.	0,5075	0,5150	0,5226	2,0400	0,5378	0,5454	0,5531	0,5531	0,5685	0,5762
3.	0,3400	0,3468	0,3535	2,0400	0,3672	0,3741	0,3811	0,3811	0,3951	0,4021
4.	0,2563	0,2626	0,2690	2,0400	0,2820	0,2886	0,2952	0,2952	0,3087	0,3155
5.	0,2060	0,2122	0,2184	2,0400	0,2310	0,2374	0,2439	0,2439	0,2571	0,2638
6.	0,1725	0,1785	0,1846	2,0400	0,1970	0,2034	0,2098	0,2098	0,2229	0,2296
7.	0,1486	0,1545	0,1605	2,0400	0,1728	0,1791	0,1856	0,1856	0,1987	0,2054

9.2.3. Čista sadašnja vrijednost

Kako je već rečeno, novac nema istu vrijednost u različitim vremenskim trenucima. Tako će 1.000 kn obično vrijediti manje u 2007. nego li je vrijedilo u 2006. godini zbog inflacije. Ovo svojstvo novca mora se primijeniti i kod ocjene projekata energetske učinkovitosti.

Kako bi se sumirale diskontirane vrijednosti godišnjih novčanih ušteda (dobitaka), potrebno je definirati referentnu godinu, na koju se svode sve investicije i uštede. Nije važno koja će to godina biti, dok god se sve novčani iznosi svode upravo na nju. No, uobičajeno se za referentnu godinu uzima godina u kojoj se investiralo u projekt.

Čista sadašnja vrijednost (oznaka S , eng. net present value - NPV) je današnja vrijednost svih budućih ušteda ostvarenih tijekom vremena efektuiranja projekta (od godine 1 do godine T), umanjena za investicijske troškove (u godini 0).

S_0 = Diskontirana vrijednost čistih ušteda (dobici) - investicija

Kriterij profitabilnosti je:

$S > 0$

Ukoliko su godišnje uštede različite iz godine u godinu $V_1 \neq V_2 \neq V_3 \neq \dots \neq V_T$ tada je čista sadašnja vrijednost:

$$S_0 = \left(\frac{V_1}{(1+k)^1} + \frac{V_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{V_T}{(1+k)^T} \right) - I_0 = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (9.11.)$$

Najčešće se ipak pretpostavlja da će godišnje uštede biti jednake svake godine, a tada se S izračunava prema izrazu:

$$S_0 = V \cdot \frac{1 - (1 + k)^{-T}}{k} - I_0 \quad (9.12.)$$

Primjer 9.5: Vlasnik zgrade želi instalirati termostatske ventile. Koristeći sljedeće podatke odredite je li investicija isplativa:

Investicija	I_0	2.300 kn
Godišnje uštede energije	Q	19.000 kWh/god.
Cijena energije	E	0,03 kn/kWh
Vrijeme efektuiranja	T	10 god.
Nominalna diskontna stopa	k_n	34%
Inflacija	i	25%

*Napomena: podaci ne odražavaju stvarne cijene, već su dane samo kao primjer!

Prvo izračunamo godišnje neto uštede:

$$V = E \cdot Q = 19.000 \cdot 0,03 = 570 \text{ kn / god}$$

Realna diskontna stopa iznosi:

$$k = \frac{k_n - i}{1 + i} = \frac{0,34 - 0,25}{1 + 0,25} = 0,07 = 7\%$$

Čista sadašnja vrijednost iznosi:

$$S = V \cdot \frac{1 - (1 + k)^{-T}}{k} - I_0 = 570 \cdot \frac{1 - (1 + 0,07)^{-10}}{0,07} - 2.300 = 1.703 \text{ kn}$$

Kako je čista sadašnja vrijednost pozitivna, zaključujemo da je projekt isplativ.

Čista sadašnja vrijednost temeljni je kriterij financijskog odlučivanja. 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. No, najveća poteškoća kod primjene ove metode jest odabir diskontne stope, koji znatno može utjecati na veličinu čiste sadašnje vrijednosti. Zbog toga se najčešće koristi metoda interne stope profitabilnosti, kao druga temeljna metoda financijskog odlučivanja, o kojoj će više riječi biti kasnije u ovom poglavlju.

9.2.4. Indeks profitabilnosti

Indeks profitabilnosti (PI) jest dodatni kriterij za poboljšanje investicijskog odlučivanja i svojevrsna je izvedenica čiste sadašnje vrijednosti. Indeks profitabilnosti je odnos diskontiranih čistih novčanih tokova projekta u vremenu efektuiranja i njegovih investicijskih troškova. Ovaj pokazatelj isplativosti projekta koristi se za usporedbu dviju ili više opcija, a izračunava se prema jednadžbi:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + k)^t}}{I_0} \quad (9.13.)$$

Primjer 9.6: Koja je od sljedećih mjera energetske učinkovitosti isplativija?

- Ugradnja termostatskih ventila
 - Ugradnja jedinice za iskorištavanje otpadne topline u ventilacijskom sustavu
- Pri proračunu se trebaju koristiti sljedeći podaci:

		Termostatski ventili	Uporaba otpadne topline
Investicija	I_0	2.300 kn	10.000 kn
Godišnje uštede	V	570 kn/god.	2.500 kn/god.
Vrijeme efektuiranja	T	10 god.	15 god.
Diskontna stopa	k	7%	7%

Ukoliko izračunamo razdoblje povrata za obje ove mjere, vidjet ćemo da su u oba slučaja jednaki i iznose 4 godine. Samo na temelju razdoblja povrata, stoga, ne možemo donijeti odluku.

- termostatski ventili
- Prema jednadžbi (9.13.) računamo indeks profitabilnosti:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+k)^t}}{I_0} = \frac{V \cdot \frac{1-(1+k)^{-T}}{k}}{I_0} = 1,74$$

a) Jedinica za uporabu otpadne topline

Prema jednadžbi (9-13) računamo indeks profitabilnosti:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+k)^t}}{I_0} = \frac{V \cdot \frac{1-(1+k)^{-T}}{k}}{I_0} = 2,28$$

Dakle, ovaj nam primjer pokazuje da su obje razmatrane mjere isplative, da imaju razdoblje povrata 4 godine, ali je isplativija mjera b) jer ima veći PI.

PI traži što veće diskontirane novčane tokove u cijelom razdoblju efektuiranja projekta u odnosu na investicijske troškove tog projekta. Prema tome, preferiraju se troškovi s većim PI. Kriterij isplativosti projekta je $PI \geq 1$. Valja istaknuti da je indeks profitabilnosti dodatni, a ne temeljni kriterij financijskog odlučivanja, čija uporaba dolazi do izražaja kod rangiranja projekata. On poboljšava investicijsku odluku tako da između projekata jednakih čistih sadašnjih vrijednosti izabire onaj koji zahtijeva niže investicijske troškove.

9.2.5. Metoda anuiteta

Kriterij anuiteta također je pomoćno sredstvo za poboljšanje investicijske odluke, te je jednako kao i PI izvedenica čiste sadašnje vrijednosti. On čiste novčane tokove ne sagledava u njihovoj ukupnoj sadašnjoj vrijednosti, već u prosječnim godišnjim iznosima, pa je po tome i dobio ime. Novčani tokovi se svode na prosječnu godišnju veličinu anuitetskim faktorom. Za jednake godišnje čiste novčane tokove (uštete), anuitetski faktor zapisuje se na sljedeći način:

$$a = \frac{k}{1 - (1+k)^{-T}} \quad (9.14.)$$

Anuitetski faktor se izračunava za vrijeme efektuiranja i diskontnu stopu, te se prikazuje u tablicama.

Anuiteti se izračunavaju tako da se anuitetski faktor primijeni na sadašnju vrijednost ukupnih novčanih iznosa. Anuitet investicijskih troškova računa jednak je:

$$A_i = I_0 \cdot a \quad (9.15.)$$

Anuitet čistih novčanih tokova jest:

$$A_v = a \cdot \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad (9.16.)$$

Ukoliko su godišnji čisti novčani tokovi jednaki, njihov anuitet jednak je upravo iznosu godišnjeg čistog novčanog toka.

Logika kriterija anuiteta je maksimalizacija razlike između anuiteta čistih novčanih tokova i anuiteta investicijskih troškova, pa je kriterij financijskog odlučivanja $A_v \geq A_i$.

9.2.6. Interna stopa profitabilnosti

Interna stopa profitabilnosti je zasigurno najprecizniji indikator isplativosti nekog projekta. No, i ovaj se indikator temelji na čistoj sadašnjoj vrijednosti. Ideja je pronaći diskontnu stopu R za koju je projekt još uvijek isplativ, dakle za koju je $S=0$.

$$S_0 = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+R)^t} - I_0 = 0 \quad (9.17.)$$

Ukoliko su godišnji novčani tokovi (uštete) jednaki, tada mora vrijediti jednakost:

$$S_0 = V \cdot \frac{1 - (1+R)^{-T}}{R} - I_0 = 0 \quad (9.18.)$$

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. Interna stopa profitabilnosti određuje se iterativnim postupkom. U slučaju jednakih godišnjih novčanih tokova V_t i poznatog vremena efektuiranja projekta T, iz tablica se može iščitati faktor I_0/V_t . Taj je faktor u tablicama dan za traženu stopu i za vijek efektuiranja projekta. 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. Najveća snaga ove metode upravo je mogućnost usporedbe s drugim investicijskim opcijama.

Primjer 9.7: Odredimo sada isplativost projekta ugradnje jedinice za iskorištavanje otpadne topline u sustavu ventilacije pomoću svih indikatora isplativosti, uz sljedeće ulazne parametre:

Investicija	I_0	10.500 kn
Godišnje uštede energije	Q	30.000 kn/god.
Cijena energije	E	0,06 kn/god.
Vrijeme efektuiranja	T	10 god.
Diskontna stopa	k	30%
Inflacija	i	20%

Stvarna diskontna stopa iznosi prema jednadžbi (9.2.) iznosi:

$$k = \frac{k_n - i}{1 + i} = \frac{0,03 - 0,02}{1 + 0,02} = 0,083 = 8,3\%$$

Razdoblje povrata

Godišnje čiste novčane uštede:

$$V_t = Q \cdot E = 30.000 \cdot 0,06 = 1.800 \text{ kn / god}$$

$$T_p = \frac{I_0}{V} = \frac{10.500}{1.800} = 5,8 \text{ god}$$

Diskontirano razdoblje povrata

Prema jednadžbi (9.10.) vrijedi:

$$\frac{V_t}{I_0} = \frac{k}{1 - (1 + k)^{-T}} = \frac{1.800}{10.500} = 0,17$$

Uz poznat ovaj faktor i stvarnu kamatnu stopu od 8,3%, pomoću tablica određujemo da je vrijeme povrata investicije 8,6 godina (za razliku od T_p , koji iznosi 5,8 godina).

Čista sadašnja vrijednost

$$S = V \cdot \frac{1 - (1 + k)^{-T}}{k} - I_0 = 1.800 \cdot \frac{1 - (1 + 0,083)^{-10}}{0,083} - 10.500 = 1.416 \text{ kn}$$

Kako je čista sadašnja vrijednost pozitivna, zaključujemo da je projekt isplativ.

Indeks profitabilnosti

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1 + k)^t}}{I_0} = \frac{V \cdot \frac{1 - (1 + k)^{-T}}{k}}{I_0} = \frac{11.916}{10.500} = 1,13$$

Budući da je PI veći od 1, i ovaj nam indikator govori da je projekt isplativ.

Interna stopa profitabilnosti

Uz poznati faktor I_0/V_t i vrijeme efektuiranja projekta, pomoću tablica određujemo internu stopu profitabilnosti koja je jednaka 11%.

Kako je interna stopa profitabilnosti veća od stvarne diskontne stope, zaključujemo da je projekt isplativ.

Nadalje, ovako određena interna stopa profitabilnosti je stvarna diskontna stopa k. To znači da je nominalna diskontna stopa prema jednadžbi (9.2.) jednaka:

$$k_n = k \cdot (1 + i) + i = 0,11 \cdot (1 + 0,2) + 0,2 = 0,33 = 33 \%$$

Dakle, ukoliko su kamate u banci na štednju veće od 33%, tada se više isplati novac uložiti na banku, nego u mjeru koja ima unutarnju stopu povrata 11%. Upravo je ovo najveća vrijednost metode unutarnje stope povrata. Ona u obzir uzima vremensku preferenciju novca i omogućava nam usporedbu s drugim investicijskim mogućnostima na tržištu (npr. štednja u banci).

9.3. Analiza novčanih tokova (cash flow)

Svi prethodno navedeni indikatori isplativosti projekta razmatraju samo sam projekt. No, godišnje ekonomske posljedice investiranja u neki projekt ovisit će i o načinu na koji je projekt financiran. Uobičajeno će investitor uložiti dio svojih sredstava, a dio će financirati putem kredita.

Uzimanjem u obzir načina financiranja projekta, provodi se analiza svih tokova novca ili tzv. cash-flow analiza. Analiza novčanih tokova uključuje sve novčane prihode i rashode vezane uz projekt. U projektima energetske učinkovitosti novčani prihodi su novčane uštede na temelju smanjene potrošnje energije i smanjenih troškova održavanja, dok su rashodi investicija i to u obliku vlastitog kapitala, glavnice kredita i pripadajućih kamata, operativni troškovi, troškovi održavanja i, ako je primjenjivo, porezi (npr. porez na dobit za tvrtke). Najjednostavnije rečeno, temelj ove analize je čisti novčani tok koji je jednak:

$$\text{čisti novčani tok} = \text{novčani primici} - \text{novčani izdaci}$$

Analizu novčanog toka najbolje je objasniti na primjeru.

Primjer 9.8: Pretpostavimo da je investicija u neki projekt 160.000 kn, a godišnje uštede su 60.000 kn. Ekonomski životni vijek investicije je 5 godina, a stvarna stopa povrata 6,5%.

Nadalje pretpostavimo da se projekt financira sa 100.000 kn vlastitih sredstava, a za preostalih 60.000 kn je uzet kredit na 3 godine, uz kamatnu stopu 15%. Plan otplate kredita je dan u tablici 9.2. Vidimo da se ukupan godišnji trošak kredita sastoji od glavnice i od kamata.

Tablica 9.2.

Obrok	Datum	Glavnica (kn)	Preostalo potraživanje (kn)	Iznos kamata (kn)	Ukupan trošak kredita (kn)
	12. mjesec godine 0		60.000		
1.	12. mjesec godine 1	20.000	40.000	9.000	29.000
2.	12. mjesec godine 2	20.000	20.000	6.000	26.000
3.	12. mjesec godine 3	20.000	0	3.000	23.000
Total		60.000		18.000	78.000

Analiza novčanih tokova u 5 godina projekta dana je u tablici 9.3.:

Tablica 9.3.

Novčani tokovi	Godina					
	0	1.	2.	3.	4.	5.
Investicija	160.000					
Financiranje:						
vlastiti kapital	100.000					
kredit	60.000					
trošak kredita		29.000	26.000	23.000		
Čiste uštede		60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Čisti tok novca	(100.000)	31.000	34.000	37.000	60.000	60.000
Akumulirani tok novca	(100.000)	(69.000)	(35.000)	2.000	62.000	122.000

Brojka u zagradi u ekonomskim analizama znači negativnu vrijednost. Iz tablice je vidljivo da ovaj projekt već u prvoj godini generira pozitivan tok novca.

Probajmo sada odrediti čistu sadašnju vrijednost za ovaj projekt. Da bismo to učinili, moramo vrijednost čistog toka novca iz svake godine diskontirati na sadašnju vrijednost. To dakako radimo pomoću diskontnog faktora prema jednadžbi (9.7.). Diskontni faktor te diskontirana vrijednost toka novca za svaku godinu dani su u nastavku tablice. Posljednji red predstavlja akumuliranu, odnosno čistu sadašnju vrijednost projekta.

Čisti tok novca	(100.000)	31.000	34.000	37.000	60.000	60.000
Akumulirani tok novca	(100.000)	(69.000)	(35.000)	2.000	62.000	122.000
Diskontni faktor (d)	1	0,939	0,882	0,828	0,777	0,730
Sadašnja vrijednost (SV)	(100.000)	29.110	29.980	30.640	46.640	43.800
Akumulirana sadašnja vrijednost	(100.000)	(70.890)	(40.910)	(10.270)	36.370	80.170

Prema tome, čista sadašnja vrijednost ovog projekta u 5 godina je 80.170 kn, a izračunali smo je kao:

$$S_0 = SV_0 + SV_1 + SV_2 + SV_3 + SV_4 + SV_5$$

gdje su :

$$SV = \text{čisti tok novca} \times d$$

$$d = \frac{1}{(1 + k_n)^n}$$

$$k_n = 6,5\%$$

Ukoliko čistu sadašnju vrijednost izračunamo prema jednadžbi (9.12.), ona iznosi 89.340 kn. Prema tome, vidimo da je zbog uzimanja u obzir uvjeta financiranja

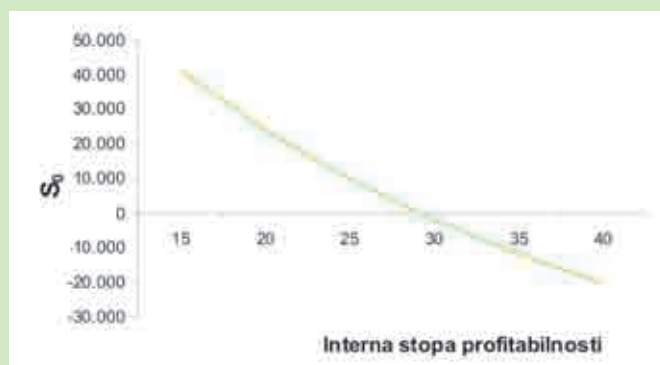
projekta, čista sadašnja vrijednost projekta nešto niža.

Iz analize toka novca možemo odrediti i internu stopu profitabilnosti, izjednačavajući čistu sadašnju vrijednost s nulom:

$$0 = SV_0 + SV_1 / (1-k)^1 + SV_2 / (1-k)^2 + SV_3 / (1-k)^3 + SV_4 / (1-k)^4 + SV_5 / (1-k)^5$$

$$0 = -100.000 + 29.110 / (1-k)^1 + 29.980 / (1-k)^2 + 30.640 / (1-k)^3 + 46.640 / (1-k)^4 + 43.800 / (1-k)^5$$

Gornja je jednačina složena i za njezino se rješavanje moraju primijeniti numeričke metode (iteracija). No, unutarnja se stopa povrata može odrediti i grafički, tako da se izračuna čista sadašnja vrijednost za nasumično izabrane vrijednosti k. Tamo gdje krivulja siječe X os, jest vrijednost interne stope profitabilnosti investicije, u ovom slučaju 29,1%.



Tablica 9.4.

Interna stopa profitabilnosti	15	20	25	30	35	40
Čista sadašnja vrijednost	41.150	23.949	9.760	-2.010	-11.870	-20.230

U još detaljnijim analizama novčanih tokova uzimaju se još neki faktori u obzir, a to su amortizacija opreme i porez na dobit. Ovakav detaljan proračun obično je potrebno napraviti za tvrtke koje investiraju u energetska učinkovitost, dok je za ocjenu projekta kojega pojedinac želi provesti u svome kućanstvu dovoljno napraviti jednostavniju analizu novčanih tokova, kako bi se usporedile godišnje uštede koje je moguće ostvariti mjerom energetske učinkovitosti s potrebnom investicijom i posebice s otplatom te investicije, ukoliko se za nju mora dići bankovni kredit.

Predložak za provedbu detaljne analize tijeka novca dan je u tablici 9.5.

Tablica 9.5.

Novčani tokovi		Godina												
		0	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.		
A	Investicija													
	Financiranje:													
B	Vlastiti kapital													
C	Kredit													
D	Glavnica													
E	Kamate													
F	Uštede:													
G	Ukupne uštede													
H	Operativni troškovi													
I	Čiste uštede prije poreza													
J	Amortizacija													
K	Uštede prije poreza													
L	Porez													
M	Porezne olakšice													
N	Čiste uštede nakon poreza													
O	Čisti tok novca													
P	Akumulirani tok novca													
Q	Diskontni faktor													
R	Sadašnja vrijednost (SV)													
S	Akumulirana SV													

$$I = G - H$$

$$K = I - J - F$$

$$L = \text{stopa poreza} \times K$$

$$P_1 = C$$

$$P_n = P_{n-1} + Q_n$$

$$Q_n = 1 / (1-r)^n$$

$$N = I - L + M$$

$$R = O \times Q$$

$$O = N - E - F$$

$$S_n = S_{n-1} + R_n$$

9.4. Procjena troškova u životnom ciklusu projekta (Life Cycle Cost Analysis)

Prilikom donošenja odluka o investicijama u novu opremu ili sustave, nužno je provesti analizu prihoda i rashoda 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. Ova se ekonomska metoda ocjene isplativosti projekta, koja u obzir uzima sve troškove projekta kroz njegov životni vijek, naziva Life-Cycle-Cost (LCC) analiza.

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 i zanemarujući vremensku vrijednost novca. LCC analiza se temelji na analizi tijeka novca (cash flow), a različite opcije rangira, koristeći indikatore isplativosti projekta, prvenstveno unutarnju stopu povrata (internal rate of return).

LCC analizu 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, ali i drugim čimbenicima koji utječu na troškove rada sustava (primjerice, smanjenje iznosa naknada za emisije, smanjeni troškovi održavanja i sl.).

Dakle, LCC analiza je ekonomska tehnika kojom se procjenjuju sveukupni troškovi posjedovanja i korištenja nekog objekta (kuće, zgrade i dr.) ili sustava kroz vremensko razdoblje njegovog korištenja.

LCC analizom utvrđuje se današnja vrijednost (diskontiranje) svih budućih troškova vezanih uz neki objekt 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.).

Sve troškove je potrebno svesti na današnju vrijednost novca (diskontiranje), upravo na način prikazan u prethodnom poglavlju. Troškove je potrebno umanjiti za vrijednost objekta ili sustav koju će imati na kraju razmatranog vremenskog razdoblja (amortizacija).

LCC analizu potrebno je svakako provesti ukoliko postoji nekoliko alternativa i potrebno je odabrati ekonomski najpovoljniju. Kriterij će biti, dakako, najniži LCC. Posebice je preporučljivo LCC analizu provesti već u fazi inicijalnog rješenja, odnosno dizajna, primjerice pri projektiranju nove kuće. 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.

9.5. Pregled mogućih izvora financiranja i poticaja za projekte energetske učinkovitosti

9.5.1. Porezne olakšice

Gotovo svaki zaposlenik jednom godišnje vrši prijavu poreza na dohodak. Stoga valja biti upoznat s činjenicom da u poreznom sustavu Republike Hrvatske postoji mogućnost traženja uvećanja osobnog odbitka od dohotka za prijavu poreza u slučaju:

- kupnje ili gradnje prvog stambenog prostora (stambene kuće ili stana) na području Republike Hrvatske za potrebe trajnog stanovanja
- za održavanje postojećeg stambenog prostora na području Republike Hrvatske u vlasništvu poreznog obveznika ili vlasništvu njegovog bračnog druga, radi poboljšanja uvjeta stanovanja, a pod uvjetom da rezident u tom stambenom prostoru ima prebivalište i trajno boravi
- za iznos plaćene slobodno ugovorene najamnine za potrebe stanovanja u stambenom prostoru najmodavca.

Za iskorištavanje ovih mogućnosti energetska učinkovitost nije postavljena kao kriterij, iako je to praksa u brojnim europskim zemljama.

No, mjere energetske učinkovitosti obično se provode na već postojećim objektima u vlastitom vlasništvu, pa se tako prilikom rekonstrukcije objekta ili nekog njegovog dijela treba svakako razmišljati o energetski učinkovitijim rješenjima, iako mogućnost povećanja osobnog odbitka ne ovisi o energetskim karakteristikama izvršene rekonstrukcije. Povećanjem osobnog odbitka od dohotka za prijavu poreza dio se uloženog novca vrati kroz veći povrat poreza. Maksimalni iznos osobnog odbitka za navedene svrhe iznosi 12.000 kn.

9.5.2. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU) je osnovan radi osiguranja dodatnih sredstava za financiranje pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u području očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unapređivanja okoliša te u području energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Sredstava Fonda dodjeljuju ne temelju provedenog javnog natječaja koji objavljuje Fond. Mogući načini financiranja koje Fond nudi su:

- zajmovi
- subvencije
- financijske pomoći i
- donacije.

Prema Pravilniku o uvjetima i načinu dodjeljivanja sredstava Fonda (Narodne novine 183/04), korisnici sredstava mogu biti pravne i fizičke osobe. Zajmove i subvencije Fond u pravilu dodjeljuje trgovačkim društvima i drugim pravnim osobama, obrtnicima i fizičkim osobama. Financijske pomoći i donacije Fond u pravilu dodjeljuje jedinicama područne (regionalne) samouprave i jedinicama lokalne samouprave. Važno je napomenuti da Fond ne financira projekte u punom iznosu njihovih troškova, već i sam izvođač projekta mora osigurati dio sredstava. Tako jedinice područne (regionalne) samouprave i jedinice lokalne samouprave mogu ostvariti

sredstva Fonda:

- do 80% zaokružene financijske konstrukcije ulaganja ako se nalaze na područjima od posebne državne skrbi
- do 60% zaokružene financijske konstrukcije ulaganja ako se nalaze na otocima i u brdsko-planinskim područjima, te ako su im financijske mogućnosti ograničene (prihod po glavi stanovnika manji od 65% prosjeka RH i dr.)
- do 40% zaokružene financijske konstrukcije ulaganja na ostalim područjima.

Trgovačka društva i druge pravne osobe, obrtnici i fizičke osobe mogu ostvariti sredstva Fonda u visini od najviše 40% zaokružene financijske konstrukcije ulaganja. Više o sredstvima Fonda, kao i o otvorenim natječajima može se naći na internetskim stranicama Fonda www.fzoeu.hr.

9.5.3. Hrvatska banka za obnovu i razvoj (HBOR)

U okviru HBOR-ova "Programa kreditiranja projekata zaštite okoliša, energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije" otvara se mogućnost realizacije investicijskih projekata kojima je svrha zaštita okoliša, podizanje energetske učinkovitosti te uporaba obnovljivih izvora energije.

Prihvatljivi krajnji korisnici kredita su:

- jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave (općine, gradovi, županije), ako ispunjavaju predviđene zakonske uvjete
- komunalna društva
- trgovačka društva
- obrtnici
- ostale pravne i fizičke osobe.

Najmanji iznos kredita je ograničen na 100.000 kn. Najveći iznos kredita nije ograničen, a ovisi o HBOR-ovim mogućnostima financiranja, konkretnom investicijskom programu, kreditnoj sposobnosti krajnjeg korisnika kredita, te vrijednosti i kvaliteti ponuđenih instrumenata osiguranja. HBOR u pravilu kreditira do 80% predračunske vrijednosti investicije s uključenim porezom na dodanu vrijednost. Za kreditna sredstva namijenjena za financiranje investicija postoji mogućnost subvencioniranja kamatne stope (u visini od 2%) poticajnim sredstvima. Također, za otoke i područja od posebne državne skrbi moguće je smanjenje kamatne stope za još 2%, tako da konačna kamatna stopa za gore navedena područja može se spustiti do 2%. Subvencioniranje kamatne stope osigurava Fond.

Tablica 9.6. Uvjeti kreditiranja

Rok otplate:	do 12 godina uključujući i poček	
Poček:	do 2 godine	
Kamatna stopa:	4% godišnje	za izvoznike
	6% godišnje	svi ostali gospodarski subjekti, jedinice lokalne uprave i područne (regionalne) samouprave, obrtnike i ostale pravne i fizičke osobe
	EURIBOR (tromjesečni) + 2%	za sve krajnje korisnike
Ukoliko Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost odobri subvenciju kamatne stope, gore utvrđena kamatna stopa umanjuje se za 2%, odnosno za iznos odobrene subvencije.		

HBOR ovaj Program provodi na sljedeći način:

- posrednim kreditiranjem krajnjih korisnika kredita putem poslovnih banaka koje su prihvatile suradnju na provođenju ovog programa
- neposrednim kreditiranjem krajnjih korisnika kredita.

Kreditni zahtjevi do iznosa od 5.000.000,00 kuna u pravilu se podnose i rješavaju putem poslovnih banaka.

Više detalja o ovom programu financiranja može se naći na internetskim stranicama HBOR-a www.hbor.hr.

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. Projekt "Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj", <http://www.ee.undp.hr>
4. Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, <http://www.fzoeu.hr>
5. Hrvatska banka za obnovu i razvoj, <http://www.hbor.hr>



10. Energetski pregled zgrade



10. ENERGETSKI PREGLED ZGRADE

Suvremeno upravljanje energijom u zgradama uključuje široku analizu svih energetskih sustava zgrade. Energetski pregled ili audit zgrade podrazumijeva analizu toplinskih karakteristika i energetskih sustava zgrade s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije te donošenja zaključaka i preporuka za povećanje energetske učinkovitosti. Energetski pregled utvrđuje način korištenja energije, područja rasipanja energije i identificira mjere za povećanje energetske učinkovitosti.

Osnovni cilj energetskog pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametara dobiti što točniji uvid u zatečeno energetsko stanje zgrade s obzirom na: građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite; kvalitetu sustava za grijanje, hlađenje, prozračivanje i rasvjetu; zastupljenost i kvalitetu energetskih uređaja; strukturu upravljanja zgradom te pristup stanara ili zaposlenika energetskoj problematici, nakon čega se odabiru konkretne optimalne energetsko-ekonomske mjere povećanja energetske učinkovitosti.

Na temelju raspoloživih podataka može se odrediti bazna potrošnja za promatranu godinu, no bitno je ustanoviti korekcijske faktore koji se u prvom redu odnose na promjene broja ukućana te promjene korisne odnosno grijane površine objekta. S time se određuje bazna potrošnja, odnosno energetske potrebe u nekom budućem promatranom stanju.

Uz ustanovljenje budućeg energetskog stanja, želja i realnih potreba za energijom, pristupa se odabiru provedivih varijanti povećanja energetske učinkovitosti objekta, uzimajući u obzir i udobnost stanovanja. Te se varijante odnose na:

- 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 energenta gdje je to ekonomski i ekološki isplativo,
- uvođenje obnovljivih izvora energije (Sunčeva, geotermalna, biomasa...),
- poboljšanje učinkovitosti sustava električne rasvjete i električnih kućanskih aparata,
- racionalno korištenje vode te
- upravljanje energetikom općenito.

Za svaku od varijanti utvrđuju se tehničke karakteristike provedbe, uklapanje u cijeli sustav, ostvarive uštede energije te ekonomske karakteristike – procjena investicije i mogućih ekonomskih ušteda. Na temelju usporedbe varijanti i isplativosti ulaganja u svaku od njih izrađuje se izvještaj s ocjenama i preporukama za optimalni zahvat.

U stručnoj praksi razlikuju se dvije vrste energetskih pregleda (audita) u zgradarstvu:

- Preliminarni ili tzv. walk-through energetski pregled,
- Detaljni energetski pregled s izradom investicijske studije za projekt poboljšanja energetske učinkovitosti.

Prilikom pristupanja preliminarnom energetskom pregledu neke zgrade ili objekta nužan je korak pripremanje odgovarajućeg upitnika za dobivanje osnovnih informacija o energetskoj situaciji u zgradi. Osnovni upitnik ima za cilj pomoći auditoru u uspostavi kontakata s odgovornom osobom zaduženom za problematiku energetike u zgradi. Nakon analize prvog upitnika klijentu se dostavlja i tzv. detaljni upitnik za sagledavanje energetske situacije. Tek

nakon analize detaljnog upitnika provodi se tzv. preliminarni energetski pregled zgrade. Preliminarni energetski pregled može dati zadovoljavajuće rezultate samo ako je dobro pripremljen i zbog toga je jako bitno da su oba, gore spomenuta upitnika, kvalitetno popunjena od strane odgovorne osobe zadužene za problematiku energetike u zgradi. Uz upitnike prije samog posjeta zgradi nužno je dobiti i račune za sve energente i vodu koja se koristi u objektu i to za zadnje tri godine. Preliminarni energetski pregled jako je značajan za kompletno sagledavanje energetske situacije u nekoj zgradi i predstavlja ključni korak u analizi. Kroz obradu podatke o potrošnji svakog pojedinog energenta potrebno je komparirati sa strukturom potrošnje te temeljem analize izvesti zaključke o općenitim uzorcima ponašanja u potrošnji energije. Potrošnja plina iskazana u m³ sama po sebi teško je usporediva s potrošnjom električne energije koja je iskazana u kWh te je potrebno i potrošnju prirodnog plina prevesti u lakše usporedivu veličinu tj. kWh. Također, radi lakšeg razumijevanja ili prezentacije obrađenih podataka te povezivanja potrošnje pojedinih energenta sa stvarnom situacijom u zgradi u njihovu iskazivanju koriste se tzv. indikatori potrošnje npr. kWh_g/čl. kućanstava, kWh_u/čl. kućanstva itd. Sam posjet zgradi tijekom trajanja preliminarnog energetskog pregleda traje 1 dan i auditoru daje kratki uvid u stanje energetike zgrade, s ciljem utvrđivanja potencijala za poboljšanje energetske učinkovitosti. Također, tijekom trajanja preliminarnog energetskog pregleda mogu se provesti i kraća mjerenja na osnovu kojih će auditor dobiti kvalitetniju sliku o tome kako se u analiziranoj zgradi troši energija. Kroz razgovor s odgovornom osobom za pitanja energetike u analiziranoj zgradi tijekom trajanja preliminarnog energetskog pregleda auditor raščičava sve eventualne nejasnoće iz detaljnog upitnika. Rezultati preliminarnog energetskog pregleda predaju se korisniku u formi izvješća te sadržavaju uz energetsku i troškovnu bilancu i pregled svih analiziranih tehničkih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti u zgradi. Pregled svih analiziranih tehničkih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti u zgradi sadržava proračun/procjenu ušteda, procjenu potrebne investicije, jednostavni period povrata ulaganja te proračun ušteda u emisijama štetnih plinova.

Ukoliko se nakon provedenog preliminarnog pregleda procijeni kako postoji značajan prostor za primjenu programa energetske učinkovitosti u analiziranoj zgradi pristupa se detaljnom energetskom pregledu. Specifičnost detaljnog u odnosu na preliminarni energetski pregled leži u činjenici da se mjerna oprema za snimanje potrošnje energije ostavlja na lokaciji u trajanju od minimalno dva do četiri tjedna. Nakon što su prikupljeni i verificirani svi podaci pristupa se izradi finalnog izvješća koje uključuje detaljnu analizu primjenjivosti i isplativosti pojedinih mjera energetske učinkovitosti tj. izradi kompletne investicijske studije.

Detaljni energetski pregled ulazi u tzv. dubinsku energetsku analizu zgrade i identifikaciju potencijalnih mjera energetske učinkovitosti. Detaljnim pregledom zgrade i provođenjem potrebnih mjerenja potrošnje – toplinska mjerenja, mjerenja električne energije, termografsko snimanje, mjerenje propusnosti zraka kod zgrada – utvrđuju se ključni problemi i u formi investicijske studije prenose odgovornim vlasnicima ili upraviteljima zgrade.

Na osnovu analize primjenjivosti i isplativosti tehničkih mjera energetske učinkovitosti izrađuje se redoslijed prioriternih mjera, za promatranu zgradu, koje se mogu implementirati u nekoliko faza. Ukoliko se ulaganje u povećanje energetske učinkovitosti pokaže energetski, ekonomski i ekološki isplativo projekt se može predložiti za sufinanciranje ili financiranje u sklopu uvjeta pojedinih banaka. Prijedlog mora uključiti poslovni i financijski plan s opisom projekta, ciljeva, postignuća te energetskih i ekoloških ušteda uz prihvatljiv vremenski period povrata investicije.

U svakom slučaju klijentu se mora sasvim jasno objasniti da bez sustavnog pristupa i provođenja preliminarnog i detaljnog energetskog pregleda nema niti garantiranog ostvarivanja ušteda. Naime, ulazak u investiciju bez kvalitetne snimke prethodnog stanja i analize budućeg vrlo često vodi u promašaj.

Uvođenjem energetske certifikacije zgrada u budućnosti, odnosno klasifikacije i ocjenjivanja zgrada prema potrošnji energije, energetski pregled zgrade trebao bi postati nezaobilazna metoda utvrđivanja učinkovitosti, odnosno neučinkovitosti potrošnje energije te podloga za izradu energetskog certifikata zgrade.

Primjena infracrvene termografije u zgradarstvu

IC termografija je beskontaktna i nerazorna metoda bilježenja intenziteta toplinskog zračenja u infracrvenom području, a nakon mjerenja ostaje trajan zapis koji se zove termogram. Infracrvena termografija služi se mjerenjem u području infracrvenog zračenja. Svako tijelo odašilje elektromagnetsko zračenje čiji intenzitet ovisi prvenstveno o temperaturi površine tijela. Prednost IC termografije je beskontaktno mjerenje temperature, koje omogućava mjerenje na daljinu, mjerenje nedostupnih objekata i mjerenje bez razaranja. Iz termograma možemo vidjeti intenzitet zračenja po površini i uz određene pretpostavke vrlo brzo očitati temperature. Međutim, za kvalitetnu i točnu interpretaciju rezultata moramo poznavati svojstva objekta - emisija, refleksija, prozirnost, svojstva atmosfere i utjecaj drugih objekata te svojstva same kamere kojom snimamo.

S obzirom na način primjene termografije, razlikujemo kvalitativnu i kvantitativnu termografiju. Kvalitativna termografija daje ograničeni broj informacija u kratkom roku dok se kvantitativnom termografijom dobivaju točni podaci o temperaturnoj raspodjeli, za što je potrebno preračunavanje podataka iz termograma. Kvalitativno korištenje termografije daje nam okvirne podatke o promatranoj površini iz kojih se mogu uočiti problemi i temperaturna odstupanja. Za kvantitativnu termografiju moramo poznavati emisijska svojstva promatranog objekta, stanje atmosfere i okoline, i druge vanjske utjecaje. Također razlikujemo pasivnu i aktivnu termografiju. Pasivna termografija je snimanje objekta u ustaljenom temperaturnom stanju, uz uvjet da je temperatura objekta različita od temperature okoliša. Za aktivnu termografiju potrebna je toplinska pobuda objekta dovođenjem ili odvođenjem topline. Pasivna termografija je u većini slučajeva kvalitativna a aktivna kvantitativna.

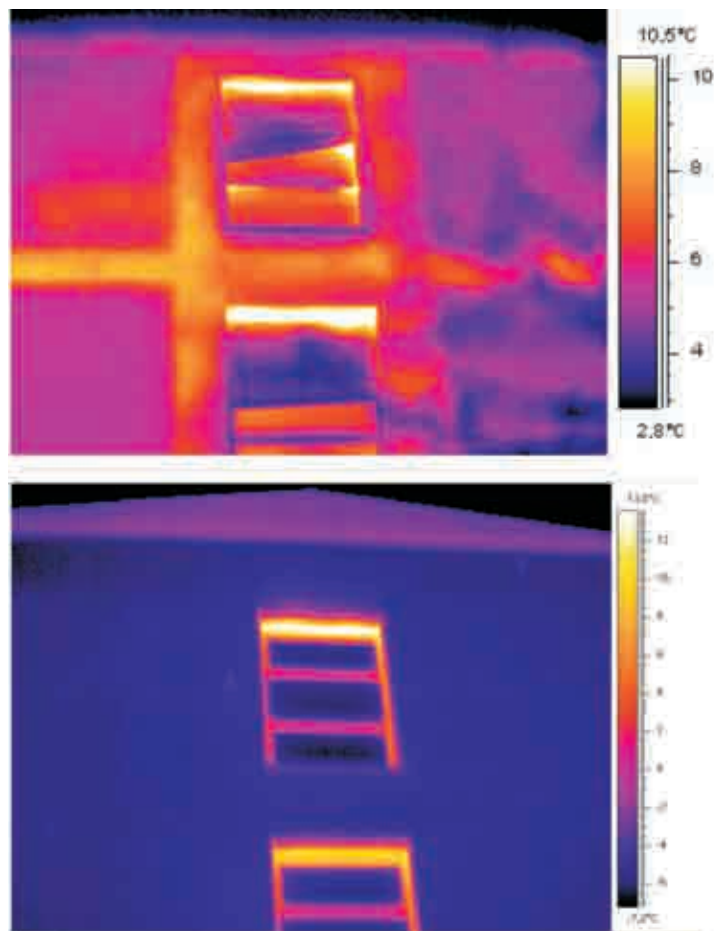
Za kvalitetno termografsko snimanje mora postojati temperaturna razlika. Kod provođenja topline kroz dva tijela jednakih debljina, ali različitih koeficijenata toplinske vodljivosti pad temperature kroz tijelo niže vrijednosti toplinske vodljivosti biti će izraženiji uslijed većeg toplinskog otpora. Temperaturni nivo kojeg bilježi kamera biti će niži, odnosno toplinski gubici iz toplog grijanog prostora prema hladnom vanjskom, negrijanom prostoru bit će manji.

Termografskim snimanjem zgrada, moguće je locirati toplinske nedostatke konstrukcije i usmjeriti zahvate na sanaciji prema optimalnom poboljšanju energetske učinkovitosti sustava zgrade. Danas se termografija pokazuje kao izuzetno korisna metoda u istraživanju i unapređivanju energetske učinkovitosti u zgradarstvu. Metoda termografije se sve više uvodi kao obavezna metoda kod kontrole pri primopredaji objekata, te u redovitom nadzoru i održavanju zgrada.

Termografskim snimanjem zgrada moguće je uočiti:

- nehomogenost materijala zida
- neispravnost ili nepostojanje toplinske izolacije
- vlagu u konstrukciji

- problemi ravnih krovova
- toplinske mostove
- otvorene propuste za zrak-ventilacije, fuge te koncentracija instalacija u zidu.



Slika 10.1. Usporedba termograma toplinski neizolirane zgrade prije rekonstrukcije te nakon izvedbe toplinske zaštite. /Izvor:EIHP/

- Uvođenjem energetske certifikacije zgrada i stalne energetske kontrole postojećih objekata možemo očekivati znatni razvoj primjene metode infracrvene termografije u graditeljstvu.
- Cilj daljnjeg razvoja primjene termografije u zgradarstvu je:
- Pomoć pri pregledu i ocjeni kvalitete novih zgrada putem određivanja parametara toplinske učinkovitosti izvedene konstrukcije zgrade
- Uvođenje termografije kao standardne metode za učinkovito održavanje postojećih zgrada
- Određivanje toplinske učinkovitosti zgrade mjerenjem gubitaka topline kroz vanjsku ovojnicu zgrade
- Unapređenje zgradarstva na području projektiranja i gradnje, naročito sa stanovišta uštede energije

RIJEČNIK POJMOVA

Apsorberska ploča – dio sunčevog kolektora koji služi za apsorpciju sunčevog zračenja, a o njoj najviše ovisi toplinski učinak kolektora

Apsorberski kolektor – služi za zagrijavanje bazenske vode, te predstavlja najisplativiji primjer korištenja sunčeve energije u sustavima grijanja

Biomasa – obnovljivi izvor energije koji uključuje brojne proizvode biljnog podrijetla (ogrjevno drvo, grane i drveni otpad iz šumarstva, piljevina, kora i drugi ostatak iz drvne industrije, slamu, kukuruzovinu, stabljike suncokreta, ostatke pri rezidbi vinove loze i maslina, koštice višanja i kore od jabuka iz poljoprivrede), kao i proizvode životinjskog podrijetla (izmet i ostatke iz stočarstva, komunalni i industrijski otpad)

Broj izmjena zraka – broj koji pokazuje odnos između volumena zraka koji ulazi u prostor u jednom satu i ukupnog volumena prostora

CFC – Klorofluorouglijci; su potpuno halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika (metana i etana). To je skupina kemikalija koje sadrže klor, fluor i ugljik, a koriste se kao radne tvari u rashladnoj tehnici (npr. R11, R12), potisni plinovi za aerosole, otapala za čišćenje, te u proizvodnji pjena. Jedan su od glavnih uzroka oštećenja ozonskog omotača, a u Hrvatskoj je ugradnja u nove rashladne uređaje zabranjena od 1999, dok je uvoz zabranjen od početka 2006. godine

Daljinsko grijanje – sustav koji uključuje centralnu pripremu toplinske energije u toplani, te njenu distribuciju do krajnjih potrošača – toplinskih podstanica u zgradama

Dizalice topline – kompresijski uređaji koji iskorištavaju toplinu iz okoliša i pretvaraju je u korisnu toplinu za grijanje prostorija i zagrijavanje sanitarne vode uz pomoć električne energije

Efekt dimnjaka – pojava koja uzrokuje strujanje toplijeg zraka kroz zgradu prema gore zbog razlike u temperaturi, tj. razlike gustoća toplijeg i hladnijeg zraka

Efikasnost kolektora – predstavlja omjer korisne topline prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu kolektora

Ekspanzijska posuda – služi za preuzimanje volumena radnog medija (tople vode) u sustavu grijanja koji nastaje uslijed zagrijavanja

Energetska bilanca zgrade – svi energetske gubici i dobici zgrade

Energetska učinkovitost (efikasnost) – široki opseg djelatnosti kojima je krajnji cilj smanjenje potrošnje svih vrsta energije u promatranom objektu, što rezultira smanjenjem emisije CO₂ uz nepromijenjenu toplinsku, svjetlosnu i drugu udobnost njezinih stanara

Energetski pregled zgrade – analiza potrošnje energije, ovojnice zgrade te energetskih sustava zgrade s ciljem utvrđivanja učinkovitosti i/ili neučinkovitosti potrošnje energije te donošenja zaključaka i preporuka za povećanje energetske učinkovitosti

Energija – sposobnost tijela za obavljanje rada

Faktor hlađenja – predstavlja omjer ostvarenog rashladnog učinka na isparivaču i privedene snage kompresora

Faktor oblika zgrade, $f_0 = A/V_e (m^{-1})$, jest količnik oplošja, $A (m^2)$, i obujma, $V_e (m^3)$, grijanog dijela zgrade

Fosilna goriva – goriva koja sadrže ugljikohidrate, nastala od ostataka biljaka i/ili životinja. Trenutno su osnovni izvor energije na Zemlji. Energija iz fosilnih goriva obično se oslobađa izgaranjem prilikom čega se oslobađaju otrovni i štetni plinovi koji utječu na okoliš (prvenstveno na efekt staklenika) kao što su: ugljični monoksid CO, ugljični dioksid CO₂, sumporni dioksid SO₂, SO₃, NO₃ itd.

Fotonaponske ćelije – poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju Sunčeva zračenja u električnu energiju, a mogu se koristiti kao samostalni ili kao dodatni izvor energije

Fotosinteza – proces u kojem se svjetlosna energija pretvara u kemijsku pohranjenu u organskim molekulama

Godišnja potrebna toplina za grijanje, $Q_n (kW \cdot h/god)$ - računski određena količina topline koju sustav grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu da bi se održavala unutarnja projektna temperatura u zgradi

Godišnji toplinski množitelj (SPF) – omjer stvarno proizvedene toplinske energije dizalice topline tijekom godine (ΣQ_p) i ukupne godišnje energije utrošene na pogon kompresora, pumpi, ventilatora, te sustav odleđivanja isparivača (ΣE)

HCFC – Klorofluorouglikovodici su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i klor. Vodik skraćuje njihov atmosferski vijek, čineći tako HCFC-e dugoročno manje štetnima od CFC-a za razgradnju ozona. Koriste se u rashladnoj tehnici kao radna tvar (R22), a ugradnja u nove uređaje je zabranjena od 2006. godine

HFC – Fluorirani ugljikovodici su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i ne sadrže klor (R134a)

Hydroelektrana – električne centrala koja pomoću vodenih turbina pretvaraju potencijalnu energiju vode u kinetičku i mehaničku koja se dalje koristi za pokretanje električnog generatora

Indikator energetske učinkovitosti (energetski broj ili energetska značajka) – godišnja potrošnja energije po korisnoj jedinici grijane površine, izražena u kWh/m²god

Infiltracija - dotok vanjskog zraka u prostoriju kroz zazor na prozorima i vratima, a manjim dijelom kroz zidove, te kroz vanjska vrata pri ulaženju i izlaženju iz objekta

Infracrvena termografija – beskontaktna i nerazorna metoda bilježenja intenziteta toplinskog zračenja u infracrvenom području odnosno prikaz raspodjele temperature na površini ovojnice zgrade

Insolacija – količina energije što je prima Zemlja sa sunčevim zrakama

Inverterska regulacija – frekvencijska regulacija broja okretaja kompresora, čime se ostvaruje stupnjevana regulacija učinka (rashladnog uređaja)

Isparivač – dio rashladnog uređaja u čijim cijevima isparava radna tvar, pri čemu toplinu za isparavanje uzima iz okoline u kojoj se nalazi

Izgaranje – Izgaranje je proces kod kojeg dolazi do oksidacije gorivih sastojaka nekog goriva pri čemu se oslobađa toplina

Kalorimetar – uređaj za mjerenje toplinske i rashladne energije

Klima – bojler – uređaj koji iskorištava otpadnu toplinu sa kondenzatora rashladnog uređaja za pripremu PTV-a

Klimatizacija – složen proces koji uključuje kondicioniranje, transport i ubacivanje zraka u klimatizirani prostor. Kondicioniranje zraka podrazumijeva pripremu zraka određene temperature, vlažnosti i čistoće. Zrak se pri tome ubacuje u prostor određenom brzinom kako bi u zoni boravka ljudi osigurali strujanje zraka manje od 0.25 m/s

Koeficijent prolaska topline U (W/m²K) – količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m² površine kod razlike temperature od 1 K

Koeficijent toplinske vodljivosti λ (W/mK) – količina topline koja prođe u jedinici vremena kroz sloj materijala površine 1 m², debljine 1 m kod razlike temperature od 1 K. Vrijednost koeficijenta različita je za različite materijale, a ovisi o gustoći, veličini i povezanosti pora i stanju vlažnosti materijala

Koeficijent paropropusnosti μ (bezdimenzijski) – otpor difuziji vodene pare

Kogeneracija (CHP) - proces korištenja primarne energije goriva za proizvodnju dvije vrste korisne energije od kojih je jedna toplinska a druga električna

Kondenzacijski kotao – kotao koji iskorištava i toplinu dimnih plinova povećavajući iskoristivost goriva

Kondenzator – dio rashladnog uređaja u čijim cijevima kondenzira radna tvar, pri čemu toplinu kondenzacije predaje okolini u kojoj se nalazi

Konvekcija – je pored zračenja i provođenja topline jedan od načina izmjene topline. Prilikom procesa konvekcije izmjenjuje se toplina između čvrste stijene i fluida (kapljevine ili plina) u gibanju, npr. ljudskog tijela i zraka u prostoru. Osnovni uvjet konvekcije je međusobno gibanje čestica, tako da konvekcija može biti prirodna i prisilna

Korisna energija - energija za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika, primjerice to je toplina električne grijalice ploče na štednjaku

Lokalno grijanje – najstariji oblik grijanja gdje se izvor topline nalazi u prostoriji koju grijemo (kamini, peći na drva, električne grijalice, plinske grijalice)

LOW_e – oznaka za staklo smanjene toplinske propustljivosti zahvaljujući metalno-oksidnom premazu na strani stakla prema šupljini

Mehanička ventilacija - prisilna izmjena zraka u zatvorenome prostoru uz pomoću ventilatora

Neobnovljivi izvori energije - su fosilna (ugljen, nafta i prirodni plin) i nuklearna goriva (uran, plutonij), čija su nalazišta i zalihe ograničene i podložne konačnom iscrpljivanju

Neposredna (konačna) energija - energija koja dolazi do krajnjeg korisnika, dakle do našeg doma

Niskoenergetska kuća – građevina sa visokoučinkovitim sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije i minimalnim gubicima topline zbog povećanog nivoa toplinske izolacije. Godišnja potrošnja toplinske energije je manja od 40 kWh/m²

Nuklearna elektrana – elektrana koja kao izvor energije koristi toplinu dobivenu u nuklearnom reaktoru pomoću fisije nuklearnog goriva

Obnovljivi izvori energije - izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično; energija vodotoka, vjetra, Sunčeva

energija, biogoriva, biomasa, bioplin, geotermalna energija, energija morskih mijena i morskih valova

Odsisna ventilacija – odsisavanje zraka iz prostorije kao npr. kupaonica i kuhinja (kuhinjskim napama)

Održivi razvoj - razvoj koji zadovoljava potrebe današnjice bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija u zadovoljavanju njihovih potreba

Održiva gradnja - jedan od značajnijih segmenata održivog razvoja, a uključuje uporabu građevnih materijala koji nisu štetni po okoliš, energetske učinkovitost zgrada i gospodarenje otpadom od gradnje i rušenja građevina. Održiva gradnja mora osigurati trajnost, kvalitetu oblikovanja i konstrukcija uz financijsku, ekonomsku i ekološku prihvatljivost

Ogrjevna vrijednost goriva - predstavlja količinu energije, topline, sadržane u gorivu

Ogrjevno tijelo – uređaj (radijator) koji toplinu koju dobije od nosioca topline (tople vode) prenosi na okoliš

Pasivna kuća – građevina bez aktivnog sustava za zagrijavanje konvencionalnim izvorima energije i minimalnim gubicima topline zbog visokog nivoa toplinske izolacije. Godišnja potrošnja toplinske energije je manja od 15 kWh/m²

Potlak – tlak koji je manji od okolišnog tlaka

Pretlak – tlak koji je veći od okolišnog

Primarna energija – energija sadržana u nosiocu energije - energentu (nafta, plin, ugljen, drvo)

Prirodna ventilacija - ventilacija kod koje se zrak u prostoru izmjenjuje prirodnim silama tj. zbog efekta dimnjaka (temperaturne razlike zraka) i energije vjetra tj. bez uporabe mehaničkih i drugih sličnih uređaja

Projektna temperatura (zimsko ili ljetno) – vrijednost temperature vanjskog zraka za pojedinu lokaciju koja se uzima u obzir prilikom proračuna toplinskih i rashladnih opterećenja, tj. kapaciteta sustava grijanja ili hlađenja

Prolaz topline – predstavlja toplinski tok koji prelazi s nekog fluida na krutu stjenku te sa stjenke na drugi fluid i računa se uz poznavanje koeficijenta prolaza topline U i površine A preko koje se prolaz topline odvija

Provođenje topline - je pored zračenja i konvekcije jedan od načina izmjene topline. Prilikom procesa provođenja izmjenjuje se toplina između dvaju krutih tijela u dodiru. Proces se odvija se pod utjecajem temperaturnog gradijenta.

Rekuperacija topline – iskorištavanje otpadne topline

Sekundarna energija - energija dobivena energetsom pretvorbom (transformacijom) iz primarne energije (primjerice, to je eklektična energija dobivena iz ugljena u termoelektrom, na pragu te elektrane)

Snaga P (W) – rad izvršen u jedinici vremena

Solarni kolektor – uređaj koji prikuplja sunčevu energiju za pripremu PTV-a i/ili grijanje

Specifični toplinski kapacitet c (kJ/kgK) – predstavlja količinu topline Q koja masu m od 1 kg zagrije za 1K

Split sustav – uređaj za hlađenje/grijanje zraka koji se sastoji od vanjske jedinice u kojoj su smješteni kondenzator i kompresor, te od unutarnje jedinice u kojoj su smješteni isparivač i prigušni ventil

Staklenički plinovi – plinovi koji apsorbiraju infracrvene zrake, prirodni ili sintetički, koji uglavnom u atmosferu dopijevaju emisijom plinova (npr. izgaranjem fosilnih goriva), a djelomično nastaju u atmosferi kemijskim reakcijama

Stupanj dan - umnožak broja dana grijanja s temperaturnom razlikom između dogovorene unutarnje temperature zraka (dogovoreno 20°C) i temperature vanjskog zraka pri čemu se u račun uzimaju samo oni dani u godini kod kojih je temperatura zraka niža od 12°C (dogovor)

Stupanj djelovanja – omjer korisno dobivenog rada ili snage i utrošenog rada ili snage

Svjetlo – medij koji omogućuje vizualnu percepciju

Termostatski ventil – radijatorski ventil koji regulira temperaturu prostorije na način da upravlja protokom ogrjevnice vode kroz radijator

Tlačna ventilacija – ubacivanje vanjskog zraka u prostor koji se ventilira
Termoelektrana – postrojenje u kojem električnu energiju dobivamo izgaranjem fosilnih goriva

Toplinska ugodnost – stanje svijesti kojim izražavamo zadovoljstvo s toplinskim stanjem okoliša

Toplinsko – izolacijski materijal – materijal sa malim koeficijentom toplinske provodljivosti

Toplinski dobici prostora – količina topline koja ulazi u hlađeni prostor iz vanjskih izvora (kao npr. sunčevo zračenje) ili se predaje prostoru od unutarnjih izvora topline (kao npr. metabolički dobici uslijed boravka ljudi u prostoru, toplina koju oslobađaju rasvjetna tijela i električni uređaji) u promatranom vremenskom intervalu

Toplinski most – manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela

Toplinski tok – predstavlja prenesenu količinu topline u jedinici vremena

Transmisijski toplinski gubici – gubici topline nastali provođenjem topline kroz ovojnicu zgrade prema okolini i tlu, te prema okolnim prostorima s različitim toplinskim opterećenjem

Transpiracija – proces izlučivanja vode u obliku vodene pare s površine ljudskog organizma

Trigeneracija (ili poligeneracija) – istovremena proizvodnja električne, toplinske i rashladne energije

Učinkovitost, iskoristivost – predstavlja odnos dobivene količine topline ili toplinskog toka i utrošene količine topline ili unesenog toplinskog toka

Ventilacija – proces dobave i odvođenja zraka prirodnim ili mehaničkim putem u ili iz prostora

Ventilacijski toplinski gubici – nastaju zbog prodora vanjskog zraka kroz prozore i vrata

Vjetrogenerator – autonomna jedinica za proizvodnju električne energije iz energije vjetra koja se sastoji od vjetroturbine i generatora

Vjetroturbina – uređaj za proizvodnju električne energije iz kinetičke energije vjetra

Zračenje - je pored konvekcije i provođenja topline jedan od načina izmjene topline. Prilikom procesa zračenja toplina se izmjenjuje elektromagnetskim valovima

Zrakopropusnost zgrada – metodom stvaranja potlaka mjeri se tok zraka kroz konstrukciju izvana prema unutra ili suprotno, a na brzi način ustanovljuje stanje ovojnice