



**REPUBLIKA HRVATSKA**  
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA  
I PROSTORNOGA UREĐENJA

# **STUDIJA PRIMJENJIVOSTI ALTERNATIVNIH SUSTAVA**

## **Elementi za izradu Elaborata alternativnih sustava opskrbe energijom**

**Zagreb, rujan 2014.**



# SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	3
SAŽETAK STUDIJE.....	5
I DIO – ELABORAT.....	11
1. UVOD.....	12
2. ZAHTJEVI DIREKTIVE 2010/31/EU (EPBD II) U DIJELU PRIMJENE ALTERNATIVNIH SUSTAVA U ZGRADAMA.....	13
3. POSTUPAK PROVEDBE ANALIZE ZA IZRADU ELABORATA NOVIH I POSTOJEĆIH ZGRADA.....	17
3.1. Zahtjevi i postupak.....	17
3.1.1. Arhitektonsko građevinski projekt – toplinske karakteristike vanjske ovojnice zgrade.....	18
3.2. Elementi elaborata.....	22
3.3. Pojmovi i definicije pojedinih veličina korištenih u postupniku za energetsku ocjenu sustava.....	23
3.4. Postupak proračuna primarne energije.....	26
3.4.1. Primarna energija za grijanje i PTV.....	27
3.4.2. Primarna energija za hlađenje.....	29
3.4.3. Primarna energija za rasvjetu.....	30
3.4.4. Ukupna primarna energija.....	30
3.5. Izračun koeficijenta utroška sustava $e_p$ .....	31
3.5.1. Računski postupak.....	31
3.5.2. Proračun putem dijagrama za tipske sustave.....	32
3.6. Postupnik za energetsku ocjenu sustava.....	36
3.6.1. Opis postupka.....	36
3.6.2. Obrazac za unos podataka.....	40
3.7. Primjer korištenja postupnika za provedbu analize primjene alternativnih sustava.....	43
II DIO – PODLOGE ZA IZRADU ELABORATA.....	49
4. PODJELA ZGRADA PREMA VELIČINI I NAMJENI.....	50
4.1. Nestambene zgrade.....	51
5. KLIMATSKE ZONE I PROJEKTNI PARAMETRI.....	52
5.1. Meteorološke podloge.....	52
5.2. Projektni parametri.....	53
5.2.1. Unutarnja projektna temperatura grijanja.....	53
5.2.2. Projektna vanjska temperatura zraka.....	53
6. MJERE ZA ZADOVOLJAVANJE ENERGETSKIH ZNAČAJKI ZGRADA.....	53
6.1. Energetski koncept i integralni pristup projektiranju.....	53
6.2. Karakteristike lokacije.....	56
6.3. Toplinska zaštita zgrade.....	56
7. MJERE U PODRUČJU TOPLINSKE ZAŠTITE ZGRADA.....	57
7.1. Postojeće zgrade.....	57
7.2. Nove zgrade.....	61
7.3. Materijali i izvedbe.....	62
7.3.1. Pregled toplinsko izolacijskih materijala.....	63
7.3.2. Prozori, vanjska vrata, staklena pročelja.....	66
7.3.3. Toplinski mostovi.....	71
7.3.4. Zaštita od Sunca.....	71
7.3.5. Integracija elemenata za korištenje obnovljivih izvora energije (OIE) u konstruktivne elemente zgrade.....	72
8. MJERE U PODRUČJU SLOŽENIH TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA.....	75
8.1. Kotlovnice.....	75

8.2.	Sustavi grijanja.....	76
8.3.	Klimatizacija.....	76
8.4.	Ventilacija, grijanje i hlađenje zraka .....	77
8.5.	Rekuperacija .....	77
8.6.	Prirodno provjetranje.....	77
8.7.	Priprema potrošne tople vode.....	77
8.8.	Alternativni sustavi za opskrbu energijom .....	77
8.8.1.	Biomasa .....	79
8.8.2.	Sunčani sustavi za grijanje i PTV .....	83
8.8.3.	Fotonaponski sustavi.....	90
8.8.4.	Energija vjetra .....	93
8.8.5.	Kogeneracija.....	95
8.8.6.	Daljinsko/blokovsko grijanje .....	97
8.8.7.	Dizalice topline .....	97
8.8.8.	Apsorpcijske dizalice topline .....	100
8.8.9.	Izravno korištenje topline okoline.....	105
9.	MJERE U PODRUČJU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....	108
10.	PRILOZI.....	117
10.1.	METEOROLOŠKI PODACI.....	117
10.2.	OGRJEVNE VRIJEDNOSTI.....	118
10.3.	PRETVORBENI FAKTORI .....	119
10.4.	SREDNJA GODIŠNJA SUMA GLOBALNOG SUNČEVOG ZRAČENJA ..	120
10.5.	GEOTERMALNA ENERGIJA.....	121
10.6.	PRIRODNI PLIN U RH.....	122
11.	POPIS SLIKA I TABLICA.....	125
11.1.	POPIS SLIKA .....	125
11.2.	POPIS TABLICA.....	125
12.	LITERATURA.....	127

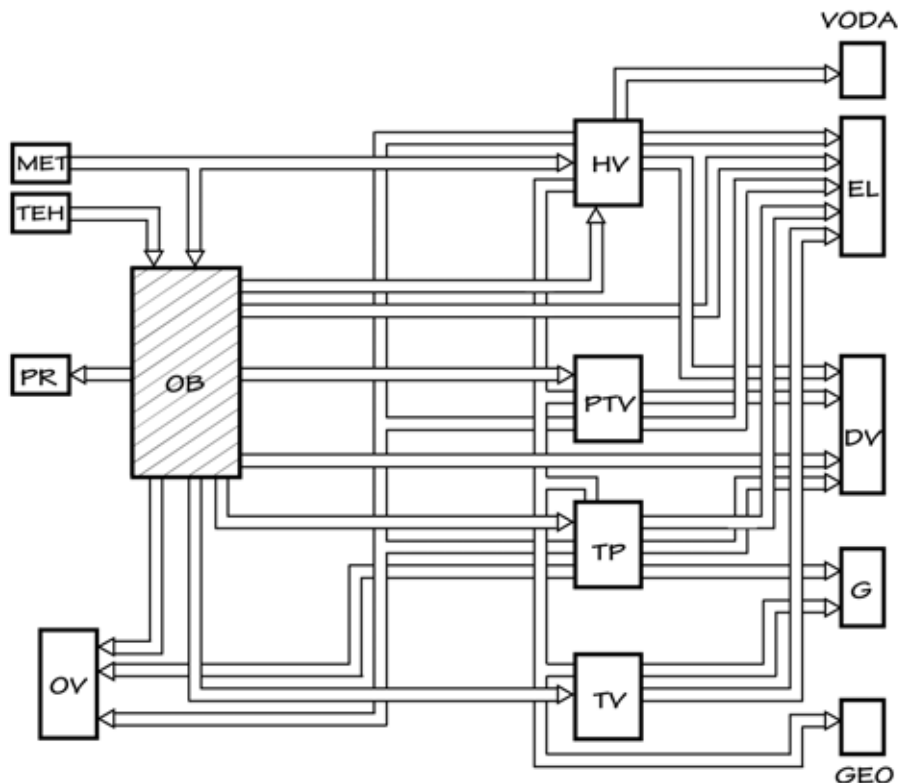
## SAŽETAK STUDIJE

Prema važećem Zakonu o gradnji (NN 153/13) projektant je dužan prije izrade glavnog projekta zgrade kojim se ispunjavaju zahtjevi energetske učinkovitosti izraditi Elaborat alternativnih sustava opskrbe energijom i predati ga investitoru. Elaborat se izrađuje na temelju ove studije.

Za zgrade s ploštinom korisne površine 50 m<sup>2</sup> i veće koje moraju ispuniti zahtjeve energetske učinkovitosti i koje se griju na unutarnju temperaturu  $\geq 18$  °C izrađuje se elaborat tehničke, ekološke i gospodarske izvedivosti alternativnih sustava opskrbe energijom, i to, decentraliziranih sustava opskrbe energijom korištenjem obnovljivih izvora energije, kogeneracijskih sustava, daljinskog ili blokovskog grijanja ili hlađenja, sustava s dizalicama topline. Iznimno, elaborat se ne izrađuje ukoliko je u projektu zgrade primijenjeno neko od rješenja alternativnih sustava opskrbe energijom, ukoliko godišnja potreba za toplinskom energijom za grijanje zgrade po jedinici ploštine korisne površine zgrade u kojoj se održava kontrolirana temperatura ne prelazi  $Q''_{H,nd} = 25 \text{ kWh}/(m^2a)$ , ili ukoliko se najmanje 70 % potrebne toplinske energije za grijanje podmiruje iz obnovljivih izvora energije, te za zgradu kod koje se više od polovice toplinskih gubitaka nadoknađuje unutarnjim izvorima topline iz tehnološkog procesa. Elaborat se izrađuje na temelju podataka iz Studije primjenjivosti alternativnih sustava, a podaci iz elaborata služe za izradu glavnog projekta.

Zgrada kao objekt analize mora zadovoljiti svoju namjenu što se ostvaruje odgovarajućim arhitektonsko građevinskim svojstvima vanjske ovojnice i unutrašnjih prostora, a čime su ujedno definirani gubici odnosno dobiti topline koje treba namiriti (dovesti ili odvesti), a kako bi se održalo potrebno mikroklimatsko stanje unutar objekta. Uz ovo, u bilancu ulaze i pojedini tehnološki procesi koji se odvijaju u zgradi. Ostvarenje traženih mikroklimatskih uvjeta postiže se različitim složenim termotehničkim sustavima (STS) grijanja, klimatizacije, ventilacije i hlađenja i njihovim kombinacijama, te rasvjetom.

STS-i značajni su potrošači energije i medija. Veliki broj međusobnih interakcija koji se u njima odvija predstavlja problem prilikom izbora pojedinih varijanti u smislu smanjenja investicijskih i pogonskih troškova te zaštite okoliša. Kod realizacije STS-a zadatak je projektanta da uz što prihvatljiviju cijenu investicije udovolji zahtjevima koji su na sustav postavljeni, a isti osmisli tako da ostvaruje svoju funkciju uz što niže troškove. Zahtjev STS-a glede energije i medija vrlo je velik te se prije donošenja konačne odluke o izboru opreme mora provesti analiza određenog broja mogućih rješenja. Analiza mora obuhvatiti sve izvore energije i medija koji su na raspolaganju kao i različite varijante STS-a vodeći računa da se postavljeni zahtjevi ostvare. Ovo se dobrim dijelom odnosi i na izbor tehnologija koje se u zgradi odvijaju. Na slici 1. dani su tokovi energije i medija STS-a.



**Slika 1: Složeni termotehnički sustav (STS)**

Zgrada (objekt - OB) predstavlja centralni dio STS-a koji potražuje određene količine energije i medija u obliku toplinske i rashladne energije, vode, tople vode i potrošne tople vode, zraka, pare. Potrebnu energiju i medije osiguravaju mu davaoci koji za realizaciju potražuju određene količine energije i medija iz izvora. Iz zgrade izlaze otpadne topline i mediji. Parametri koji definiraju potrebe zgrade su meteorološki podaci na lokaciji i tehnološki procesi koji se u zgradi odvijaju.

**a. Ulazni parametri za zgradu**

- Tehnološki proces definiran je namjenom zgrade (TEH)
- Meteorološki podaci (MET)

Meteorološki podaci unose se kao mjesečni podaci karakteristične godine za područje u kojem se zgrada nalazi. To su vlaga, temperatura, brzina vjetra, podaci o sunčevom zračenju. Oblikovanje podataka za karakterističnu godinu je definirano.

**b. Unutrašnji parametri zgrade (OB)**

Struktura zgrade definirana je njegovom ovojnicom, unutrašnjim prostorima (zidovi, krov, ostakljenja, zone) i orijentacijom na danoj lokaciji. Temeljem ovih podataka računaju se

po mjesecima godišnja potrošnja energije i maksimalna toplinska i rashladna opterećenja te potrebe za medijima.

#### c. Davaoci (elementi STS-a)

Na osnovi tehnoloških parametara i unutrašnjih parametara dobivaju se potrebne količine energije i medija za zgradu koje moraju namiriti različiti podsustavi;

- Hladna voda (HV) za potrebe hlađenja i tehnologije
- Topla voda (TV) za potrebe grijanja i tehnologije
- Para (TP) za potrebe tehnologije
- Potrošna topla voda (PTV) za različite potrebe

Davaoci za svoj rad potražuju određene količine energije i medija iz pojedinih izvora.

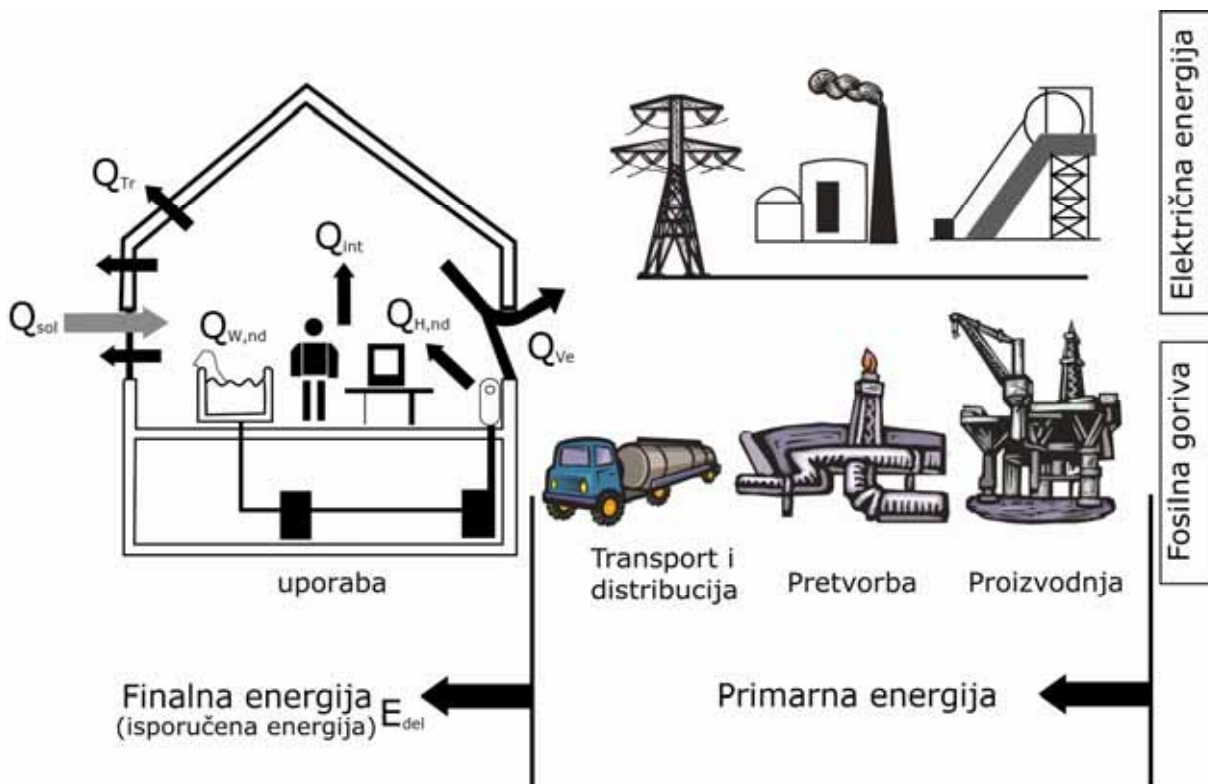
#### d. Izvori

- Riječna voda (npr. SAVA)
- Električna energija (EL)
- Doknadna voda (DV)
- Geotermalna energija (GEO)
- Goriva (G), tu se podrazumijevaju i obnovljivi izvori

#### e. Izlazni parametri iz zgrade

- Proizvod (PR) bez obzira na oblik (apstraktan ili konkretan)
- Otpadne topline i mediji (OV)

Studija omogućava izbor davaoca za složeni termotehnički sustav koji će zadovoljiti zahtjeve za energetske svojstvo zgrade odabirom elemenata i podsustava koji će povezani u cjelinu ostvariti tražene parametre za zgradu, uz moguću primjenu alternativnih sustava. Analizu se mora raditi preko satnih ili mjesečnih potreba karakteristične godine te je prikazati za svaku analiziranu varijantu preko potrebne primarne energije i poduprijeti s ekonomskom analizom kroz troškove investicije, te odrediti emisiju CO<sub>2</sub>. Provedena tehnička, ekološka i ekonomska analiza i rezultati prikazuju se elaboratom koji je sastavni dio glavnog projekta.



Slika 2. Isporučena energija i primarna energija za zgradu

Na sl. 2 prikazani su osnovni energetske tokovi zgrade i moguće pretvorbe energije od primarne do konačne. Pri tome treba razlikovati slijedeće osnovne pojmove:

**Toplinsko opterećenje objekta (kW)**, predstavlja potrebnu snagu uređaja za podmirenje transmisijskih toplinskih gubitaka i toplinskih gubitaka zbog provjetravanja;

**Godišnja isporučena energija, E<sub>del</sub> [kWh/a]**, jest energija dovedena tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetske potrebe za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu, rasvjetu, svih gubitaka sustava te pogon pomoćnih sustava (pumpe, regulacija itd.);

**Godišnja primarna energija, E<sub>prim</sub> [kWh/a]**, jest računski određena količina energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta nijednom postupku pretvorbe;

Proračun se provodi prema važećem Tehničkom propisu kojim se propisuju tehnička svojstva za sustave grijanja i hlađenja u zgradama (TPSGHZ), Tehničkom propisu kojim se propisuju tehnički zahtjevi u pogledu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite u zgradama (TPRUETZZ) i prema Pravilniku kojim se propisuje energetske pregled zgrade i energetske certificiranje (PEPZEC).

Postupak izrade Elaborata započinje određivanjem toplinskog opterećenja zgrade (potrebne topline za grijanje i hlađenje) koje uključuje transmisijske gubitke i gubitke zbog



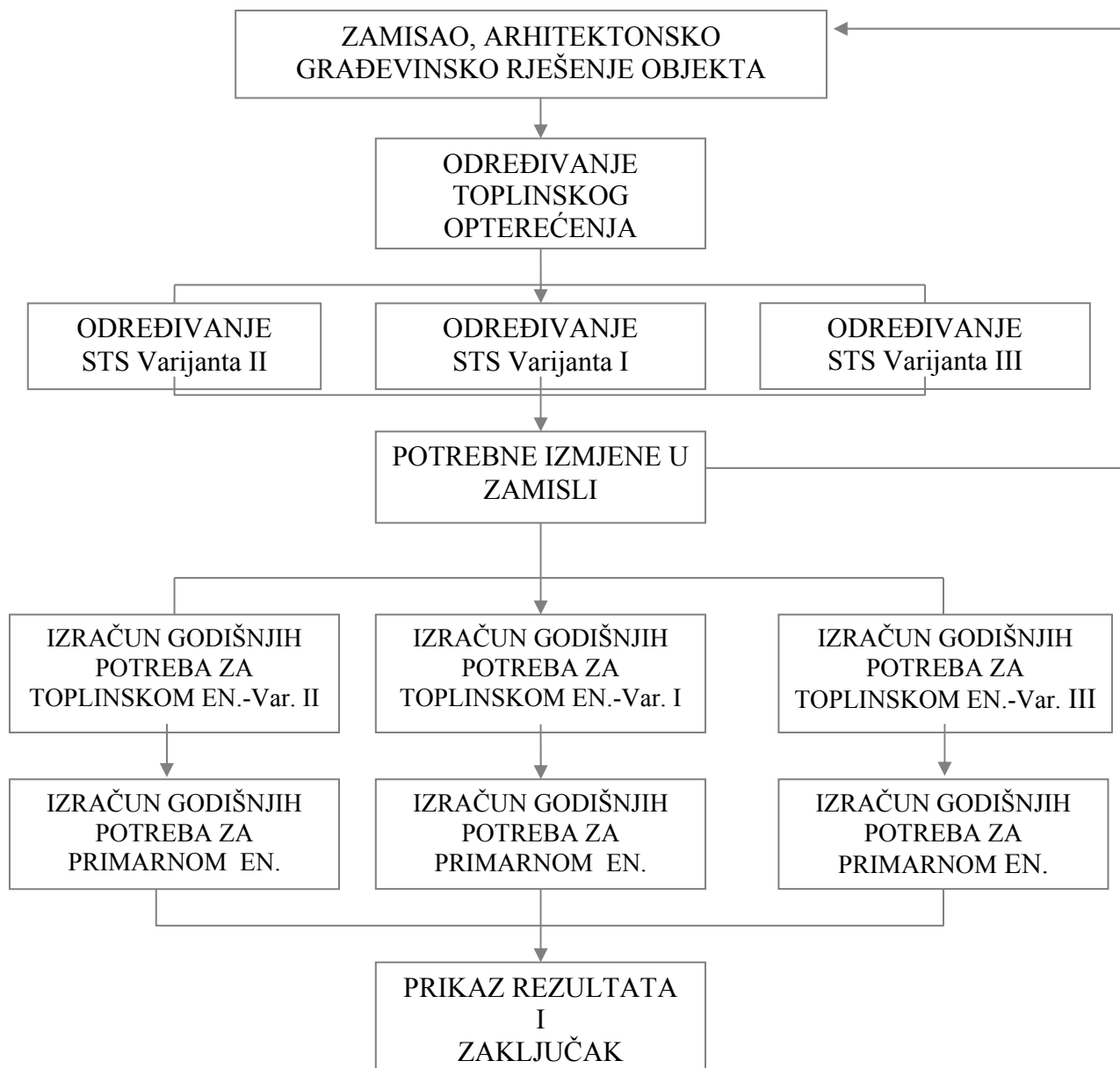
provjetravanja, umanjene za toplinske dobitke, za odabrano arhitektonsko-građevinsko rješenje i to kod standardne vanjske i unutrašnje temperature.

Za zgradu se zatim definiraju termotehnički sustavi grijanja, hlađenja, ventilacije, potrošne tople vode i rasvjete te eventualni dodatni parametri energetske potrošnje. Pri tome se analiziraju varijante u kojima se koriste alternativni sustavi. Ukoliko predviđene varijante zahtijevaju izmjene u arhitektonsko građevinskom rješenju iste se provode u suradnji s nositeljima arhitektonsko-građevinskog rješenja i za novo rješenje se ponavlja proračun toplinskog opterećenja (vidi dijagram toka, slika 3). Na temelju vršnih opterećenja određuju se nazivne snage uređaja termotehničkih sustava odnosno vrši se izbor opreme.

Za svaki se pojedini sustav potom određuju, a prema priloženoj tablici u poglavlju 3. potrebna toplinska energija za grijanje, provjetravanje, ventilaciju i hlađenje za stvarne klimatske podatke po mjesecima, zatim toplina za pripremu potrošne tople vode, gubici samih izvora topline i gubici transporta medija nosioca topline te potrebna električna energija za rad pomoćnih uređaja termotehničkih sustava. Elementi termotehničkih sustava grupiraju se prema izvoru energije (plin, el. energija, tekuće gorivo, kruto gorivo) te se određuje ukupna potrebna isporučena energija po energentu i skupno. Koristeći faktore primarne energije (poglavlje 3.) određuje se potrebna godišnja primarna energija za objekt, koeficijent utroška sustava i emisija CO<sub>2</sub>. Na osnovi izabranih komponenata termotehničkih sustava radi se ekonomska analiza investicijskih troškova i ako je moguće izračun povrata investicije.

Ova studija sadrži 12 poglavlja od kojih prva tri donose postupak izrade elaborata i prikaz rezultata analize s primjerima. Za pomoć u radu ostala poglavlja obrađuju problematiku koju je neophodno poznavati pri izradi Elaborata. U njima korisnik može naći niz podataka za osmišljavanje arhitektonsko-građevinskog dijela i strojarskog odnosno elektroenergetskog dijela. Za provedbu postupka načelni pristup dan je u normi HRN EN 15603:2008 pa se jedan dio predloženih postupaka koristi i za potrebe ove studije. Detaljni opis postupka proračuna dan je u Algoritmima koji su sastavni dio Metodologije provođenja energetskih pregleda građevina.

U prilogu su dani meteorološki podaci, podaci o gorivima i u dvanaestom poglavlju dan je popis literature.



**Slika 3. Dijagram toka izrade elaborata**

## I DIO - ELABORAT

# 1. UVOD

Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada 2002/91/EC (EPBD I) i njena novelacija Direktiva o energetske učinkovitosti zgrada 2010/31/EU (EPBD II) donesena je s ciljem uštede energije u zgradama, promocije energetske učinkovitosti i smanjenja emisije ugljičnog dioksida. Direktiva utvrđuje zahtjeve za poboljšanje energetske učinkovitosti:

- uspostavu općeg okvira za metodologiju proračuna energetske učinkovitosti zgrada
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za nove zgrade
- primjenu minimalnih zahtjeva energetske učinkovitosti za postojeće zgrade prilikom značajne obnove zgrada
- povećanje broja zgrada gotovo nulte energije
- energetske certificiranje zgrada
- redovite preglede sustava grijanja i klimatizacije u zgradama
- neovisne sustave kontrole energetskih certifikata i izvješća o pregledu

Implementacija EPBD I i EPBD II u hrvatsko zakonodavstvo i ciljevi zaštite okoliša stvorili su važan okvir za uvođenje energetske mjere za nove zgrade, energetske obnovu postojećih i gradnju suvremenih, zgrada gotovo nulte energije i konačno energetske certificiranje zgrada. Proces energetske certificiranja zgrada donosi niz ključnih promjena koje će značajno utjecati na podizanje kvalitete gradnje, osuvremenjivanje postojećih zgrada, povećanje standarda i komfora u zgradama, smanjenje troškova održavanja zgrada, primjenu inovativnih tehnologija i rješenja, razvoj integralnog pristupa projektiranju i dugoročni pristup analizi zgrade uzimajući u obzir cijeli njen životni vijek.

Ova studija temelji se na TPRUETZZ, izrađena je u skladu s projektnim zadatkom „PROJEKTI ZADATAK ZA IZRADU STUDIJE PRIMJENJIVOSTI ALTERNATIVNIH IZVORA ENERGIJE KOD NOVIH I POSTOJEĆIH ZGRADA“ i namijenjena je projektantima kao pomoć za izradu elaborata tehničke, ekološke i ekonomske izvedivosti alternativnih sustava opskrbe energijom kao što su:

- Decentralizirani sustavi za opskrbu energijom na temelju obnovljivih energenata
- Kogeneracija
- Daljinsko/blokovsko grijanje ili daljinsko/blokovsko hlađenje
- Dizalice topline pod određenim uvjetima

Studija daje pregled svih mjera za zadovoljavanje energetske svojstva zgrada te definira postupke i način prikaza rezultata analize moguće primjenjivih alternativnih sustava za grijanje, hlađenje, klimatizaciju, ventilaciju i pripremu potrošne tople vode s ciljem ispunjenja zahtjeva u pogledu energetske svojstva zgrade. Pod alternativnim se sustavom opskrbe energijom smatra svaki oblik energije koji je jeftiniji (gledano kroz povrat investicije i troškove eksploatacije) i kojim se

djelomično ili u potpunosti zamjenjuju fosilna goriva i električna energija ili se mijenjaju njihovi udjeli u ukupnoj potrošnji energije objekta. Pri tome se prednost daje obnovljivim izvorima energije.

## **2. ZAHTJEVI DIREKTIVE 2010/31/EU (EPBD II) U DIJELU PRIMJENE ALTERNATIVNIH SUSTAVA U ZGRADAMA**

Osnovni cilj Direktive 2010/31/EU (EPBD II) je obvezati 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 energetske potencijal u postojećem fondu zgrada. Nove zgrade moraju biti građene tako da udovoljavaju zadanim minimalnim zahtjevima energetske učinkovitosti. Za zgrade s ploštinom korisne površine 50 m<sup>2</sup> i veće koje moraju ispuniti zahtjeve energetske učinkovitosti i koje se griju na unutarnju temperaturu  $\geq 18$  °C mora se istražiti isplativost primjene alternativnih energetske sustava baziranih na decentralnim sustavima obnovljivih izvora energije, daljinskom/blokovskom grijanju i/ili hlađenju naročito ako se baziraju na obnovljivim izvorima energije, na sustavima kogeneracije, te dizalicama topline i sl. uz pretpostavku da je potrebna energija za grijanje i hlađenje svedena na troškovno optimalnu razinu. Elaborat je obavezan prilog projektnoj dokumentaciji i mora biti dostupan za provjeru nadležnim tijelima. Analiza alternativnih sustava može se provesti za pojedinačnu zgradu ili grupu sličnih zgrada ili sličnu tipologiju zgrada na istom području, ili za sve zgrade povezane na isti daljinski/blokovski sustav. Kod postojećih zgrada koje planiraju značajnu obnovu zgrada kojom se unaprjeđuje njihova energetska učinkovitost kako bi se ispunili minimalni zahtjevi energetske učinkovitosti, preporuča se korištenje visokoučinkovitih sustava koji se baziraju na alternativnim sustavima kada je to tehnički, funkcionalno i ekonomski izvedivo. Također, uvodi se obavezni redoviti pregled dostupnih dijelova sustava grijanja - proizvodnje, sustava upravljanja i cirkulacijskih crpki, za kotlove efektivne nazivne snage veće od 20 kW i obavezni redoviti pregled dostupnih dijelova sustava klimatizacije efektivne nazivne snage veće od 12 kW. Pregled uključuje ocjenu učinkovitosti i dimenzioniranja kotla i usporedbu snage kotla odnosno sustava klimatizacije sa stvarnim potrebama za energijom za grijanje ili hlađenje u zgradi. Vremenski period u kojem je obavezno provoditi pregled određuje država članica. Za kotlove efektivne nazivne snage 100 kW i veće redovni pregled se provodi svake 2 godine, a ako je energent plin pregled se provodi svake 4 godine. Minimalna preporučena mjera je osiguravanje savjeta korisnicima o zamjeni kotla, drugim promjena u sustavu grijanja i korištenju alternativnih sustava grijanja kako bi se ocijenila učinkovitosti i odredila potrebna snaga sustava grijanja. Iste minimalne mjere se odnose i na sustave klimatizacije u zgradama.

Zahtjevi za povećanje energetske učinkovitosti zgrada se primjenjuju i kod postojećih zgrada kada se provodi značajna obnove zgrade i kada je to svedeno na troškovno optimalnu

razinu. Iz tog razloga potrebno je odrediti koji su minimalni zahtjevi energetske učinkovitosti za obnovljene dijelove ovojnice i tehničke sustave zgrade. Obnovu postojećih zgrada potrebno je usmjeravati prema zgradama gotovo nulte energije.

EPBD I se u RH počela implementirati kroz Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07) na temelju Akcijskog plana za implementaciju EPBD I izrađenog u MZOPUG tijekom 2007. Krovni zakon za daljnju implementaciju EPBD I i EPBD II je Zakon o učinkovitom korištenju energije u neposrednoj potrošnji (NN 152/08, 55/12, 101/13 i 14/14), te od 1. siječnja 2014. Zakon o gradnji (NN 153/13) i prateći tehnički propisi i pravilnici. Osnovni su: Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada (NN 110/08, 89/09, 79/13 i 90/13) i Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada (NN 97/14.), Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja u zgradama (NN 110/08), Pravilnik o energetske pregledima građevine i energetske certificiranju zgrada (NN 81/12, 29/13 i 78/13), Pravilnik o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju (NN 48/14), Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetske certificiranje zgrada (NN 81/12, 64/13), Pravilnik o kontroli energetskih certifikata zgrada i izvješća o energetske pregledima građevina (NN 81/12 i 79/13), Pravilnik o uvjetima i načinu izdavanja potvrde hrvatskim državljanima i pravnim osobama za ostvarivanje prava pružanja usluga regulirane profesije energetske certificiranja i energetske pregleda zgrade u državama ugovornicama Ugovora o Europskom ekonomskom prostoru (NN 47/14.), Metodologija provođenja energetskih pregleda građevina i Algoritam za izračun energetskih svojstava zgrada.

Ova studija je podloga projektantima kao pomoć u izradi elaborata o tehničkoj, ekološkoj i ekonomskoj primjenjivosti alternativnih sustava opskrbe energijom i napravljena je u skladu s člancima 6. i 7. EPBD II odnosno sukladno zahtjevima tehničkih propisa i pravilnika donesenih na osnovi nje.

#### *Članak 6. EPBD II*

##### **„Nove zgrade**

1. Države članice poduzimaju potrebne mjere kako bi osigurale da nove zgrade ispune minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti određene u skladu s člankom 4.

Države članice osiguravaju da se kod novih zgrada prije početka gradnje razmotri i uzme u obzir tehnička, okolišna i gospodarska izvedivost visokoučinkovitih alternativnih sustava, poput onih koji su navedeni u nastavku, ako su oni raspoloživi:

- (a) decentralizirani sustavi opskrbe energijom na temelju energije iz obnovljivih izvora;
- (b) kogeneracija;

(c) daljinsko ili blokovsko grijanje ili hlađenje, posebno ako se u cijelosti ili djelomično temelji na energiji iz obnovljivih izvora;

(d) dizalice topline.

2. Države članice osiguravaju da se analiza alternativnih sustava iz stavka 1. dokumentira i bude raspoloživa u svrhu provjere.

3. Ta se analiza alternativnih sustava može provesti za pojedinačne zgrade ili skupine sličnih zgrada ili za zgrade zajedničke tipologije na istom području. Što se tiče skupnih sustava grijanja i hlađenja, analiza se može provesti za sve zgrade koje su povezane na sustav na istom području.“

### *Članak 7. EPBD II*

#### **„Postojeće zgrade**

Države članice poduzimaju potrebne mjere kako bi osigurale da se prilikom značajne obnove zgrada unaprijedi energetska učinkovitost čitave zgrade ili obnovljenog dijela zgrade kako bi se ispunili minimalni zahtjevi energetske učinkovitosti u skladu s člankom 4., u mjeri u kojoj je to tehnički, funkcionalno i gospodarski izvedivo.

Ti se zahtjevi primjenjuju na čitavu obnovljenu zgradu ili građevinsku cjelinu. Zahtjevi se osim toga, ili umjesto toga, mogu primjenjivati i na obnovljene građevinske elemente.

Države članice osim toga poduzimaju potrebne mjere kako bi osigurale da se kod naknadne ugradnje ili zamjene građevinskog elementa koji čini dio ovojnice zgrade i koji ima značajan utjecaj na energetska učinkovitost ovojnice zgrade ispune minimalni zahtjevi energetske učinkovitosti za građevinski element, u mjeri u kojoj je to tehnički, funkcionalno i gospodarski izvedivo.

Države članice te minimalne zahtjeve energetske učinkovitosti utvrđuju u skladu s člankom 4.

Države članice potiču da se u slučaju zgrada koje se podvrgavaju značajnoj obnovi razmotre i uzmu u obzir visokoučinkoviti alternativni sustavi, kako je navedeno u članku 6. stavku 1., u mjeri u kojoj je to tehnički, funkcionalno i gospodarski izvedivo.“

Općeniti okvir za izračun energetske učinkovitosti zgrada prema EPBD II (Annex I) zasniva se na izračunatoj ili stvarnoj godišnjoj potrošnji energije kako bi se zadovoljile različite potrebe s obzirom na tipično korištenje zgrade i koje će prikazati potrebe za energijom za grijanje i hlađenje (energija potrebna da se izbjegne pregrijavanje) kako bi se ostvarili predviđeni temperaturni uvjeti u zgradi te potrebe za potrošnom toplom vodom. Metodologija mora uključiti Europske norme i biti

u skladu s relevantnim zakonodavstvom, uključujući i Direktivu 2009/28/EC o promociji korištenja obnovljivih izvora energije.

Energetska svojstva zgrade trebaju biti transparentno izražena i uključuju iskazivanje indikatora potrošnje energije i numerički indikator primarne energije prema faktorima primarne energije za pojedini energent (određenima prema nacionalnim ili regionalnim godišnjim prosjecima ili prema specifičnoj vrijednosti za proizvodnju na lokaciji).

Metodologija mora obuhvatiti najmanje slijedeće elemente:

- stvarne toplinske karakteristike zgrade uključujući i njezine unutarnje pregrade
  - Toplinski kapacitet
  - Toplinsku izolaciju
  - Pasivno grijanje
  - Elemente za hlađenje
  - Toplinske mostove
- Postrojenja za grijanje i opskrbu toplom vodom, uključujući i njihovu izolaciju
- Uređaje za kondicioniranje zraka
- Prirodnu i mehaničku ventilaciju što može uključivati i zrakopropusnost
- Rasvjetu (uglavnom kod nestambenog sektora)
- Oblikovanje, položaj i orijentaciju zgrade, uključujući i vanjske klimatske uvjete
- Pasivne solarne sustave i zaštitu od direktnog zračenja Sunca
- Unutarnje klimatske uvjete uključujući i zahtjeve definirane projektom
- Unutarnje opterećenje



## 3. POSTUPAK PROVEDBE ANALIZE ZA IZRADU ELABORATA NOVIH I POSTOJEĆIH ZGRADA

### 3.1. Zahtjevi i postupak

Polazeći od činjenice da su zgrade i sustavi u njima integralno rješenje arhitektonske, građevinske, strojarske i elektrotehničke struke i da svaka grupa koja nudi određeno rješenje za zgradu na osnovi projektnog zadatka, postavlja koncepciju koja će se realizirati kroz ideju odnosno glavni projekt, predloženo se rješenje smatra osnovnim za daljnju analizu. Projekt zgrade mora biti usklađen sa zahtjevima TPRUETZZ. Projektanti koji nude određeno rješenje moraju isto izraditi u skladu s navedenim TPRUETZZ, propisanim normama i drugim tehničkim specifikacijama navedenim u TPRUETZZ, Algoritmu ili poznatim iz dobre inženjerske prakse.

Zahtjevi za nove i postojeće zgrade kod značajne obnove u smislu uštede energije i toplinske zaštite:

1. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, odnosno po jedinici obujma grijanog dijela zgrade,
2. najvećom dopuštenom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade,
3. najvećim dopuštenim koeficijentom transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici ploštine ovojnice grijanog dijela zgrade,
4. sprječavanjem pregrijavanja prostorija zgrade zbog djelovanja sunčeva zračenja tijekom ljeta,
5. dopuštenom zrakopropusnosti ovojnice zgrade,
6. najvećim dopuštenim koeficijentima prolaska topline pojedinih građevnih dijelova ovojnice grijanog dijela zgrade i pojedinih građevnih dijelova između grijanih dijelova zgrade različitih korisnika,
7. smanjenjem utjecaja toplinskih mostova,
8. najvećom dopuštenom kondenzacijom vodene pare unutar građevnog dijela zgrade,
9. sprječavanjem površinske kondenzacije vodene pare,
10. učinkovitošću tehničkog sustava grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode,
11. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom energijom za rasvjetu zgrade, osim jednoobiteljskih i višestambenih zgrada,
12. razredom učinkovitosti sustava automatizacije i upravljanja zgrade,
13. udjelom obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji primarne energije,

Zahtjevi za nove i postojeće zgrade kod značajne obnove u smislu korištenja obnovljivih izvora energije:

- najmanje 20 % ukupne potrebne energije za rad sustava u zgradi podmireno energijom iz obnovljivih izvora energije, ili je
- udio u ukupnoj finalnoj energiji za grijanje i hlađenje zgrade i pripremu potrošne tople vode dobiven na jedan od sljedećih načina:
  1. najmanje 25 % iz sunčeva zračenja,
  2. najmanje 30 % iz plinovite biomase,
  3. najmanje 50 % iz čvrste biomase,
  4. najmanje 70 % iz geotermalne energije,
  5. najmanje 50 % iz topline okoline,
  6. najmanje 50 % iz kogeneracijskog postrojenja s visokom učinkovitošću u skladu s posebnim propisom, ili je
- 50 % energetske potrebe zgrade podmireno iz daljinskog grijanja koje ispunjava zahtjev ili je
- godišnja potrebna toplina za grijanje zgrade izračunata po jedinici ploštine korisne površine zgrade ili po jedinici obujma grijanog dijela zgrade, za najmanje 30 % niža od dopuštene vrijednosti iz članka 9., 10. odnosno 11. TPRUETZZ.

Dodatni tehnički zahtjevi dani su u TPRUETZZ. TPRUETZZ definira i sadržaj projekata zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama. TPRUETZZ traži da se za zgrade s ploštinom korisne površine 50 m<sup>2</sup> i veće zahtjevu za izdavanje građevinske dozvole, odnosno potvrdi glavnog projekta obavezno prilaže elaborat tehničke, ekološke i ekonomske izvedivosti alternativnih sustava opskrbe energijom. Iz iznesenog proizlazi da je u elaboratu potrebno dati poseban osvrt na primijenjene alternativne sustave s tehničkim opisom i proračunima za analizirane sustave.

Da bi se dokazala tehnička, ekološka i ekonomska opravdanost primijenjenih sustava potrebno je provesti analizu iz koje su vidljive prednosti koje donose odabrana rješenja i to kroz potrebnu energiju, primarnu energiju i smanjenje emisije CO<sub>2</sub>. Ekonomsku opravdanost treba pokazati kroz cijenu investicije za pojedinu varijantu, ukoliko za to postoje dostupni podaci.

Sve varijante moraju zadovoljiti minimalne zahtjeve što znači da pojedina izračunata potrebna energija mora biti najmanje u granicama propisanim TPRUETZZ, ili bolje od toga.

### **3.1.1. Arhitektonsko građevinski projekt – toplinske karakteristike vanjske ovojnice zgrade**

Osnovna varijanta (primjer A) predstavlja polazno arhitektonsko rješenje (ili zatečeno stanje kod postojeće zgrade) s definiranom ovojnicom zgrade i namjenom prostora. Dobivena je na osnovi analize mogućih arhitektonsko-građevinskih rješenja te odabira investitora koji se je odlučio

za jednu od predloženih izvedbi. Promatrane varijante (primjeri B i C) predstavljaju modificirano osnovno arhitektonsko-građevinsko rješenje u smislu primijenjenih složenih termotehničkih sustava odnosno alternativnih izvora energije. Sve promatrane varijante moraju zadovoljiti minimalne zahtjeve TPRUETZZ.

Kako o toplinskim svojstvima vanjske ovojnice zgrade ovise toplinski gubici a time i izbor sustava opskrbe energijom, potrebno je u ranoj fazi projektiranja donijeti strateške odluke vezano na postizanje određenog nivoa toplinske zaštite, kako bi se izbjeglo predimenzioniranje sustava, te omogućila primjena alternativnih sustava. Što su manji toplinski gubici iz zgrade odnosno viši nivo toplinske zaštite, to je veća mogućnost primjene alternativnih sustava opskrbe energijom. Ovdje dolazi do izražaja potreba integralnog projektiranja i razmatranja energetskog koncepta zgrade u najranijoj fazi projektiranja. Prije same analize tehničkih sustava zgrade potrebno je u suradnji svih projekatanta donijeti odluku o nivou toplinske zaštite zgrade. Pri tome ona mora biti u skladu sa zahtjevima TPRUETZZ, ali može biti i bitno bolja, kako bi se ostvario energetski razred A ili A+. U slijedećem primjeru prikazani su rezultati proračuna za tri različita nivoa toplinske zaštite zgrade na primjeru karakteristične postojeće nestambene zgrade na lokaciji Čakovec (detalji proračuna u prilogu).

### **A / Rezultati proračuna za osnovnu varijantu I - postojeće nestambene zgrade (građene 1975. godine), zatečeno stanje**

Rezultati proračuna potrebne topline za grijanje, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više, prema HRN EN ISO 13790:2008 (prije HRN EN 832)

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m<sup>2</sup>] = 3.954,00

Obujam grijanog dijela zgrade V<sub>e</sub> [m<sup>3</sup>] = 8.552,63

Faktor oblika zgrade f<sub>o</sub> [m<sup>-1</sup>] = 0,39

Ploština korisne površine A<sub>k</sub> [m<sup>2</sup>] = 2.736,84

**Godišnja potrebna toplina za grijanje Q<sub>H,nd</sub> [kWh/a] = 560.939,86**

**Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade Q''<sub>H,nd</sub> [kW·h/m<sup>2</sup>·a] = 204,96 (max<sub>d</sub> = 61,08)**

**Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'<sub>tr,adj</sub> [W/(m<sup>2</sup>·K)] = 1,23 (max<sub>d</sub> = 0,68)**

**Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka H<sub>tr,adj</sub> [W/K] = 4.844,12**

Koeficijent toplinskog gubitka provjetranjem H<sub>ve</sub> [W/K] = 4.080,00

Ukupni godišnji gubici topline Q<sub>l</sub> [MJ] = 2.822.637,78

Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Q<sub>i</sub> [MJ] = 431.544,93

Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Q<sub>s</sub> [MJ] = 828.524,50

Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline  $Q_g$  [MJ] = 1.260.069,43

### **B / Rezultati proračuna za varijantu II postojeće nestambene zgrade (građene 1975. godine), usklađeno s TPRUETZZ**

Rezultati proračuna potrebne topline za grijanje, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više, prema HRN EN ISO 13790:2008 (prije HRN EN 832)

Oplošje grijanog dijela zgrade  $A$  [m<sup>2</sup>] = 3.954,00

Obujam grijanog dijela zgrade  $V_e$  [m<sup>3</sup>] = 8.552,63

Faktor oblika zgrade  $f_o$  [m<sup>-1</sup>] = 0,39

Ploština korisne površine  $A_k$  [m<sup>2</sup>] = 2.736,84

**Godišnja potrebna toplina za grijanje  $Q_{H,nd}$  [kWh/a] = 165.233,69**

**Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade  $Q''_{H,nd}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·a] (za stambene zgrade) = 60,36 (max<sub>d</sub> = 61,08)**

**Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade  $H'_{tr,adj}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] = 0,40 (max = 0,68)**

**Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka  $H_{tr,adj}$  [W/K] = 1.582,72**

Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem  $H_{ve}$  [W/K] = 2.380,00

Ukupni godišnji gubici topline  $Q_l$  [MJ] = 1.253.381,06

Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline  $Q_i$  [MJ] = 431.609,58

Godišnji iskoristivi solarni dobici topline  $Q_s$  [MJ] = 621.393,38

Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline  $Q_g$  [MJ] = 1.053.002,96

### **C / Rezultati proračuna za varijantu III postojeće nestambene zgrade (građene 1975. godine), usklađeno s niskoenergetskim standardom gradnje**

Rezultati proračuna potrebne topline za grijanje, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više, prema HRN EN ISO 13790:2008 (prije HRN EN 832)

Oplošje grijanog dijela zgrade  $A$  [m<sup>2</sup>] = 3.954,00

Obujam grijanog dijela zgrade  $V_e$  [m<sup>3</sup>] = 8.552,63

Faktor oblika zgrade  $f_o$  [m<sup>-1</sup>] = 0,39

Ploština korisne površine  $A_k$  [m<sup>2</sup>] = 2.736,84

**Godišnja potrebna toplina za grijanje  $Q_{H,nd}$  [kW·h/a] = 111.433,03**

**Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade**

**$Q''_{H,nd}$  [kW·h/m<sup>2</sup>·a] (za stambene zgrade) = 40,71 (max = 61,08)**

**Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade  $H'_{tr,adj}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] = 0,30 (max = 0,68)**

**Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka  $H_{tr,adj}$  [W/K] = 1.204,18**

Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem  $H_{ve}$  [W/K] = 2.026,67

Ukupni godišnji gubici topline  $Q_l$  [MJ] = 1.021.895,65

Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline  $Q_i$  [MJ] = 431.609,58

Godišnji iskoristivi solarni dobici topline  $Q_s$  [MJ] = 621.393,38

Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline  $Q_g$  [MJ] = 1.053.002,96

## 3.2. Elementi elaborata

Tekstualni dio elaborata mora sadržavati slijedeće podatke i pripadajuće tablice.

### A. Podaci za elaborat

1. Zgrada prema veličini i namjeni
2. Karakteristike lokacije zgrade – klimatska zona, meteorološki podaci, vanjska projektna temperatura, broj stupanj dana grijanja
3. Predviđeni ili postojeći sustavi za:
  - Grijanje
  - Hlađenje
  - Ventilaciju
  - Klimatizaciju
  - Pripremu potrošne tople vode (PTV)
  - Rasvjetu
4. Energenti: potrebno je navesti predviđene ili postojeće energente
  - Fosilna goriva
  - Biogoriva
5. Primijenjeni alternativni sustavi:
  - Sunčani sustavi za grijanje i PTV
  - Fotonaponski sustavi
  - Kogeneracija
  - Daljinsko grijanje/hlađenje
  - Dizalica topline, geotermalna energija i toplina okoliša (zraka, vode ili tla)

Električna energija

### B. Opis i razrada primijenjenih sustava

Potrebno je dati kratak opis primijenjenih sustava kroz:

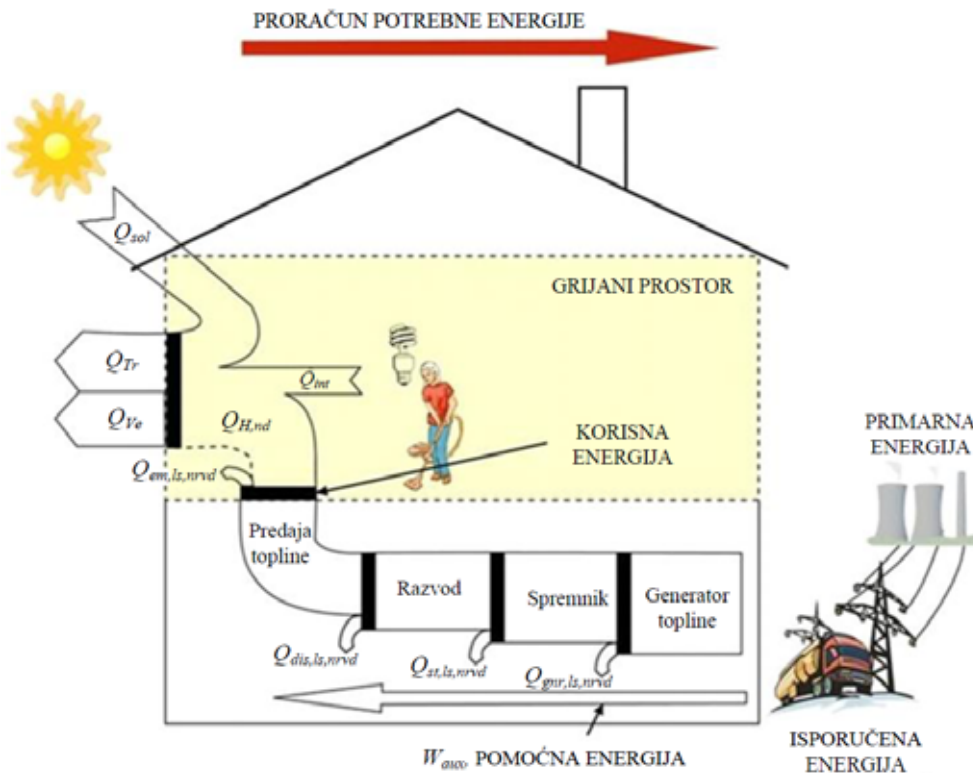
1. Toplinske karakteristike zgrade
2. Termotehničke sustave
3. Rasvjetu i druge potrošnje električne energije

### Dodatak za postojeće objekte koji podliježu mjerama

Za postojeće sustave potrebno je također navesti:

1. Potrebne sanacije u građevinskom dijelu
2. Potrebne sanacije termotehničkih sustava
3. Potrebne sanacije rasvjete

### 3.3. Pojmovi i definicije pojedinih veličina korištenih u postupniku za energetske ocjenu sustava



**Slika 4. Energetski tok kroz zgradu s termotehničkim sustavom za grijanje**

- $Q_{H,nd}$  – potrebna toplinska energija za grijanje prostora [kWh];
- $Q_{Tr}$  – transmisijski toplinski gubici [kWh];
- $Q_{Ve}$  – ventilacijski toplinski gubici [kWh];
- $Q_{sol}$  – toplinski dobici od sunčevog zračenja [kWh];
- $Q_{int}$  – toplinski dobici od unutrašnjih izvora [ljudi, uređaja, rasvjete] [kWh];
- $Q_{em,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici podsustava predaje toplinske energije u prostor [kWh];
- $Q_{dis,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici podsustava razvoda [kWh];
- $Q_{st,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici spremnika [kWh];
- $Q_{gnr,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici generatora topline [kWh];
- $W_{aux}$  – pomoćna električna energija za pogon pomoćnih uređaja [kWh].

Kako je vidljivo iz Slike 4, termotehnički sustav grijanja je podijeljen na podsustave predaje topline, razvoda i proizvodnje (generator+spremnik). U svakom od tih podsustava potrebno je proračunati toplinske gubitke i pomoćnu energiju.

**Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje  $Q_{H,nd}$  [kWh/a]**, jest računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade. Ona uključuje toplinske gubitke

uslijed transmisije te prirodnog i/ili prisilnog(ventilatorskog) provjetravanja umanjene za toplinske dobitke od sunca i unutrašnjih izvora;

**Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode,  $Q_{W,nd}$  [kWh/a]**, jest računski određena količina topline koju sustavom pripreme potrošne tople vode treba dovesti tijekom jedne godine za zagrijavanje vode;

**Godišnja potrebna energija za ventilaciju,  $Q_{Ve}$  [kWh/a]**, jest računski određena količina energije za pripremu zraka sustavom prisilne ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije tijekom jedne godine za održavanje stupnja ugodnosti prostora u zgradi;

**Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje,  $Q_{C,nd}$  [kWh/a]**, jest računski određena količina topline koju sustavom hlađenja treba tijekom jedne godine odvesti iz zgrade za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja hlađenja zgrade;

**Godišnja potrebna energija za rasvjetu,  $E_L$  [kWh/a]**, jest računski određena količina energije koju treba dovesti zgradi tijekom jedne godine za rasvjetu.

**Godišnja potrebna energija za pomoćne uređaje  $W_{aux}$  (kWh/a)**, jest računski određena količina energije koju treba dovesti tijekom godine za pogon pomoćnih uređaja (pumpe, ventilatori, regulacija)

**Godišnji toplinski gubici sustava grijanja,  $Q_{H,ls}$  ( $=Q_{H,ls,nrvd}$ ) [kWh/a]**, jesu energetske gubici sustava grijanja tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutarnje temperature u zgradi;

**Godišnji toplinski gubici sustava za zagrijavanje potrošne tople vode,  $Q_{W,ls}$  ( $=Q_{W,ls,nrvd}$ ) [kWh/a]**, jesu energetske gubici sustava pripreme potrošne tople vode tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za zagrijavanje vode;

**Godišnji gubici sustava ventilacije,  $Q_{Ve,ls}$  ( $=Q_{Ve,ls,nrvd}$ ) [kWh/a]** jesu energetske gubici sustava ventilacije tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutarnje temperature u zgradi;

**Godišnji gubici sustava hlađenja,  $Q_{C,ls}$  ( $=Q_{C,ls,nrvd}$ ) [kWh/a]**, jesu energetske gubici sustava hlađenja tijekom jedne godine koji se ne mogu iskoristiti za održavanje unutarnje temperature u zgradi;

**Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka,  $H_{tr,adj}$  [W/K]** jest količnik između toplinskog toka koji se transmisijom prenosi iz grijane zgrade prema vanjskom prostoru i razlike između unutarnje projektne temperature grijanja i vanjske temperature;  $H'_{tr,adj} = H_{tr,adj} / A$  [W/(m<sup>2</sup>·K)],

**Godišnja isporučena energija,  $E_{del}$  [kWh/a]**, jest energija dovedena tehničkim sustavima zgrade tijekom jedne godine za pokrivanje energetskih potreba za grijanje, hlađenje, ventilaciju, potrošnu toplu vodu, rasvjetu, za pokrivanje svih gubitaka sustava te pogon pomoćnih sustava (pumpe, regulacija itd.); Ne uključuje obnovljivu energiju (npr. sunca, vjetra..) prikupljenu odgovarajućim sustavima.



**Godišnja primarna energija,  $E_{prim}$  [kWh/a]**, jest računski određena količina energije za potrebe zgrade tijekom jedne godine koja nije podvrgnuta nijednom postupku pretvorbe; obuhvaća ukupnu primarnu energiju za grijanje, pripremu PTV-a, hlađenje i rasvjetu.

**Godišnja primarna energija za grijanje i pripremu PTV-a  $E_{H,prim}$  [kWh/a]**, je računski određena količina energije koja se koristi za potrebe grijanja i pripreme PTV-a. Izračunava se uz pomoć faktora primarne energije  $f_p$  danom u Tablici 1.

**Godišnja primarna energija za hlađenje  $E_{C,prim}$  [kWh/a]**, je računski određena količina energije koja se koristi za potrebe hlađenja. Izračunava se uz pomoć faktora primarne energije  $f_p$  danom u Tablici 1.

**Faktor primarne energije,  $f_p$**  je pretvorbeni faktor (Tablica 1) koji uzima u obzir svu potrebnu dodatnu energiju onoj isporučenoj, pri dobivanju, pretvorbi i raspodjeli korištenih energenata kroz procesne lance izvan granice sustava zgrade.

**Koeficijent utroška sustava,  $e_p$**  je količnik između godišnje primarne energije za grijanje i PTV  $E_{prim,H}$  i zbroja godišnje topline potrebne za grijanje i zagrijavanje potrošne tople vode ( $Q_{H,nd} + Q_{W,nd}$ )

**Godišnja emisija ugljičnog dioksida,  $CO_2$  [kg/a]**, jest masa emitiranog ugljičnog dioksida u vanjski okoliš tijekom jedne godine koja je posljedica energetskih potreba zgrade; računa se u odnosu na godišnju isporučenu energiju  $E_{del}$  za svaki pojedini izvor tj. u odnosu na godišnji utrošak svakog pojedinog energenta.

Do donošenja nacionalnih faktora pretvorbe preporuča se koristiti Tablica 1.

**Tablica 1. Faktor primarne energije  $f_p$  za razne primarne izvore energije (DIN 4701-10)**

Nositelj energije		Faktor primarne energije
Goriva	Loživo ulje	1,1
	Prirodni plin	1,1
	Ukapljeni naftni plin	1,1
	Kameni i mrki ugljen	1,2
	Drvo	0,2
Blokovsko/daljinsko grijanje iz kogeneracije	Fosilna goriva	0,7
	Obnovljiva goriva	0,0
Blokovsko/daljinsko grijanje iz toplane	Fosilna goriva	1,3
	Obnovljiva goriva	0,1
Električna energija		3,0

### 3.4. Postupak proračuna primarne energije

U nastavku je prikazan načelni postupak određivanja potrebne godišnje primarne energije i to odvojeno za grijanje i pripremu potrošne tople vode (PTV), za hlađenje i rasvjetu te u konačnici ukupne godišnje primarne energije zgrade. Postupak je usklađen sa zahtjevima norme HRN EN 15603:2008 "Energy performance of buildings-Overall energy use and definition of energy ratings" Detaljan postupak proračuna dan je Algoritmima.

Norma HRN EN 15603:2008 daje načelni pristup za postupke i proračune:

- a. Usporedbe rezultata dobivenih na osnovi drugih normi kojima se definira proračun potrebne energije za određene potrebe unutar objekta.
- b. Uzima u obzir energiju čiji je izvor unutar objekta i onaj njen dio koji se može isporučiti drugim potrošačima van objekta.
- c. Daje sumarno sveukupnu potrošnju energije u zgradi u tabličnom obliku.
- d. Omogućava vrednovanje preko primarne energije, emisije CO<sub>2</sub> ili drugih parametara definiranih nacionalnom energetske politikom.
- e. Utvrđuje osnovne principe izračuna faktora za primarnu energije i koeficijenta za emisiju CO<sub>2</sub>.
- f. Metodu proračuna standardnih energetske veličina za usporedbu, standardne utrošene energije koja ne ovisi o načinu korištenja objekta, stvarnim vremenskim i drugim (okoliš ili unutar objekta) uvjetima.
- g. Metodu za određivanje mjerenih energetske karakteristika objekta temeljenih na dobivenoj ili izvezenoj energiji.
- h. Metodologiju za poboljšanje modela za proračun energetske karakteristika objekta preko stvarno utrošene (dobivene) energije.
- i. Metoda za moguća poboljšanja energetske učinkovitosti

Ovom normom određeni su energetske sustavi koji se moraju uzeti u obzir kod validacije energetske svojstava zgrade i primjenjuje se za cijeli objekt, jedan njegov dio (stan) ili niz objekata. Kako su normom dani samo načelni pristupi za izračun pojedinih veličina ista se poziva na niz drugih EN normi temeljem kojih su razvijeni prethodno spomenuti Algoritmi.

### 3.4.1. Primarna energija za grijanje i PTV

Potrebna godišnja energija za grijanje i pripremu PTV se može odrediti iz podataka o godišnjoj energiji potrebnoj za grijanje i pripremu PTV, gubitaka sustava te energiji potrebnoj za pogon pomoćnih uređaja.

$$E_{H,prim} = \sum_i (Q_{H,gen,in,i} \cdot f_{p,i}) + \sum_i (W_{H,aux,i} \cdot f_{p,el}) \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$$E_{W,prim} = \sum_i (Q_{W,gen,in,i} \cdot f_{p,i}) + \sum_i (W_{W,aux,i} \cdot f_{p,el}) \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a}]$$

$Q_{H,gen,in}$  i  $Q_{W,gen,in}$  su toplinske energije za grijanje i pripremu PTV-a dovedene termotehničkom sustavu pojedinim izvorom/energentom, respektivno.

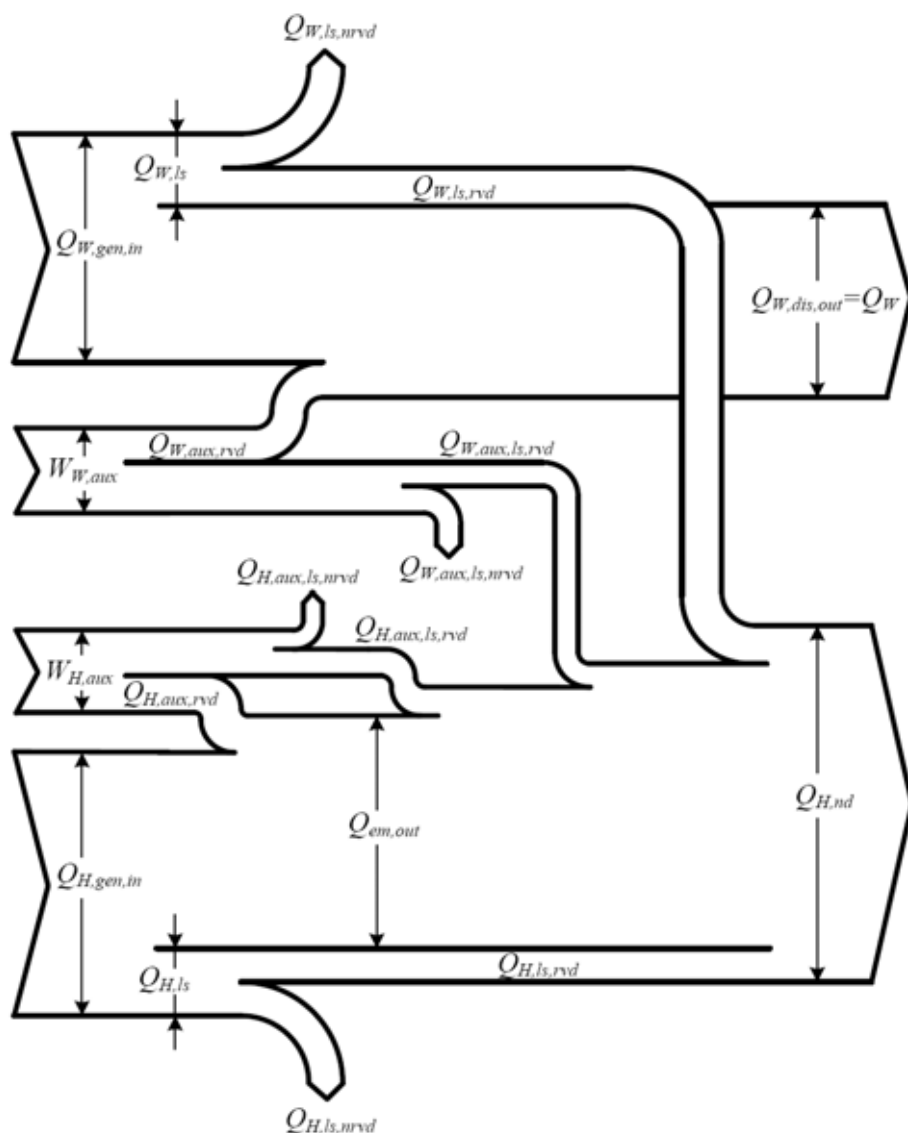
$\sum_i W_{H,aux,i}$  i  $\sum_i W_{W,aux,i}$  su energije za pogon pojedinog pomoćnog uređaja u sustavu grijanja i pripreme PTV-a, respektivno.

Faktori primarne energije  $f_{p,i}$  (za toplinsku energiju) i  $f_{p,el}$  (za električnu energiju) se određuju iz Tablice 1 prema izvoru topline/energentu koji odgovara pojedinom  $Q_{H,gen,in}$  i  $Q_{W,gen,in}$

$Q_{H,gen,in}$  obuhvaća godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje (koja uključuje i  $Q_{Ve}$ ) i pripremu PTV kao i sve neiskorištene toplinske gubitke u sustavu.

Ukoliko se u sustavu koristi regeneracija/rekuperacija topline i/ili sustav koji koristi obnovljive izvore energije,  $Q_{H,gen,in}$  se umanjuje za iznos topline koja se na taj način može povratiti i/ili prikupiti.

Za lakši izračun pojedine energije  $Q_{H,gen,in}$  i  $Q_{W,gen,in}$  može poslužiti dijagram toka energije poput onog prikazanog na Slici 5.



**Slika 5. Dijagram toka i bilanca energije sustava za grijanje i pripremu PTV-a**

- $Q_W$  – potrebna toplinska energija za pripremu PTV-a [kWh];
- $Q_{H,nd}$  – potrebna toplinska energija za grijanje prostora [kWh];
- $Q_{W,dis,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava razvoda PTV-a [kWh];
- $Q_{em,out}$  – toplinska energija na izlazu iz podsustava predaje [kWh];
- $Q_{W,ls,rvd}$  – iskorišteni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,ls,rvd}$  – iskorišteni toplinski gubici sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,ls}$  – ukupni toplinski gubici sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,ls}$  – ukupni toplinski gubici sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,aux,ls,rvd}$  – iskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,aux,ls,rvd}$  – iskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,aux,ls,nrvd}$  – neiskorišteni topl. gubici pomoćnih uređaja sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,aux,ls,nrvd}$  – neiskorišteni toplinski gubici pomoćnih uređaja sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u sustav pripreme PTV-a [kWh];
- $Q_{H,aux,rvd}$  – vraćena pomoćna energija u sustav grijanja [kWh];
- $W_{W,aux}$  – pomoćna energija sustava pripreme PTV-a [kWh];
- $W_{H,aux}$  – pomoćna energija sustava grijanja [kWh];
- $Q_{W,gen,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje PTV-a [kWh];
- $Q_{H,gen,in}$  – toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje [kWh].

Iz dijagrama na Slici 5. se vidi da je za izračun pojedinog  $Q_{H,gen,in}$  i  $Q_{W,gen,in}$  potrebno odrediti neiskoristive i iskoristive toplinske gubitke.

### Proračun toplinskih gubitaka sustava

Toplinski gubici sustava se mogu podijeliti na gubitke topline pri proizvodnji (npr. gubici kotla) razvođenju, akumulaciju (npr. gubici spremnika tople vode) i pri razvođenju (npr. u cjevovodima). Postupak proračuna dan je u Algoritmima.

### 3.4.2. Primarna energija za hlađenje

Pri pripremi zraka za hlađenje u sustavima ventilacije i klimatizacije najveći dio energije se troši na grijanje i hlađenje zraka, potom na transport (tj. pomoćne uređaje kao što su ventilatori, pumpe..) i sve ostale pomoćne uređaje (regulacija, el.mot. ventili..). U prethodnom odjeljku je, između ostalog, prikazan način određivanja primarne energije za zagrijavanje zraka i sve pomoćne uređaje (uključujući pumpe, ventilatore, regulaciju) u sezoni grijanja.

Određivanje primarne energije za hlađenje se svodi na određivanje potrebne električne energije za pogon rashladnog agregata i pomoćnih uređaja.

Potrebna (isporučena) električna energija  $E_{C,gen,del,el}$  za pogon generatora rashladnog učina dobije se iz

$$E_{C,gen,del,el} = \frac{Q_{C,gen,out}}{EER \cdot PLV_{AV}} \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a})$$

*Napomena:*  $Q_{C,gen,out} = Q_{C,gen,in}$ ,

$Q_{C,gen,out}$  – toplinska energija dovedena sustavu hlađenja [kWh].

$Q_{C,gen,in,j}$  – potrebna toplinska energija za hlađenje dovedena generatoru rashladnog učina [kWh].

$EER$  – faktor energetske učinkovitosti rashladnog uređaja kW/kW;

$PLV_{AV}$  – prosječni faktor djelomičnog opterećenja (-).

Primarna energija za hlađenje

$$E_{C,prim} = E_{C,gen,del,el} \cdot f_{p,el} \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a})$$

$f_{p,el}$  – faktor primarne energije za električnu energiju [-].

Potrebna toplinska energija koja se generatorom topline dovodi za pogon apsorpcijskog rashladnog uređaja

$$Q_{C,gen,out,therm} = \frac{Q_{C,gen,out}}{\zeta \cdot PLV_{AV}} \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a})$$

$\zeta$  – toplinski faktor hlađenja [-];

$PLV_{AV}$  – prosječni faktor djelomičnog opterećenja [-].

Primarna energija za hlađenje apsorpcijskog uređaja

$$E_{C,prim} = Q_{C,gen,out,therm} \cdot f_{p,i} \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a})$$

$f_{p,i}$  – faktor primarne energije za određeni izvor energije [-];

Detaljan postupak proračuna dan je u Algoritmima iz Metodologije provođenja energetskih pregleda građevina.

### 3.4.3. Primarna energija za rasvjetu

Primarna energija za rasvjetu dobije se iz podatka o potrebnoj električnoj energiji za rasvjetu  $E_L$

$$E_{L,prim} = E_L \cdot f_{p,el}$$

### 3.4.4. Ukupna primarna energija

Ukupna primarna energija objekta dobije se zbrajanjem primarnih energija za grijanje, pripremu PTV, hlađenje i rasvjetu, uključujući i energiju za pomoćne uređaje i regulaciju.

$$E_{prim} = E_{H,prim} + E_{C,prim} + E_{L,prim} \quad [\text{kWh}] \text{ (ili } [\text{kWh/a}], [\text{kWh/m}^2\text{a})$$

Orijentacijske vrijednosti primarne energije za grijanje i pripremu PTV prema DIN V 4701-10 dane su u Tablici 2 za pojedine tipove zgrada i grijani volumen odnosno korisnu površinu, te mogu poslužiti za preliminarnu ocjenu sustava prilikom analize opisane u Postupniku (Poglavlje 3.6).

**Tablica 2. Najveće vrijednosti potrebne primarne energije za grijanje i PTV (ilustrativno, prema DIN 4701-10)**

Odnos korisna površina/volumen zgrade	Godišnja potrebna primarna energija			Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ , [W/m <sup>2</sup> K]	
	$E_{prim}$ , [kWh/m <sup>2</sup> a] u odnosu na korisnu površinu zgrade $A_k$		$E_{prim}$ , [kWh/m <sup>3</sup> a] u odnosu na grijani volumen zgrade		
	Stambene zgrade osim onih iz stupca 3	Stambene zgrade s pripremom PTV-a pretežno uz pomoć el.energije	Ostale zgrade	Nestambene zgrade s prozorskim površinama ≤30% i stambene zgrade	Nestambene zgrade s prozorskim površinama >30%
1	2	3	4	5	6
≤0,2	$66,00+2600/(100+A_k)$	88,00	14,72	1,05	1,55
0,3	$73,53+2600/(100+A_k)$	95,35	17,13	0,80	1,15
0,4	$81,06+2600/(100+A_k)$	103,06	19,54	0,68	0,95
0,5	$88,58+2600/(100+A_k)$	110,58	21,95	0,60	0,83
0,6	$96,11+2600/(100+A_k)$	118,11	24,36	0,55	0,75
0,7	$103,64+2600/(100+A_k)$	125,64	26,77	0,51	0,69
0,8	$111,17+2600/(100+A_k)$	133,17	29,18	0,49	0,65
0,9	$118,70+2600/(100+A_k)$	140,70	31,59	0,47	0,62
1	$126,23+2600/(100+A_k)$	148,23	34,00	0,45	0,59
≤1,05	$130,00+2600/(100+A_k)$	152,00	35,21	0,44	0,58

### 3.5. Izračun koeficijenta utroška sustava $e_p$

#### 3.5.1. Računski postupak

Po izračunu ukupne primarne energije za grijanje pojedinog sustava, vrijednost koeficijenta utroška sustava  $e_p$  se dobije iz

$$e_p = \frac{E_{H,prim}}{Q_{H,nd} + Q_{W,nd}} \quad [-]$$

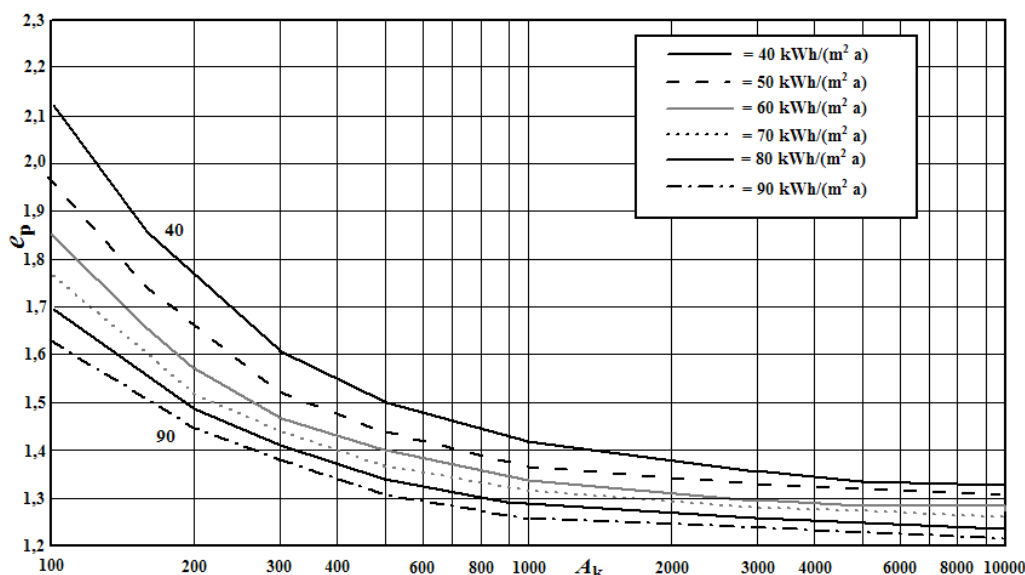
te predstavlja omjer potrebne ukupne primarne energije za rad sustava korištene za grijanje i pripremu PTV te korisne energije za grijanje i PTV.

Ovakva definicija  $e_p$  kojom je obuhvaćena samo toplina grijanja i za PTV je prilagođena definiciji u DIN 4701-10 radi lakše usporedbe s vrijednostima iz tog standarda.

Koeficijentom  $e_p$  su obuhvaćeni gubici ogrjevnog sustava koji nastaju pri prijenosu, razdiobi, akumulaciji i proizvodnji topline svih energetskih izvora čime je dana karakteristika energetske kvalitete ukupne opreme. Što će  $e_p$  biti manji, bit će učinkovitiji rad opreme.

Mali koeficijent utroška energije stoga karakterizira energetski povoljniji sustav i služi za energetska analizu i prilikom odabira najpovoljnije varijante pojedinog sustava, za što je postupak dan u za to predviđenom Postupniku (Poglavlje 3.6).

Primjer za vrijednosti koeficijenta  $e_p$  u ovisnosti o korisnoj površini i potrebnoj energiji za neki definirani sustav dan je na Slici 6.



**Slika 6. Koeficijent  $e_p$  u ovisnosti o  $A_k$  i potrebnoj godišnjoj toplini za grijanje  $Q_{H,nd}$  za jedan poseban slučaj.**

### 3.5.2. Proračun putem dijagrama za tipске sustave

Iznos primarne energije za grijanje i PTV te koeficijent  $e_p$  (uz godišnju isporučenu i pomoćnu energiju) je moguće odrediti i korištenjem podataka izračunatih za 78 tipskih sustava danih dijagramski (Slika 7.) u dodatku 1 norme DIN V 4701-10. Pri tome su ulazni podaci korisna površina  $A_k$  i  $Q_{H,nd}$ . Takav način proračuna rezultira većim vrijednostima primarne energije i  $e_p$  nego prethodno opisani opširniji proračun prema Algoritmima, a kao takav može poslužiti za brzu provjeru određenih koncepcija sustava. U elaboratu primjene alternativnih sustava je, dakako, potrebno prezentirati vrijednosti izračunate za stvarni (a ne tipski) sustav (vidi Pogl. 3.4 i 3.6)



### Opis sustava

#### Priprema potrošne tople vode:

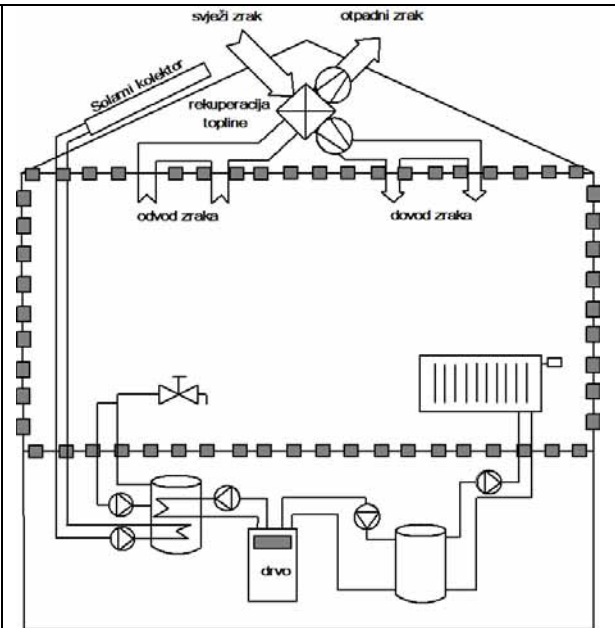
Centralna opskrba zgrade s cirkulacijom (razvod izvan toplinskog omotača); sunčani spremnik vode (postavljen izvan toplinskog omotača); kotao na drvo; grijanje potrošne tople vode na energiju Sunca.

#### Ventilacija

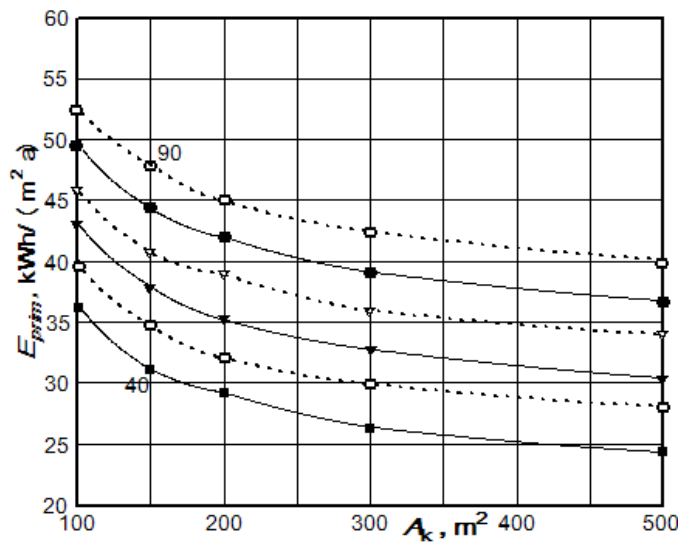
Centralna jedinica za dovod i odvod zraka (kanalni razvod izvan toplinskog omotača); broj izmjena zraka  $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$ ; ventilator gonjen istosmjernim elektromotorom (DC); rekuperacija topline putem izmjenjivača (iskoristivost 80%)

#### Grijanje:

Slobodna ogrjevna tijela (npr. radijatori) smještene pretežno na vanjskim zidovima; termostatski ventili i drugi P-regulatori s projektnim područjem proporcionalnosti 1K; projektni temperaturni režim 70/55°C; centralni sustav za zgradu (horizontalni razvod izvan toplinskog omotača); unutarnje razvodne grane; regulirana optočna pumpa; akumulacijski spremnik (postavljen izvan toplinskog omotača); kotao na pelete (samo neizravna predaja topline ogrjevnom krugu)

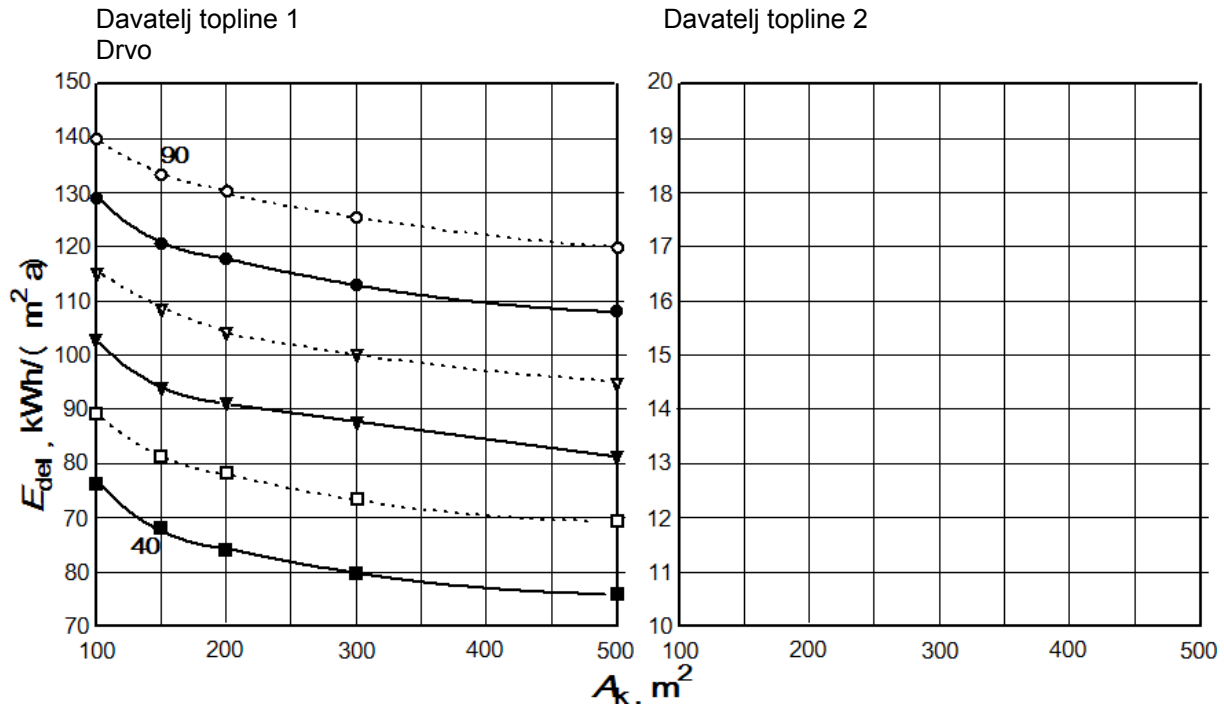


### Potreba primarne energije $E_{prim}$ svedena na površinu



$E_{prim}$ [kWh/(m²a)]		$A_k$ [m²]									
		100	150	200	300	500	1000	1500	2500	5000	10000
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]	40	36,5	31,5	29,1	26,7	24,4	....	....	....	....	....
	50	39,7	34,7	32,4	29,9	27,6	....	....	....	....	....
	60	43,1	37,9	35,5	32,9	30,6	....	....	....	....	....
	70	46,3	41,2	38,7	36,1	33,7	....	....	....	....	....
	80	49,5	44,3	41,9	39,3	36,8	....	....	....	....	....
	90	52,6	47,4	45,1	42,3	39,7	....	....	....	....	....

### Isporučena energija $E_{del}$ svedena na površinu



Toplinska energija  $E_{del}$

Davatelj topline 1: Drvo

$E_{del}$ [kWh/(m²a)]		$A_k$ [m²]									
		100	150	200	300	500	1000	1500	2500	5000	10000
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]	40	75,7	68,0	63,9	60,2	55,5	....	....	....	....	....
	50	88,9	81,4	77,9	73,7	69,1	....	....	....	....	....
	60	102,6	94,6	91,3	87,1	82,5	....	....	....	....	....
	70	115,4	107,7	104,4	100,3	95,0	....	....	....	....	....
	80	128,1	120,5	117,3	113,3	107,9	....	....	....	....	....
	90	140,6	133,1	130,1	125,1	119,7	....	....	....	....	....

Toplinska energija  $E_{del}$

Davatelj topline 2

$E_{del}$ [kWh/(m²a)]		$A_k$ [m²]									
		100	150	200	300	500	1000	1500	2500	5000	10000
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]	40	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....
	50	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....
	60	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....
	70	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....
	80	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....
	90	0	0	0	0	0	....	....	....	....	....

**Energija za pomoćne uređaje  $E_p$  svedena na površinu**

$E_p$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		$A_k$ [m <sup>2</sup> ]									
		100	150	200	300	500	1000	1500	2500	5000	10000
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	40	7,9	6,6	6,0	5,4	4,9	....	....	....	....	....
	50	8,1	6,8	6,2	5,6	5,1	....	....	....	....	....
	60	8,4	7,0	6,4	5,7	5,2	....	....	....	....	....
	70	8,6	7,3	6,6	6,0	5,4	....	....	....	....	....
	80	8,8	7,5	6,8	6,2	5,7	....	....	....	....	....
	90	9,1	7,7	7,1	6,4	5,9	....	....	....	....	....

**Koeficijent utroška sustava  $e_p$**

$e_p$ [-]		$A_k$ [m <sup>2</sup> ]									
		100	150	200	300	500	1000	1500	2500	5000	10000
$Q_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	40	0,69	0,60	0,55	0,51	0,47	....	....	....	....	....
	50	0,64	0,55	0,52	0,48	0,44	....	....	....	....	....
	60	0,59	0,52	0,49	0,45	0,42	....	....	....	....	....
	70	0,56	0,50	0,47	0,44	0,41	....	....	....	....	....
	80	0,54	0,48	0,45	0,43	0,40	....	....	....	....	....
	90	0,51	0,46	0,44	0,41	0,39	....	....	....	....	....

*Slika 7. Primjer proračuna putem dijagrama*

## 3.6. Postupnik za energetska ocjenu sustava

(Prema odgovarajućim Algoritmima)

### 3.6.1. Opis postupka

Postupak izrade Elaborata (Vidi dijagram toka u Sažetku) započinje određivanjem toplinskog opterećenja zgrade za analizirane varijante (potrebne topline za grijanje i hlađenje) koje uključuje transmisijske toplinske gubitke i gubitke zbog provjetravanja, umanjene za toplinske dobitke, za arhitektonsko-građevinsko rješenje i to kod standardne vanjske i unutrašnje temperature.

U daljnjem postupku analize primijenjenih sustava za određenu zgradu potrebno je odrediti niz energetska veličina specificiranih u tablicama danim u nastavku. Pored ostalog, sve je te energetska veličine potrebno izračunati i za ispunjavanje obvezne Iskaznice energetska svojstva zgrade, prema TPRUETZZ i energetska certifikata zgrade, prema PEPZEC .

Analiza započinje ispunjavanjem obrasca za osnovno rješenje sustava (Varijanta I) u kojem se nalaze glavni podaci o zgradi te opis sustava i korištenih izvora energije. Pri tome treba usvojiti osnovnu ili naprednu varijantu toplinska zaštite i s odabranom varijantom ući u daljnju analizu, te se eventualno, po potrebi vraćati na korekcije u arhitektonsko građevnom dijelu projekta u smislu toplinska zaštite. Potom se unose podaci o energijama potrebnim za grijanje (uključena i energija za zagrijavanje zraka dovedenog prirodnom i/ili mehaničkom ventilacijom), pripremu PTV-a, hlađenje, ventilaciju (samo za pripremu zraka bez gubitaka u sustavu) i rasvjetu.

Podatke o toplini za grijanje je potrebno provjeriti u odnosu na najveće dopuštene vrijednosti definirane u TPRUETZZ. Energetska gubici svakog pojedinog dijela sustava se unose u zasebna polja, kao i energija za pogon pomoćnih uređaja. Potom je potrebno izračunati godišnju isporučenu energiju građevini (onu koju plaća potrošač) te potrebnu ukupnu primarnu energiju (koja obuhvaća primarnu energiju za grijanje i PTV, hlađenje i rasvjetu). Na temelju podataka o primarnoj energiji za grijanje i PTV potrebno je izračunati koeficijent utroška energije  $e_p$ .

Na kraju se na temelju podatka o potrošnji primarne energije izračunava emisija CO<sub>2</sub> te zasebno daje udio obnovljivih izvora u energiji za grijanje i PTV.

Postupak se ponavlja za svako slijedeće predloženo rješenje s primijenjenim alternativnim sustavima i prilagođenim eventualnim dodatnim građevnim mjerama. Ovdje se dodatno izračunavaju i godišnje uštede energije u odnosu na polazno rješenje, izražene u kWh/a i kn/a, te jednostavni period povrata investicije ukoliko je moguće procijeniti razliku cijene investicije osnovnog (Varijanta I) i alternativnog sustava (Varijanta II, III...).

Za brzi orijentacijski proračun može se koristiti dijagrame dane za tipske sustave u dodatku 1 norme DIN 4701-10. s time da se u tablice konačnog elaborata unose samo veličine dobivene za stvarni objekt detaljnim (vidi također Poglavlje 3.4), odnosno Algoritmima. U elaboratu je uz

polazno rješenje potrebno priložiti analizu još najmanje dva alternativna sustava (Varijanta I i II) s primijenjenim mjerama za povećanje energetske učinkovitosti i korištenim alternativnim sustavima kao što su primjerice decentralizirani sustavi s obnovljivim izvorima (sunce, biomasa, vjetar..), daljinskim grijanjem/hlađenjem, dizalicama topline.

Odabir konačnog rješenja za izvođenje ostavlja se na izbor investitoru i projektantu temeljem provedene analize, uz uvjet da sva rješenja zadovoljavaju zahtjeve iz TPRUETZZ o najvišim dopuštenim vrijednostima  $Q_{H,nd}$  i  $H_{tr,adj}$ . Na kraju elaborata je potrebno navesti koje je rješenje odabrano za izvođenje uz kratko objašnjenje.

U Tablici 3. su dani osnovni izrazi i norme potrebne za proračun veličina koje se koriste u Postupniku, kako je već definirano u PEPZEC.

**Tablica 3. Osnovni izrazi i norme potrebne za proračun veličina iz Postupnika za analizu alternativnih sustava**

<p><b>Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje <math>Q_{H,nd}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>            Prema HRN EN 13790:2008, HRN EN 15316-2-1:2007</p> $Q_{H,nd} = (Q_{Tr} + Q_{Ve}) - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}$ <p> <math>Q_{Tr}</math> – transmisijski toplinski gubici [kWh/a],[kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>Q_{Ve}</math> – ventilacijski toplinski gubici [kWh/a],[kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>Q_{H,gn}</math> – toplinski dobiti od ljudi, uređaja, rasvjete i sunčevog zračenja [kWh/a],[kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>\eta_{H,gn}</math> – stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka [-]</p>
<p><b>Godišnji toplinski gubici sustava grijanja, <math>Q_{H,ls}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>            Prema HRN EN 15316:2007</p>
<p><b>Godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje potrošne tople vode, <math>Q_{W,nd}</math> [kWh/a] [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>            Prema HRN EN 15316-3-1:2007  <u>Stambene zgrade</u></p> $Q_W = \frac{Q_{W,A,a}}{365} \cdot A_k \cdot d$ <p> <math>A_k</math> – korisna površina zgrade [m<sup>2</sup>];  <math>d</math> – broj dana u promatranom periodu [dan];  <math>Q_{W,A,a}</math> – specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a [kWh/m<sup>2</sup>a],  <math>Q_{W,A,a} = 12,5</math> kWh/m<sup>2</sup>a za zgrade s 3 stambene jedinice  <math>Q_{W,A,a} = 16</math> kWh/m<sup>2</sup>a za zgrade s više od 3 stambene jedinice</p> <p><u>Nestambene zgrade</u></p> $Q_W = 4,182 \cdot V_{W,f,day} \cdot f \cdot (\theta_{W,det} - \theta_{W,0}) \cdot d / 3600$

<p><math>V_{W,f,day}</math> – dnevna potrošnja PTV-a po jedinici pri temperaturi <math>\theta_{W,del}</math> [lit/jedinici/dan];  <math>f</math> – broj jedinica [npr. kreveta];  <math>\theta_{W,del}</math> – temperatura PTV-a [°C], <math>\theta_{W,del} = 60^{\circ}\text{C}</math>;  <math>\theta_{W,0}</math> – temperatura svježje vode [°C], <math>\theta_{W,0} = 13,5^{\circ}\text{C}</math>.</p>
<p>Godišnji toplinski gubici sustava za zagrijavanje potrošne tople vode, <math>Q_{W,ls}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 15316:2007</p>
<p>Godišnja potrebna energija za ventilaciju (bez gubitaka), <math>Q_{Ve}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 13790:2008, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007</p>
<p>Godišnji gubici sustava ventilacije, <math>Q_{Ve,ls}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 13790:2008, HRN EN 15241:2007, HRN EN 15243:2007</p>
<p>Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje, <math>Q_{C,nd}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 13790:2008</p>
<p>Godišnji gubici sustava hlađenja, <math>Q_{C,ls}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 15243:2007</p>
<p>Godišnja potrebna energija za rasvjetu, <math>E_l</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]          Prema HRN EN 15193:20XX</p>
<p>Godišnja isporučena (finalna) energija (koju plaća potrošač), <math>E_{del}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]</p> <p>Sustav grijanja (s jednim generatorom)</p> $E_{H,del} = Q_{H,gen,in} + (W_{em,aux} + W_{H,dis,aux} + W_{H,gen,aux})$ <p>Sustav pripreme PTV-a (s jednim generatorom)</p> $E_{W,del} = Q_{W,gen,in} + (W_{W,dis,aux} + W_{W,gen,aux})$ <p>Ukupna godišnja isporučena energija u termotehnički sustav zgrade <math>E_{del}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]</p> $E_{del} = E_{H,del} + E_{W,del}$ <p><math>Q_{H,gen,in}</math> - toplinska energije dovedene termotehničkom sustavu pojedinim izvorom/energentom, tj. toplinska energija na ulazu u podsustav proizvodnje [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>W_{em,aux}</math> – pomoćna energija podsustava predaje [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>W_{H,dis,aux}</math> – pomoćna energija podsustava razvoda [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a];  <math>W_{H,gen,aux}</math> – pomoćna energija podsustava proizvodnje [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a];</p> <p><i>Indeksi H i W se odnose na sustave grijanja i pripreme PTV-a, respektivno.</i></p>
<p>Ukupna godišnja primarna energija <math>E_{prim}</math> [kWh/a], [kWh/m<sup>2</sup>a]</p> <p>Sustav grijanja (s jednim generatorom)</p> $E_{H,prim} = Q_{H,gen,in} \cdot f_{p,i} + (W_{em,aux} + W_{H,dis,aux} + W_{H,gen,aux}) \cdot f_{p,el}$ <p>Sustav pripreme PTV-a (s jednim generatorom)</p>

$$E_{W,prim} = Q_{W,gen,in} \cdot f_{p,i} + (W_{W,dis,aux} + W_{W,gen,aux}) \cdot f_{p,el}$$

Ukupna godišnja primarna energija za termotehnički sustav zgrade

$$E_{prim} = E_{H,prim} + E_{W,prim}$$

$f_{p,i}$  – faktor primarne energije za određeni izvor energije [-];

$f_{p,el}$  – faktor primarne energije za električnu energiju [-].

*Indeksi H i W se odnose na sustave grijanja i pripreme PTV-a, respektivno.*

Koeficijenta utroška sustava  $e_p$  [-])

$$e_p = \frac{E_{prim}}{Q_{H,nd} + Q_{W,nd}}$$

predstavlja omjer potrebne ukupne primarne energije za grijanje i pripremu PTV-a te korisne energije za grijanje i PTV.

### 3.6.2. Obrazac za unos podataka

Temeljem odabranog arhitektonskog rješenja i odabrane razine toplinske zaštite zgrade, unose se podaci u obrazac.

#### Osnovno rješenje- varijanta I

##### Ulazne veličine

Vrsta zgrade

Adresa i katastarska čestica

Klimatski podaci (kontinentalna/primorska Hrvatska)

Ploština korisne površine  $A_k$  [m<sup>2</sup>]

OPIS MJERA TOPLINSKE ZAŠTITE (prema proračunu i podacima iz arhitektonskog dijela projekta i ISKAZNICI ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE)		
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H'_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Izračunati:	Max. dopušteni:
OPIS SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE		
Izvori energije (grijanje , PTV, hlađenje, ventilacija, rasvjeta)		
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),		
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),		
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez povrata topline, prisilna s povratom topline)		
Vrsta i namjena korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije		
RASVJETA		



## Energetske potrebe zgrade

	Izračunato za stvarne klimatske podatke				
	GRIJANJE	PTV	VENTILACIJA	HLAĐENJE	RASVJETA
	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$	$Q_{Ve}(\text{bez gub.})$	$Q_{C,nd}$	$E_L$
Apsolutna potreba, kWh/a					
Svedena potreba na $A_k$ , kWh/(m <sup>2</sup> a)					
Najveća dopuštena, kWh/(m <sup>2</sup> a)		-	-	-	-
Neisk.gubici sustava, [kWh/a]	$Q_{H,ls}$	$Q_{W,ls}$	$Q_{Ve,ls}$	$Q_{C,ls}$	-
					-
Pomoćna energija, [kWh/a]	$W_{H,aux}$	$W_{W,aux}$	$W_{Ve,aux}$	$W_{C,aux}$	-
Godišnja isporučena energija građevini, $E_{del}$			[kWh/a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>			[kWh/a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Koeficijent utroška sustava, <math>e_p = E_{prim,H} / (Q_{H,nd} + Q_{W,nd})</math></b>					
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> , [kg/a]					
Udio obnovljivih izvora energije u ( $Q_{H,nd} + Q_{W,nd}$ ), [%]					

Za ostale analizirane varijante izračunavaju se isti podaci i unose u tablicu Alternativno rješenje.

**Alternativno rješenje – varijanta II**

OPIS MJERA TOPLINSKE ZAŠTITE (prema proračunu i podacima iz arhitektonskog dijela projekta i ISKAZNICI ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE)		
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Izračunati:	Najveći dopušteni:
OPIS SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE		
Izvori energije (grijanje, PTV, hlađenje, ventilacija, rasvjeta)		
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),		
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),		
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez povrata topline, prisilna s povratom topline)		

Vrsta i namjena korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	
RASVJETA	

#### Energetske potrebe zgrade

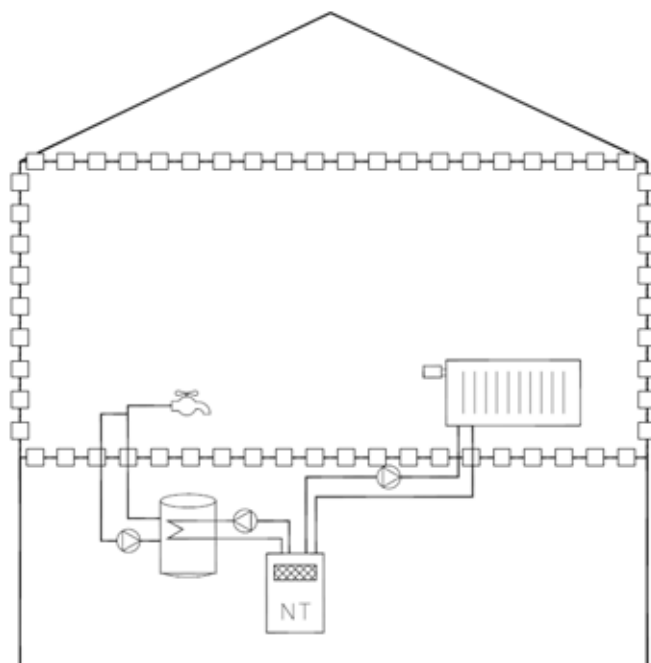
	Izračunato za stvarne klimatske podatke				
	GRIJANJE	PTV	VENTILACIJA	HLAĐENJE	RASVJETA
	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$	$Q_{Ve}(bez\ gub.)$	$Q_{C,nd}$	$E_L$
Apsolutna potreba, kWh/a					
Svedena potreba na $A_k$ , kWh/(m <sup>2</sup> a)					
Najveća dopuštena, kWh/(m <sup>2</sup> a)		-	-	-	-
Neisk.gubici sustava, [kWh/a]	$Q_{H,ls}$	$Q_{W,ls}$	$Q_{Ve,ls}$	$Q_{C,ls}$	-
					-
Pomoćna energija, [kWh/a]	$W_{H,aux}$	$W_{W,aux}$	$W_{Ve,aux}$	$W_{C,aux}$	-
Godišnja isporučena energija građevini, $E_{del}$			[kWh/a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>			[kWh/a]	[kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Koeficijent utroška sustava, <math>e_p = E_{prim,H} / (Q_{H,nd} + Q_{W,nd})</math></b>					
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> , [kg/a]					
Udio obnovljivih izvora energije u $(Q_{H,nd} + Q_{W,nd})$ , [%]					
Uštede u isporučenoj energiji u odnosu na osnovno rješenje			[kWh/a]	[kn/a]	
Period povrata investicije, [a]					

#### Alternativno rješenje – varijanta III (isti obrazac)

Napomena: u tablice se unose podaci za emisije CO<sub>2</sub> za isporučenu energiju, a količina CO<sub>2</sub> koja se odnosi na primarnu energiju daje se zasebno.

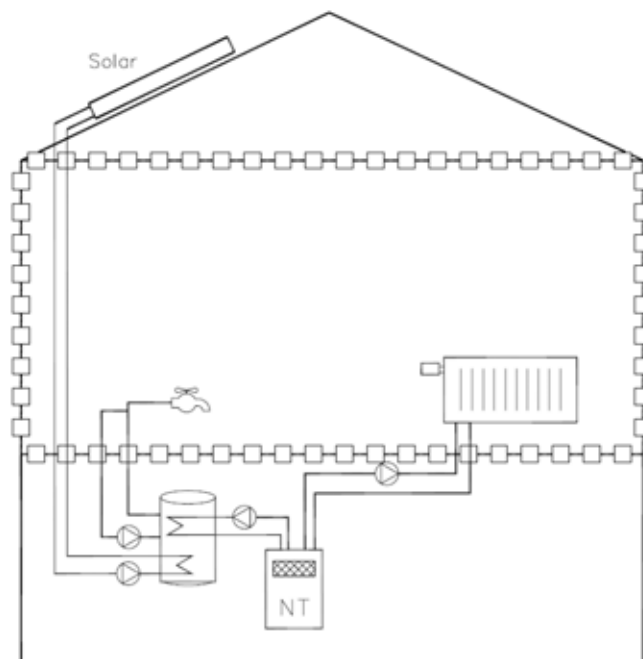
### 3.7. Primjer korištenja postupnika za provedbu analize primjene alternativnih sustava

Zadatak: Potrebno je provesti energetska analizu primjene alternativnih sustava za potrebe grijanja stambene zgrade u odnosu na polazno rješenje. Polazno rješenje uključuje korištenje centralnog grijanja s niskotemperaturnim kotlom (70/55°C) s kombiniranim zagrijavanjem potrošne tople vode (PTV). Kotao i pripadajući indirektno zagrijavani spremnik su smješteni izvan grijane zone zgrade tj. izvan toplinskog omotača, kao i razvod PTV s recirkulacijom te razvod tople vode za grijanje. Pri tome su vertikalni vodovi smješteni unutar grijane zone. Grijanje je uz pomoć radijatora opremljenih termostatskim ventilima. Zgrada je prirodno provjetravana, a broj izmjena zraka je 0,6 h<sup>-1</sup>.



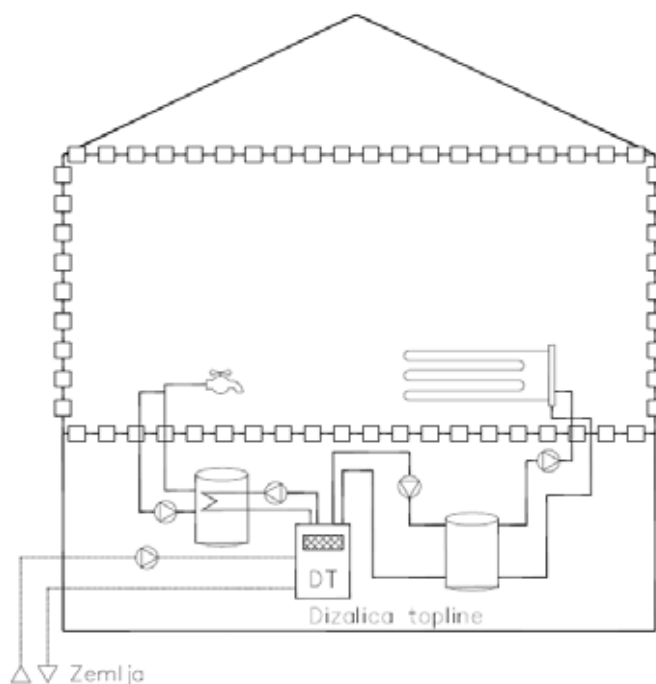
**Slika 8. Polazno rješenje grijanja i pripreme PTV-a u stambenoj zgradi \_ varijanta I**

Alternativno rješenje – varijanta II uključuje spajanje sunčanog sustava s pločastim kolektorima na postojeći spremnik PTV, pri čemu usponski vodovi sunčanog kruga prolaze grijanom zonom. Niskotemperaturni kotao iz polaznog rješenja je zamijenjen kondenzacijskim pri istom temperaturnom režimu (70/55°C) radi boljeg iskorištenja energije goriva. Razvod PTV je s recirkulacijom.



**Slika 9. Alternativni sustav sa sunčanim zagrijavanjem PTV-a – varijanta II**

Alternativno rješenje – varijanta III uključuje zamjenu kotla dizalicom topline zemlja/voda (55/45°C) s pripadajućim spremnikom uz korištenje podnog grijanja sa zasebnom regulacijom u svakoj prostoriji pri temperaturnom režimu 35/28°C. Dizalica topline se koristi i za pripremu PTV. Razvod PTV je s recirkulacijom.



**Slika 10. Alternativni sustav s dizalicom topline s podnim grijanjem i pripremom PTV-a-varijanta III**

## Ulazne veličine

Vrsta zgrade	Nova stambena zgrada s tri kata (>1000 m <sup>2</sup> )
Adresa i katastarska čestica	-
Klimatski podaci (kontinentalna/primorska Hrvatska)	kontinentalna
Ploština korisne površine $A_k$ [m <sup>2</sup> ]	1331

## Osnovno rješenje-varijanta I

OPIS MJERA TOPLINSKE ZAŠTITE (prema proračunu i podacima iz arhitektonskog dijela projekta i ISKAZNICI ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE)		
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Izračunati: 0,46	Max.. dopušteni: 0,48
OPIS SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE		
Izvori energije (grijanje , PTV, hlađenje, ventilacija, rasvjeta)	Niskotemperaturni plinski kotao (70/55°C) kombiniran s indirektno grijanim spremnikom PTV-a	
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	Centralno, radijatori s termostat. ventilom, kotao i spremnik u negrijanoj zoni. Recirkulacija PTV-a.	
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	-	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez povrata topline, prisilna s povratom topline)	Prirodna	
Vrsta i namjena korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	-	
RASVJETA	-	

	Izračunato za stvarne klimatske podatke				
	GRIJANJE	PTV	VENTILACIJA	HLAĐENJE	RASVJETA
	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$	$Q_{Ve}(bez\ gub.)$	$Q_{C,nd}$	$E_L$
Apsolutna potreba, kWh/a	93170	16638	-	-	-
Svedena potreba na $A_k$ , kWh/(m <sup>2</sup> a)	70	12,5	-	-	-
Najveća dopuštena, kWh/(m <sup>2</sup> a)	84,7	-	-	-	-
Neisk.gubici sustava, [kWh/a]	$Q_{H,ls}$	$Q_{W,ls}$	$Q_{Ve,ls}$	$Q_{C,ls}$	-
	13709	13310	-	-	-
Pomoćna energija, [kWh/a]	$W_{H,aux}$	$W_{W,aux}$	$W_{Ve,aux}$	$W_{C,aux}$	-
	932	399	-	-	-

Godišnja isporučena energija građevini, $E_{del}$	138158 [kWh/a]	103,8 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>	153997 [kWh/a]	115,7 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Koeficijent utroška sustava, <math>e_p = E_{prim,H} / (Q_{H,nd} + Q_{W,nd})</math></b>	1,40	
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> , [kg/a] (prema NN. 113/08)	28071 (svedeno na $E_{del}$ za plin i el.energiju)	
Udio obnovljivih izvora energije u ( $Q_{H,nd} + Q_{W,nd}$ ), [%]	0	

## Alternativno rješenje-varijanta II

OPIS MJERA TOPLINSKE ZAŠTITE (prema proračunu i podacima iz arhitektonskog dijela projekta i ISKAZNICI ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE)		
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Izračunati: 0,46	Najv. dopušteni: 0,48
OPIS SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE		
Izvori energije (grijanje, PTV, hlađenje, ventilacija, rasvjeta)	Kondenzacijski plinski kotao (70/55°C) + solarni kolektori kombinirani s indirektno grijanim spremnikom PTV-a i recirk.	
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	Centralno, radijatori s termost. ventilom, kotao i spremnik u negrijanoj zoni	
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	-	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez povrata topline, prisilna s povratom topline)	Prirodna	
Vrsta i namjena korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	Pločasti solarni kolektori spojeni na spremnik PTV-a, dogrijavanje kond. kotlom	
RASVJETA	-	

### Energetske potrebe zgrade- Alternativno rješenje (Kondenzacijski kotao +sunčeva energija)

	Izračunato za stvarne klimatske podatke				
	GRIJANJE	PTV	VENTILACIJA	HLAĐENJE	RASVJETA
	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$	$Q_{Ve}(bez\ gub.)$	$Q_{C,nd}$	$E_L$
Apsolutna potreba, kWh/a	93170	16638	-	-	-
Svedena potreba na $A_k$ , kWh/(m <sup>2</sup> a)	70	12,5	-	-	-
Najveća dopuštena, kWh/(m <sup>2</sup> a)	84,7	-	-	-	-
Neisk.gubici sustava, [kWh/a]	$Q_{H,ls}$	$Q_{W,ls}$	$Q_{Ve,ls}$	$Q_{C,ls}$	-
	6712	7063	-	-	-
Pomoćna energija, [kWh/a]	$W_{H,aux}$	$W_{W,aux}$	$W_{Ve,aux}$	$W_{C,aux}$	-
	1158	250	-	-	-

Godišnja isporučena energija građevini, $E_{del}$	117261 [kWh/a]	88 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>	131769 [kWh/a]	99,0 [kWh/m <sup>2</sup> a]
<b>Koeficijent utroška sustava, <math>e_p = E_{prim,H} / (Q_{H,nd} + Q_{W,nd})</math></b>	1,20	
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> , [kg/a] (prema NN. 113/08)	23891 (svedeno na $E_{del}$ za plin i el.energiju)	
Udio obnovljivih izvora energije u $(Q_{H,nd} + Q_{W,nd})$ , [%]	7 %	
Uštede u isporučenoj energiji u odnosu na polazno rješenje	20897 [kWh/a]	4830 [kn/a]
Period povrata investicije, [a]		

### Alternativno rješenje-varijanta III

OPIS MJERA TOPLINSKE ZAŠTITE (prema proračunu i podacima iz arhitektonskog dijela projekta i ISKAZNICI ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE)		
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Izračunati: 0,46	Najv. dopušteni: 0,48
OPIS SUSTAVA GRIJANJA, HLAĐENJA I VENTILACIJE		
Izvori energije (grijanje, PTV, hlađenje, ventilacija, rasvjeta)	dizalica topline (55/45°C) sa pripadajućim spremnikom+ indirektno grijani spremnik PTV-a i recirkulacijom	
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	podno, kotao i spremnik u negrijanoj zoni	
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor),	-	
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez povrata topline, prisilna s povratom topline)	prirodna	
Vrsta i namjena korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije		
RASVJETA	-	

### Energetske potrebe zgrade- Alternativno rješenje (Dizalica topline+podno grijanje)

	Izračunato za stvarne klimatske podatke				
	GRIJANJE	PTV	VENTILACIJA	HLAĐENJE	RASVJETA
	$Q_{H,nd}$	$Q_{W,nd}$	$Q_{Ve}(bez\ gub.)$	$Q_{C,nd}$	$E_L$
Apsolutna potreba, kWh/a	93170	16638	-	-	-
Svedena potreba na $A_k$ , kWh/(m <sup>2</sup> a)	70	12,5	-	-	-
Najveća dopuštena, kWh/(m <sup>2</sup> a)	84,7	-	-	-	-
Neisk.gubici sustava, [kWh/a]	$Q_{H,ls}$	$Q_{W,ls}$	$Q_{Ve,ls}$	$Q_{C,ls}$	-
	3451	14331	-	-	-
Pomoćna energija, [kWh/a]	$W_{H,aux}$	$W_{W,aux}$	$W_{Ve,aux}$	$W_{C,aux}$	-

	3101	1238	-	-	-
<i>Napomena: stupanj djelovanja diz. topline <math>COP_h=3,7</math></i>					
Godišnja isporučena energija građevini, $E_{del}$			38788 [kWh/a]	29,1 [kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>			116370 [kWh/a]	87,4 [kWh/m <sup>2</sup> a]	
<b>Koeficijent utroška sustava, <math>e_p = E_{prim,H} / (Q_{H,nd} + Q_{W,nd})</math></b>			1,06		
Godišnja emisija CO <sub>2</sub> , [kg/a] (prema NN. 113/08)			20558 (svedeno na $E_{del}$ za el.energiju)		
Udio obnovljivih izvora energije u $(Q_{H,nd} + Q_{W,nd})$ , [%]			0		
Uštede u isporučenoj energiji u odnosu na polaz. rješenje.			99370 [kWh/a]	9860 [kn/a]	
Period povrata investicije, [a]					



## **II DIO – PODLOGE ZA IZRADU ELABORATA**

## 4. PODJELA ZGRADA PREMA VELIČINI I NAMJENI

Osnovna podjela zgrada je na stambene i nestambene zgrade. U PEPZEC-u, zgrade se prema namjeni dijele na:

– stambene zgrade:

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

– nestambene zgrade:

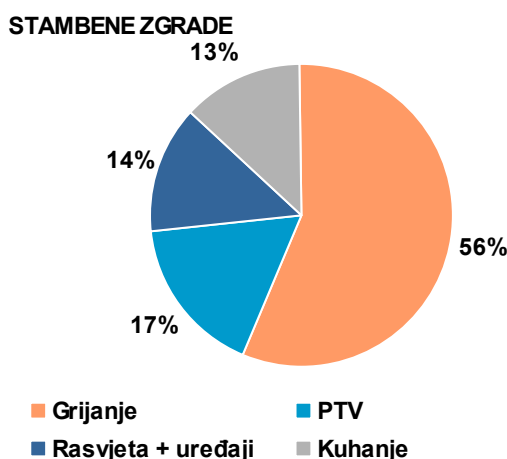
1. uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene,
2. školske i fakultetske zgrade, vrtići i druge odgojne i obrazovne ustanove,
3. bolnice i ostale zgrade namijenjene zdravstveno-socijalnoj i rehabilitacijskoj svrsi,
4. hoteli i restorani i slične zgrade za kratkotrajni boravak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

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

Isto tako, u skladu s zakonom o gradnji navode se zgrade za koje nije potrebno provesti energetska pregled i izraditi energetska certifikat, a tako ni razmatrati energetska koncept. Energetska certifikat zgrade, odnosno njezina posebnog dijela izdaje se za zgradu, odnosno njezin poseban dio za koji je potrebno koristiti energiju za održavanje unutarnje projektne temperature u skladu s njezinom namjenom, osim za zgradu koja ima rok uporabe dvije godine i manje, za zgradu namijenjenu održavanju vjerskih obreda, za zgradu ukupne korisne površine manje od 50 m<sup>2</sup> te industrijske zgrade, radionice i nestambene poljoprivredne zgrade s malim energetska potrebama

## Stambene zgrade

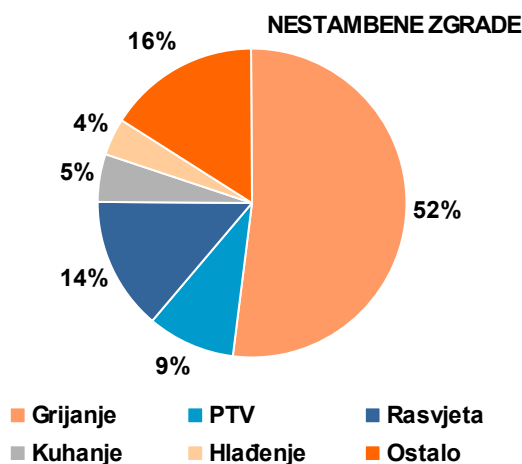
U stambenim zgradama najveći udio potrošnje energije je za grijanje (50 do 60 posto), zatim za pripremu potrošne tople vode (15 do 20 %), rasvjetu i uređaje (12 do 15 %) i za kuhanje (12 do 15 %). Možemo zaključiti da potrošnja za toplinske potrebe predstavlja od 60 do 80 % ukupnih energetske potrebe zgrade.



Slika 11. Bilanca potrošnje energije u stambenim zgradama

## 4.1. Nestambene zgrade

U nestambenim zgradama najveći udio potrošnje energije je za grijanje (50 do 55 %), zatim za rasvjetu (12 do 15 %), pripremu potrošne tople vode (8 do 10 %), kuhanje (oko 5 %), hlađenje (oko 4 %) i za ostale potrebe – opremu, uređaje, elektromotorne pogone, klimatizaciju i drugo (15 do 20%).



Slika 12. Bilanca potrošnje energije u nestambenim zgradama

Kod nestambenih zgrada udio potrošnje energije za pojedine grupe potrošnje se može znatno razlikovati. Tako je u zgradama trgovačke namjene znatno veći udio potrošnje električne energije za hlađenje, opremu, uređaje, elektromotorne pogone i klimatizaciju (do 30%) te rasvjetu (do 20 %) nego za grijanje i pripremu potrošne tople vode (oko 15 %). U zgradama trgovačke namjene najčešće je dominantna potrošnja električne energije u odnosu na ostale energente.

U zgradama obrazovne namjene najveći udio potrošnje energije je za grijanje (do 55 %), te za rasvjetu (do 20 %). U zgradama poslovne namjene najveći udio potrošnje energije je za grijanje (oko 50 %), zatim za rasvjetu i uređaje (do 20 %) i hlađenje (do 20 %).

Povećanjem standarda očekuje se daljnje povećanje potrošnje energije za grijanje, ali i hlađenje. Kako bi se smanjile potrebe za toplinskom energijom za grijanje i hlađenje zgrada i ostvarilo racionalno korištenje energije potrebno je povećati toplinsku zaštitu zgrade odnosno svih konstrukcija vanjske ovojnice zgrade. Primjenom odgovarajućih tehničkih rješenja potrebno je iskoristiti toplinske dobitke zimi, a smanjiti doprinos toplinskih dobitaka ljeti.

Ovim aktivnostima se osim na smanjenje potrošnje energije utječe na povećanje ugodnosti boravka u prostoru, smanjuju se troškovi za održavanje zgrade i povećava trajnost svih konstrukcija i energetske sustava koji se koriste.

## **5. KLIMATSKE ZONE I PROJEKTNİ PARAMETRI**

### **5.1. Meteorološke podloge**

Postizanje zadovoljavajućeg stupnja ugone u prostorijama u kojima se boravi u velikoj mjeri ovisi o vanjskim uvjetima – temperaturi, vlažnosti i strujanju zraka te Sunčevom zračenju. Za proračun fizikalnih svojstava zgrade u smislu racionalne uporabe energije i toplinske zaštite potrebno je raspolagati s nizom meteoroloških podataka.

Meteorološke veličine koje je potrebno primarno analizirati za primjenu u energetske učinkovitim projektiranju zgrada su slijedeće:

- temperatura zraka;
- vlažnost zraka;
- strujanje zraka;
- globalno Sunčevo zračenje.

U Elaboratu alternativnih sustava opskrbe energijom a koji je predmet ove studije, primjenjuju se meteorološke veličine za mjerodavne postaje sadržane u važećem TPRUETZZ.

## **5.2. Projektni parametri**

Proračun normiranog toplinskog opterećenja prostorija ili njihovih toplinskih potreba i godišnje potrebe za energijom provode se prema TPRUETZZ .

### **5.2.1. Unutarnja projektna temperatura grijanja**

Za proračun potrebne topline za grijanje  $Q_{H,nd}$  primjenjuju se vrijednosti temperatura u skladu s TPRUETZZ odnosno tablicom 1.1. Unutarnje proračunske temperature „Algoritma za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrada prema HRN EN ISO 13790“.

### **5.2.2. Projektna vanjska temperatura zraka**

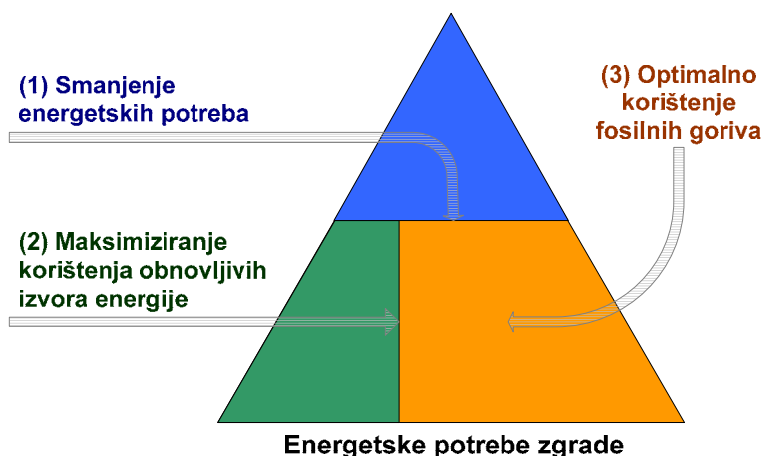
Proračunska ili normirana vanjska projektna temperatura zraka je ona vrijednost temperature vanjskog zraka koja se uzima u obzir pri proračunu toplinskog opterećenje sustava grijanja/hlađenja. Na temelju normiranih vrijednosti vanjskih temperatura za zimu i ljeto određuju se nazivne snage uređaja termotehničkih sustava odnosno vrši se izbor opreme. Projektna vanjska temperatura uzima se prema podacima danim u normi za proračun normiranog toplinskog opterećenja.

Za proračun  $Q_{H,nd}$  koriste se podaci iz važećeg TPRUETZZ.

## **6. MJERE ZA ZADOVOLJENJE ENERGETSKOG SVOJSTVA ZGRADE**

### **6.1. Energetski koncept i integralni pristup projektiranju**

Energetski koncept je integralno i optimalno rješenje u smislu opskrbe energijom i potrošnje energije u projektiranim građevinama. Konceptija cjelovitog ili integralnog energetski učinkovitog projektiranja podrazumijeva istovremeno razmatranje svih aspekata građevine, od arhitekture, pročelja i funkcije, preko konstrukcije, protupožarne zaštite, akustike, pa do potrošnje energije i ekološke kvalitete zgrade, te gospodarenje otpadom. Osnovne metode projektiranja energetski učinkovite zgrade uključuju tri bitna elementa: (1) smanjenje potreba za energijom (energetske uštede), (2) maksimiziranje korištenja obnovljivih izvora energije te (3) korištenje fosilnih goriva na optimalan način u pogledu zaštite okoliša.



**Slika 13: Osnovni elementi rješavanja energetskega koncepta**

Energetski koncept treba obuhvatiti:

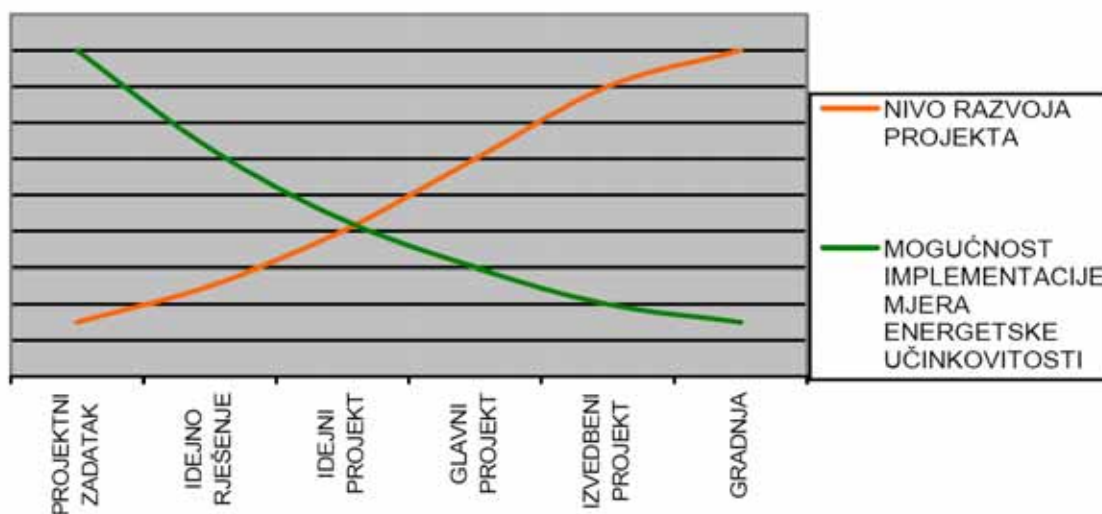
- Kvalitetnu analizu lokacije, orijentacije i oblika zgrada
- Primjenu visokog nivoa toplinske zaštite cijele vanjske ovojnice (posebno prozori, vanjski zidovi i krov)
- Izbjegavanje toplinskih mostova
- Iskorištavanje toplinskog dobitka od Sunca i zaštite od pretjeranog osunčanja
- Korištenje energetski učinkovitog sustava klimatizacije, grijanja, hlađenja i ventilacije (KGHV)
- Korištenje energije iz obnovljivih izvora energije

Integralni pristup projektiranju definira se kao pristup koji sve bitne arhitektonske i građevne elemente i sve energetske sustave zgrade povezuje u jedan sustav kako bi se postigle optimalne karakteristike u smislu energetske učinkovitosti, ekološkog utjecaja i unutarnje kvalitete i standarda. Ovakav pristup projektiranju i gradnji vodi konstantnom poboljšanju i unaprjeđenju graditeljstva, povećava kvalitetu korištenih energetskih izvora, i potiče korištenje obnovljivih izvora energije. Također se potiče korištenje novih tehnologija i višefunkcionalnih konstruktivnih elemenata zgrade. Sve to vodi i boljem razumijevanju integralnog procesa projektiranja i boljoj suradnji svih projekatanta i svih sudionika u gradnji.

Integralno planiranje temelji se na:

- cjelovitom pristupu i integriranju tehničkih, energetskih, ekonomskih, ekoloških i društvenih parametara
- visokom nivou komunikacije između članova projektnog tima
- dugoročnom pristupu analizi zgrade, uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade, uključivo gradnju, korištenje, održavanje, obnovu i rušenje

Integralno planiranje je najučinkovitije ako je započeto u ranoj fazi projektiranja. Ukoliko se održive tehnologije počnu primjenjivati u kasnijoj fazi projektiranja, rezultat će biti skromna integracija mjera koje će vjerojatno biti preskupe za implementaciju.



**Slika 14: Mogućnost implementacije mjera energetske učinkovitosti u zgrade u odnosu na nivo razvoja projekta**

Za integralni pristup projektiranju zgrade potrebno je u fazi idejnog rješenja (kod novih zgrada) odnosno kod planiranja zahvata za rekonstrukciju (kod postojećih zgrada) odrediti karakteristike građevinskih i energetskih sustava zgrade i analizirati potencijal uštede energije, odnosno definirati jedinstveni energetski koncept koji je dio projektnog zadatka.

Ulazni podaci za energetski koncept su:

- Karakteristike lokacije u smislu orijentacije parcele, dostupni izvori energije, potencijal za korištenje alternativnih izvora energije
- Tip i veličina građevine te način korištenja
- Toplinska zaštita zgrade
- Karakteristike energetskih sustava

Energetski koncept treba biti podloga za određivanje razine potrošnje svih vrsta energije, vrste korištenih energenta i energetskog sustava.

Svako ulaganje u primjenu energetski učinkovitih tehnologija, obnovljive izvore energije i mjere za povećanje toplinske zaštite zgrada potrebno je izraziti kroz energetske, ekološke i ekonomske doprinose. Analizom svih elemenata zgrade moguće je smanjiti potrebe za energijom, odrediti optimalne karakteristike vanjske ovojnice i energetskih sustava. Na taj način se osim troškova za izvedbu zgrade planiraju i troškovi za energiju i održavanje koji imaju značajnu ulogu u ukupnoj vrijednosti zgrade kroz cijelo razdoblje korištenja.

## 6.2. Karakteristike lokacije

Pri projektiranju je potrebno analizirati karakteristike lokacije i parcele u smislu:

- Klimatskih karakteristika
- Orijentacije (obzirom na strane svijeta) i smještaja (obzirom na druge zgrade ili krajolik)
- Pasivnog korištenja Sunčevog zračenja
- Ruže vjetrova
- Postojeće mreže energetske infrastrukture (centralna gradska ili blokovska toplana, plinovod)
- Dostupnih prirodnih resursa za sustave koji koriste obnovljive izvore energije

Karakteristike lokacije su osnovni ulazni podatak za određivanje energetske koncepcije zgrade. Klimatske karakteristike utječu na određivanje toplinskih karakteristika građevinskih konstrukcija, dok orijentacija i smještaj parcele utječu na organizaciju prostora i arhitektonsko oblikovanje. U analizi lokacije dovoljno se ne koriste prirodne značajke kao intenzitet Sunčevog zračenja i ruža vjetrova iako omogućuju smanjenje potreba za toplinskom energijom za grijanje i hlađenje.

Planiranjem dubokih nadstrešnica s južne strane omogućuje se korištenje toplinskih dobitaka od Sunca zimi (omogućuje horizontalni upad Sunčevih zraka), a smanjuju se potrebe za energijom za hlađenje ljeti (štiti od upada kosih Sunčevih zraka). Također je bitno planirati maksimalno korištenje prirodnog osvjetljenja.

Povoljna orijentacija zgrade je ona koja je zaštićena od dominantnih vjetrova na mikro lokaciji što je moguće ostvariti izvedbom vjetrobrana i sličnih zaštitnih konstrukcija ili orijentacijom velikih staklenih površina (i prostora u zgradi koji ih zahtijevaju) na zaklonjenim pročeljima.

## 6.3. Toplinska zaštita zgrade

Potrebe za toplinskom energijom za grijanje i hlađenje u zgradi u najvećoj mjeri ovise o toplinskim karakteristikama vanjske ovojnice. Građevinska ovojnica u prvom redu treba koristiti povoljan utjecaj klimatskih karakteristika lokacije kako bi se ostvarili povoljni uvjeti u unutarnjem prostoru. U toku definiranja projektnog zadatka i izrade idejnog rješenja (projekta) potrebno je istražiti mogućnosti povećanja energetske učinkovitosti, a u skladu s navedenim karakteristikama:

- Ostvariti povoljan faktor oblika zgrade, odnosno  $f_0=A/V_e$  količnik oplošja i obujma (odnos ukupne ploštine građevinskih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade i obujma grijanog dijela zgrade)
- Odrediti povoljnu orijentaciju zgrade kako bi se maksimalno iskoristili toplinski dobitci i tako smanjile toplinske potrebe unutar zgrade



- Kontrolirati ulazak toplinskog zračenja od Sunca kako bi se smanjile potrebe za toplinskom energijom za grijanje i hlađenje
- Omogućiti prirodnu ventilaciju prostora i noćno hlađenje
- Korištenje toplinske mase zgrade (ovješeni stropovi, dvostruki podovi)
- Za staklene površine koje pokrivaju cijelo pročelje ostvariti maksimalni koeficijent prolaska topline  $U_w=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , uz stupanj propuštanja energije ostakljenja  $g_L<0,50$ , svjetlopropusnost  $\tau_{LT} 0,6-0,7$  i zvučnu izolaciju od 38 do 44 dB
- Za pune (neprozirne) dijelove vanjske ovojnice postići što niži koeficijent prolaska topline
- Omogućiti maksimalan ulazak dnevnog osvjetljenja kako bi se smanjila potreba za električnom energijom
- Definirati unutrašnju projektnu temperaturu u skladu s namjenom prostora

Ove smjernice kod novih zgrada upućuju na primjenu suvremenih sustava vanjske ovojnice, koja uzima u obzir granične parametre u okolišu i unutarnjem prostoru i nastoji ostvariti što manju potrošnju energije uz ostvarenje povoljnih unutarnjih klimatskih uvjeta. Kod zgrada u kojima se planira rekonstrukcija smjernice upućuju na primjenu mjera energetske učinkovitosti kako bi se smanjile potrebe za energijom.

## 7. MJERE U PODRUČJU TOPLINSKE ZAŠTITE ZGRADA

### 7.1. Postojeće zgrade

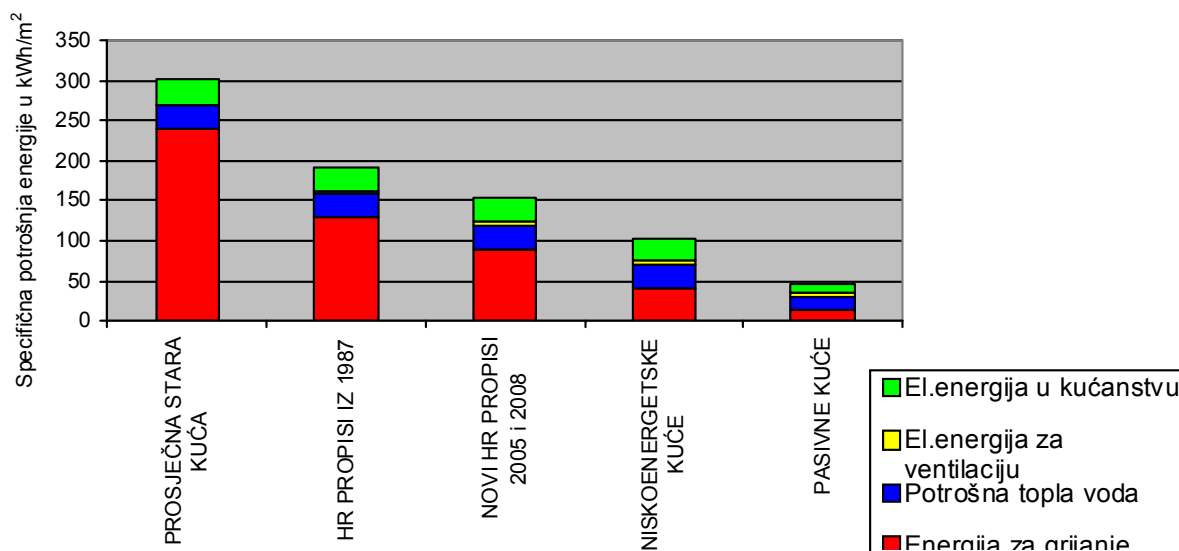
Sa stajališta energetske potrošnje u postojećim zgradama, razdoblje izgradnje izuzetno je važan parametar. Zbog karakteristika gradnje i nedostatka propisa o toplinskoj zaštiti, u razdoblju najveće stambene izgradnje od 1950. do 1980. godine, izgrađen je niz stambenih i nestambenih zgrada koje su danas veliki potrošači energije, s prosječnom potrošnjom energije za grijanje od preko 200 kWh/m<sup>2</sup>. Prema starosti i vrsti gradnje, a u ovisnosti o zakonodavnom okruženju, postojeće zgrade u Hrvatskoj možemo podijeliti u karakteristične grupacije:

- zgrade građene prije 1940. godine
- zgrade građene prije 1970. godine
- zgrade građene u periodu od 1970. do 1987. godine
- zgrade građene u periodu od 1987. do 2006. godine
- novogradnja usklađena s novim Tehničkim propisom o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 79/05) s obaveznom primjenom od 1. srpnja 2006. godine.

Za postojeće zgrade je potrebno utvrditi stvarnu vrijednost potrebne energije na temelju proračuna i analize troškova za energiju (toplinska energija, električna energija, voda). Preporuka je provesti analizu za tri godine kako bi se dobila prosječna vrijednost potrošnje energije i odredila energetska učinkovitost/neučinkovitost vanjske ovojnice. Energetska analiza postojećih zgrada

provodi se prema Metodologiji provođenja energetske pregleda građevina. Prema PEPZEC *energetski pregled zgrade* je sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije i energetskim svojstvima zgrade ili skupine zgrada koje imaju zajedničke energetske sustave, za utvrđivanje i određivanje isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izradu izvješća o energetskim pregledima zgrade s prikupljenim informacijama i predloženim mjerama, a obavlja ga ovlaštena osoba..

Nakon provedene analize potrošnje i troškova za energiju potrebno je poboljšati postojeće toplinske karakteristike vanjske ovojnice kako bi se smanjili toplinski gubici i ispunili zahtjevi za racionalno korištenje energije prema odredbama definiranim u TPRUETZZ. Za svaku mjeru računaju se potrebna ulaganja i ostvarive energetske, ekonomske i ekološke uštede. Na temelju usporedbe varijanti i isplativosti ulaganja u pojedinu mjeru odlučuje se o primjeni rješenja. Energetski pregled prvi je i osnovni korak u energetskom certificiranju zgrada.



**Slika 15. Potrošnja energije u zgradama ovisno o zakonodavnom okruženju i usporedba s potrošnjom u nisko energetskim i pasivnim zgradama**

Prema PEPZEC stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetske razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke. Referentni klimatski podaci određeni su posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu srednju mjesečnu temperaturu vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji. Tako su lokacije s temperaturom  $\leq 3^{\circ}\text{C}$  svrstane u kontinentalnu klimu, a lokacije s  $>3^{\circ}\text{C}$  u primorsku klimu.

Referentni broj stupanj dana grijanja utvrđen je uz uvjet da je unutarnja temperatura u zgradi  $20^{\circ}\text{C}$  i da sezona grijanja započinje s padom vanjske temperature u tri uzastopna dana ispod  $12^{\circ}\text{C}$  te da sezona grijanja završava s porastom vanjske temperature u tri uzastopna dana iznad  $12^{\circ}\text{C}$  i iznosi:

- 2900 za kontinentalnu Hrvatsku i
- 1600 za primorsku Hrvatsku.

**Tablica 4. Klasifikacija zgrada u energetske razrede, prema PEPZEC**

Energetski razred	$Q_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje u kWh/(m <sup>2</sup> a)	$Q_{H,nd,rel}$ – relativna vrijednost godišnje potrebne toplinske energije za grijanje u %
A+	≤ 15	≤ 15
A	≤ 25	≤ 25
B	≤ 50	≤ 50
C	≤ 100	≤ 100
D	≤ 150	≤ 150
E	≤ 200	≤ 200
F	≤ 250	≤ 250
G	> 250	> 250

Energetski razred grafički se prikazuje na energetskom certifikatu zgrade strelicom s podatkom o specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje izraženoj u kWh/(m<sup>2</sup>a).

Kako najveći udio potrošnje energije u zgradama čini energija za grijanje, potencijal za primjenu mjera energetske učinkovitosti u postojećim zgradama je velik s obzirom da propisi o toplinskoj zaštiti prije 2005. godine nisu određivali maksimalno dozvoljenu vrijednost potrebne topline za grijanje.

Zgrade koje se rekonstruiraju minimalno trebaju zadovoljiti uvjete TPRUETZZ u pogledu toplinskih karakteristika vanjske ovojnice.

Mjere energetske učinkovitosti je potrebno prilagoditi lokaciji odnosno klimatskim karakteristikama (kontinentalni ili primorski dio Republike Hrvatske). Primjenom mjera energetske učinkovitosti vanjske ovojnice može se ostvariti značajno smanjenje potreba za toplinskom energijom za grijanje i hlađenje i tako smanjiti potrebnu snagu uređaja te omogućiti korištenje alternativnih sustava opskrbe energijom. Primjenom mjera energetske učinkovitosti ostvaruje se ušteda na troškovima za grijanje, hlađenje i električnu energiju, povećava se kvaliteta i ugodnost boravka u prostoru te duži životni vijek zgrade uz doprinos zaštiti okoliša i smanjenju emisija stakleničkih plinova.

Pregled mjera za ekonomski povoljno poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice:

Mjere uz male troškove i brzi povrat investicije (do 3 godine i 5.000 kn/100 m<sup>2</sup>):

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata, zamjena ostakljenja s dvostrukim IZO ostakljenjem niske emisije (preporuka U ostakljenja < 1,1 W/m<sup>2</sup>K)
- provjera i popravak okova na prozorima i vratima
- izoliranje niša za radijatore i kutije za rolete
- toplinski izoliranje postojećeg kosog krova ili stropa prema negrijanom tavanu debljim slojem toplinske izolacije
- reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavom zavjesa i sl.

Mjere uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od 3 godine i preko 5.000 kn/m<sup>2</sup>):

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima
- preporuka U prozora 1,1-1,4 W/(m<sup>2</sup>K), – ugradnja mikroprekidača na prozore koji isključuju konvektorsko grijanje i hlađenje pri otvaranju prozora
- cjelovita toplinska izolacija vanjske ovojnice kod neizolirane zgrade ili povećanje toplinske izolacije izolirane zgrade u skladu sa zahtjevima tehničkog propisa koji upućuje na racionalno korištenje energije i toplinsku zaštitu zgrada
- izgraditi vjetrobran na ulazu u zgradu

Energetskom obnovom starih 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 toplinskom zaštitom vanjskog zida. Mjera u području toplinske zaštite s najkraćim periodom povrata investicije i najmanjim ulaganjem je toplinska zaštita kosog krova ili stropa prema negrijanom tavanu. 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.

Međutim, potrebno je naglasiti da bitnu ulogu u toplinskoj zaštiti zgrade imaju svi dijelovi vanjske 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

Toplinska zaštita mora biti riješena kontinuirano po vanjskoj ovojnici bez prekida, svodeći utjecaj toplinskih mostova na minimum.

## 7.2. Nove zgrade

Kod gradnje nove zgrade važno je već u fazi idejnog projektiranja integralnim pristupom predvidjeti sve što je potrebno da se dobije kvalitetna i optimalna energetska učinkovita zgrada.

Zato je potrebno:

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

Na početku svakog projekta potrebno je analizirati lokacijske i klimatske uvjete te u skladu s njima početi planirati energetska koncept kuće. Pri tome treba imati na umu da je dodatno ulaganje u povećanje energetska učinkovitosti i smanjenje toplinskih gubitaka na novogradnji višestruko isplativo. Povećanje cijene gradnje za 10 do 20 posto može značiti energetska uštede 50 do 80 posto. Potrebno je analizirati optimalni nivo toplinske izolacije i u skladu s tim planirati energetska sustave u kući. Važnu ulogu ima i zaštita od pretjeranog osunčanja prostora, koja vrlo često može bit 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 energetska 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 toplinska izolaciju u vanjskom zidu, te dobrom brtvljenju prozora. Također su bitni svi spojevi konstrukcija, prodori stropnih ploča i rubne obrade.

Tehnički zahtjevi za racionalnu uporabu energije i toplinska zaštitu u zgradama utvrđuju se :

- 1. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, odnosno po jedinici obujma grijanog dijela zgrade,
- 2. najvećom dopuštenom primarnom energijom po jedinici ploštine korisne površine zgrade,
- 3. najvećim dopuštenim koeficijentom transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici ploštine ovojnice grijanog dijela zgrade,
- 4. sprječavanjem pregrijavanja prostorija zgrade zbog djelovanja sunčeva zračenja tijekom ljeta,
- 5. dopuštenom zrakopropusnosti ovojnice zgrade,

- 6. najvećim dopuštenim koeficijentima prolaska topline pojedinih građevnih dijelova ovojnice grijanog dijela zgrade i pojedinih građevnih dijelova između grijanih dijelova zgrade različitih
- korisnika,
- 7. smanjenjem utjecaja toplinskih mostova,
- 8. najvećom dopuštenom kondenzacijom vodene pare unutar građevnog dijela zgrade,
- 9. sprječavanjem površinske kondenzacije vodene pare,
- 10. učinkovitošću tehničkog sustava grijanja, hlađenja, ventilacije, klimatizacije i pripreme potrošne tople vode,
- 11. najvećom dopuštenom godišnjom potrebnom energijom za rasvjetu zgrade, osim obiteljskih stambenih zgrada s jednim stanom i višestambenih zgrada,
- 12. razredom učinkovitosti sustava automatizacije i upravljanja zgrade,
- 13. udjelom obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji primarne energije

Tehnički zahtjevi propisani su u važećem Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama («Narodne novine» br. 97/14), a glavni projekt zgrade u kojemu je tehničko rješenje zgrade dano prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama («Narodne novine» br. 110/08, 89/09, 79/13 i 90/13) smatra se valjanim dokumentom za izdavanje akata na temelju kojega se odobrava građenje ako je zahtjev za izdavanje tog akta zajedno s glavnim projektom podnesen do 31. prosinca 2014. godine.

Važećim TPRUETZZ propisani su zahtjevi za zgrade grijane i/ili hlađene na temperaturu 18°C i više, zahtjev za zgrade grijane na temperaturu više od 12 °C, a manju od 18°C kao i zahtjev za zgrade koje se ne griju.

Za zgrade koje se griju na temperaturu više od 12°C, a manju od 18°C dozvoljene su veće vrijednosti koeficijenta transmisijskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade, a najveća dopuštena vrijednost potrebne topline za grijanje ostaje ista. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje,  $Q_{H, ht}$  i hlađenje zgrade,  $Q_{c, nd}$  (kWh/a) se izvodi u skladu s normom HRN EN ISO 13790:2008.

### **7.3. Materijali i izvedbe**

U skladu sa smjernicama EPBD II, planiranje potrošnje energije ne treba stati na zadovoljavanju minimalnih kriterija potrošnje energije definiranog nacionalnim zakonodavstvom već treba:

- planirati zgrade gotovo nulte energije gradnje
- uvesti upravljanje energijom u zgradi tokom cijelog razdoblja korištenja

Zgrade gotovo nulte energije imaju vrlo visoka energetska svojstva koja, između ostalog ostvaruju i manjim vrijednostima koeficijenta prolaska topline pojedinih konstrukcija vanjske ovojnice, čime ostvaruju manje toplinske gubitke i manju potrebnu energiju za grijanje i hlađenje.

Vanjska ovojnica koja je toplinski izolirana osigurava ugodne temperature u unutrašnjem prostoru. Najveći utjecaj za povećanje energetske učinkovitosti u zgradama je poboljšanje toplinskih karakteristika građevinskih konstrukcija. Treba uskladiti toplinske karakteristike pojedinih konstrukcija kako bi se ostvarila zadovoljavajuća potrošnja energije. Stoga je potrebno s obzirom na namjenu zgrade:

- Odrediti zone različitih unutrašnjih temperatura ili načina korištenja prostora
- Primijeniti odgovarajući sastav konstrukcije vanjske ovojnice
- Toplinski izolirati sve konstrukcije prema negrijanim prostorima i prema van
- Smanjiti utjecaj toplinskih mostova

U svrhu uštede energije zgradu je potrebno podijeliti u više zona ukoliko je predviđen različit način korištenja ili se unutarnje projektne temperature razlikuju više od 4°C.

Svi koeficijenti prolaska topline graničnih konstrukcija (između zona i prema van) moraju ispuniti zahtjeve određene u TPRUETZZ, Tablici 1. „Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline,  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ], građevnih dijelova novih zgrada, malih zgrada i zgrada s manjom ploštinom korisne površine grijanog dijela zgrade ( $AK < 50 m^2$ ) i nakon zahvata na postojećim zgradama“ iz Priloga »B«, kako bi se ostvarila minimalna toplinska zaštita. Da bi se ostvarila racionalna upotreba energije potrebno je poboljšati toplinske karakteristike elemenata vanjske ovojnice odnosno smanjiti koeficijent prolaska topline  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] i smanjiti toplinske gubitke po jedinici površine elementa [ $kWh/m^2$ ].

### **7.3.1. Pregled toplinsko izolacijskih materijala**

Dobro poznavanje toplinskih svojstava građevinskih materijala jedan je od preduvjeta za projektiranje energetski učinkovitih zgrada. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti. Koeficijent toplinske vodljivosti  $\lambda$  ( $W/mK$ ) 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.

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 čvrstoća, stišljivost, 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 da li se radi 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 poliuretan, odnosno poliuretanska pjena.

Mineralna vuna - kamena i staklena, dobar je toplinski izolator s toplinskom provodljivošću  $\lambda = 0,035$  i  $0,050 \text{ W/mK}$ , što je uvrštava među najbolje toplinske izolatore. To je izolacijski materijal mineralnog porijekla 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.

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, te nije otporan na temperature više od  $80^\circ\text{C}$ . Često se koristi za toplinsku zaštitu podrumskih zidova – ekstrudirani polistiren. Ekstrudirani polistyren XPS je najčešće obojen u plavo ili ružičasto, za razliku od bijelog ekspanziranog polistirena EPS.

Poliuretanska pjena također se dosta koristi, naročito pri sanacijama krovova. Ima još bolja toplinsko izolacijska svojstva  $\lambda = 0,020$  i  $0,035 \text{ W/mK}$ . 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 porijeklu 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 5. Projektne vrijednosti toplinske provodljivosti za neke toplinsko izolacijske materijale,  $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ], , približne vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare, te usporedba relativnih troškova za ugradnju**

TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJAL	GUSTOĆA $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	TOPLINSKA PROVODLJIVOST $\lambda$ (W/mK)	POTREBNA DEBLJINA (cm) ZA U=0,35 W/m <sup>2</sup> K	FAKTOR OTPORA DIFUZIJI VODENE PARE $\mu$	REL. TROŠAK ZA U=0,35 W/m <sup>2</sup> 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	$\geq 25$	0,030 do 0,040	8-10	150	2,5
tvrdna poliuretanska pjena (PUR) prema HRN EN 13165	$\geq 30$	0,020 do 0,040	7-9	60	5-8
fenolna pjena (PF) prema HRN EN 13166	$\geq 30$	0,030 do 0,045	8-10	50	
ćelijasto (penasto) staklo (CG) prema HRN EN 13167	100 do 150	0,045 do 0,060	10-15	$\infty$	
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168	360 do 460	0,065 do 0,090	16-20	3/5	4-6
drvena vuna (WW) prema HRN EN 13168, debljina ploča 15 mm $\leq d \leq$ 25 mm	550	0,15		4/8	
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
drvena vlakanca (WF) prema HRN EN 13171	110 do 450	0,035-0,070	10-18	5/10	
ovčja vuna	15 do 60	0,040	10-11	1-2	-
slama	-	0,090 do 0,130	20-35	-	-
lan		0,037			
SPECIJALNI TOPLINSKO IZOLACIJSKI MATERIJALI					
TRANSPARENTNA TOPLINSKA IZOLACIJA	<p>Toplinska izolacija (polikarbonat i sl.) koja omogućava prijem sunčeve energije i prijenos u zgradu, a istovremeno sprečava 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	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.			
AEROGEL NANOGEL	Aerogel je izuzetan materijal, još uvijek u eksperimentalnoj primjeni u graditeljstvu, nalik smrznutom dimu koji ima najvišu vrijednost toplinske izolacije, najnižu gustoću, najnižu provodljivost zvuka, najniži indeks loma svjetlosti i najnižu dielektričnu konstantu od svih danas poznatih čvrstih materijala. Izuzetno lagana kruta pjena, nastaje iz gela (silicij, aluminij, krom kositar ili ugljik) u kojem se tekuća komponenta zamjenjuje plinovitom (zrak ili vakuum). Krute rešetkaste strukture molekula, ali lomljiv na pritisak. Moguće su različiti stupnjevi transparentnosti, a najčešće je polutransparentan. Vatroootporan. Higroskopan. Izuzetno dobar toplinski izolator jer gotovo u potpunosti sprječava sva tri mehanizma prijenosa topline: zrak ne može strujati kroz strukturu materijala (konvekcija), kao materijal slabo provodi toplinu (kondukcija), a ako sadrži ugljik koji apsorbira IC zračenje ne prenosi toplinu (zračenje). Rezultati eksperimentalne primjene aerogela u graditeljstvu pokazuju kako će to biti najlakši građevinski materijal i izuzetno kvalitetna sirovina za proizvodnju izolacijskih materijala. Zbog visoke transparentnosti imat će značajnu ulogu i u proizvodnji prozora i vrata, ostakljenih stijena i svjetlarnika.			
	1 – 1,9 mg/cm <sup>3</sup>	0,004 – 0,03		

*Izvor: EIHP*

U tablici je dan pregled najčešćih toplinsko izolacijskih materijala, njihove toplinske karakteristike, potrebne debljine za postizanje istog nivoa toplinske zaštite, te relativni trošak za takav nivo toplinske zaštite po m<sup>2</sup> izolacije. Analizirani usporedni troškovi se odnose na toplinsku izolaciju vanjskog zida.

### 7.3.2. Prozori, vanjska vrata, staklena pročelja

Prozori i staklene stijene imaju ulogu propuštanja Sunčeve svjetlosti i omogućuju prirodno osvjetljenje, uz ostvarenje zaštite od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka. Transmisijski gubici prozora i gubici provjetravanjem čine oko 50 posto ukupnih toplinskih gubitaka zgrade.

U ukupnim toplinskim gubicima prozora sudjeluju staklo i prozorski profili. Prozorski profili, neovisno o vrsti materijala od kojeg se izrađuju, moraju 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 punjenjem (plinovi, gelovi ili kristali) ili premazima koji poboljšavaju toplinske karakteristike. Utjecaj na toplinske gubitke imaju i letvice (inox, aluminij ili plastika, ispunjene molekularnim higroskopskim sitom) za određivanje razmaka između stakala i brtvilo (butil, silikon) za ostvarivanje hermetičkog zatvaranja. Između stakala je moguća postava venecijanera za zaštitu od Sunca.

U skladu s TPRUETZZ, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može, ovisno o klimatskom području i projektnim zahtjevima za grijanje iznositi maksimalno  $U=2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ . 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 vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od  $U_w = 1,40\text{-}1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između  $U_w = 0,80\text{-}1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Preporuka za gradnju suvremene energetski učinkovite zgrade je koristiti prozore s koeficijentom  $U_w < 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Na niži  $U$ -koeficijent stakla ( $U_g$ ) utječu sljedeći čimbenici:

- **Debljina i broj međuprostora**

$U$ -koeficijent smanjujemo većim brojem međuprostora. Manji  $U$ -koeficijent možemo postići upotrebom dvoslojnih ili troslojnih izo stakla. Npr.  $4+10+4+10+4$ , što znači 3 stakla debljine 4 mm na razmacima od 10-12 mm.

- **Punjenje međuprostora**

Napunimo li međuprostor izo stakla nekim od već spomenutih plinova (argon, krypton i sl.)  $U$ -koeficijent će se bitno smanjiti.

- **Odabir stakla**

Debljina stakla vrlo malo utječe na  $U$ -koeficijent, 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 aluminijskih 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.

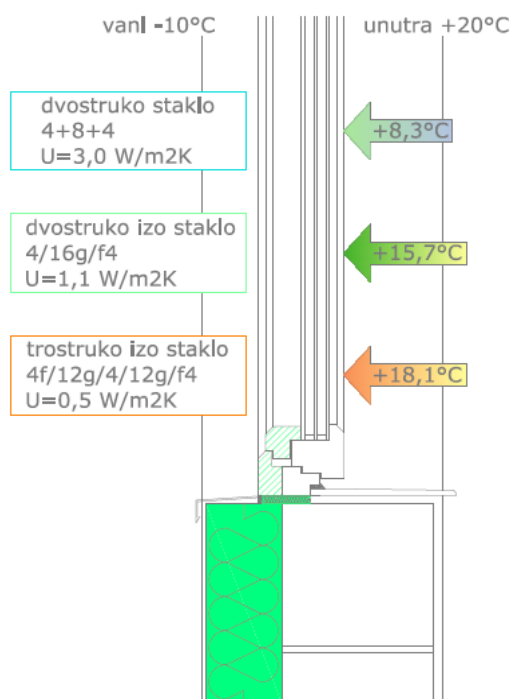
**Stupanj propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje  $g_{tot} = F_w \cdot g_{\perp} \cdot F_c$**

**$F_w$**  faktor umanjenja zbog ne okomitog upada sunčeva zračenja = 0,9

**$g_{\perp}$**  stupanj propuštanja ukupne sunčeve energije kroz ostakljenje kod okomitog upada zračenja utvrđuje se prema HRN EN 410:2003, (TPRUETZZ, Tablica 2. „Računske vrijednosti

stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje,  $g_{\perp}$  (-), za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja“, Prilog „B“)

$F_c$  faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja, (TPRUETZZ, Tablica 3. „Faktor umanjenja naprave za zaštitu od sunčeva zračenja,  $F_c$  (-)“, Prilog „B“)



**Slika 16. Temperature na unutarnjoj površini stakla u ovisnosti o vrsti ostakljenja**

Danas staklene fasade mogu ostvariti toplinske karakteristike gotovo kao i kompaktni dio ovojnice. Ukoliko se u oblikovanju pročelja koristi dvostruka fasada moguće je postići transparentnost, klimatehničku fleksibilnost te toplinsku i zvučnu izolaciju. Dvostruka fasada sastoji se od dvije ovojnice koje mogu biti izvedene od različitih materijala, a najčešće su od stakla. Između njih je ventilirana zračna šupljina čija širina može varirati od nekoliko centimetara do jednog metra (u posebnim slučajevima i više) ovisno o planiranim karakteristikama vanjske ovojnice, uvjetima okoliša i cjelokupnoj koncepciji zgrade koja uključuje i energetske sustave. U šupljini su smještene naprave za zaštitu od Sunca i zasjenjenje koje se reguliraju ručno, mehanički ili pomoću centralnog sustava za upravljanje. Projektiranje dvostrukih staklenih fasada zahtijeva integralni pristup koji uključuje usklađivanje vanjskih klimatskih parametara, toplinskih karakteristika ovojnice zgrade i energetske sustava kako bi se izbjegli parametri koji nepovoljno utječu na ostvarenje unutarnjih klimatskih uvjeta.

## TIPOLOGIJE DVOSTRUKIH STAKLENIH FASADA:

**Prirodno ventilirana dvostruka fasada** koju čini jednostruko staklo s vanjske strane ispred naprave za zaštitu od Sunca, prostor između dvije staklene opne koji je prirodno ventiliran prema van i unutarnja staklena stijena koju čini izolacijsko staklo s  $LOW_e$  premazom i šupljinom s plinovitom ispunom.

Karakteristike ventilirane dvostruke fasade:

- Koeficijent prolaska topline  $U=1,4 - 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Svjetlopropusnost  $T_{LT} 0,6-0,7$
- Stupanj propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje ( $g_{\perp}$ ) kod okomitog upada Sunčevog zračenja  $0,5-0,8$
- Zvučna izolacija  $R_w$  (dB) 38-44

Zrak koji pri dnu slobodno ulazi u šupljinu između dvije staklene opne zagrijava se i pri vrhu izlazi van. Tako zrak u kretanju u šupljini ljeti prima na sebe dio topline koji bi prošao u zgradu i vraća je u okoliš. Naprava za zaštitu od Sunca kontrolira prolaz topline i osvjetljenja u zgradu, a zaustavljena toplina se odvodi prirodnim strujanjem zraka. Zimi je moguće zatvoriti otvore za zrak i ostvariti dodatnu toplinsko-izolacijsku zonu. Unutarnja staklena stijena je zaštićena od padalina čime je smanjen rizik od prodora vode. Ovakva fasada ima debljinu, od 20 do 50 i 80 cm, stoga nije uvijek moguća izvedba s obzirom na veliku potrebnu tlocrtnu površinu i veće troškove održavanja i izgradnje.

**Moguće su dvije varijante izvedbe dvostruke ventilirane fasade:**

**Aktivna fasada u presjeku:**

- Vanjska ovojnica je dvostruko izo-staklo sa slojem  $Low_e$  i šupljinom s plinovitim punjenjem (npr.  $4+16+4$ ,  $10+16+(5+5 \text{ lam}) \text{ mm}$ )
- Zračna šupljina uvlači zrak iz zgrade i pomoću HVAC sustava izvlači ga u vrhu panela prema sustavu za ventilaciju. Širina zračne komore cca. 12 do 15 cm, s napravom (motorizirana ili manualna) za zaštitu od Sunca.
- Unutarnja ovojnica je jednostruko staklo (npr.  $4+4+6 \text{ mm}$ )
- Ukupni koeficijent prolaska topline  $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Mogućnost otvaranja unutarnjeg sloja staklene ovojnice
- Stupanj propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje ( $g_{\perp}$ ) kod okomitog upada Sunčevog zračenja  $0,75-0,85$
- Svjetlopropusnost  $T_{LT} 0,6-0,7$
- Zvučna izolacija  $R_w= 38-44 \text{ dB}$

Ova fasada je pogodna za hladne klime zbog povećane temperaturne ugodnosti u zoni uz fasadu i mogućnosti rekuperacije toplinskih dobitaka od Sunca pomoću toplinskih izmjenjivača u razdoblju grijanja.

### Interaktivna fasada u presjeku:

- Vanjska ovojnica je jednostruko laminirano staklo (npr. 4+4 mm, 8+8 mm)
- Zračna komora je ventilirana vanjskim zrakom koji ulazi u komoru pri dnu vanjskog stakla i izbacuje se van na vrhu vanjskog stakla. Zrak pokreću mikroventilatori koji su smješteni u fasadnom panelu, a upravljaju ih senzori u fasadi ili pomoću centralnog upravljačkog sustava zgrade (CNUS). Širina komore cca 15 do 30 cm s tendom ili žaluzinama (motorizirana ili manualna) za zaštitu od Sunca.
- Unutarnja ovojnica je dvostruko izo-staklo sa slojem Low<sub>e</sub> i plinovitim punjenjem (od 4+16+4 do 8 +16+4+4 mm)
- Ukupni koeficijent prolaska topline  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Prostor između dvije staklene ovojnice je prirodno ventiliran prema van pomoću mikroventilatora
- Stupanj propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje ( $g_{\perp}$ ) kod okomitog upada Sunčevog zračenja 0,70-0,80
- Svjetlopropusnost  $\tau_{LT}$  0,6-0,7
- Zvučna izolacija  $R_w= 38-44 \text{ dB}$

Ova fasada je pogodna za tople klime gdje su veće potrebe za rashladnom energijom. Za hladnog razdoblja s manjim toplinskim dobicima od Sunca ili kroz noć može se smanjiti ventilacija zračne šupljine kako bi se postigla niža vrijednost koeficijenta prolaska topline. Moguće je otvaranje prozora i prirodna ventilacija prostora i u visokim zgradama.

– **Prirodno ventilirana dvostruka fasada s dodatnim zasjenjenjem.** Količina zraka koji ulazi i izlazi iz zračne šupljine regulirana je u skladu s mjerenom temperaturom u šupljini i unutrašnjem prostoru. Ventilacija zračne šupljine koristi i energiju izmjenjivača topline i ventilokonvektora koji se koriste za grijanje i hlađenje prostora. U ovoj kombinaciji koristi se i podno grijanje. U zračnoj šupljini smješteni su horizontalni venecijaneri, brisoleji ili tende koji su centralno upravljani.

– **Bioklimatska fasada** se sastoji od trostrukog izo-stakla i vanjskih plošnih zastora. Na balkonu ispred fasade kao zasjenjenje se koriste biljke. Grijanje i hlađenje je riješeno zračenjem pomoću mikro cijevi u unutarnjim pregradama – zidovi, stropovi, podovi. Ovaj koncept dvostruke fasade primjeren je za zgrade do 15 katova.

**Tablica 6. Usporedba svojstava dvostrukih ventiliranih fasada**

Tip fasade	Solarni faktor $g_{\perp}$ (%)	Maks. temp. unutarnje površine (°C) Kod unutarnje temperature 20°C i vanjske -10°C	Maks. temp. zračne šupljine (°C)	Koeficijent prolaska topline $U$ (W/m <sup>2</sup> K)
Interaktivna bez ventilacije	19	34,8	80,6	1,4 – 1,5
Interaktivna	18	34,2	69,2	1,4 – 1,5
Aktivna	17	34,7	44,8	1,0 – 1,3
Bioklimatska Trostruko izostaklo	50 -70	17	-	0,8

Izvor: EIHP

### 7.3.3. Toplinski mostovi

Toplinski mostovi se uvijek pojavljuju u građevinskim konstrukcijama, no njihov utjecaj na ugodnost boravka, trajnost i stabilnost konstrukcije je potrebno smanjiti pravilnim projektiranjem bitnih detalja konstrukcije:

- Prozore treba ugraditi tako da su barem dijelom u nivou toplinske izolacije
- Kutija za roletu mora biti toplinski izolirana
- Toplinsku izolaciju zida treba povući do temelja, a po potrebi treba izolirati i temelj
- Osigurati kontinuitet toplinske izolacije svih konstrukcija, bez prekida toplinske izolacije
- Projektirati zgrade tako da se izbjegnu konstruktivni detalji tipičnih toplinskih mostova – prodori konstrukcija, istake i slično

Uvažavanjem ovih kriterija ostvaruje se potrebni kontinuitet toplinske izolacije koji je po završetku izgradnje moguće dodatno provjeriti termografskim snimanjem.

### 7.3.4. Zaštita od Sunca

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 sa vanjskim uvjetima okoline osiguravaju dobre uvjete rada i boravka u zgradi. Ako se osigura odgovarajuće tehničko rješenje postiže se prilagodljiv ulaz Sunca u zgradu i sprečava pregrijavanje prostorija zgrade zbog djelovanja Sunčevog zračenja tijekom ljeta i smanjuje potrebna energija za hlađenje.

Ljetna toplinska zaštita obuhvaća:

- Toplinsku zaštitu prozirnih elementa pročelja tijekom ljeta
- Toplinsku zaštitu vanjskih neprozirnih građevnih dijelova plošne mase  $< 100 \text{ kg/m}^2$  tijekom ljeta
- Zrakonepropusnost građevnih dijelova koji čine omotača grijanog prostora zgrade
- Zrakopropusnost reški prozora, balkonskih (vanjskih) vrata i krovnih prozora
- Vanjski neprozirni građevni dijelovi, koji su izloženi Sunčevu zračenju, moraju imati odgovarajuće dinamičke toplinske karakteristike kako bi se smanjio njihov doprinos zagrijavanju zraka u zgradi tijekom ljetnih mjeseci
- Dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova, ovisne o promjenjivosti toplinskih tokova, nisu još u potpunosti donesene u EN normama, te se dokazuje posredno preko koeficijenta prolaska topline -  $U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$

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

Korisni elementi zaštite od Sunca su nadstrešnice ili trjemovi 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 Sunce upada pod visokim kutom pa ga horizontalna ploha ne propušta do ostakljenja. Zimsko Sunce upada pod blagim kutom pa horizontalni elementi ne sprečavaju prolaz do ostakljenja. Na zapadnoj i istočnoj strani se postavljaju vertikalni elementi koji mogu raspršiti zrake budući zapadno Sunce uvijek upada pod blagim kutom.

Dodatno, moguće je upotrebom mobilnih i automatiziranih elemenata optimalno koristiti dobitke od Sunčevog zračenja za pojedine prostore prema trenutnoj potrebi.

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

### **7.3.5. Integracija elemenata za korištenje obnovljivih izvora energije (OIE) u konstruktivne elemente zgrade**

Dio sustava za korištenje OIE je potrebno smjestiti na vidljivom mjestu, u neposrednoj blizini zgrade ili na samom pročelju. Tako oni postaju elementi oblikovanja pročelja i ukupnog izgleda zgrade. Elementi za korištenje obnovljivih izvora energije trebaju se na zgradu uklopiti na skladan način uz pažljivo usklađivanje boja, materijala i oblika te inovativnost u primjeni. Omogućuju proizvodnju energije, ostvarivanje ekonomskih i ekoloških ušteda i dinamičko oblikovanje pročelja.

## **FOTONAPONSKI MODULI**

Za smještaj fotonaponskih modula prednost ima južna orijentacija i nagib pod određenim kutom, ali moguća je postava na istočno i zapadno pročelje te na vertikalne i horizontalne plohe uz manju učinkovitost proizvodnje energije, vodeći računa o mogućem zasjenjenju. Inovativna primjena fotonapona na fasadi smanjuje toplinsko opterećenje zgrade i potrebu za korištenjem klimatizacije. Mogućnosti primjene fotonaponskih modula su:

- horizontalne ili vertikalne lamele kao dio sustava za zaštitu od Sunca – fiksni ili pokretni (tehnologija tankog filma ili neprovidni moduli u svim izvedbama)



- elementi koji se postavljaju po principima krovnih pokrova – fotonaponske šindre, crjepovi ili krovne ploče (tehnologija tankog filma)
- na krovu – učvršćeni na krovnu konstrukciju, kao neovisna potkonstrukcija ili kao nadstrešnica
- na pročelju – ispred čvrstog dijela fasade (neprovidni moduli), kao dio ostakljenja ili dvostruke ventilirane fasade (transparentni moduli)
- neposredno uz zgradu (fotonaponska stabla)

Horizontalne lamele mogu biti postavljene fiksno, pod optimalnim kutom ili mogu biti pokretne tako da tokom dana i godišnjeg doba uvijek budu postavljene u optimalnom nagibu za učinkovitu proizvodnju energije. Na južnom pročelju je najčešća postava fiksnih lamela dok se na istočnom i zapadnom preporuča postava pokretnih kako bi se ostvario zadovoljavajući stupanj iskorištenja Sunčevog zračenja. Kod pokretnih lamela su toplinski dobici 10 posto veći u odnosu na fiksne. Lamelle se mogu pokretati i prema želji korisnika na način da se npr. lamela u visini pogleda može pomicati neovisno kako bi se osigurao bolji pogled ili prirodno osvjetljenje. Horizontalne lamele omogućuju zaštitu od Sunca do 85 posto, a za sprečavanje bliještanja potrebna je jednostavna naprava za zasjenjenje s unutrašnje strane (venecijaner, zastor). Raspored lamela bitno utječe na distribuciju prirodnog osvjetljenja u prostoru tako da je u nekim slučajevima moguća postava preko cijelog pročelja (zahtjev za difuznim osvjetljenjem) ili djelomično (kod radnih prostora).

Fotonaponska šindra odgovara dimenzijama klasične šindre i postavlja se s preklapom na daščanu oplatu s hidroizolacijom.

Fotonaponski crijepovi po dimenzijama odgovaraju klasičnim elementima, postavljaju se na klasičnu krovnu potkonstrukciju, s preklapom crijepova u smjeru paralelnom sa strehom.

Fotonaponske krovne ploče se postavljaju na klasičnu krovnu potkonstrukciju.

Moguća je primjena fotonaponskih modula u konstrukcijama koje zamjenjuju uobičajene građevinske materijale vanjske ovojnice na fasadi, krovu ili krovnim prozorima odnosno koji su integrirani u samu ovojnicu. Ovakve konstrukcije se koriste na novim, ali i postojećim zgradama. Na ovaj način smanjuje se početna investicija u fotonaponski sustav jer je veći dio troškova uključen u troškove vanjske ovojnice. Također, primjena fotonaponskih modula kao integralnog dijela vanjske ovojnice omogućuje bolje oblikovno rješenje.

Mogući izgled fotonaponskih modula je:

- neprovidni – klasična izvedba koja se najčešće primjenjuje kao samostalna konstrukcija ili preko kompaktnih površina vanjske ovojnice. Potrebno je osigurati vlastitu potkonstrukciju.
- transparentni – kao dio ovojnice zgrade na transparentnim krovnim (nadstrešnice, atriji, nadsvjetla, krovni prozori) i zidnim površinama kada je potrebno osigurati visoki stupanj transmisije svjetlosti. Prednja i stražnja strana modula su providne. Moduli su dio nosive konstrukcije pročelja i moraju osigurati zaštitu od atmosferskih utjecaja.
- U različitim bojama – nijanse plave, smeđe, žute i zelene boje.

Uvijek treba osigurati da slojevi krova ispod fotonapona ispunjavaju sve bitne uvjete za građevinu. Fotonaponski sustav smještava se na ravni krov kao neovisna konstrukcija ili na nadstrešnica za tehnička postrojenja. Takve konstrukcije predstavljaju drugu ovojnici zgrade koja smanjuje utjecaje okoliša i omogućuju korištenje pasivnih principa (npr. hlađenje zgrade).

Tehnologija danas omogućuje primjenu fotonapona na samoj ovojnicu zgrade kao dio ostakljenja pri čemu je potrebno ostvariti zadovoljavajući koeficijent prolaza topline ( $U$ ,  $W/m^2K$ ), solarni faktor ( $g_{\perp}$ , %) i koeficijent zasjenjenja ( $F_c$  %). Čelije se mogu postaviti u rasterima različite gustoće i tako ostvariti različit stupanj propuštanja svjetlosti. Takvi polutransparentni sustavi karakteristični su za velike staklene površine, ali je potrebno rješavanje utjecaja bliještanja i velikih toplinskih dobitaka. Ventilirane fasade ili fasade s dvije ovojnice pogodne su za primjenu fotonaponskih modula s monokristalnim i polikristalnim sunčanim ćelijama budući da njihova učinkovitosti ovisi od porasta temperature za razliku ćelija od amornog silicija koje se mogu ugrađivati i u klasične kompaktne fasade.

Fotonaponski moduli koji se postavljaju kao neovisna konstrukcija na zgradi ili neposredno uz zgradu mogu ostvariti veću učinkovitosti jer se mogu postaviti pod optimalnim kutom u odnosu na Sunčevo zračenje. Također se ostvaruje odgovarajuće hlađenje sa stražnje strane modula.

Osim oblikovnog uklapanja potrebno je predvidjeti i riješiti tehnička pitanja poput: izvedba potkonstrukcije, osiguravanja optimalnih uvjeta za proizvodnju energije, povezivanja s otočnim sustavom ili mrežom, međusobnog povezivanja modula, održavanja i reguliranja odnosa vlasnika i korisnika sustava.

## **SUNČANI SUSTAVI ZA GRIJANJE I PTV**

Toplinski kolektori se mogu integrirati u samu vanjsku ovojnici (krov ili fasadu) i tada moraju zadovoljiti sve funkcionalne i tehničke zahtjeve koji su bitni za građevinske konstrukcije. Također se mogu montirati na vlastitu potkonstrukciju ispred građevinskih konstrukcija u klasičnoj izvedbi. Mogućnosti primjene su:

- na krovu – učvršćeni na konstrukciju krova, s neovisnom potkonstrukcijom konstrukcija ili kao nadstrešnica
- na pročelju– neovisna konstrukcija ili u sklopu ventilirane fasade, kao strehe
- neposredno uz zgradu

Toplinski kolektori ne moraju biti dio pročelja niti vidljiv element oblikovanja, ali kada oblikuju završni izgled vanjske ovojnice bitno njihovo skladno uklapanje i primjena inovativnog dizajna uz postavu elemenata na način koji osigurava optimalnu razinu proizvodnje topline. Izgled toplinskih kolektora se bolje uklapa u suvremena rješenja vanjske ovojnice dok se na starim zgradama preporuča primjena kolektori manjih dimenzija (veličine crijepa). U pogledu funkcionalno-oblikovnih zahtjeva primjena toplinskih kolektora u odnosu na fotonapon ima veća ograničenja s obzirom da su elementi većih dimenzija, nije moguće ostvariti transparentnost, a postava je tehnički

zahtjevnija. Na tržištu postoje proizvodi koji u jednom elementu sadrže fotonaponske module i toplinske kolektore što olakšava povezivanje, oblikovanje i uklapanje na vanjsku ovojnicu.

## 8. MJERE U PODRUČJU SLOŽENIH TERMOTEHNIČKIH SUSTAVA

U ovom se poglavlju daje pregled jednostavnih i složenih termotehničkih sustava, te mogućih učinkovitih zamjenskih sustava kao i sustava koji koriste obnovljive izvore energije.

### 8.1. Kotlovnice

U nove zgrade koje udovoljavaju zahtjevima TPRUETZZ mogu se ugrađivati svi kotlovi koji imaju oznaku sukladnosti prema Pravilniku o zahtjevima za stupnjeve djelovanja novih toplovodnih kotlova na tekuće i plinovito gorivo, („Narodne novine“ br. 135/05), odnosno kotlovi koji nose oznaku sukladnosti na osnovi usklađenih europskih normi.

Niskotemperaturni kotlovi imaju bolji stupanj djelovanja, gledano kroz godinu, od standardnih kotlova jer ne traže uporabu miješajućeg ventila na instalaciji i mogu raditi s temperaturom povratne vode do min. 35°C. Kondenzacijski kotlovi imaju još bolji stupanj djelovanja jer iskorištavaju latentnu toplinu vodene pare u dimnim plinovima. Za postavljanje kondenzacijskog kotla potrebna je sanacija dimnjaka.

Smještaj kotlovnice je moguć u samoj zgradi (podrum, razizemlje, krov) ili u samostalnom objektu. Ovisno o vrsti goriva i kapacitetu definiraju se potrebni prostori kotlovnice. Na krov zgrade postavljaju se uglavnom plinske kotlovnice. Projekt kotlovnice potrebno je izraditi u skladu s važećim propisima, za određeni tip kotlovnice, koji se odnose na izgradnju i uporabu. Kotlovnice na kruta goriva zahtijevaju veće površine i prostore za skladištenje goriva, posebice je potrebno osigurati prostor između prednje strane kotla i zida jednak najmanje dužini kotla. Kod kotlova loženih uljem ili plinom potrebni su manji razmaci. Kotlove treba postaviti tako da je održavanje i rukovanje moguće sa svih strana.

Prednosti kotlovnice smještene na krovu objekta:

- Nema klasičnog dimnjaka
- Ušteda prostora u podrumu ili razizemlju
- Kotao nije opterećen statičkim tlakom vode u sustavu
- Nema sigurnosnog i povratnog voda kroz objekt
- Temperatura dimnih plinova može biti niža

Nedostaci

- Dodatno opterećenje krova

- Potrebna bolja zaštita od buke
- Moguće poteškoće kod popravaka i manipulacije

## 8.2. Sustavi grijanja

Za izbor sustava grijanja mjerodavan je niz faktora poput:

- Vrste zgrade (stambena, poslovna, proizvodna itd.)
- Vrste goriva koje je odabrano
- Vremena korištenja objekta
- Higijenskih i drugih zahtjeva

Za svaki projekt potrebno je detaljno razmotriti tehnički, ekonomski i higijenski optimalno rješenje. Za jednu zgradu može se predvidjeti više sustava grijanja; lokalno, centralno toplovodno i centralno toplozračno ili pak etažno ili grijanje zračećim panelima. Moguće su i njihove kombinacije unutar jednog objekta.

Etažna grijanja primjenjuju se za stambene jedinice unutar zgrade a sastoji se od kotla na različite vrste goriva, cijevnog razvoda i ogrjevnih tijela s pripadajućom regulacijom.

Centralno grijanje može biti toplovodno ili zračno. Koristi se za zgrade koje traže stalno, jednako, higijensko i pouzdano grijanje (stambene zgrade, škole, bolnice, ustanove i slično). Izvedba sustava grijanja mora biti u skladu s važećim tehničkim propisima i pravilima struke.

## 8.3. Klimatizacija

Sustavi za klimatizaciju imaju zadatak održavati temperaturu i vlažnost zraka u traženim granicama. U njima se odvijaju procesi grijanja, hlađenja, ovlaživanja i sušenja zraka a što se ostvaruje putem sustava regulacije. Klimatizacijska postrojenja obavljaju i funkciju ventilacije te se u njima može odvijati i rekuperacija topline. Koriste se u dva područja; za ostvarivanje ugodnosti u prostorima gdje borave ljudi i za ostvarivanja specifičnih uvjeta u proizvodnim prostorima tokom cijele godine. Posebno se predviđaju za javne prostore, kina, kazališta, dvorane i slično. U odnosu na druge sustave omogućavaju znatne uštede energije ugradnjom dizalica topline i rekuperacije. Klimatizacijski sustavi izvode se kao:

- Jednokanalna klimatizacija s konstantnim protokom zraka (jednozonska ili višezonska)
- Jednokanalna klimatizacija s promjenljivim protokom zraka
- Dvokanalna klimatizacija s konstantnim i promjenljivim protokom zraka
- Klimatizacija u kombinaciji s razvodom vode za dogrijavanje ili hlađenje

(dvocijevni, trocijevni ili četverocijevni sustavi)

## **8.4. Ventilacija, grijanje i hlađenje zraka**

Ventilacijom se osigurava potreban broj izmjena zraka u prostoru. Ovisno o periodu godine zrak za provjetravanje mora se zagrijati ili ohladiti. Filtracija zraka dio je procesa pripreme zraka. Rekuperacijom se postižu znatne uštede.

## **8.5. Rekuperacija**

Sustavi za provjetravanje i klimatizaciju traže znatne toplinske i rashladne učinke za pripremu zraka. U cilju štednje energije velike se uštede postižu rekuperacijom topline iz otpadnog zraka. Načelno se razlikuju tri načina rekuperacije:

- Regenerativni postupak pri čemu se koriste akumulacijske mase koje akumuliraju i ponovno odaju toplinu i/ili vlagu
- Rekuperativni kod kojih se iskorištava samo osjetna toplota (izmjenjivači topline)
- Sustav s dizalicom topline gdje se toplota otpadnog zraka predaje niskotemperaturnom dijelu dizalice topline.

## **8.6. Prirodno provjetravanje**

Odvija se uslijed različite gustoće zraka prirodnim putem ili uslijed strujanja zraka. Ostvaruje se putem prolaza zraka kroz fuge vrata i prozora, kroz okna i šahtove, preko krovnih produžetaka.

## **8.7. Priprema potrošne tople vode**

Potrošna se topla voda priprema u protočnim ili akumulacijskim grijalicama. Kod proračuna potrebno je voditi računa o faktoru istovremenosti obzirom da je potrošnja neujednačena. Pravilnim osmišljavanjem sustava moguće je ostvariti znatne uštede u energiji, posebice korištenjem otpadnih toplota bilo u potpunosti ili djelomično. Alternativni sustavi poput solarnih ili dizalica topline također se preporučuju.

## **8.8. Alternativni sustavi za opskrbu energijom**

**Tablica 7 .Pregled karakteristika alternativnih rješenja u energetskej opskrbi zgrada (prema The Illustrated Guide to Renewable Technologies, BSRIA 2008)**

Vrsta	Svojstva	Funkcionalnost	Cijena	Pouzdanost	Održavanje	Redukcija CO <sub>2</sub> *	Ocjena
Biomasa	Koristi organski materijal. dobiva se toplina ili bioplin	Visoka. Zahtijeva veliko spremište	Srednja. Viša od konvenc. kotla	Visoka u ogrjevnom radu. Anaerobno vrenje i rasplinjavanje izaziva poteškoće	Lako	Visoka	++++
Sunčani sustav za grijanje i PTV	Korištenje Sunčevog zračenja za grijanje PTV i/ili prostorija	Srednja. Pouzdani uređaji. Velik izbor kolektora	Srednja	Visoka. Malo pokretnih dijelova. Pumpe i ventili pouzdani.	Lako.	Visoka. Pumpe mogu biti gonjene fotonaponskim sustavom	++
Fotonaponski modul	Pretvara Sunčevo zračenje u istosmjernu el. energiju	Srednja. Široke mogućnosti ugradnje. Za izmjeničnu struju potreban pretvarač.	Visoka. Očekuje se pad nabavnih cijena.	Srednja. Pretvarači mogu izazivati poteškoće.	Lako. Potrebni specijalisti.	Visoka	++
Vjetar	Pretvorba energije vjetra u el. energiju	Srednja. Bolja u otvorenim prostorima.	Niska. Ovisi o raspoloživosti vjetra. Snaga obično mnogo niža od instalirane	Srednja. Promjenjiva snaga vjetra smanjuje vijek.	Srednje. Potrebno redovito održavanje.	/	+++
Kogeneracija (Trigeneracija)	Proizvodnja električne i ogrjevne (i rashladne) energije iz fosilnih ili obnovljivih goriva	Visoka. Učinkovita pri konstantnom opterećenju	Srednja. Potrebno potpuno iskorištenje otpadne topline	Srednja. Pouzdana tehnologija	Srednje. potrebno planirano i redovito održavanje	Srednja. bolja pri uporabi biomase	++++
Dizalica topline	Podiže temperaturu toplini iz okoline. Koristi se za grijanje i PTV.	Visoka. Može ostvariti i rashladni učinak	Srednja. Pogonska energija ovisna o razlici temperatura okoline i grijanja	Visoka. Pouzdani uređaji.	Nisko.	Srednja. Ovisna o vrsti pogona i razlici temperatura.	+++
Apsorpcijsko hlađenje	Bez mehaničkog kompresora. Koristi vanjski izvor topline	Visoka. Raspoloživa toplina služi hlađenju u klimatizaciji	Srednja. Veća nego za konvenc. dizalicu topline, ali koristi otpadnu toplinu	Visoka. Malo pokretnih dijelova	Lako	Srednja do visoka	+++++
Gorivne ćelije	Elektrokemijska pretvorba goriva u el. energiju i toplinu	Visoka. Kao kod kogeneracije	Visoka. Mali izbor komercijalnih uređaja. Skupi uređaji.	Srednja. Vijek trajanja još nepoznat iako se očekuje pouzdanost	Srednja. Malo pokretnih dijelova. Ćelija ima ograničenu trajnost	Srednja. Ovisi o gorivu i iskorištenju otpadne topline.	
Površinske vode	Voda iz jezera i mora za hlađenje	Niska. Malo zgrada blizu odgovarajućeg izvora	Niska do srednja. Ovisno o potrebnoj duljini cjevovoda	Srednja do visoka. Potrebno filtriranje.	Lako	Srednja. Ovisno o snazi pumpe.	++++
Izravno korištenje topline okoline	Geotermalna energija, voda iz jezera i mora za hlađenje, toplina plićih slojeva tla	Niska. Malo zgrada blizu odgovarajućih izvora	Niska do srednja kod zahvata vode i geotermalne energije, visoka kod polja podzemnih kolektora.	Srednja do visoka. Potrebno filtriranje.	Lako	Srednja do visoka, ovisno o dodatnoj opremi.	++++

Redukcija CO<sub>2</sub> podrazumijeva smanjenje emisije CO<sub>2</sub> pri uporabi određenog uređaja ili tehnologije u odnosu na odgovarajući konvencionalni sustav koji troši fosilno gorivo. Pri tome se ne uzima u obzir emisija CO<sub>2</sub> nastala pri proizvodnji samog sustava. Taj može biti značajan ako se u obzir uzme proizvodnja sirovina, njihova prerada i obrada do gotovog proizvoda.

Obrazloženje ocjene: Broj + oznaka je paušalna ocjena energetske, ekološke i ekonomske podobnosti sustava te služi samo za orijentaciju. Za svaku konkretnu primjenu potrebno je načiniti detaljnu komparativnu analizu.

### 8.8.1. Biomasa

Biomasa je nefosilizirana organska tvar (biljnog i životinjskog porijekla) iz koje se, na različite načine, može dobiti obnovljiva energija u svim svojim korisnim oblicima (toplinska, kemijska i mehanička). Najjednostavniji način dobivanja energije iz biomase je izravnim izgaranjem drva u neobrađenom ili obrađenom obliku. Druge mogućnosti su neizravne:

- Proizvodnja bioplina rasplinjavanjem drveta ili anaerobnim vrenjem biljnog materijala
- Proizvodnja biogoriva (bioetanol ili biodiesel)

Utjecaj na okoliš primjene biomase s obzirom na emisije CO<sub>2</sub> je neutralan (gledano na dulji rok, sav CO<sub>2</sub> emitiran uporabom biomase ne može biti veći od količine CO<sub>2</sub> koju je pri nastanku biomasa uzela iz okoliša) i manjom upotrebom energije za uzgoj od dobivene energije biomase (pozitivna neto energetska bilanca).

Biomasa za energetske potrebe se najčešće smatra šumska biomasa (ogrjevno drvo, drvni ostatak pri komercijalnom iskorištavanju šuma ili redovitom održavanju šuma, brzorastuće nasade); poljoprivredna biomasa (energetski usjevi, žetveni ostatak, stajski gnoj, poljoprivredne proizvode ili dijelove istih koji nisu prikladni za prehranu ljudi) i organski dio otpada iz komunalnog otpada, otpada prerađivačke industrije (drvna, prehrambena, tekstila, kožarska, papira...), otpada iz ugostiteljstva i pročišćavanja otpadnih voda i kanalizacije.

Kod primjene biomase u zgradarstvu potrebno je razdvojiti:

- 1) oblike biomase koji se mogu transportirati od mjesta nastanka do mjesta pretvaranja u korisni oblik energije (nosioci energije biomase)
- 2) oblike biomase koji se redovito pretvaraju što bliže mjestu nastanka u nosioca ili korisni oblik energije za koje je potreban poseban sustav (toplovod, elektroenergetska mreža, plinovod) transporta do korisnika (energetski objekti biomase)

Nosioci energije biomase su obično razni oblici drvne biomase (ogrjevno drvo, briketi, peleti, drvna sječka, blanjevina, piljevina...) i biogoriva (biodizel, bioetanol, biometan). Najšira primjena energije biomase u zgradarstvu se odnosi na dobivanje toplinske energije iz različitih oblika krute biomase za grijanje prostora, pripremu tople vode i/ili kuhanje. Biogoriva su

prvenstveno namijenjena potrebama prometa, a u zgradarstvu se može primijeniti biodizel kao zamjensko gorivo kotlova na lož ulje.

Najveći dio krute biomase predstavlja drvo u različitim oblicima: ogrjevno drvo, drvni ostatak nastao prilikom održavanja i komercijalnog iskorištavanja šuma, drvni ostatak kod održavanja voćnjaka, vinograda i maslinika, parkova i zelenih površina, drvni ostatak iz drvno-prerađivačke industrije (blanjevina, piljevina, kora, otpilci, okrajci), drvna masa nakon čišćenja vodotokova i prometnica (bez zemlje i korijenja).

Kruta biomasa ima različite parametre koji ovise o vrsti sirovine, količini vlage, ogrjevnoj površini te udjelu pepela. Zato se drvnom biomasom trguje u volumnim (puni kubik, prostorni metar, rasuti metar), a ne masenim jedinicama, odnosno za projektiranje korištenja je potrebno znati njihovu gustoću.

**Tablica 8. Prosječni volumni odnosi različitih vrsta drvne biomase (u m<sup>3</sup>)**

Jedinica mjere	Primjer krute biomase	Puni kubik	Prostorni metar	Rasuti metar
Puni kubik	Prostorno drvo	1	1,43	2,43
Prostorni metar	Cjepanice, metrice, briketi	0,7	1	1,7
Rasuti metar	Blanjevina, piljevina, peleti	0,41	0,59	1

Iako se nosioci energije mogu prodavati na tržištu u različitim oblicima, dostupnost i opravdanost korištenja pojedinog oblika biomase će ovisiti o stadiju razvitka tog segmenta tržišta (globalno tržište) ili blizini njezina izvora (lokalno tržište) pri čemu valja imati na umu da korištenje lokalne biomase uključuje aktivaciju lokalnog gospodarstva (poljoprivreda, šumarstvo, drvno-prerađivačka industrija).

Prilikom planiranja sustava za korištenje krute biomase, raspoloživa biomasa određuje odabir ložišta, a potražnja za grijanjem prostora i potražnja za grijanjem tople vode određuju daljnje smjernice za dimenzioniranje spremnika za toplu vodu, izmjenjivača topline, dimnjaka, skladišta i načina punjenja ložišta (ručno ili automatski). Kod korištenja energije biomase za grijanje prostora i pripremu tople vode često se kombiniraju solarni termalni sustavi za zagrijavanje vode van sezone grijanja.

a. Izravno loženje biomasom

Biomasom se toplina generira u uređajima od najjednostavnijih peći za grijanje prostorija i kuhanje, toplovodnih i vrelovodnih kotlova raznih veličina do velikih, potpuno automatiziranih kotlova za blokovsko ili daljinsko grijanje velikog kapaciteta. Pri tome jedinice s fluidizacijskim ložištem premašuju učinke od 10 MW. Karakteristike kotla i pratećih uređaja, napose skladišta goriva, bitno ovise o vrsti biomase. Na tržištu postoje i peći s ložištima prilagođenim za sagorijevanje različitih krutih goriva. U Tablici 9. su prikazane osnovne značajke drvenih goriva.



**Tablica 9. Svojstva drva i drvnih prerađevina za loženje**

Vrsta drvne biomase	Postupak sušenja	Udio vode	Ogrjevna vrijednost	Sadržaj energije	Ekvivalent lož ulja	Udio pepela
		%	MJ/kg	kWh/kg	l	kg
Tvrdo drvo (bukva)	Na zraku	18	14,6	4,1	407	4,1
	Prirodno	35	11,1	3,1	308	3,3
	Sirovo	50	7,9	2,2	219	2,5
Meko drvo (jela)	Na zraku	18	14,9	4,1	414	4,9
	Prirodno	35	11,3	3,1	314	3,9
	Sirovo	50	8,1	2,3	225	3
Peleti	Iz sušionice	10	17	4,7	471	5,3
Piljevina	Iz sušionice	10	17	4,5	453	5,4
Blanjevina	Iz sušionice	10	17	4,4	442	5,8

Izvor: *Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) i Ecofys (2005.): Planning and installing bioenergy systems: A guide for installers, architects and engineers, James&James (Science Publishers) Ltd.*

Kotlovi loženi biomasom su znatno tromiji u ponašanju od npr. onih loženih plinom. Stoga nisu podesni za nagle promjene opterećenja, iako se regulacijom učinak može sniziti do 30% nazivne snage. U sustavu stoga treba predvidjeti akumulacijski spremnik za polaznu vodu dovoljnog kapaciteta za kompenzaciju oscilacija opterećenja.

Navedene poteškoće moguće je izbjeći pokrivanjem samo baznog opterećenja kotlom na biomasu, a za vršno opterećenje predvidjeti konvencionalni (npr. plinski) kotao. Takav je pristup povoljan i u slučaju sezonske varijacije opterećenja, ali donosi složenu regulaciju dvaju sustava sasvim različitih pogonskih svojstava.

#### b. Rasplinjavanje

Rasplinjavanje je postupak dobivanja gorivog plina u generatorima plina (generatorski plin) nepotpunim izgaranjem drva uz nedovoljni dovod zraka. Sastav plina ovisi o korištenom gorivu, načinu vođenja procesa (temperatura i oksidant). O sastavu ovisi ogrjevna moć plina.

Plin dobiven rasplinjavanjem može se koristiti na mjestu nastanka u posebnim toplovodnim kotlovima s ložištima koja se sastoje od generatora plina i komore izgaranja u neposrednom susjedstvu.

Drugi je način korištenja plina u udaljenim potrošačima, pri čemu dolaze do izražaja sve prednosti plina kao goriva. Tipičan primjer je pogon plinskog motora u kogeneracijskom postrojenju.

Poteškoće koje se javljaju pri rasplinjavanju svode se na osjetljivost regulacije na poremećaje u privodu goriva i oscilacije njegove kakvoće. Sam plin sadrži leteći pepeo i razne pare nastale isplinjavanjem. Njih je potrebno izdvojiti (taloženjem i kondenzacijom) prije uporabe plina jer mogu izazvati ozbiljne poteškoće u pogonu, naročito motora i turbina.

### c. Anaerobno vrenje

Anaerobno vrenje (ili anaerobna digestija) je postupak dobivanja bioplina iz organskog dijela biomase bez prisustva zraka. Pri složenom biokemijskom procesu truljenja oslobađa su bioplin koji se sastoji od metana (CH<sub>4</sub>) i ugljik dioksida (CO<sub>2</sub>) čiji je udio obrnuto proporcionalan. Uspješni procesi generiraju bioplin s udjelom od 60% metana koji predstavlja ogrjevnu vrijednost dobivenog bioplina. Vrenje se odvija u velikim bazenima gdje se biomasa i otpad podvrgavaju djelovanju mikroorganizama koji nizom anaerobnih pretvorbi degradiraju velike organske molekule ugljikovodika te masti i proteina do neprobavljivih ostataka, dok je produkt takve fermentacije gorivi plin i digestat – kruti i tekući ostatak vrenja kojeg je moguće koristiti u poljoprivredi kao organsko gnojivo.

Iako se temelje na principu anaerobnog vrenja, tehnologije za dobivanje bioplina se razlikuju s obzirom na vrstu supstrata tako da razlikujemo bioplinska postrojenja na sirovinu iz poljoprivrede, deponijski plin, otpadni mulj iz pročišćavanja otpadnih voda, namirnice isteklog roka trajanja i organsku frakciju komunalnog otpada

### d. Skladištenje biomase

Obzirom na relativno nisku energetska vrijednost biomase i manju gustoću u usporedbi s konvencionalnim fosilnim gorivima, ona zahtijeva spremišta, koja su veličinom primjerena intenzitetu potrošnje i kapacitetu potrošača. Spremišta biomase su obično zidane prostorije ili silosi. U njima je potrebno osigurati ventilaciju koja održava ili čak smanjuje vlagu te sprječava kompostiranje i razvoj plijesni i mikroorganizama koji mogu biti opasni po zdravlje. Kompostiranje se izbjegava i ograničenjem visine nasipa (max. 10 m). Velika spremišta biomase zahtijevaju i redovito prevrtanje. Ukoliko ona dolazi mokra, potrebno je predvidjeti i drenažu dna skladišta. Potrebno je također osigurati odgovarajući pristup skladištu primjeren načinu dovoza i unutarnjeg transporta. Ovisno o svojstvima i sastavu biomase (trupci, cjepanice, sječka, pelete i sl.) transport se obavlja transporterima razne vrste, što uključuje viljuškare, vijčane transportere, konvejjere, pneumatski transport itd.

### **Rekapitulacija svojstava biomase:**

#### **Prednosti:**

- **Korištenje obnovljivog izvora energije**
- **Mogućnost kontinuirane proizvodnje energije, što nije slučaj kod sunčeve energije i energije vjetra**
- **Biomasa je ekonomična alternativa fosilnim gorivima**
- **Zrela tehnologija**

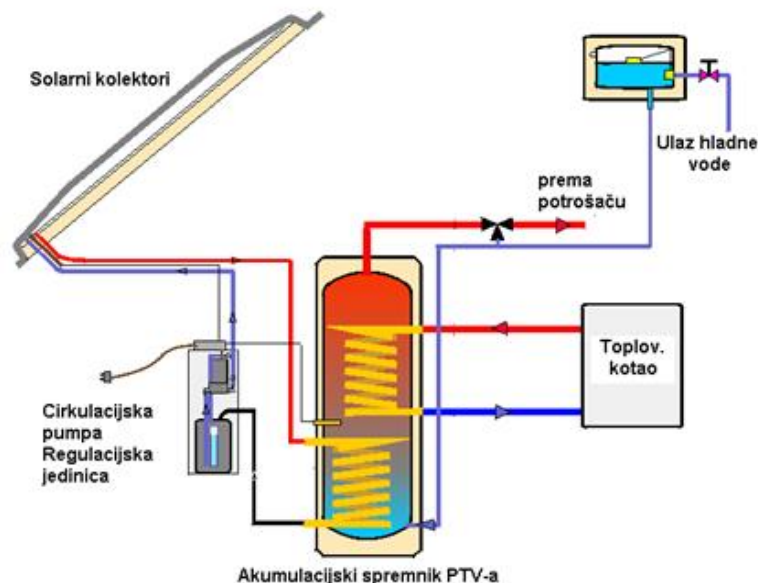
#### **Nedostaci (u usporedbi s konvencionalnim sustavima):**

- **Niži sadržaj energije u usporedbi s fosilnim gorivima**

- **Energetski sustavi s biomasom mogu imati specifične uvjete gradnje, održavanja i upravljanja obzirom na dobavu, transport i skladištenje sirovine**
- **Dobava biomase je zahtjevnija od dobave plinovitih i kapljevih goriva**
- **Raspoloživost biomase može varirati pa je potrebno analizirati mogućnosti korištenja raznih vrsta.**

### 8.8.2. Sunčani sustavi za grijanje i PTV

Sustavi za grijanje vode Sunčevom energijom uobičajeno se koriste za pripremu sanitarne tople vode, a samo ponekad kao dodatno grijanje vode za grijanje prostorija. Također, obzirom na način strujanja radnog fluida, sunčani sustavi se mogu podijeliti na sustave s prisilnom i prirodnom cirkulacijom. Tipičan sustav za pripremu sanitarne tople vode manjeg i srednjeg kapaciteta (npr. za obiteljske zgrade) prikazan je na Slici 17.

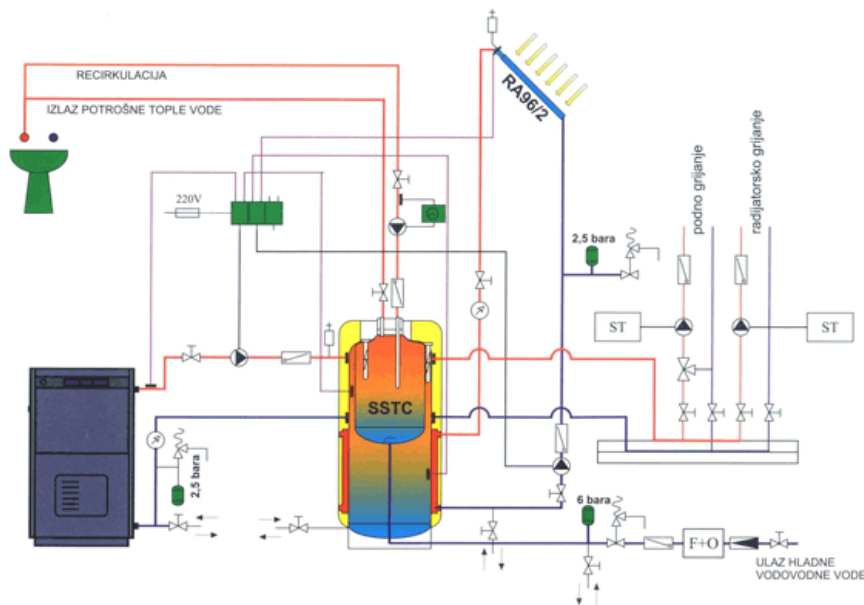


**Slika 17. Tipični sunčani sustav za pripremu tople vode s jednim spremnikom**

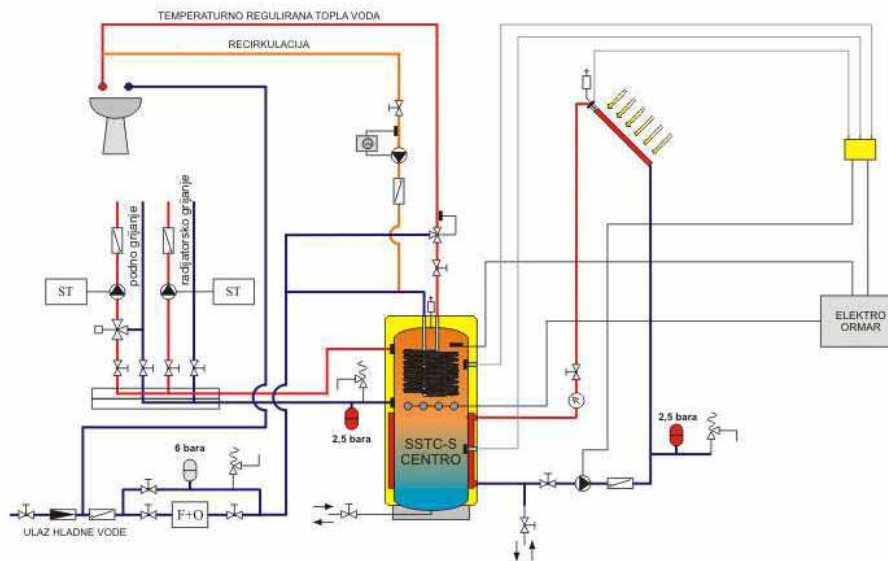
Osnovni dijelovi sunčanog toplovodnog sustava su kolektori, akumulacijski spremnik te pumpa i regulacija kod sustava s prisilnom cirkulacijom. Radni fluid tj. nosioc toplote preuzima apsorbirano sunčevo zračenje u kolektoru i predaje ga vodi u akumulacijskom spremniku preko izmjenjivača toplote koji se sastoji od cijevi savijenih u spiralu radi bolje izmjene toplote i zauzimanja manjeg prostora. Kod većih sustava koriste se izmjenjivači smješteni unutar (spiralni) ili izvan spremnika (pločasti). U periodima nedovoljne insolacije ili povećane potrošnje u većini sunčanih sustava voda se dogrijava preko dodatnog izmjenjivača toplote kroz koji struji topla voda iz kotla na lož ulje, plin, el. energiju ili biomasu. U ljetnim mjesecima je za dogrijevanje uputno koristiti električni grijač ugrađen direktno u spremnik (koji služi i kao zaštita od smrzavanja zimi), obzirom da sustav centralnog grijanja ne radi, tako da zagrijevanje cijelog kotla i vode u sustavu

nije ekonomično. 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  $\pm 30^\circ$ . Spremnik ne smije biti previše udaljen od kolektora koji ga zagrijava kako bi se što je više moguće smanjili toplinski gubici u spojnim cijevovima.

Različitim se konstrukcijskim rješenjima nastoji osigurati što veća temperaturna stratifikacija po visini spremnika, kako bi se što više povećala količina topline koju nosilac topline može predati na izmjenjivaču u donjem dijelu spremnika te snizila izlazna temperatura nosioca topline (manji toplinski gubici u kolektoru), a istovremeno postigla u najkraćem vremenu što viša temperatura vode koja se odvodi iz spremnika. S tim se ciljem u veći spremnik obično ugrađuje i jedan manji za potrošnu toplu vodu ili pak dodatni izmjenjivač. Na taj se način sprječava miješanje hladne potrošne vode sa zagrijanom vodom iz cijelog spremnika i posljedično narušavanje temperaturne stratifikacije u spremniku.

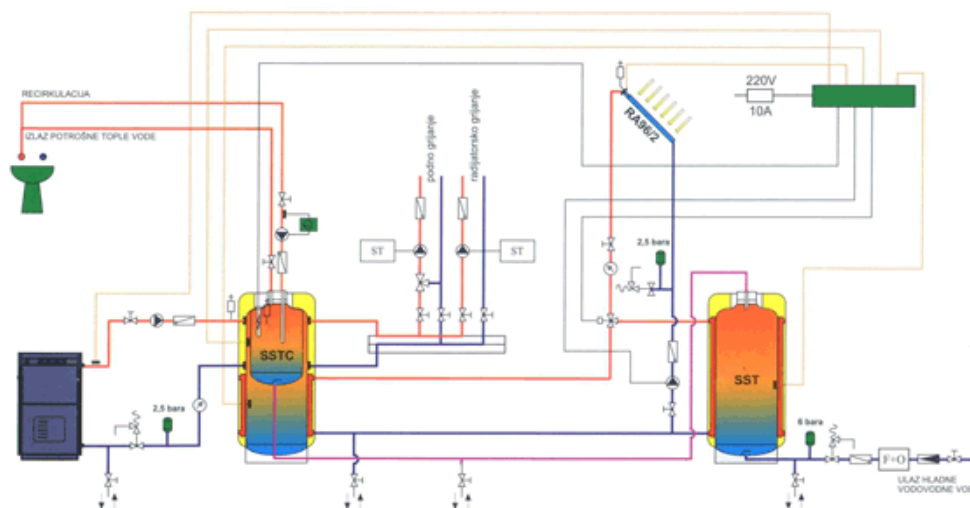


**Slika 18. Sunčani sustav s dvostrukim spremnikom**



**Slika 19. Sunčani sustav s izmjenjivačem za PTV**

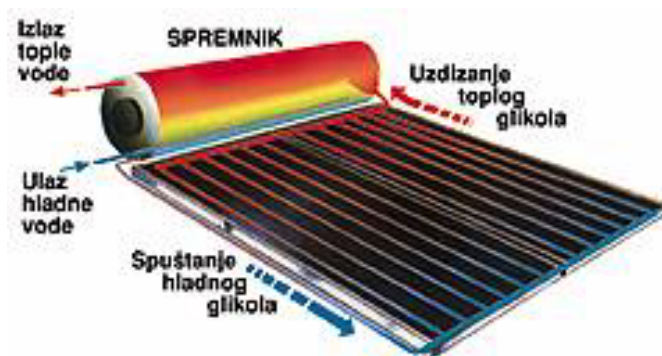
Sustavi namijenjeni zagrijavanju većih količina PTV-a u ljetnim mjesecima (u npr. turističkim apartmanima) obično se sastoje od jednog primarnog dvostrukog spremnika i jednog pomoćnog (Slika 20.) koji se zasebno griju. Kada temperatura u primarnom spremniku dostigne željenu vrijednost (obično ~ 50°C) tada automatika preko troputnog ventila usmjerava nosilac topline na izmjenjivač pomoćnog spremnika. U takvom sustavu je zagrijavanje vode brže, a učinkovitost veća u odnosu na sustav s jednim spremnikom jednake ukupne zapremine. Tijekom perioda niže insolacije (npr. zimi) radi samo dio sustava s primarnim dvostrukim spremnikom.



**Slika 20. Sunčani sustav s dva spremnika**

Nasuprot sustavima s prisilnom cirkulacijom treba spomenuti i sustave s prirodnom cirkulacijom kod kojih nosilac topline cirkulira uslijed razlike gustoće dijela fluida u spremniku i kolektoru. Prednost im je što nije potrebno ugraditi niti regulaciju niti pumpu, no imaju nižu 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.



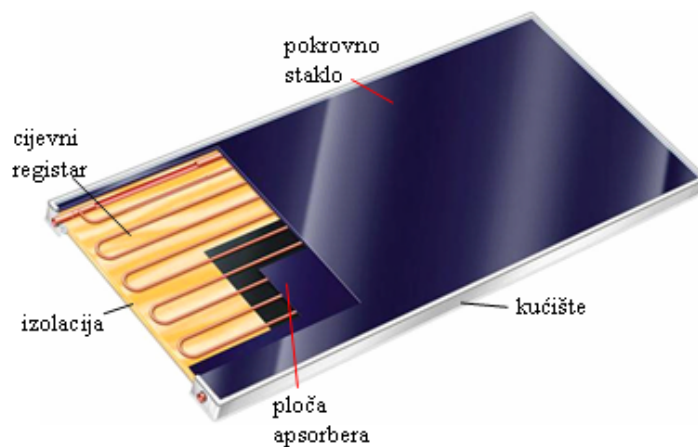
**Slika 21. Sunčani sustav s prirodnom cirkulacijom**

## Grijanje prostora

Konstruktivnim rješenjima poput dvostrukog spremnika ili zasebnog izmjenjivača se osigurava nužna odvojenost kruga potrošne tople vode od kruga grijanja, a koje se obično izvodi kao podno ili zidno (može i kao radijatorsko). Obzirom na velike razlike u insolaciji između ljetnih i zimskih mjeseci (oko 5 puta) 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.

## Vrste sunčanih kolektora

Sunčani kolektori se mogu podijeliti na pločaste, vakuumske i neostakljene apsorbere. Na našem su tržištu najviše zastupljeni pločasti kolektori uz manji broj vakuumskih. Pločasti kolektori 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 nosioc 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.



**Slika 22. Pločasti kolektor sunčevog zračenja**

Vakuumski kolektori 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 apsorbera 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 apsorbera na okolišni zrak, što povoljno utječe na krivulju efikasnosti vakuumskih kolektora koja je manje strma nego kod pločastih. To znači da u odnosu na pločaste vakuumski kolektori postižu bolju učinkovitost 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 učinkovitosti te gubitak vakuuma tijekom nekoliko godina korištenja a time i pad učinkovitosti. Također omjer ukupne površine (projicirane površine koju cijeli sklop cijevi zauzima npr. na krovu, a na koju se svodi cijena i efikasnost kolektora) i stvarne/efektivne površine apsorbera je nepovoljniji u odnosu na pločaste kolektore.



**Slika 23. Vakuumski kolektori sunčevog zračenja**

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 učinkovitosti i propadnja materijala uslijed direktne izloženosti vremenskim uvjetima i UV zračenju, odlikuju ih niska cijena i jednostavnost ugradnje.



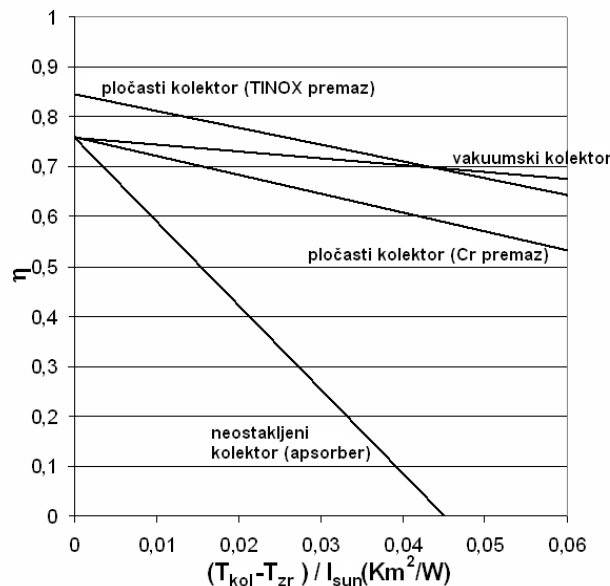


**Slika 24. Apsorberi**

### **Učinkovitost kolektora**

Učinkovitost kolektora je definirana omjerom korisne topline prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu apsorbera kolektora. Na učinkovitost kolektora ponajviše utječu svojstva premaza apsorbera te kvaliteta pričvršćivanja cijevi za apsorbersku 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 učinkovitosti rada kolektora koja omogućuje određivanje učinkovitosti 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 učinkovitost 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 obzirom na željenu temperaturu vode u spremniku ( $\sim 50^{\circ}\text{C}$ ). Pri tome važnu ulogu ima temperaturna stratifikacija u spremniku, učinkovitost izmjenjivača kolektorskog kruga u spremniku kao i pravilan odabir protoka nosioca topline (tj. pumpe i promjera cjevovoda) te način spajanja i broj kolektora u spoju.





**Slika 25. Krivulja učinkovitosti pločastog i vakuumskog kolektora**

## Dimenzioniranje

Kod sunčanih sustava namijenjenih isključivo pripremi PTV 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 sa 4-5 članova su 5-6 m<sup>2</sup> kolektora u kontinentalnom dijelu i 4 m<sup>2</sup> u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 Lit. Tada je kroz cijelu godinu moguće prikupiti oko 600 kWh/m<sup>2</sup> toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m<sup>2</sup> u primorskom dijelu naše zemlje. Ti se podaci odnose na visokoučinkovite pločaste kolektore (npr. Tinox apsorber) instalirane pod kutem 45° i usmjerene prema jugu, uz pokrivanje svih potreba za energijom u ljetnim mjesecima, te najkraći period povrata investicije (omjer investicije i godišnje uštede na pojedinom energentu) koji u odnosu na grijanje vode plinom iznosi 24 godina u kontinentalnom dijelu i 16 godina u primorskom dijelu, te u odnosu na električno grijanje 8,5 odnosno 5,5 godine. Dakako, kod većih sustava periodi povrata investicije su znatno niži jer u investiciju za sunčani dio sustava ne ulazi cijeli spremnik nego samo povećanje cijene u odnosu na spremnik koji bi se instalirao za klasično grijanje kotlom.

Obzirom na vrlo niske vrijednosti insolacije tijekom hladnije polovice godine u našim krajevima, te posebice niske temperature u kontinentalnom dijelu koje dodatno snižavaju učinkovitost kolektora (oko 35% zimi dok u ljeti >55%), uporaba sunčanih 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.

## **Rekapitulacija:**

### **Prednosti:**

- **Besplatan izvor toplinske energije**
- **Niska cijena kolektora u usporedbi s fotonaponskim**
- **Relativno jednostavna instalacija, regulacija i održavanje**

### **Nedostaci**

- **Nedostupnost za vrijeme naoblake i noću.**
- **Slaba izdašnost zimi**
- **Potreba za akumulacijom topline**

### **8.8.3. Fotonaponski sustavi**

Fotonaponski sustav je sustav za generiranje električne energije iz Sunčevog zračenja pomoću fotoelektričnog efekta, transformiranje oblika napona iz istosmjernog u izmjenični, plasiranja energije u električnu mrežu, te eventualne pohrane energije u akumulatorima.

Fotonaponski moduli sastoje se od međusobno spojenih sunčanih (solarnih) ćelija u kojima se, prilikom obasjavanja Sunčevim zračenjem generira istosmjerni napon pomoću fotoelektričnog efekta. Sunčane ćelije proizvode se u tehnologijama monokristaličnog, multikristaličnog ili trakastog kristaličnog silicija, te u tehnologiji tankog filma. Ovisno o tehnologiji, učinkovitost pretvorbe Sunčeve energije u električnu kreće se od 4% za tehnologiju amornog silicija do 16% za tehnologije monokristaličnog silicija. Tipičan odnos snage i površine fotonaponskih modula kreće se između 110 i 140 W/m<sup>2</sup> dok je za transparentne fotonaponske module taj odnos manji i iznosi oko 50 W/m<sup>2</sup>. Serijskim i paralelnim spajanjem fotonaponskih modula ostvaruje se fotonaponsko polje željene snage, izlaznog napona i struje. U Tablici 10. dan je pregled svojstava fotonaponskih modula izvedenih u različitim tehnologijama.

**Tablica 10. Svojstva fotonaponskih modula**

Vrsta						
Materijal	Monokristal	Polikristal	Amorfni silicij	Polikristal	Kadmij-telurid	Bakar-indij-diselenid
Učinkovitost (%)	11-16	13-16	4-7	5-8	6-9	6-8
Odnos površina/snaga (m <sup>2</sup> /kW)	7-9	8-11	16-20		11-13	

Autonomni fotonaponski sustavi (otočni sustav) su sustavi koji nisu spojeni na električnu distributivnu mrežu, te zbog toga moraju imati i element za pohranu energije - akumulator. Prilikom projektiranja ovakvih sustava, u obzir treba uzeti očekivanu dnevnu proizvodnju po godišnjim periodima, očekivani režim rada (cjelogodišnje, sezonski) i učestalost korištenja

sustava (svakodnevno, vikend), broj trošila, prosječno vrijeme korištenja i potrošnju i željenu autonomiju sustava.

Kod umreženih fotonaponskih sustava, energija proizvedena u fotonaponskim modulima isporučuje se u javnu električnu mrežu, najčešće po poticajnoj cijena koja je znatno viša od tarifne cijene. Umreženi fotonaponski sustav sastoji se od fotonaponskih modula, DC/AC pretvarača i brojila predane energije.

Toplinski sunčani sustavi u primjeni često imaju prednost pred fotonaponskim sustavima zbog većeg korisnog stupnja djelovanja i manje cijene. Ugradnju fotonaponskih sustava treba razmotriti u prvom redu, ali ne i isključivo, u zemljopisnim područjima sa srednjom godišnjom ukupnom ozračenosti vodoravne plohe većom od 1 MWh/m<sup>2</sup>, u zgradama bez centraliziranog toplinskog sustava (tj. u zgradama u kojima nije moguće koristiti solarne kolektore) i u zgrada koje ispunjavaju tehničke uvjete za razmatranje uporabe solarnih kolektora (orijentacija krova prema jugu, nagib krova, itd.).

Potencijalna mjesta za ugradnju su krovovi i fasade zgrada gdje ne postoji mogućnost od zasjenjivanja fotonaponskih modula od nekog drugog objekta (stabala, susjednog objekta itd.). Ovisno o režimu uporabe sustava (cjelogodišnja uporaba, sezonska uporaba) potrebno je odrediti optimalni kut nagiba na horizontalnu plohu. Optimalni mjesečni, sezonski i godišnji kutovi nagiba sunčanih sustava za pojedino područje Republike Hrvatske, kao i podaci o srednjim godišnjim i mjesečnim ozračenostima vodoravne plohe dani su u Priručniku za energetske korištenje Sunčevog zračenja – „Sunčevo zračenje na području Republike Hrvatske“. Optimalni godišnji kutovi na području Republike Hrvatske kreću se između 25° i 30°, dok se sezonski optimalni kutovi kreću od 50° do 55° za zimsku sezonu (listopad – ožujak), odnosno 10° do 15° za ljetnu sezonu (travanj – rujan). U slučaju ugradnje fotonaponskog modula orijentiranog prema jugu i pod optimalnim kutom, može se očekivati godišnje generiranje između 1 MWh i 1,4 MWh električne energije za ugrađeni 1 kW sustava, dok u slučaju ugradnje modula u okomitom položaju (kod ugradnje u fasadu) između 0,65 MWh i 0,85 MWh električne energije za ugrađeni 1 kW sustava. U slučaju ugrađivanja fotonaponskih modula u kosi krov, postavljaju se sljedeći uvjeti na potencijalno mjesto ugradnje:

- orijentacija dijela krova na koji se ugrađuju moduli prema jugu, uz dozvoljeno odstupanje od ±15°,
- nagib krova približno jednak optimalnom kutu nagiba fotonaponskih sustava za određeno geografsko područje i režim uporabe (cjelogodišnja, ljetna sezona, zimsku sezonu),
- osigurano nezasjenjivanje od okolnih objekata.

U slučaju ugradnje fotonaponskih sustava na ravni krov zgrade, moguće je namještanje orijentacije i nagiba modula bez obzira na orijentaciju zgrade. U tom slučaju, module je potrebno orijentirati prema jugu, te namjestiti nagib modula u ovisnosti o optimalnom kutu za željeni režim rada. Također je potrebno odabrati položaj bez zasjenjivanja od okolnih objekata.

Kod ugradnje fotonaponskih modula u fasadu, potrebno je razmotriti sljedeće mogućnosti:

- ugradnja fotonaponskih modula na fasadu,
- ugradnja transparentnih fotonaponskih modula s kojima se ostvaruje tražena svjetlopropusnost,
- ugradnja fotonaponskih modula u brisoleje.

Zbog okomitog postavljanja modula, očekivana proizvodnja električne energije je manja nego kod sustava postavljenih pod optimalnim kutom. Također, radi dnevnog hoda visine Sunca, očekivana godišnja energija je ravnomjerno raspoređena tijekom mjeseci. Kod ugradnje postavljaju se sljedeći uvjeti:

- orijentacija dijela fasade na koji se ugrađuju moduli prema jugu, uz dozvoljeno odstupanje od  $\pm 45^\circ$ ,
- osigurano nezasjenjenje od okolnih objekata,
- osigurana svjetlopropusnost (kod transparentnih fotonaponskih modula).

Za svaki slučaj ugradnje, treba razmotriti:

- priključak na elektroenergetsku mrežu,
- očekivanu godišnju i mjesečnu generiranu energiju,
- vrijeme povrata investicije uz poticajnu cijenu za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora.

Preduvjeti za primjenu fotonaponskih sustava su velika srednja godišnja ukupna dnevna ozračenost ( $> 1 \text{ MWh/m}^2$ , iako nije nužan uvjet), orijentacija objekta prema jugu i nezasjenjenje od okolnih objekata.

### **Rekapitulacija svojstava fotonaponskih sustava**

#### **Prednosti:**

- **Izravna pretvorba Sunčeve energije u električnu,**
- **Nepostojanje pokretnih dijelova i bešuman rad,**
- **Minimalno održavanje,**
- **Raznolika mogućnost smještaja i ugradnje u građevinske elemente,**
- **Dugi životni vijek fotonaponskih modula (garancija oko 20 godina, ovisno o proizvođaču) te mogućnost reciklaže**

#### **Nedostaci:**

- **Potrebni dodatni uređaji (DC/AC pretvarač) koji poskupljuju cijenu instalacije i smanjuju pouzdanost**
- **Za stalni pogon potrebna akumulacija električne energije u svrhu premoštenja razdoblja bez osunčanja**
- **Slaba energetska učinkovitost**
- **Visoka cijena po jedinici snage**
- **Za održavanje pomoćnih uređaja potrebni specijalisti**

#### 8.8.4. Energija vjetra

Suvremeno korištenje energije vjetra služi proizvodnji električne energije pomoću vjetroelektrana. Većinom se postavljaju u otvorenim prirodnim okolišima, a moguća je i njihova montaža na krovu zgrade ili u samu strukturu građevine. Agregat vjetroelektrane čini vjetroturbina i pripadni električni generator koji su većinom u zajedničkom kućištu na zajedničkom vratilu.

Dva su temeljna tipa vjetroagregata: s horizontalnim vratilom i s vertikalnim vratilom. Vjetroagregati s horizontalnim vratilom su uobičajeni. Grade se u rasponu snaga od nekoliko vata do nekoliko megavata te su obično postavljeni na vrh stupa potrebne visine. Rotor vjetroturbine je obično s tri lopatice i okrenut u vjetar. Manji uređaji se usmjeravaju pomoću vjetrulje, a veći servomotorima pomoću senzora.

Vjetroagregati s vertikalnim vratilom ne zahtijevaju veliku visinu stupa za montažu jer je turbinsko kolo (manjeg promjera) položeno u horizontalnoj ravnini. Ne zahtijevaju usmjeravanje, ali su slabije učinkovitosti i ne mogu startati bez pomoćne energije.

Učinak vjetroelektrane ovisi o nekoliko faktora:

- Snaga koja se može dobiti od energije vjetra razmjerna je trećoj potenciji brzine vjetra
- Brzina vjetra se povećava s visinom. Podizanjem vjetroturbine na dvostruku visinu povećava se brzina vjetra za oko 10%, a time i snaga za više od 30%.
- Snaga turbine je razmjerna kvadratu promjera rotora turbine.

Minimalna brzina vjetra koja omogućava racionalan rad vjetroelektrane je oko 5 m/s a maksimalnu snagu turbina postiže obično kod brzina između 10 i 16 m/s. Pri većim brzinama se regulacijskim zahvatima snaga održava na konstantnoj vrijednosti kako ne bi došlo do preopterećenja turbine i generatora, a kod određene maksimalne dopuštene brzine vjetra turbina se zaustavlja u svrhu zaštite od oštećenja.

#### Osnove primjene energije vjetra u urbanim zonama

Predviđanje potencijala energije vjetra i njenog doprinosa pri zadovoljenju energetske potreba u urbanom okolišu korištenjem malih vjetroagregata montiranih na krovove zgrada danas je dio planiranja primjene obnovljivih izvora energije i energetske učinkovitosti u zgradarstvu. Važni utjecajni parametri takvog planiranja su:

- Oblik krova zgrade na koju se montira mali vjetroagregat (ravni, kosi s različitim nagibom)
- Raspored zgrada u uličnom rasteru
- Oblik terena (zgrade na ravnom ili terenu s određenim nagibom).

Idealna lokacija za instalaciju urbanih vjetroagregata trebala bi biti pozicionirana u području gdje je srednja godišnja brzina vjetra velika, s ravnom ulicom paralelnom s dominantnim smjerom vjetra i dugim nizom zgrada uz vjetar.

Međutim, danas je vrlo malo naputaka o očekivanoj proizvodnji malih vjetroagregata montiranih na krovove urbanog okoliša koji bi dali instalaterima i potrošačima informaciju o njihovom optimalnom pozicioniranju. Kako je nužno izbjeći nerealno dugačko vrijeme povrata investicije zbog niskog faktora opterećenja, izbor lokacije za instalaciju malih vjetroagregata potrebno je pažljivo provesti. Utjecaj oblika zgrade, položaja objekata oko planirane lokacije i stupanj nagiba terena imaju ključnu ulogu za optimizaciju mjesta za postavljenja agregata, procjenu potencijala energije vjetra i proizvodnju električne energije kao i osnovne proračune isplativosti investicije.

Za bilo koju lokaciju na kojoj se planira iskorištavanje energije vjetra najvažniji podatak je srednja godišnja brzina vjetra. Ovo je osnovi problem za urbane lokacije jer je poznato kako ih karakteriziraju male brzine vjetra. Urbani vjetar je uz to i vrlo turbulentan, što povećava rizike od kvara i zamora materijala čime se još više povećavaju nesigurnosti procjene proizvodnje ovakvih postrojenja.

Svaka realna zgrada se razlikuje, a vertikalni profil vjetra je i funkcija geometrije objekta na kojem se nalazi mali vjetroagregat. Na poremećaje toka strujanja svakako utječu blizina vegetacije, položaj prozora, ograda pa čak i promet u blizini što je ponekad potrebno uzeti u obzir pri planiranju ovakvih malih postrojenja. Obično su ovi utjecaji prekompleksni za računalno modeliranje pa se primjenjuju razna pojednostavljenja.

Unatoč nabrojanim otegotnim okolnostima korištenja, postoji potencijalno veliko tržište za razvoj i primjenu energije vjetra u urbanim zonama. Tipičan vjetroagregat koji se danas primjenjuje montiran je na stup visine 3 m, ima promjer rotora vjetroturbine 1-2 m, nazivnu snagu od 0.5 do 2.5 kW, a cijena se kreće oko 20-ak tisuća kuna zajedno s montažom.

Prvi korak pri vrjednovanju neke lokacije za instalaciju vjetroagregata je identifikacija lokalne brzine vjetra. Obično male vjetroturbine ne opravdavaju troškove uložene u konvencionalne mjerne kampanje namijenjene ispitivanju vjetropotencijala. Za ove svrhe preferira se koristiti postojeće podatke iz Atlasa vjetra (nije izrađen za Hrvatsku), ako su dostupni ili podatke s meteoroloških postaja. Atlas vjetra obično ima rezoluciju podataka svakih 1 ili 2 km<sup>2</sup> i ne daje direktnu informaciju pa je najbolje koristiti i podatke s lokane meteorološke postaje, ako postoji dobra korelacija. Pri korištenju podataka iz Atlasa vjetra treba uzeti u obzir neke pretpostavke koje su u urbanim područjima drugačije, poput hrapavosti površine.

Velika srednja godišnja brzina vjetra, kao najvažniji čimbenik nije sama dostatna za karakterizaciju urbane lokacije vjetroagregata dobrom. Prije svega zbog gotovo stohastičkog vertikalnog profila vjetra u urbanim područjima kao i brojnih lokalno specifičnih utjecaja poput relativnog smjera vjetra, tipa objekta i njegove orijentacije, postoji velika nesigurnost održivosti malih vjetroagregata u urbanim područjima. Bolji rezultati proizvodnje električne energije mogu se očekivati u ruralnim područjima i u primjenama na visokim zgradama. Svaka lokacija u urbanom okolišu zahtijeva poseban pristup i pažljivo planiranje mjesta instalacije malih vjetroagregata.

## **Rekapitulacija svojstava korištenja energije vjetra**

### **Prednosti:**

- **Omogućuje proizvodnju električne energije na mjestu potrebe**
- **Može raditi u spoju na električnu distributivnu mrežu**
- **Mogu se postavljati u otvorenom prostoru, na zgrade i ugrađivati u strukturu građevine**

### **Nedostaci:**

- **Najbolji učinci se postižu izvan gradskih naselja**
- **Prosječni učinak je obično znatno niži od nazivne snage**
- **Osjetljivost na nagle promjene intenziteta vjetra; moguća oštećenja**
- **Buka, vizualni utjecaj i vibracije kod relativno velikih vjetroagregata u odnosu na veličinu zgrade**
- **Pristup u svrhu održavanja i zamjene pokvarenih dijelova može biti problematičan što je projektom i adekvatnim smještajem vjetroagregata kod novih zgrada moguće izbjeći**
- **Inicijalni troškovi su visoki obzirom na isporuku električne energije – uvijek su veće jedinice jeftinije i učinkovitije. Razvoj tehnologije danas spušta cijenu na razinu koja je tržišno kompetitivna, a očekuje se i njezino smanjivanje s razvojem primjene i povećanjem učinkovitosti.**

## **8.8.5. Kogeneracija**

Kogeneracija je istodobna proizvodnja električne i toplinske energije iz zajedničkog izvora napajanja. Kogeneracijski agregat se sastoji od pogonskog stroja i električnog generatora. Pogonski stroj je napajan nekim gorivom čiju kemijsku energiju pretvara u mehanički rad za pogon generatora i toplinu za grijanje prostorija i/ili potrošne tople vode. Kogeneracijski uređaji imaju znatno unaprijeđenu energetska učinkovitost (80% i više) u usporedbi s klasičnom proizvodnjom električne energije iz fosilnih (ili nuklearnog) goriva (35%).

Kogeneracijski uređaji kao pogonski stroj koriste motore s unutarnjim izgaranjem (agregati manjeg ili srednjeg kapaciteta do 5 MW električne snage), a za velike kapacitete (do 50 MW i više) plinske ili parne turbine.

Motori s unutarnjim izgaranjem obično su automobilski ili brodski motori modificirani za pogon zemnim plinom ili bioplinom. To mogu biti Otto motori, ali i Diesel motori kakvi međutim trebaju dodatno ubrizgavanje malih količina dizelskog goriva radi paljenja smjese. Motori s unutarnjim izgaranjem proizvode toplinu na dvije temperaturne razine: visokotemperaturnoj na strani ispušnih plinova i niskotemperaturnoj na strani rashladne vode za blok motora i mazivo ulje.

Pri pogonu parnim turbinama, para se proizvodi u parnom kotlu te dijelom ekspandira do nekog tlaka u parnoj turbini s oduzimanjem pare (pri tlaku i temperaturi primjerenom

visokotemperaturnom potrošaču) a drugi dio ekspandira do kondenzatorskog tlaka koji je još dovoljan za niskotemperaturne potrošače topline.

Plinski turbinski agregati daju dovoljno visoke temperature ispušnih plinova za proizvodnju pare koja se može koristiti samo u ogrjevne svrhe ili za ogrjevne i radne svrhe. U potonjem slučaju radi se o kombiniranom plinsko-turbinskom procesu gdje se radna para koristi a pogon parne turbine za dodatnu proizvodnju električne energije.

Trigeneracija je unaprjeđeni kogeneracijski sustav u kojem se osim električne energije proizvodi i koristi toplinski i rashladni učinak. Karakterističan primjer je kogeneracijski sustav skopčan s apsorpcijskim rashladnim uređajem koji za pogon koristi toplinu pogonskog stroja. Tako je moguće sustav koristiti i u ljetnom razdoblju za potrebe hlađenja ili klimatizacije prostorija. Time se dodatno popravljiva učinkovitost sustava i njegova isplativost jer su produžena razdoblja njegovog punog iskorištenja.

Gledano s ekološkog stanovišta, najpovoljnije je za pogon kogeneracijskih i trigeneracijskih sustava koristiti biomasu. To se čini izravnim izgaranjem biogoriva u parnim kotlovima s roštiljskim ili fluidiziranim ložištem odnosno neizravnim načinima, tj. proizvodnjom gorivog plina iz biomase rasplinjavanjem ili anaerobnim vrenjem. U prvom slučaju se u kotlu proizvodi para za pogon parne turbine, a u drugom se plin koristi za pogon pogonskih strojeva – motora s unutarnjim izgaranjem ili plinskih turbina. Pogon motora s unutarnjim izgaranjem plinom iz plinskog generatora može biti povezan s poteškoćama koje uzrokuju nečistoće iz plina, ponajprije katran, smole, alkalni sastojci i leteći pepeo dok plin dobiven anaerobnim vrenjem može sadržavati abrazivne silicijeve i korozivne sumporne spojeve. Daljnja moguća biogoriva za pogonske motore su biodizel i etanol.

### **Rekapitulacija svojstava kogeneracije**

#### **Prednosti:**

- **Istodobna proizvodnja električne i ogrjevne energije (i rashladnog učinka kod trigeneracije)**
- **Moguća primjena biogoriva i biomase**
- **Visoka učinkovitost pod uvjetom da postoji potreba za cjelokupno proizvedenim toplinskim (i/ili rashladnom) učinkom**
- **Čini opskrbu električnom energijom sigurnom**

#### **Nedostaci:**

- **Potrebna predvidiva i relativno stalna potrošnja proizvedenog učinka**
- **Za optimalnu učinkovitost potrebna puna potrošnja toplinskih učinaka**
- **Potrebno plansko održavanje**
- **Za ekonomičnu uporabu potreban pogon od najmanje 4000 do 5000 sati godišnje**



### 8.8.6. Daljinsko/blokovsko grijanje

Daljinsko ili blokovsko grijanje može biti toplovodno ili vrelovodno. Prema temperaturi nosioca topline razlikuju se temperaturni režimi grijanja:  $t \leq 100^\circ\text{C}$ ;  $100^\circ\text{C} < t < 120^\circ\text{C}$  i  $t > 120^\circ\text{C}$ .

Prema načinu priključivanja ti sustavi mogu biti:

- Direktni, kada nosilac topline prolazi kroz mrežu potrošača u zgradi (ogrjevna tijela)
- Indirektni, kada je nosilac topline daljinskog/blokovskog sustava odijeljen od nosioca topline u zgradi. Mreža potrošača je zatvoreni krug koji se zagrijava putem izmjenjivača topline u toplinskoj podstanici pojedine zgrade ili skupine zgrada.

Prema veličini razvodne mreže razlikujemo:

Daljinsko grijanje, kod kojeg nosilac topline poprima temperaturu od  $110^\circ\text{C}$  do  $180^\circ\text{C}$  i distribuira toplinsku energiju na veće područje.

Blokovsko grijanje, kod kojeg nosilac topline poprima temperaturu do  $120^\circ\text{C}$  i distribuira toplinsku energiju za jednu ili više zgrada u neposrednoj blizini.

Za prihvatanje toplinske energije potrebna je kućna toplinska podstanica.

### 8.8.7. Dizalice topline

#### Opće značajke

Dizalice topline (engl. heat pumps) su načelno uređaji koji služe za podizanje temperaturne razine toplinske energije, za što je prema II. glavnom stavku termodinamike potrebno trošiti rad. U širokoj tehničkoj primjeni su uglavnom dvije vrste: dizalica topline s kompresijom radne tvari i apsorpcijska dizalica topline (vidi apsorpcijsko hlađenje).

Radna tvar u kompresijskoj dizalici topline isparava i isparivaču uređaja pri niskom tlaku  $p_0$  i niskoj temperaturi  $\vartheta_0$  hladeći neki izvor topline (voda, zemlja, zrak ili sl.) te tako preuzima toplinski tok  $\Phi_0$  – vidi sl.2. Zasićena ili malo pregrijana para radne tvari odvodi se u kompresor, gdje se utroškom snage  $P$  komprimira na visoki tlak  $p_k$ , kojemu odgovara i visoka temperatura zasićenja radne tvari  $\vartheta_k$ . S tim stanjem para radne tvari odlazi u kondenzator gdje se ukapljuje predajući toplinski tok  $\Phi_k$  nekom mediju (npr. vodi ili zraku za grijanje prostorija). Ukapljena vrela ili pothlađena kapljevina se tada pomoću nekog prigušnog organa (ventila, kapilare, prigušnice) prigušuje na tlak  $p_0$  i vraća u isparivač.

Temeljna bilanca energije kompresijske dizalice topline kazuje da je toplinski tok u kondenzatoru  $\Phi_k$  jednak sumi toplinskog toka u isparivaču  $\Phi_0$  i toplinskog ekvivalenta kompresoru privedene snage  $P$ :

$$\Phi_k = \Phi_0 + P$$

što znači da je toplina izvora topline  $\Phi_o$  zahvaljujući snazi kompresije  $P$  predana na višoj temperaturnoj razini nekom korisniku topline. Energetski pokazatelj dobrote rada dizalice topline je ogrjevni činilac  $\xi$ :

$$\xi = \frac{\Phi_k}{P} = \frac{\Phi_o + P}{P} = 1 + \frac{\Phi_o}{P}$$

koji se računa kao omjer predane topline i uložene snage. Dizalica topline je to učinkovitija što je  $\xi$  veći. Kako je snaga za pogon dizalice topline razmjerna omjeru tlakova kondenzacije i isparivanja, a ti su tlakovi vezani uz temperature kondenzacije i isparivanja, proizlazi da će  $\xi$  biti to bolji što je razlika tih temperatura manja. Stoga pri uporabi dizalice topline treba birati režime ogrjevnih sustava sa što nižom temperaturom  $\mathcal{G}_g$  (npr. podno grijanje umjesto radijatorskog) a izvor topline pri tome treba imati što višu temperaturu  $\mathcal{G}_h$  i izdašnost, kako bi mu promjena temperature  $\Delta\mathcal{G}_h$  na isparivaču bila što manja. Pri umjerenim razlikama temperatura dizalice topline mogu postizavati ogrjevne činioce i veće od 5, što znači da za svaki uloženi kilovat-sat pogonske snage daju više od 5 kilovat-sati toplinske energije.

Najpovoljniji način primjene dizalice topline je onaj kada se istodobno u potpunosti koristi rashladni i ogrjevni učinak uređaja.

Dizalice topline s kompresijom radne tvari najčešće su opremljene stapnim kompresorima koji za pogon koriste elektromotore (mali i srednji kapaciteti). Za najveće kapacitete koristi se turbinama (plinskim ili parnim) gonjene radijalne turbokompresore.

### **Korištenje topline okoliša**

Izvori topline za dizalice topline su raznoliki. U svrhu grijanja prostora većih kapaciteta najčešće se koristi toplinu podzemlja ugradnjom dubinskih ili površinskih izmjenjivača topline u tlo. Ako je na raspolaganju vodotok dovoljne izdašnosti, jezero ili more vrlo ih je povoljno koristiti kao izvor topline. Manje povoljan je zrak okoline zbog malog toplinskog kapaciteta i poteškoća s izlučivanjem inja na isparivaču pri temperaturama nižim od 0°C. Dizalica topline povoljno se koristi i za povrat otpadne topline iz ventilacijskih i klimatizacijskih sustava. Općenito je poželjno da se kao toplinski spremnik, u svrhu postizanja što više učinkovitosti, koriste raspoloživi okolni izvori kao toplinski spremnici. Pritom se mogu promatrati ove varijante:

#### **a. Vanjski zrak kao toplinski spremnik**

Toplinski ili rashladni spremnik je vanjski zrak, što je standardna izvedba dizalice topline. COP grijanja ili hlađenja je ovdje najniži, i direktno je ovisan o vanjskoj temperaturi. Uz nove generacije kompresora i integrirane standardne sustave za odmrzavanje, dizalice topline mogu održavati pogon i na ekstremnijim vanjskim temperaturama. I kod korištenja drugih izvora topline, sustav korištenja vanjskog zraka je dobro ostaviti kao zamjensku opciju za rad u kombinaciji ili u slučaju

ispada drugog sustava iz bilo kojeg razloga. Konvencionalno, korištenje vanjskog zraka kao toplinskog spremnika za pogon grijanja ili hlađenja je standardna konfiguracija dizalice topline i ne potpada pod korištenje obnovljivih izvora energije, te se u praksi EU članica i ne potiče. No kako je u ovoj konfiguraciji, u uvjetima ekstremnijih vanjskih temperatura, tj. hladnijih mjeseci u periodu grijanja i toplijih mjeseci u periodu hlađenja, teško je postići visoke vrijednosti koeficijenta COP-a, može se postaviti princip subvencioniranja ukoliko se doista ostvari relativno visoki prosječni godišnji COP, i u režimu grijanja i u režimu hlađenja. Pritom se u izračunu ovog koeficijenta može uzeti u obzir eventualno korištenje otpadne kondenzacijske topline postrojenja (za pripremu sanitarne tople vode i u druge svrhe).

#### b. Korištenje okolnih površinskih voda

Ovaj princip se odnosi na korištenje raspoloživih bliskih vodenih masa kao toplinskih spremnika za potrebe grijanja i hlađenja. To podrazumijeva morsku vodu u obalnom području, rijeke, jezera i druge bliske vode stajačice. Točka zahvata i ispusta vode moraju biti dovoljno udaljene, a izvedba cjevovoda od zahvata do postrojenja mora udovoljavati tehničkim i prostornim zahtjevima. Ovdje se javlja problem filtriranja vode na zahvatu – mikroorganizmi kod morske vode, mulj kod riječne itd., i drugi momenti koji izvedbu čine složenijom. No, praktički neiscrpní resursi topline omogućuju postizanje znatno većih COP koeficijenata, te je ovakve izvedbe korištenja dizalica topline svakako preporučljivo poticati.

#### c. Korištenje bliskih toplinskih izvora

Ovdje se podrazumijeva korištenje obližnje raspoložive otpadne topline, i kombinaciju sa sunčevim toplinskim kolektorima. U načelu, kod korištenja vanjskog zraka kao toplinskog spremnika, uvijek treba razmotriti mogućnost iskorištavanja obližnjih izvora topline koji su inače neiskorišteni. Otpadni zrak iz ventilacije, otpadna toplina iz industrijskih procesa, i drugo, daju mogućnosti bitnog povećanja postignutog COP-a, te primjenu njihovog korištenja treba poticati. Kombinacija s toplinskim sunčanim kolektorima predstavlja pravo korištenje obnovljivog izvora energije za potrebe grijanja, no zbog složenosti i cijene sustava, te manje raspoloživosti izvora topline, treba analizirati isplativost ovog principa.

#### d. Korištenje topline tla

Korištenje topline tla predstavlja najšire područje kombiniranja rada dizalica topline s obnovljivim izvorima energije. Razlikujemo korištenje duboke geotermalne energije, koje je zbog složenosti i cijene zahvata u većini slučajeva neisplativo, osim ako se radi o kombiniranom korištenju

geotermalnih voda (balneologija i dr.) Korištenje plitke geotermalne energije je izvedivo u različitim opcijama:

- zahvat poljem plošnih kolektora, koji iskorištavaju većinom sunčevu energiju akumuliranu u zemlji s manjim udjelom geotermalne energije - koriste se površinski slojevi tla čija je temperatura razmjerno konstantna tijekom cijele godine; plošni kolektori sastoje se od horizontalno postavljenih cijevi ispod površine zemlje, kroz koje cirkulira radni medij, cijevi su na dubini od 1,2 -1,5 m i prenose toplinu od tla do dizalice topline;
- zahvat podzemnih voda koje imaju relativno konstantnu prosječnu godišnju temperaturu od +8°C do +12°C, podzemna voda se crpi iz jednog bunara, vodi do dizalice topline i ohlađena vraća u drugi udaljeni bunar;
- zahvat geotermalne topline putem vertikalno položenih sondi koje se polažu na dubinu od 60 do 100 m ili više. Polažu se obično dvije sonde, i kroz jedan krak cijevi ulazi ohlađeni radni medij, a kroz drugi se zagrijan vraća u dizalicu topline.

Kod svih situacija korištenja dizalica topline s kompresijom radne tvari u svrhu hlađenja, bitno je razmotriti mogućnosti korištenja nastale otpadne topline koja se mora odvoditi. Ukoliko se takva toplina može upotrijebiti za pripremu PTV ili druge svrhe, onda je pravilno ogrjevni/rashladni činilac računati na temelju ukupno dobivene korisne energije, rashladne i toplinske, te na taj način poticati ovakav princip korištenja otpadne topline iz dizalice.

### **Rekapitulacija svojstva dizalica topline**

#### **Prednosti:**

- **Podiže temperaturnu razine topline uz relativno mali utrošak mehaničke energije**
- **Omogućava iskorištavanje toplinskog potencijala niskotemperaturnih izvora topline**
- **Pouzdana uređaji temeljeni na provjerenoj tehnologiji**

#### **Nedostaci:**

- **Za pogon koristi skupocjenu mehaničku energiju**
- **Energetska učinkovitost pada s porastom raspona dizanja temperaturne razine topline**

### **8.8.8. Apsorpcijske dizalice topline**

#### **Apsorpcijsko grijanje**

Kao izvor topline služi plin, ulje, otpadna toplina ili el. energija. Potrebna temperatura ogrjevnog medija je  $t > 120^{\circ}\text{C}$ . Temperaturna razina korisne topline je  $\sim 70^{\circ}\text{C}$ .

$$\zeta = \frac{Q_a - Q_c}{Q_h} = \frac{Q_g}{Q_h}$$

Stupanj pretvorbe

$Q_a$  - apsorberu odvedena toplina

$Q_c$  – kondenzatoru odvedena toplina

$Q_h$  – toplina dovedena ogrjevnim medijem

Stupanj pretvorbe kreće se od 1,1 do 1,3. U usporedbi sa standardnim kotlovima iz apsorpcijskih se uređaja može dobiti cca. 45% više korisne topline.

Prednost u odnosu na kompresijsku dizalicu topline je što apsorpcijski uređaj nema pokretnih dijelova, manja je buka, na mijenja im se stupanj pretvorbe pa nisu potrebni bivalentni sustavi.

Prilikom usporedbe apsorpcijskih i kompresijskih dizalica topline mora se računati s jednako vrijednim energijama. Električna se energija mora se preko stupnja djelovanja elektrane svesti na primarni energent. Otuda proizlazi da je apsorpcijska dizalica topline isplativija kad je cijena goriva za njezin rad niža za 43% i više od cijene el. energije.

Kada su dizalice topline pokretane motorima s unutarnjim izgaranjem, otvara se mogućnost korištenja topline za hlađenje motora. Od ukupne snage motora približno 33% se troši za pokretanje kompresora dizalice topline, 25% preuzima voda za hlađenje, 25% odlazi s ispušnim plinovima i 17% su gubitci.

Usporedimo li iskorištenje energije za sva tri promatrana tipa dizalica topline slijedi uz faktor pretvorbe dizalice topline  $\varepsilon=3$ :

- motor s unutarnjim izgaranjem + dizalica topline: ~ 1,5
- dizalica topline pokretana s el. motorom: ~ 1
- kotlovi na ulje i plin: ~ 0,95

Primjena dizalice topline s motorom s unutarnjim izgaranjem je kod bazena i sportskih centara, zagrijavanje zgrada, robnih kuća, trgovačkih centara.

### **Rekapitulacija svojstava**

Prednosti:

- **manja potrošnja primarne energije**
- **više temperature za grijanje**

Nedostaci

- **buka**
- **viša cijena instalacije i održavanja**
- **emisije u okoliš**

## Apsorpcijsko hlađenje

Za razliku od konvencionalnog rashladnog uređaja s kompresijom pare radne tvari, gdje je kompresor gonjen mehaničkom energijom, apsorpcijski rashladni uređaj za pogon troši toplinu, obično vodenu paru a rjeđe vrelu vodu ili neki treći izvor. Energetska učinkovitost mu je relativno niska u usporedbi s klasičnom dizalicom topline, pa je za ekonomičan pogon potrebno da na raspolaganju bude jeftina pogonska toplina (otpadna tehnološka para, geotermalna voda ili sl.). U praksi se kao izvor topline koriste i fosilna goriva, prvenstveno plin, no obzirom na nisku učinkovitost svakako se treba usmjeriti na korištenje jeftine pogonske topline. Pritom u obzir dolazi i korištenje biomase.

Uređaj ima relativno malo pokretnih dijelova te je stoga održavanje manje zahtjevno i jeftinije nego kod konvencionalnih rashladnih uređaja. Radna tvar apsorpcijskog rashladnog sustava je dvokomponentna smjesa koja sadrži rashladnu i apsorberajuću komponentu. Suvremeni uređaji u tu svrhu koriste smjese voda-litijev bromid ili amonijak-voda. U prvome je rashladno sredstvo voda, a apsorber litijev bromid. Stoga takvi uređaji niti teorijski ne mogu postizavati temperature isparivanja ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , a u praksi je granica oko  $5^{\circ}\text{C}$ . Sustavi punjeni amonijakom kao rashladnim sredstvom i vodom kao apsorberom postižu temperature i do  $-50^{\circ}\text{C}$ .

Jednostavni apsorpcijski rashladni uređaj (engl. Single effect absorption chiller) se sastoji od četiri bitna aparata: kuhala, kondenzatora, isparivača i apsorbera te optočne pumpe. Toplina ogrjevnog medija (para, vrela voda, ispušni plinovi)  $\Phi_g$  koristi se u kuhalu za razdvajanje rashladnog sredstva od apsorbera. Rashladna komponenta smjese je uvijek ona s nižim vrelištem (voda ili amonijak) te ona u više ili manje čistom stanju isparava iz smjese dok apsorber ostaje kapljeviti. Ta se para odvodi u kondenzator gdje se ukapljuje. Toplino kondenzacije  $\Phi_k$  bilo bi povoljno iskoristiti, pa se to izričito preporučuje ukoliko postoji odgovarajuća potreba npr. zagrijavanje sanitarne tople vode. U suprotnom se toplina kondenzacije predaje okolini. Ukapljena rashladna komponenta se prigušuje prigušnim ventilom s tlaka kondenzacije na tlak isparivanja. Pri tome jedan dio kapljevine ispari trošeći vlastitu toplinu pa joj je stoga temperatura nakon prigušenja bitno niža od one s kojom je napustila kondenzator. To joj daje sposobnost da u isparivaču preuzima toplinu od hlađenog medija (npr. voda za klimatizaciju), tj. da ostvaruje rashladni učinak  $\Phi_o$ . Isparena rashladna tvar ponovo se miješa s apsorberom u apsorberu kamo je apsorber doveden iz kuhala preko prigušnog ventila. Apsorpcija pare rashladne tvari u apsorberu je egzotermna pa je apsorber također potrebno hladiti odvođenjem topline  $\Phi_a$ . Nastala smjesa se odvodi natrag u kuhalo gdje vlada tlak kondenzacije, pa je za to potrebna pumpa koja za troši snagu  $P$ . Opisani temeljni proces apsorpcijskog rashladnog uređaja moguće je unaprijediti dodavanjem štednih izmjenjivača topline kojima se popravlja energetska učinkovitost sustava. Za postizavanje niskih temperatura hlađenja primjenjuje se dvostupanjski apsorpcijski uređaj. Još bolje karakteristike pokazuje apsorpcijski uređaj sa stupnjevanim procesom kuhanja (engl. Double-effect absorption chiller).

Temeljni pokazatelj energetske učinkovitosti svakog rashladnog sustava je tzv. rashladni činilac  $\varepsilon_0$  (engleski COP – Coefficient of Performance) jednak omjeru dobivenog rashladnog učinka  $\Phi_0$  i uložene pogonske energije, u ovom slučaju ogrjevnog topline  $\Phi_g$  i snage za pumpu P. Kod apsorpcijskog rashladnog uređaja on prvenstveno ovisi o temperaturi ogrjevnog medija. Karakteristične vrijednosti za uređaje punjene smjesom voda-litijev bromid dane su u Tablici 11.

**Tablica 11. Rashladni činilac apsorpcijskog rashladnog uređaja (voda-litijev bromid, kondenzator hlađen vodom)**

Ogrjevni medij	Vrela voda, 130°C	Vrući plinovi, 300-800°C	Para, 3-10 bar
Rashl. činilac $\varepsilon_0 = \Phi_0 / (\Phi_g + P)$	0,7*	1,1**	1,2**
* Jednostavni apsorpcijski rashladni uređaj ** Apсорpcijski rashladni uređaj sa stupnjevanim procesom kuhanja			

Obzirom na nizak rashladni činilac apsorpcijskog uređaja u usporedbi s konvencionalnim rashladnim uređajima ( $\varepsilon_0 = 3$  do 5), njihova efikasna uporaba je uvjetovana raspoloživošću jeftinog izvora topline. To može biti:

- Geotermalna vrela voda: za povoljan rad apsorpcijskog sustava temperatura bi trebala biti viša od 100°C. Poteškoće može izazivati kemijski sastav vode. Agresivni sastojci zahtijevaju posebne materijale izmjenjivača topline u kuhalu ili posredni sustav grijanja. Sedimenti mogu značajno otežavati rad.
- Sunčeva energija: problem raspoloživosti, tj. noćno razdoblje i naoblaka isključuju rad. Za pogon apsorpcijskog uređaja u obzir dolazi koncentrirajući kolektor kakav daje zadovoljavajuću razinu temperature, te otvoreni i zatvoreni ciklusi s krutim i tekućim apsorpcijskim medijima.
- Otpadna toplina industrijskih procesa: protutlačna para iz turbinskih postrojenja predstavlja najpovoljniji oblik ogrjeva, ali i drugi oblici otpadne pare i vrela vode mogu se dobro iskoristiti pod uvjetom da su konstantne izdašnosti i dovoljne temperature.
- Toplina iz toplinskih mreža: ovaj princip je osobito pogodno koristiti kao izvor u ljetnom periodu, kada je potrošnja topline iz mreže za grijanje vrlo mala, raspoložive količine topline su velike, i potrebe za hlađenjem znatne. Tako se ostvaruje trigeneracijski rad toplana i postiže veća ukupna prosječna efikasnost.
- Toplina iz kogeneracijskih sustava (trigeneracija):
  - Ispušni plinovi plinske turbine ili motora s unutarnjim izgaranjem koriste se u utilizacijskom kotlu za proizvodnju ogrjevnog pare za pogon apsorpcijskog uređaja. Ukupni energetska učinak se popravlja iskorištenjem preostale topline ispušnih plinova za zagrijavanje sanitarne tople vode ili sl.
  - Rashladna voda za motor s unutarnjim izgaranjem napušta blok motora s temperaturom od oko 90°C. Ona se koristi za grijanje kuhala, ali takav

apsorpcijski rashladni uređaj radi sa skromnim rashladnim činiocem ( $<0,8$ ). Posebno modificirani motori mogu raditi i s višim temperaturama vode pa se time poboljšava  $\varepsilon_0$ .

U skladu s općim zakonitostima termodinamike, svaki rashladni sustav, pa tako i apsorpcijski, radit će energetski povoljnije što je manja razlika temperatura visokotemperaturnog dijela (kuhalo, kondenzator) i niskotemperaturnog dijela (isparivač). U tome je smislu potrebno sustav dimenzionirati za najvišu moguću temperaturu hlađenja kako bi i ogrjevni medij niske temperature dao povoljne učinke. Pri tome važnu ulogu ima i temperatura rashladne vode za kondenzator. Što će ona biti niža, bolji će biti rashladni činilac.

Pogonsko ponašanje apsorpcijskih rashladnih uređaja je tromo. Vrijeme zaleta i odziv na promjenu opterećenja traju znatno dulje nego kod konvencionalnih rashladnih uređaja pa će biti potrebno izbjegavati učestala ukapčanja i iskapčanja, a preporuča se ugradnja većih akumulatora hladne vode za premošćivanje oscilacija opterećenja.

Apsorpcijski rashladni uređaji se preporučuju za pokrivanje osnovnog rashladnog opterećenja, dok se za vršna opterećenja mogu predvidjeti konvencionalni rashladni agregati čija je cijena niža od odgovarajućih apsorpcijskih, a pri ograničenom vremenu rada viša cijena pogona neće doći do izražaja.

U sustavima s apsorpcijskim rashladnim uređajima gdje je nužna trajna raspoloživost rashladnog učinka potrebno je predvidjeti rezervni izvor topline za pogon za slučaj nestanka primarnog ogrjevnog medija (npr. onog iz kogeneracije).

### **Rekapitulacija svojstava apsorpcijskih rashladnih sustava**

#### **Prednosti:**

- **Pogon otpadnom toplinom**
- **Punjenje radnim tvarima bez utjecaja na globalno zagrijavanje**
- **Tih i miran (bez vibracija) rad**
- **Pouzdan pogon**
- **Niski troškovi održavanja**

#### **Nedostaci (u usporedbi s konvencionalnim rashladnim sustavima):**

- **Niska učinkovitost**
- **Viša cijena**
- **Veća otpadna toplota (kondenzator i apsorber)**
- **Tromost pri startu i regulaciji učinka**



### 8.8.9. Izravno korištenje topline okoline

Osim u kombinaciji s dizalicama topline, toplina okoline se može izravno koristiti za pokrivanje potreba hlađenja i grijanja. Tu se može promatrati geotermalna energija, toplina površinskih voda i toplina plićih slojeva tla.

#### Geotermalna energija

Izravno korištenje geotermalne energije ostvaruje se konvektivnim prenošenjem topline pomoću fluida, koji je obično topla voda ili smjesa vrele vode i pare, uz nazočnost raznih primjesa (plinovi, soli, minerali i dr.). Toplinska energija geotermalnog ležišta sadržana u geotermalnom fluidu kod nekog tlaka i temperature, koristi se uglavnom izravno za zagrijavanje, a moguća je i pretvorba u električnu energiju.

Geotermalni potencijali se mogu podijeliti u tri skupine – srednje temperaturne rezervoare 100 – 200 °C, niskotemperaturne rezervoare 65 do 100°C i geotermalne izvore temperature vode ispod 65 °C.

Geotermalna voda, odnosno njena toplina, danas se većinom koristi direktno, što znači bez pretvorbe u neki drugi oblik energije, a manje za druge svrhe. Izravno korištenje geotermalne energije u svrhu grijanja se najčešće provodi tako da se energija geotermalnog izvora ili direktno ili preko izmjenjivača topline (ovisno o čistoći geotermalnog fluida) dovodi do potrošača topline. Za potrebe dogrijavanja ili potrošnje u vršnim satima koriste se dizalice topline ili kotlovi na klasična goriva.

Kod indirektnog sustava grijanja vruća voda u izmjenjivaču topline predaje svoju toplinu drugom cirkulacijskom krugu, u kojem je neki fluid ili gradska voda. Toplina kroz sekundarni krug cijevi dolazi do korisnika. Geotermalna voda, nakon što je predala svoju toplinu odvodi se iz izmjenjivača topline i pomoću utisne pumpe vraća se nazad u ležište kroz utisnu bušotinu. Direktno korištenje geotermalne energije za grijanje se uvijek sastoji od sustava s tri osnovne komponente :

- proizvodna bušotina - za dovod vruće vode na površinu;
- mehanički sistem - obuhvaća pumpe, toplinske izmjenjivače i kontrolne elemente, da bi se toplina dovela prostoru ili procesu;
- utisna bušotina - za prihvat ohlađenog geotermalnog fluida.

#### Površinske vode

Voda iz jezera, rijeka i mora može se izravno koristiti za pokrivanje dijela ili cjelokupne potrebe hlađenja prostora pod uvjetom da je na raspolaganju izvor dovoljne izdašnosti i dovoljno niske temperature. To je obično slučaj s vodom iz dubljih slojeva u jezerima i moru i nekim (obično brdskim) vodotokovima. Većinom voda nije dovoljno čista da bi je se koristilo izravno u sobnim konvektorima, nego se koristi indirektni sistem gdje se sekundarni krug hladi površinskom vodom. To je redovit slučaj s morskom vodom. Rashladni učinak površinske vode može se koristiti na nekoliko načina:

- Indirektno hlađenje prostorija konvektorima, fan-coil aparatima, hlađenim stropovima i sl.
- Predohlađivanje povratne vode rashladnog kruga prije ulaska u kompresijski ili apsorpcijski rashladnik
- Hlađenje kondenzatora kompresijskog rashladnika ili kondenzatora i apsorbera apsorpcijskog rashladnika
- Izvor topline za dizalicu topline.

Kada postoji opasnost od rasta algi i razvoja bakterija, potrebno je vodu klorirati i filtrirati, a morska voda izaziva koroziju mnogih metalnih materijala pa se za izmjenjivače topline preporuča titan. Korozija i razvoj flore i faune sprječava se katodnom zaštitom.

Učinkovito hlađenje bez dodatnih rashladnih uređaja moguće je s vodom hladnijom od 10°C, dok se predohlađivanje može provoditi i s temperaturama vode do 13°C.

### **Toplina plićih slojeva tla**

Ovdje se uglavnom razmatra ventilacija s podzemnim poljem kolektora. Hlađenje i grijanje stambenih objekata, u prvom redu obiteljskih kuća, može se povezati s provjetravanjem prostora uz korištenje topline tla za hlađenje odnosno predgrijavanje zraka. Uvođenje vanjskog zraka u ljetnim mjesecima znači hlađenje prostora, a u zimskim mjesecima doprinos grijanju. S te strane je moguća izvedba sustava provjetravanja s nadzemnim zahvatom vanjskog zraka (cca 1,1 m iznad tla) i provođenje zraka do ulaza u objekt podzemnim kanalom ukopanim na dubini od min. 1,2 metra. Na ovaj način se postiže hlađenje toplog vanjskog zraka izmjenom topline sa zemljom na dubini na kojoj tijekom godine vlada konstantna temperatura 8-12°C. Podzemni kanal bi se trebao izvesti tako da zaprema površinu 2,5-3 puta veću od površine hlađenja.

U zimskim mjesecima unos zraka se vrši na jednak način, koristeći opet konstantnu podzemnu temperaturu kod predgrijavanja vanjskog zraka. Poželjno je izvođenje ulaznih i izlaznih cjevovoda povezanih rekuperativnim izmjenjivačem topline u svrhu predgrijavanja ulaznog zraka otpadnim, uz dogrijavanje zraka prema potrebi.

### **Rekapitulacija svojstava izravnog korištenja topline okoline:**

#### **Prednosti:**

- **Korištenje široko raspoloživih obnovljivih izvora energije, praktički bez emisija u okoliš**
- **Smanjuje se potreba za umjetnim grijanjem i hlađenjem**
- **Integriranost sustava grijanja i hlađenja u okoliš i prirodne cikluse**

#### **Nedostaci:**

- **Relativno malo potrošača je odgovarajuće locirano**
- **Kod geotermalne energije i površinskih voda potrebna je odgovarajuća dubina zahvata**
- **Cijena cjevovoda i izolacije može učiniti primjenu neekonomičnom**
- **Potrebni su posebni materijali i oprema instalacije primarnih krugova**

## 9. MJERE U PODRUČJU POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Električna energija, kao najpogodnija i najraširenija transformacija svih oblika energije za korištenje, ima izrazitu primjenu u zgradarstvu. S obzirom na zahtjeve Direktive 2010/31/EU (EPBD II) te prema PEPZEC bit će prikazane mjere i alternativna rješenja koja bi doprinijela učinkovitijem korištenju električne energije, odnosno racionalnijem elektroenergetskom opterećenju kao i optimizaciji potrošnje i troškova u ovom segmentu.

Nominiranje i struktura mjera biti će izvedena prema matrici kriterija i sa nominalnim vrijednostima, a podjele će biti izvršene na nekoliko razina, s obzirom da su neke mjere i rješenja realno, tehnički i financijski primjenjiva samo uz određene uvjete odnosno za određene tipove zgrada.

### **Podjela prema namjeni zgrade**

U osnovnoj podjeli kao i prema kriterijima energetske certifikacije, ističu se dva tipa zgrada, *stambene i nestambene*.

### **Stambene zgrade**

Stambene zgrade, prema svojem profilu imaju jednostavnije definiranu potrošnju električne energije, ali s većim individualnim odabirom rješenja (trošila) što smanjuje mogućnost kontrole i centraliziranih upravljačkih sustava (za razliku od javnih zgrada). Potrošnja električne energije (kao i potencijali ušteda) mogu se prepoznati u slijedećim grupama trošila: rasvjeta, kućanski uređaji, PTV, klimatizacija/ventilacija, sustavi zaštite i vatrodjave, i sl.

### ***Rasvjeta***

Rasvjeta treba biti napravljena prema projektantskim normama i treba zadovoljavati sve propisane kriterije. Sugerira se korištenje učinkovitih izvora svjetla (sa više od 20-25 lm/W) te korištenje danjeg svjetla. Takvi izvori (npr. fluokompaktne žarulje – A razred EE izvora svjetla u kućanstvima – Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja („Narodne novine“ br. 133/05) osim uštede energije, imaju i nižu angažiranu snagu te dulji životni vijek.

Upravljanje radom rasvjete sugerira se u zajedničkim prostorijama, hodnicima, prilaznim zonama, parkiralištima, podrumima i sl. a moguće ju je izvesti sa automatskom regulacijom rada sa vremenskim zatezanjem (releji ili foto-osjetnik) ili složenijim programabilnim modulima.

### *Kućanski uređaji*

Kako često predstavljaju najveći udio potrošnje u domaćinstvima, kućanski uređaji bi trebali biti odabrani u skladu sa Pravilnikom o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja (NN 133/05).

### *PTV i grijanje prostora*

Potrošna topla voda i grijanje predstavljaju značajan udio u bilanci potrošnje, pogotovo ukoliko se radi o korištenju električne energije kao primarnog energenta. Ukoliko postoji mogućnost – kao alternativno rješenje - sugerira se promjena primarnog energenta (npr. prirodni plin) te ugradnja kvalitetne termostatske regulacije kao i ugradnja štednih armatura, čime bi se štedila i pitka voda – medij/nositelj toplinske energije.

Ukoliko se odabire električna energija kao opcija za zagrijavanje prostora (podno grijanje, radijatori, klimatizacija/kaloriferi) potrebno znati da je bitno imati na raspolaganju veliku snagu, te da je nužna kvalitetna termostatska regulacija. Elektrootporna grijača tijela se više ne razmatraju.

### *Klimatizacija*

Kod odabira sustava za klimatizaciju zraka u stambenoj zgradi, potrebno je odabrati onaj sa što većim COP i/ili ugrađenim inverterom. Inverter klima uređaj koristi invertorski sklop za izmjenu napajanja iz izmjeničnog u istosmjerno te ponovo u izmjenično napajanje. Prilikom druge pretvorbe, napon i radna frekvencija su promjenljive veličine pomoću kojih se može slobodno birati brzina vrtnje kompresora, a time regulirati izlaznu snagu klima uređaja te su inverter klima uređaji su značajno štedljiviji i tiši u svom radu od klasičnih izvedbi. Također treba odabrati sustav višeg energetske razreda – definirano Pravilnikom o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja (NN 133/05).

### *Sustavi za upravljanje energijom u stambenim zgradama*

Ukoliko se odabere sustav inteligentne centralizirane regulacije i upravljanja za stambenu zgradu, ostvarive su bitne uštede električne energije i troškova (2-3 puta). Takvim sustavima se regulira rasvjeta (day-light); količina prirodnog svjetla (elektronski regulirani brisoleji); temperatura i tlak vode u sustavu; količina, temperatura, vlažnost i broj izmjene zraka; zaštitni sustavi (vatrodojava i zaštita); rad pojedinih uređaja (centralizirani programabilni nadzor) i sl. Ovakva rješenja još su u primarnim inačicama na našem tržištu, ali iako cijenom (isplativosti) još ne konkuriraju, porastom cijene energije i energenata bit će sve konkurentniji, te će pružati alternativu u izboru rješenja uz povećan standard boravka.

### *Tarifni sustavi*

Prema tipu priključka i postojećem sustavu, tarifni modeli za stambene zgrade mogu biti iz grupe *kućanstvo (Crni, Narančasti, Bijeli i Plavi)*, a iznimno ako priključna snaga prelazi 30 kW i iz grupe

*poduzetništvo (Crveni)*. Kako kućanstva u pravilu ne plaćaju vršnu angažiranu snagu i prekomjerno preuzetu jalovu energiju – jednokratno plaćaju samo priključnu snagu (prema *Odluci o iznosu naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage*) – mjere se odnose direktno na smanjenje potrošnje. Ukoliko je ugovoren crveni tarifni model – tada je obveza mjesečnog plaćanja vršne angažirane snage kao i prekomjerno preuzete jalove energije prema važećim odredbama HEP ODS-a i sukladno odluci Vlade (navedeno u Tarifnom sustavu za distribuciju električne energije). Mjere za takve slučajeve su opisane u poglavlju **nestambene zgrade**. Vlada Republike Hrvatske donijela je Odluku o potpori građanima i kućanstvima radi ublažavanja porasta cijena električne energije, u kojem se subvencionira cijena kućanstvima koja troše manje od 3000 kWh godišnje.

### **Nestambene zgrade**

Nestambene zgrade su energetske zahtjevnije, ali imaju mogućnost bolje regulacije potrošnje i troškova. Načelno, to su sve uredske i administrativne zgrade, škole, bolnice, hoteli, sportske dvorane, prodajni centri i sl. u kojima je moguće već u prvoj fazi – kod nominiranja osnovnih smjernica i projektantskih podloga – ostvariti bitne uštede. Naime, zbog relativno poznatog ponašanja korisnika, moguće je predvidjeti potrošnju i tako optimizirati potrošnju i troškove. Kako su nestambene zgrade zahtjevnije i kompleksnije od stambenih, potrebno je razdvojiti mjere na tehničke i upravljačke. Pod tehničke mjere bi pripadali zahvati na sustavu rasvjete, klimatizaciji i grijanju, i ostalim elementima potrošnje; a pod upravljačke mjere bi pripadali CNUS (centralni nadzor), banke leda, upravljanje vršnom snagom, potrošnjom i troškovima (VT/NT – jalova energija), tarifni modeli/povlašteni kupac i sl.

### *Rasvjeta*

U nestambenim zgradama, rasvjeta može imati vrlo dominantan udio u ukupnoj potrošnji električne energije stoga se sugeriraju rješenja koja trebaju biti napravljena prema projektantskim normama i trebaju zadovoljavati sve propisane kriterije, s jedne strane; te trebaju imati visoku razinu učinkovitosti, s druge strane.

Najčešće sugerirana rješenja koja se implementiraju u ovakve zgrade je fluo rasvjeta, gdje treba uzeti u obzir i tip svjetiljke (odnosno predspojne naprave i mogućnost regulacije), te u svakom slučaju obavezno treba koristiti elektronsku predspojnu napravu umjesto elektromagnetske – zbog niza prednosti. Za dekorativnu rasvjetu, kao naprednija alternativa sugerira se korištenje LED rješenja, koja su dugotrajna i imaju zanemarivu potrošnju. Kod potrebe visokog svjetlosnog toka sa dobrim odzivom boja predlaže se korištenje MH tipa rasvjete.

Kod vanjske i prilazne rasvjete, potrebno je razmotriti korištenje VTNa (visokotlačni natrij) izvora svjetla te rjeđe MH (metal-halogen) ili LED, a u potpunosti treba izbaciti živine izvore svjetla.

Kod vanjske i unutarnje rasvjete bitno je, osim izvora svjetla, odabrati i kvalitetnu svjetiljku. Kod unutarnje rasvjete, svjetiljka mora zadovoljiti propisane standarde, nominalne svjetlosne parametre te namjenu, a kod vanjske rasvjete se mora, uz spomenuto, odabrati adekvatno tehničko rješenje s obzirom na zaštitu (npr. IP65) i svjetlosno onečišćenje (ravna optika).

Upravljanje rasvjetom predstavlja bitni potencijal ušteda u energiji i angažiranoj snazi a moguće je ostvariti lokalno i centralizirano (CNUS) upravljanje rasvjetom. Kod lokalnog upravljanja radi se o jednostavnoj regulaciji i/ili predprogramiranim vremenskim relejima (timeri), a najčešća rješenja su: stubišni automati s vremenskim zatezanjem, luksomati, day-light sustavi, i sl. Složeniji sustavi upravljanja imaju optimiranje svjetlosnog toka s obzirom na smanjenje vršne snage ili na predprogramirane željene scene (dan/noć/praznik/jutro/radno vrijeme...).

#### Klimatizacija

S obzirom na profil nestambene zgrade i primarni energent – KGHV sustavi su često izrazito dominantni kao potrošači električne energije. ali i kao bitna nazivna opterećenja na lokanom elektroenergetskom priključku. S obzirom na relativnu tromost promjene parametara zraka te toleranciju u uvjetima, veliki sustavi u nestambenim zgradama su izrazito pogodni za regulaciju prema nizu kriterija. Istodobno potrebno je razmotriti rekuperaciju otpadne topline kao i korištenje temperature zraka, zemlje i vodenih površina.

Gledano kroz prizmu smanjenja potrošnje, odnosno angažirane snage, uz prethodno navedeno dodatno se ističu dva rješenja *banka leda* i *apsorpcijski rashladni sustav*, koji će biti detaljnije opisani, sa naglaskom elektroenergetske parametre.

#### *Spremnici latentne topline - Banke leda*

Spremnici latentne topline - STL pridonose uštedi energije kao i početnom trošku za angažiranu električnu snagu, posebno u zgradama koje neravnomjerno troše velike količine rashladne energije. Ravnomjernom potrošnjom električne energije tijekom dana spremnici eliminiraju vršna opterećenja potrošnje i na taj se način eliminira potreba za dodatne investicije u objekte (trafostanice i sl.). Također maksimalno se koristi niža obračunska tarifa električne energije. Spremnici latentne topline odnosno akumulacija rashladne energije često se koristi kod klimatizacije ureda, bolnica, banki, kina, sportskih centara i sl. STL sustav sastoji se od spremnika napunjenog kuglama koje su najčešće izrađene iz plastične mase visoke gustoće, a sadrže eutektičku smjesu PCM (Phase Change Material).

Prednosti pohrane rashladne energije u banci leda su reduciranje veličine instaliranih rashladnika i na smanjenje jednog dijela investicije, niska cijena rashladne energije zbog korištenja električne

energije u noćnom periodu niže tarife, povećavanje pouzdanosti sustava u pogonu i gotovo zanemarivog održavanja, smanjivanje količine rashladnog medija, i sl.

Nedostaci pohrane rashladne energije u banci leda su te da je potrebno minimalno dva rashladnika kako bi se omogućilo hlađenje prostora i tokom noći, odnosno perioda kada se puni spremnik; nužno je korištenje glikola u sustavu, i to zbog velikih količina, povećani su troškovi jer je i ekološki je relativno nepovoljno zbog mogućih gubitaka zbog havarije ili potrebe zamjene, spremnik je relativno velikih dimenzija i zahtjeva dodatni prostor za smještaj, povećana buka u toku noći zbog punjenja spremnika i sl.

### *Apsorpcijski rashladni uređaj*

Princip rada je takav da se sustav za klimatizaciju temelji na toplinskoj, a ne na mehaničkoj energiji. Jedna od primarnih prednosti plinskih apsorpcijskih sustava je smanjenje operativnih troškova izbjegavanjem plaćanja naknada za angažiranu vršnu snagu, uštede u prostoru, korištenje povoljnijeg energenta, oslobađanje el. kapaciteta, i sl. Plinski apsorpcijski rashladnici mogu biti učinkovito instalirani i kao integrirani sustav grijanja i hlađenja pojedinog objekta, tako da se dodatne uštede i razdoblja amortizacije investicije mogu sagledavati i u ovom smjeru.

Uvođenjem plinskog sustava, izbjegavaju se rastući troškovi električnog hlađenja. Istodobno, hlađenje plinom ima izvrsne pokazatelje glede učinkovitosti u pretvaranja energije iz jednog u drugi oblik. U odnosu na tradicionalne kompresorske sustave, plinski rashladni sustavi imaju smanjenu potrošnju električne energije (i angažirane snage) za 75-90% od nominalnih kompresorskih vrijednosti. Smanjeni su troškovi korištenja i zimi i ljeti (poglavito ako se ugovori povoljnija ljetna potrošnja plina). S obzirom da imaju smanjeni broj rotacijskih dijelova, održavanje je jeftinije a pouzdanost veća, a također takvi sustavi se montiraju izvan zgrade, te za njih nije potrebna nikakva posebna prostorija, što omogućava maksimalnu iskoristivost prostora u zgradi. Kako nema kompresora, kvaliteta rada je jednaka tijekom cijelog radnog vijeka, jer se uređaj mehanički ne troši.

Cijena ovakvih sustava je glavna prepreka pri odabiru apsorpcijskih rashladnika, jer su nerijetko i dvostruko skuplji od istih ili sličnih klasičnih kompresorskih sustava. Relativno niska učinkovitost jednostrukih rashladnika (kod grijanja) učinilo ih je uglavnom nekonkurentnima osim u slučajevima gdje je prisutna situacija da ima dovoljno otpadne topline. Čak i dvostruki sustavi mogu imati problema u komparacijama energy/cost-efficiency.

Ovakav sustav predstavlja alternativu tradicionalnim rješenjima a pogodniji je za veće zgrade koji imaju priključak plina.

### *Tarifni sustavi*

Prema tipu priključka i postojećem sustavu, tarifni modeli (pravilnik o Tarifnim sustavima za distribuciju električne energije) za nestambene zgrade najčešće su iz grupe *NN poduzetništvo (Crveni, Narančasti, Bijeli, Plavi i Žuti (JR) ), a iznimno SN Bijeli*. Ovisno o odabiru modela i

priključnoj snazi, tarifne stavke su: mjesečna naknada za mjernu uslugu i opskrbu, potrošnja radne energije u višem i nižem tarifnom razdoblju, angažirana vršna radna snaga, prekomjerno preuzeta jalova energija ( $\cos \varphi$ ). Također, svi subjekti jednokratno plaćaju priključnu snagu (prema *Odluci o iznosu naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage*) odnosno eventualnu nadokupu snage. Svi navedeni parametri predstavljaju platformu za financijske uštede, stoga se u prvim fazama (projektantskim podlogama) treba uzeti i ovaj kriterij.

#### Povlašteni kupac

U Hrvatskoj danas postoje dvije kategorije kupaca: povlašteni i tarifni kupci, a položaj povlaštenog kupca kupci stječu temeljem Zakona o tržištu električne energije. Zakonom je propisana postupna dinamika otvaranja tržišta: do 1. srpnja 2006. kupci su mogli steći status povlaštenosti ako im je godišnja potrošnja električne energije bila iznad 20 GWh, a od 1. srpnja 2006. ta je granica snižena na 9 GWh. Nadalje, od 1. srpnja 2007. godine i svi poduzetnici stječu položaj povlaštenog kupca, a tržište je potpuno otvoreno od 1. srpnja 2008. godine.

Položaj povlaštenog kupca daje pravo kupcu da prema vlastitom izboru odabere svog opskrbljivača i pregovara o uvjetima isporuke i cijeni električne energije. Za iskoristiti ovu mogućnost potrebno je dobro poznavati vlastitu energetiku u smislu karakteristika potrošnje, tehničkih mogućnosti i troškova te biti u stanju njome upravljati, kako se predviđeni ekonomski benefiti ne bi pretvorili u suficit.

#### Elektromotorni pogoni

S obzirom na profil zgrade, često je izvjestan broj elektromotornih pogona (motora, pumpi, kompresora i sl.) koji mogu imati i nezanemarivu potrošnju električne energije. Svi elektromotorni pogoni moraju biti odabrani i regulirani prema načelu energetske učinkovitosti (npr. frekventna regulacija, VSD), te ukoliko postoji, mogućnost centralne kontrole/automatike i upravljanja ista treba biti i iskorištena.

#### **Sustavi za upravljanje potrošnjom i troškovima u nestambenim zgradama**

Cjelokupna integrirana rješenja za upravljanje potrošnjom i troškovima te nadzorom (npr. CNUS) imaju široku lepezu mogućnosti ušteda, s obzirom na profil nestambene zgrade. Kako su takve zgrade većih energetske potreba, najzastupljeniji je crveni tarifni model, u kojem se uz potrošnju obračunavaju snaga i jalova energija. CNUS sustavi, prema matrici kriterija i definiranim prioritetima mogu upravljati vršnom snagom, odgovorom potrošnjom, sigurnosnim sustavom, radnim uvjetima, kondicioniranjem zraka, svjetlosnim modovima i sl. Sami sustavi mogu imati i podsustave – *smart room* – za smanjenje individualne potrošnje u turističkim/hotelskim jedinicama; *shopping mode* – kriteriji podešeni za uvjete pojačane aktivnosti u prodajnim centrima; *sport mode*, ..itd. Zajedničko je da se kontrolom i upravljanjem, uz smanjenje troškova,



povećava i ugodnost te sigurnost sustava, brže se identificiraju i uklanjaju kvarovi te je smanjen rizik od požara.

Generalno, najveći potencijali ušteda leže u centralnom nadzornom upravljanju (može ali i ne mora biti povezan sa zaštitnim sustavom). Pod tim podsustavima podrazumijevamo sustave upravljanja rasvjetom, kako unutarnjom tako i vanjskom, automatske klimatizacijske sustave, KGHV (reguliranje prema izmjerenoj temperaturi), alarmne sustave, sustave za video nadzor i mnoge druge. Različiti podsustavi neke građevine mogu se tako automatizirati integracijom raznih tehničkih sustava u jednu funkcionalnu jedinicu, sa sučeljem jednostavnim za uporabu. Razvojem tehnologija javljaju se sve moderniji sustavi upravljanja i optimiziranja potrošnje te nadzora energetskih procesa. Takvi sustavi u sebi objedinjuju centralizirano ili decentralizirano upravljanje: rasvjetom (po tipu i grupama), sustavom za kondicioniranje zraka (grijanje/hlađenje/odvlaživanje/ventilacija), elementima zaštite od Sunca i sl. Nadzorni sustavi također uključuju i instalacije nadzora zgrade, vatrodojavu, nadzor otvaranja prozora i vrata (mikroprekidači) te povezivanje i dojavu sigurnosnog alarma. Baza sustava je računalni program koji je podešen tako da optimalno vodi sustav, s jedne strane da se postignu normalni radni/životni uvjeti; a sa druge strane da se minimalizira potrošnja i/ili smanji trošak. Sve periferije su spojene direktno u sustav (npr. mikroprekidači na sustavu za otvaranje prozora, smart light sustavi ili pak rasvjeta u garažama i detekcija CO). Po prethodno uvrštenim vrijednostima, sustav se automatski prilagođava svim vanjskim i unutarnjim promjenama kao što su promjena temperature, vlažnosti i količine zraka te razine rasvijetljenosti te promptno reagira na svaku promjenu. Naravno, ukoliko postoji potreba za lokalno upravljanje, svaka jedinica mora imati svoje regulatorske jedinice. Ovakva rješenja prilagođena su potrebama korisnika koja ekonomično rade za vrijeme čitavog životnog ciklusa objekta i omogućuju korisniku povećanje sigurnosti i komfora svih korisnika objekata, visok stupanj integracije svih upravljačkih sustava, povećanje raspoloživosti svih tehničkih sustava (klima, ventilacija, grijanje, rasvjeta, sigurnosni sustavi, protupožarna zaštita, električno napajanje) i komunikacijsko-informatičkih sustava, optimiranje potrošnje svih oblika energije i produljenje životnog vijeka objekata uz smanjenje troškova održavanja.

### **Kompenziranje jalove energije**

S obzirom da se upravljački sustav sastoji od niza sigurnosnih i upravljačkih elemenata, poseban naglasak treba staviti na kompenzacijski sustav. Naime profil određenih trošila ima induktivni karakter, te iako su predviđeni sustavi (npr. rasvjeta) s tog aspekta dovoljno lokalno kompenzirani, preporuča se ugradnja zajedničke kompenzacije (kompenzacijskih baterija) odmah do brojila potrošnje električne energije, kako bi se eliminirali utjecaji neplanskih ili naknadno ugrađenih nekompenziranih grupa trošila. Ovakav sustav često ima brz povrat investicije (do godinu-dvije dana) i zapravo predstavlja standard u modernim projektima elektroinstalacija koji često nije potrebno zasebno isticati.

## **Koraci u proceduri stjecanja statusa povlaštenog proizvođača u sustavu poticaja za jednostavne građevine**

### **Prvi korak: Priprema projekta**

Ishođenje Prethodne elektroenergetske suglasnosti i potpisivanje Ugovora o otkupu električne energije

U svrhu sagledavanje mogućnosti priključka postrojenja na distribucijsku elektroenergetsku mrežu, nositelj projekta treba od operatora distribucijskog sustava zatražiti izdavanje prethodne elektroenergetske suglasnosti (PEES). Uz sam zahtjev potrebno je priložiti idejni projekt i dokaz o pravu gradnje. HEP-ODS na temelju izjave ovlaštenog projektanta da je postrojenja za proizvodnje električne energije jednostavna građevina utvrđuje da se radi o jednostavnoj građevini. Istovremeno s izdavanjem PEES-a HEP-ODS provjerava da li je moguće sklapanje Ugovora o otkupu, odnosno da li je ispunjeno ograničenje ukupne snage (članak 12. točka 5. Tarifnog sustava). U postupku izdavanja PEES-a, HEP-ODS s nositeljem projekta sklapa i Ugovor o priključenju, te projekt upisuje u Registar OIEKPP.

Zahtjevom za izdavanjem prethodne elektroenergetske suglasnosti nositelj projekta započinje postupak stjecanja statusa povlaštenog proizvođača.

S Ugovorom o priključenju, HEP-ODS dostavlja nositelju projekta na potpis i Ugovor o otkupu električne energije koji nositelj projekta sklapa s HROTE-om. Potpisani Ugovor o otkupu električne energije nositelj projekta dostavlja HROTE-u.

Ugovor se sklapa na određeno vrijeme od 14 godina i za vrijeme njegovog trajanja HROTE će otkupljivati električnu energiju po poticajnoj cijeni. Potrebno je naglasiti da ovaj ugovor stupa na snagu nakon izdavanja Dozvole za trajni pogon elektrane s distribucijskom mrežom.

### **Drugi korak: Puštanje u pogon**

Izgradnja postrojenja i aktivacija Ugovora o otkupu

Izgradnju postrojenja treba obaviti ovlašteni instalater s odgovarajućim certifikatom. Do donošenja kriterija i mjerila za utvrđivanje sustava kvalitete usluga i radova i potpune uspostave sustava ovlašćivanja i izdavanja certifikata ovlašteni instalater je fizička ili pravna osoba registrirana za obavljanje elektroinstalacijskih radova koja ima zaposlenog najmanje jednog ovlaštenog inženjera elektrotehnike. Paralelno s izgradnjom postrojenja, HEP-ODS gradi priključak postrojenja na elektroenergetsku mrežu.

Nakon izgradnje postrojenja, ovlašteni instalater, odnosno izvođač radova treba pregledati instalirano postrojenje i utvrditi da su radovi i instalacije izvedeni prema važećim normama i pravilnicima. Nositelj projekta predaje HEP-ODS-u zahtjev za izdavanje Elektroenergetske suglasnosti (EES) i priključenje, uz koji prilaže glavni projekt postrojenja, dokaz o uplati troškova,

tipski plan i program ispitivanja u pokusnom radu, izjavu izvođača o preuzimanju odgovornosti tijekom pokusnog rada, potvrdu o uporabljivosti izvedene električne instalacije, izjavu o završnom pregledu i ispitivanju električne instalacije, te Ugovor o otkupu električne energije. Na temelju predane dokumentacije, HEP- ODS izdaje EES, i sklapa s nositeljem Ugovor o korištenju mreže. Nositelj projekta je dužan sklopiti i Ugovor o opskrbi s tvrtkom ovlaštenom za opskrbu električnom energijom.

Prije trajnog priključenja elektrane na mrežu, nositelj projekta je dužan u pokusnom radu dokazati da elektrana ispunjava tražene uvjete za paralelni pogon s distribucijskom elektroenergetskom mrežom. Pokusni rad elektrane provodi voditelj ispitivanja, uz nadzor predstavnika HEP-ODS-a. Nakon uspješno provedenog ispitivanja, voditelj ispitivanja je dužan dostaviti HEP-ODS-u konačno izvješće, kojim se jednoznačno iskazuje spremnost elektrane za trajni primjereni paralelni pogon s mrežom. Na temelju dostavljenog izvješća HEP-ODS izdaje dozvolu za trajni pogon elektrane s distribucijskom mrežom, čime postrojenje stječe pravo na trajno priključenje elektrane na mrežu, te se aktiva Ugovor o otkupu električne energije sklopljen s HROTE-om.



## **10. PRILOZI**

### **10.1. METEOROLOŠKI PODACI**

Svi relevantni meteorološki podaci nalaze se u Prilogu E – TPRUETZZ, koji se nalaze na <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/432856.pdf>

## 10.2. OGRJEVNE VRIJEDNOSTI

	Jedinica Unit	kcal	MJ	kgen kgoe	kgeu kgce
Kameni ugljen Hard coal	kg	5 800-7 000	24,28-29,31	0,580-0,700	0,829-1,000
Kameni ugljen za koksiranje Coking coal	kg	7 000	29,31	0,700	1,000
Mrki ugljen Brown coal	kg	4 000-4 600	16,75-19,26	0,400-0,460	0,571-0,657
Lignit Lignite	kg	2 300-3 000	9,63-12,56	0,230-0,300	0,329-0,429
Koks Coke oven coke	kg	6 300-7 000	26,38-29,31	0,630-0,700	0,900-1,000
Ogrjevno drvo Fuel wood	dm <sup>3</sup>	2 150	9,00	0,215	0,307
Biodizel Biodiesel	kg	8 837	37,00	0,884	1,262
Deponijski plin Landfill Gas	m <sup>3</sup>	4 060	17,00	0,406	0,580
Prirodni plin Natural gas	m <sup>3</sup>	8 120-8 570	34-35,88	0,812-0,857	1,160-1,224
Sirova nafta Crude oil	kg	10 127	42,40	1,013	1,447
Ukapljeni plin Liquefied petroleum gases	kg	11 200	46,89	1,120	1,600
Motorni benzin Motor gasoline	kg	10 650	44,59	1,065	1,521
Primarni benzin Naphtha	kg	10 650	44,59	1,065	1,521
Petrolej Kerosene	kg	10 500	43,96	1,050	1,500
Mlazno gorivo Jet fuel	kg	10 500	43,96	1,050	1,500
Ekstralako loživo ulje Light heating oil	kg	10 200	42,71	1,020	1,457
Dizelsko gorivo Diesel oil	kg	10 200	42,71	1,020	1,457
Loživo ulje Fuel oil	kg	9 600	40,19	0,960	1,371
Naftni koks Petroleum coke	kg	7 400	31,0	0,740	1,057
Ostali derivati Other products	kg	8 000-9 600	33,49-40,19	0,800-0,960	1,143-1,371
Rafinerijski plin Refinery gas	kg	11 600	48,57	1,160	1,657
Etan Ethane	kg	11 300	47,31	1,130	1,614
Koksni plin Coke oven gas	m <sup>3</sup>	4 278	17,91	0,428	0,611
Gradski plin Gas works gas	m <sup>3</sup>	6 630	27,76	0,663	0,947
Visokopećni plin Blast furnace gas	m <sup>3</sup>	860	3,60	0,086	0,123
Električna energija Electricity	kWh	860	3,60	0,086	0,123

kcal	1 000 kalorija 1 000 Calories
MJ	1 000 000 džula 1 000 000 Joules
kgen kgoe	1 kg ekvivalentne nafte 1 kg of oil equivalent
kgeu kgce	1 kg ekvivalentnog ugljena 1 kg of coal equivalent

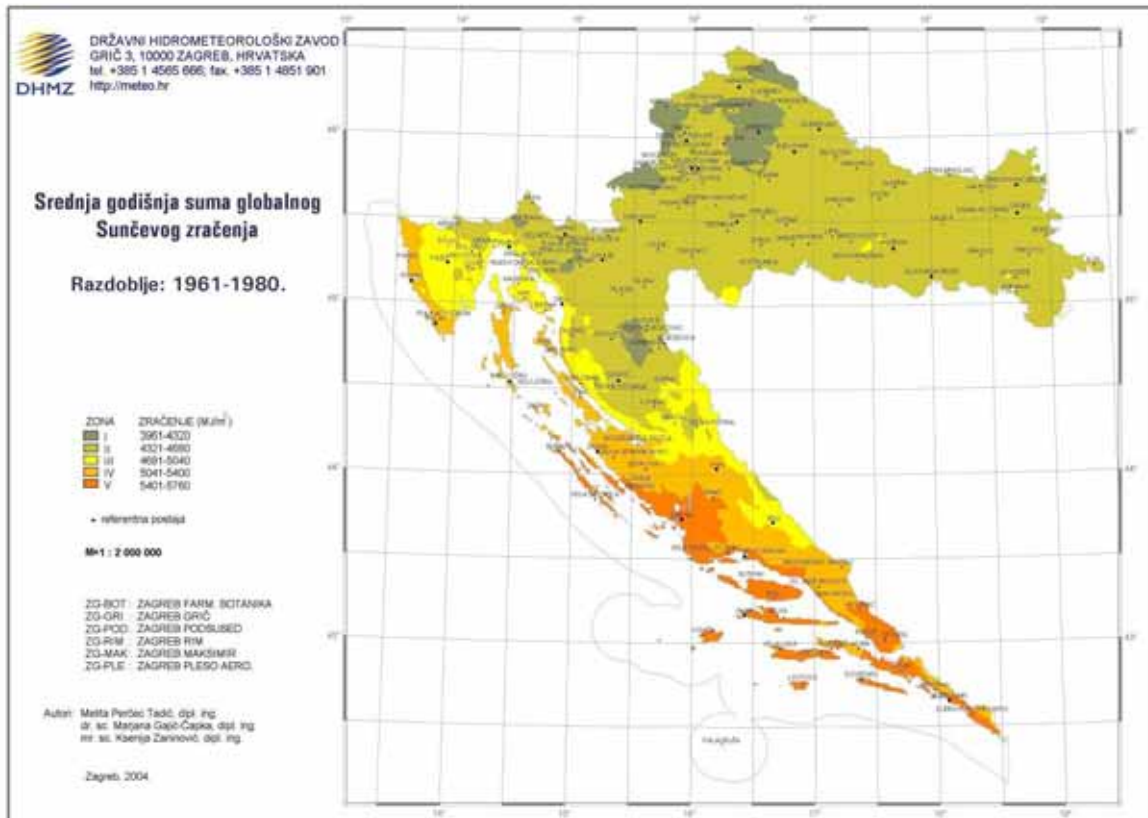
*Izvor: Energija u Hrvatskoj 2007, godišnji energetske pregled*

### 10.3. PRETVORBENI FAKTORI

	kcal	kJ	kWh	kgoe	kgce
1 kcal =	1	4,1868	$1,163 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$	$1,4286 \times 10^{-4}$
1 kJ =	0,2388	1	$2,7778 \times 10^{-4}$	$2,3885 \times 10^{-5}$	$3,4121 \times 10^{-5}$
1 kWh =	859,845	3 600	1	$85,9845 \times 10^{-3}$	0,1228
1 kgen =	10 000	41 868	11,63	1	1,4286
1 kgeu =	7 000	29 307,6	8,141	0,7	1

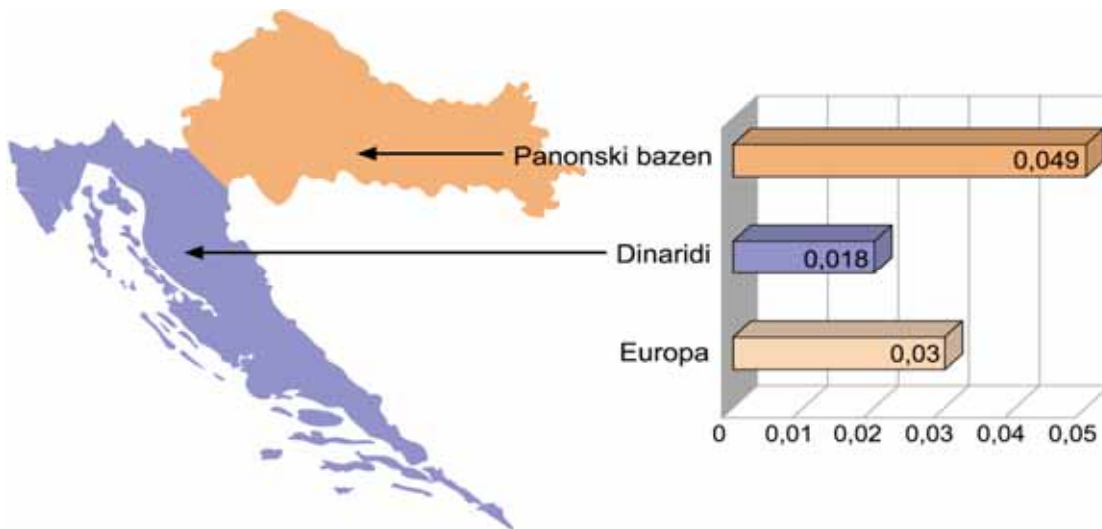
*Izvor: Energija u Hrvatskoj 2007, godišnji energetske pregled*

## 10.4. SREDNJA GODIŠNJA SUMA GLOBALNOG SUNČEVOG ZRAČENJA

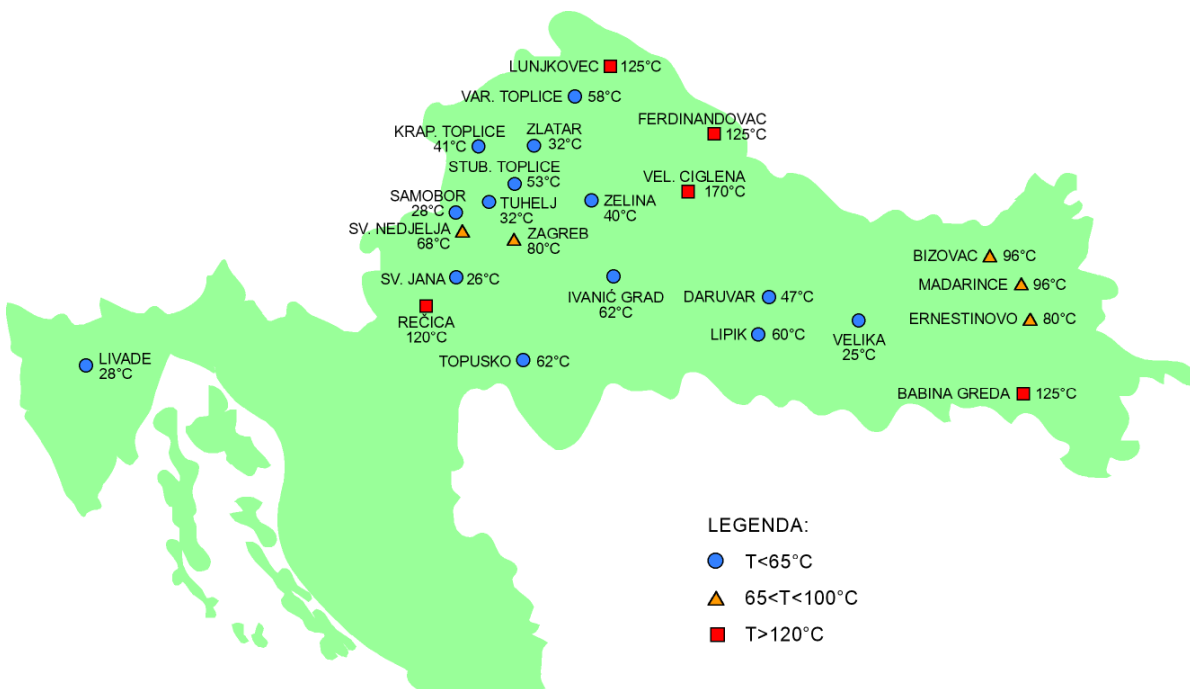




## 10.5. GEOTERMALNA ENERGIJA



**Geotermalni gradijenti u Hrvatskoj i Europi ( $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ) /Izvor EIHP**



**Karta izvora geotermalne energije u RH s temperaturom geotermalne vode na ušću bušotine/Izvor EIHP**

## 10.6. PRIRODNI PLIN U RH



- |                                 |                                |                                     |
|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 AMGA ADRIA d.o.o.             | 14 KOMUNALAC d.o.o. Garešnica  | 27 MOSLAVINA - PLIN d.o.o.          |
| 2 BROD-PLIN d.o.o.              | 15 KOMUNALAC d.o.o. Koprivnica | 28 PAPUK d.o.o. Orahovica           |
| 3 DARKOM d.o.o.                 | 16 KOMUNALAC d.o.o. Pakrac     | 29 PLINARA d.o.o.                   |
| 4 DUKOM d.o.o.                  | 17 KOMUNALAC KONJŠČINA d.o.o.  | 30 PLINARA ISTOČNE SLAVONIJE d.o.o. |
| 5 ELEKTROMETAL d.d.             | 18 KOMUNALAC VRBOVEC d.o.o.    | 31 PLIN-PROJEKT d.o.o.              |
| 6 ENERGO d.o.o.                 | 19 KOMUNALIJE d.o.o. Čazma     | 32 PRVO PLINARSKO DRUŠTVO d.o.o.    |
| 7 ENERGOMETAN d.o.o.            | 20 KOMUNALIJE d.o.o. Đurđevac  | 33 RADNIK d.o.o.                    |
| 8 GRADSKA PLINARA ZAGREB d.o.o. | 21 KOMUNALNO PITOMAČA d.o.o.   | 34 TERMOPLIN d.d. Varaždin          |
| 9 HEP Plin d.o.o.               | 22 KOMUS d.o.o. - u stečaju    | 35 VIRKOM d.o.o.                    |
| 10 HUMKOM d.o.o.                | 23 KRAKOM d.o.o.               | 36 ZAGORSKI METALAC d.o.o.          |
| 11 IVAKOP d.o.o.                | 24 MEĐIMURJE PLIN d.o.o.       | 37 ZELENJAK d.o.o.                  |
| 12 IVKOM d.o.o.                 | 25 METALPRODUKT d.d.           | 38 ZELINSKE KOMUNALIJE d.o.o.       |
| 13 KOMUNALAC d.d. Novi Marof    | 26 MONTCOGIM - PLINARA d.o.o.  |                                     |

***Raspored distributera prirodnog plina u Republici Hrvatskoj u 2006***



**Plan razvoja plinskog transportnog sustava**



## 11. POPIS SLIKA I TABLICA

### 11.1. POPIS SLIKA

Slika 1: Složeni termotehnički sustav (STS) .....	6
Slika 2. Isporučena energija i primarna energija za zgradu .....	8
Slika 3. Dijagram toka izrade elaborata .....	10
Slika 4. Energetski tok kroz zgradu s termotehničkim sustavom za grijanje .....	23
Slika 5. Dijagram toka i bilanca energije sustava za grijanje i pripremu PTV-a .....	28
Slika 6. Koeficijent $e_p$ u ovisnosti o $A_k$ i potrebnoj godišnjoj toplini za grijanje $Q_{H,nd}$ za jedan poseban slučaj. ....	32
Slika 7. Primjer proračuna putem dijagrama .....	35
Slika 8. Polazno rješenje grijanja i pripreme PTV-a u stambenoj zgradi _ varijanta I .....	43
Slika 9. Alternativni sustav sa sunčanim zagrijavanjem PTV-a – varijanta II .....	44
Slika 10. Alternativni sustav s dizalicom topline s podnim grijanjem i pripremom PTV-a- varijanta III .....	44
Slika 11. Bilanca potrošnje energije u stambenim zgradama .....	51
Slika 12. Bilanca potrošnje energije u nestambenim zgradama .....	51
Slika 13: Osnovni elementi rješavanja energetske koncepta .....	54
Slika 14: Mogućnost implementacije mjera energetske učinkovitosti u zgrade u odnosu na nivo razvoja projekta .....	55
Slika 15. Potrošnja energije u zgradama ovisno o zakonodavnom okruženju i usporedba s potrošnjom u nisko energetske i pasivnim zgradama .....	58
Slika 16. Temperature na unutarnjoj površini stakla u ovisnosti o vrsti ostakljenja .....	68
Slika 17. Tipični sunčani sustav za pripremu tople vode s jednim spremnikom .....	83
Slika 18. Sunčani sustav s dvostrukim spremnikom .....	84
Slika 19. Sunčani sustav s izmjenjivačem za PTV .....	85
Slika 20. Sunčani sustav s dva spremnika .....	85
Slika 21. Sunčani sustav s prirodnom cirkulacijom .....	86
Slika 22. Pločasti kolektor sunčevog zračenja .....	87
Slika 23. Vakuumski kolektori sunčevog zračenja .....	87
Slika 24. Apsorberi .....	88
Slika 25. Krivulja učinkovitosti pločastog i vakuumskog kolektora .....	89

### 11.2. POPIS TABLICA

Tablica 1. Faktor primarne energije $f_p$ za razne primarne izvore energije (DIN 4701-10) .....	25
Tablica 2. Najveće vrijednosti potrebne primarne energije za grijanje i PTV (ilustrativno, prema DIN 4701-10) .....	31
Tablica 3 Osnovni izrazi i norme potrebne za proračun veličina iz Postupnika za analizu alternativnih sustava .....	37
Tablica 4: Klasifikacija zgrada u energetske razrede, prema PEPZEC .....	59
Tablica 5. Projektne vrijednosti toplinske provodljivosti za neke toplinske izolacijske materijale, $\lambda$ [W/(m·K)], , približne vrijednosti faktora otpora difuziji vodene pare, te usporedba relativnih troškova za ugradnju .....	65
Tablica 6. Usporedba svojstava dvostrukih ventiliranih fasada .....	70

Tablica 7 .Pregled karakteristika alternativnih rješenja u energetskej opskrbi zgrada (prema The Illustrated Guide to Renewable Technologies, BSRIA 2008) .....	78
Tablica 8. Prosječni volumni odnosi različitih vrsta drvne biomase (u m <sup>3</sup> ) .....	80
Tablica 9. Svojstva drva i drvnih prerađevina za loženje .....	81
Tablica 10. Svojstva fotonaponskih modula .....	90
Tablica 11. Rashladni činilac apsorpcijskog rashladnog uređaja (voda-litijev bromid, kondenzator hlađen vodom) .....	103

## 12. LITERATURA

- [1] Bošnjaković, F., Knoche, K.F.: Technische Thermodynamik – Teil II, Steinkopf, Darmstadt, 1997.
- [2] Recknagel-Sprenger: Priručnik mza grejanje i klimatizaciju, IRO Građevinska knjiga Beograd, 1982
- [3] The Illustrated Guide to Renewable Technologies, BSRIA 2008
- [4] Brueck, H., Grobe, C.: Die neue Energieeinsparungsverordnung im Bild, WEKA MEDIA GmbH&Co. KG, Kissing, Augsburg, 2006
- [5] Zanki, V., Bukarica, V., Dović, D., Hrs Borković, Ž., Soldo, V., Sučić, B., Švaić, S., (2008), Priručnik za energetske savjetnike, UNDP, Hrvatska
- [6] Vuk, B., Brajković, J., Matić, d., (et.al.), (2008), Energija u Hrvatskoj: godišnji energetski pregled 2007, Zagreb, MINGORP, EIHP
- [7] Hrs Borković, Ž. et al. (2007) Energetska efikasnost u zgradarstvu – Vodič za sudionike u projektiranju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada, Zagreb, EIHP/HEP TOPLINARSTVO
- [8] Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti zgrada / *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (Official Journal L 153/13, 18/6/2010)*
- [9] Akcijski plan za implementaciju EPBD u hrvatsko zakonodavstvo, Vlada Republike Hrvatske, ožujak/travanj 2008.
- [10] HRN EN ISO 13790:2008 - Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (EN ISO 13790:2008)
- [11] HRN EN 15603:2008 – Energy performance of buildings -- Overall energy use and definition of energy ratings (EN 15603:2008)
- [12] DIN V 4701-10 Energy efficiency of heating and ventilation systems in buildings - Part 10: Heating, domestic hot water supply, ventilation
- [13] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada NN 110/08, 89/09, 79/13 i 90/13
- [14] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti zgrada NN 97/14
- [15] Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada NN 110/08
- [16] Pravilnik o energetskim pregledima građevina i energetskom certificiranju zgrada NN 81/12 i 64/13
- [17] Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju NN 48/14
- [18] Metodologija provođenja energetskog pregleda građevina - primjenjuje se od 18. lipnja 2014.
- [19] Algoritam za izračun energetskih svojstava zgrada
- [20] Pravilnik o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede građevina i energetsko certificiranje zgrada NN 81/12, 64/13.