

1. UVOD

Grejanje je tehnička disciplina koja se bavi uslovima i uređajima za zagrevanje objekata različite namene u zimskim uslovima. To zagrevanje, u cilju obezbeđivanja termičkih uslova sredine, vrši se uglavnom u skladu sa potrebama ljudi koji borave u zatvorenom prostoru. Ponekad, uglavnom u industrijskim objektima, tehnološki proces koji se odvija, diktira termičke uslove. Samo u tim slučajevima, ljudski faktor nije primaran.

Ventilacija predstavlja zamenu vazduha u prostoriji spoljnim, svežim vazduhom, a u cilju održavanja kvaliteta vazduha u prostoriji u zahtevanim granicama. Ventilacija može biti:

- * **prirodna** (bez mehaničkih uređaja) koja se ostvaruje prirodnim strujanjem vazduha kroz otvore na zgradi ili otvaranjem prozora. Ovaj vid ventilacije se još naziva i provetravanje, i koristi se u objektima u kojima nema velikog izvora zagađenja;
- * **prinudna** (mehanička) koja se ostvaruje radom posebnog mehaničkog sistema koji služi za dovođenje i odvođenje vazduha iz prostorije. Sistem za prinudnu ventilaciju uglavnom se sastoji od ventilatora za ubacivanje, ventilatora za izvlačenje vazduha i pripadajućih kanala za distribuciju vazduha.

Klimatizacija je najopštiji sistem za postizanje i održavanje termičkih uslova ugodnosti u zatvorenim prostorima. Klimatizacija, pored grejanja i ventilacije ima i dodatne funkcije, kao što su:

- * regulacija relativne vlažnosti vazduha u prostorijama,
- * održavanje određenog nivoa čistoće vazduha i
- * hlađenje prostorija u letnjem periodu.

Prostorije u zgradama se greju da bi se stvorili povoljni uslovi za boravak ljudi u njima, ili kako se uobičajeno kaže – da bi se obezbedili **termički uslovi ugodnosti**.

Čovek uvek **odaje toplotu** okolini, a zagrevanje prostorija se vrši da bi to odavanje toplote bilo u **granicama ugodnosti** za čoveka. U čovečijem organizmu se neprekidno odvijaju fizičko-hemijski procesi, koji se jednim imenom nazivaju **metabolizam**. Pri tim procesima se oslobađa toplota, koju čovek mora neprestalno da odaje da bi održao **stanje termičke ravnoteže**, odnosno da bi održao stalnu temperaturu tela. Količina proizvedene i odate toplote zavisi od velikog broja faktora, od kojih je najvažniji – fizička aktivnost, zatim slede starosna dob, pol, odevenost, itd.

Toplotu stvorenu metabolizmom čovek odaje okolini na više načina – to su tzv. mehanizmi odavanja toplote. Tako se razlikuje:

- SUVA (osetljiva, osetna) toplota, koju čovek odaje preko površine kože – konvekcijom, zračenjem i kondukcijom i
- LATENTNA (vlažna) toplota, koju čovek odaje oslobađanjem vlage putem disanja i znojenja.

Na odavanje toplote čoveka utiču dve vrste parametara, a to su:

1. Uticaj sredine – TERMIČKI PARAMETRI SREDINE

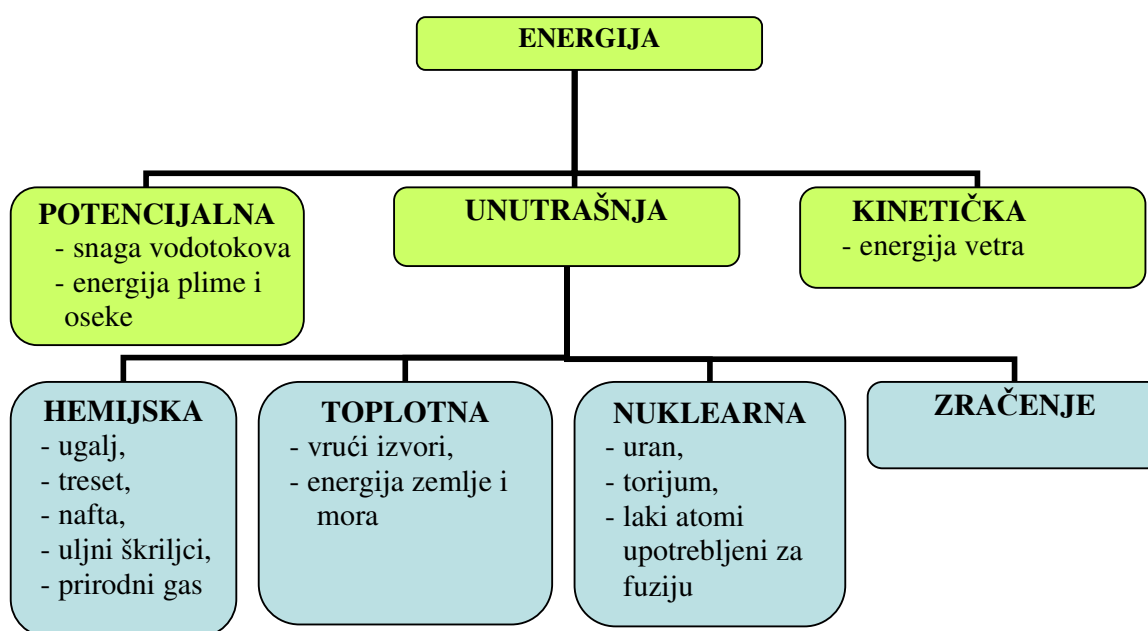
- * temperatura vazduha ($t_v = 20-26^{\circ}\text{C}$),
- * temperatura okolnih površina ($t_{\text{pov}} \sim t_v$),
- * realtivna vlažnost vazduha ($\varphi = 40-60\%$) i
- * brzina strujanja vazduha ($w = 0.2 - 0.25 \text{ m/s}$)

2. Lični (subjektivni) uticaji

- * stepen fizičke aktivnosti,
- * odevenost,
- * zdravstveno stanje,
- * uzrast (starosna dob),
- * pol,
- * telesna težina, itd.

1.1 OBLICI ENERGIJE

Sva iskoristiva energija potiče iz tri osnovna izvora energije: energije Sunca, energije iz Zemlje i energije gravitacije. Izvori energije su prikazani dijagramom na slici 1.1.



1.1 Izvori energije

Energija Sunca nastaje procesima termonuklearne fuzije vodika koji se odvijaju u središtu Sunca. Produkti fuzije su helijum i velika količine energije koja se prenosi prema površini Sunca, prosečne temperature 5760 K. Sa površine Sunca energija se emituje u svemir elektromagnetskim talasima. Iako samo vrlo mali deo ukupne Sunčeve energije dolazi do površine Zemlje, na nju tokom jedne godine dospe veća količina energije od one sadržane u ukupnim rezervama uglja i nafte. Energija Sunčevog zračenja na Zemlji pretvara se u druge oblike energije procesima fotosinteze, isparivanja i strujanja.

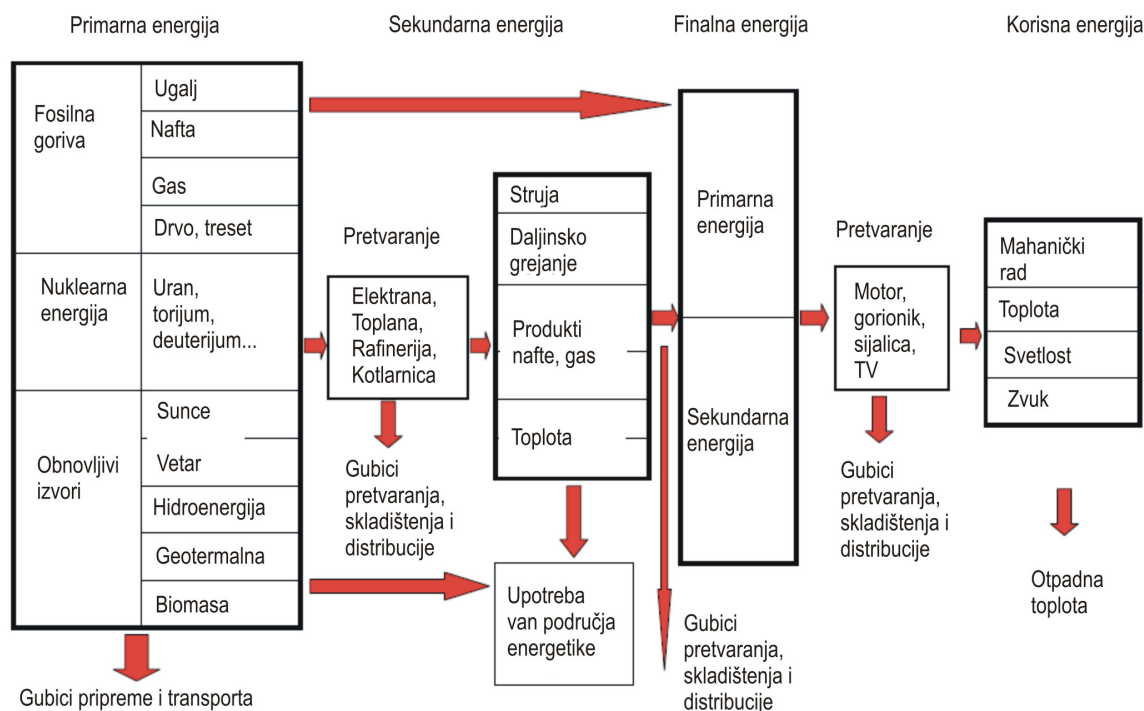
Energija iz Zemlje posledica je toplote Zemljinog jezgra koja se iz unutrašnjosti provodi prema površini. Zemlja se od svojih početaka, kada je postojala kao kugla užarene mase, hladi i stvara čvrsti deo Zemljine kore koji je deo do 50 km. Prosečna dnevna količina energije koja se iz središta Zemlje dovodi površini iznosi $5,4 \text{ MJ/m}^2$ (gustina toplotnog fluksa $0,063 \text{ W/m}^2$), što je niska vrednost i nije pogodna za tehničko iskorišćenje. Toplotni gradijent po dubini Zemljine kore može biti mestimično vrlo različit, a on je merodavan za iskorišćenje toplote iz Zemlje. Energija iz Zemlje se najčešće koristi kao toplota izvora vruće vode ili pare i kao toplotni izvor za rad toplotnih pumpi.

Energija gravitacije posledica je gravitacionih sila između Sunca, Meseca i Zemlje. Gravitacione sile uzrokuju promene nivoa mora i time promenu potencijalne energije morske vode. Amplituda plime i oseke mestimično varira, a može iznositi od nekoliko centimetara do šesnaest metara.

Zakon o održanju energije: Energija se ne stvara niti uništava. U svim realnim (nepovratnim) procesima energija se pretvara iz jednog oblika u drugi, pri čemu gubitak predstavlja deo koji se pretvara u neiskoristivu energiju. Zbir svih energija na ulazu u neki sistem jednak je zbiru energija na izlazu iz njega.

Pretvaranje (transformacija) energije: prirodni oblici energije mogu se direktno koristiti ili se preko uređaja za transformaciju mogu pretvarati u korisne oblike, najčešće u mehaničku ili toplotnu energiju. Tu se može govoriti o primarnoj, sekundarnoj, finalnoj i korisnoj energiji.

Primarnom energijom se smatra ona energija koja je sadržana u energentu (nosiocu energije, kao što je hemijska energija goriva). Sekundarna energija je dobijena energetsom transformacijom iz primarne energije i predstavlja primarnu energiju umanjenu za gubitke pretvaranja (npr. električna energija proizvedena sagorevanjem goriva u termoelektrani). Finalna (ili neposredna) energija je ona energija koja dolazi do krajnjeg korisnika (sekundarna energija umanjena za gubitke pripreme i transporta). Konačno, korisna energija je ona koja je utrošena za zadovoljavanje potreba krajnjih korisnika (konačna energija umanjena za gubitke pretvaranja kod korisnika). Šematski prikaz tokova energije i međusobni odnosi navedenih oblika prikazani su na slici 1.2.

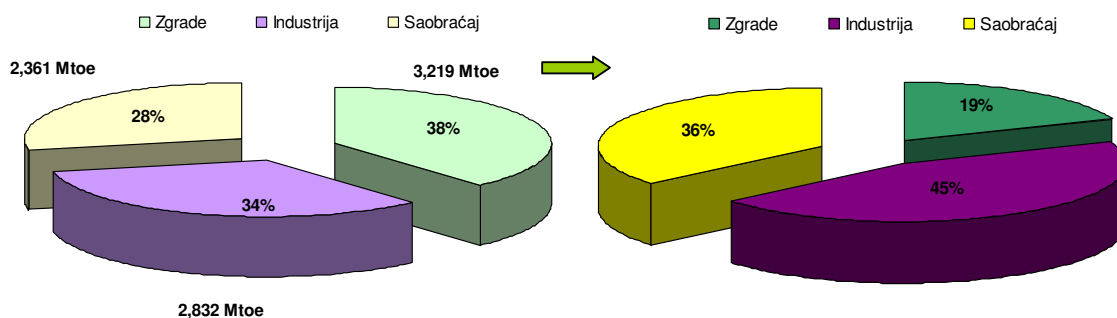


1.2 Oblici energije i načini pretvaranja u sekundarnu i finalnu energiju

1.2 ENERGETSKI BILANS REPUBLIKE SRBIJE

Energetski bilans predstavlja dokument kojim se utvrđuju godišnji iznosi energije i energenata potrebni za uredno i sigurno snabdevanje korisnika energije (neposrednih potrošača) za period od tri godine. Ovaj dokument se izrađuje na osnovu podataka o proizvodnji, prerađi i snabdevanju energijom i energentima u skladu sa metodologijom Eurostata.

Sve veličine iskazuju se u fizičkim jedinicama i to čvrsta goriva u milionima t, tečna goriva u milionima t, gasovita goriva u milionima Stm^3 (standardni metar kubni gasa), električna energija u GWh, toplotna energija u TJ i u milionima tona ekvivalentne nafte (Mtoe). Jedna tona ekvivalentne nafte iznosi 41,868 GJ ili 11,630 MWh električne energije ili dve tone kamenog uglja odnosno 5,586 t sirovog lignita.



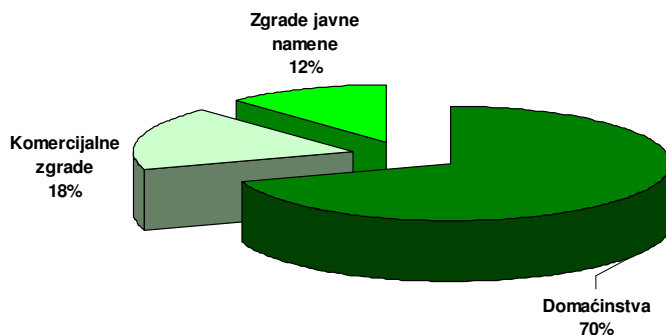
Prema podacima za 2008. godinu

Indikativni ciljevi za budućnost

1.3 Potrošnja energije u Republici Srbiji i ciljevi za budućnost

Potrošnju energije u zgradama potrebno je minimizirati na način tako da ne dođe do narušavanja uslova komfora, što znači da je neophodno, tokom cele godine, održavati termičke parametre unutrašnje sredine, kvalitet vazduha, potreban nivo osvetljenosti, dovoljnu količinu tople sanitarne vode. Tehnički sistemi u zgradi, koji obezbeđuju uslove komfora jesu porošači energije. Primenom različitih mera moguće je poboljšati energetska efikasnost, pri čemu treba voditi računa o finansijskim efektima primenjenih mera.

Od ukupne potrošnje energije u zgradama 70% se troši u domaćinstvima i stambenim zgradama, 18% u komercijalnim, dok se u zgradama javne namene potroši oko 12% energije (slika 1.4).



1.4 Potrošnja energije u sektoru građevinskih objekata u Republici Srbiji

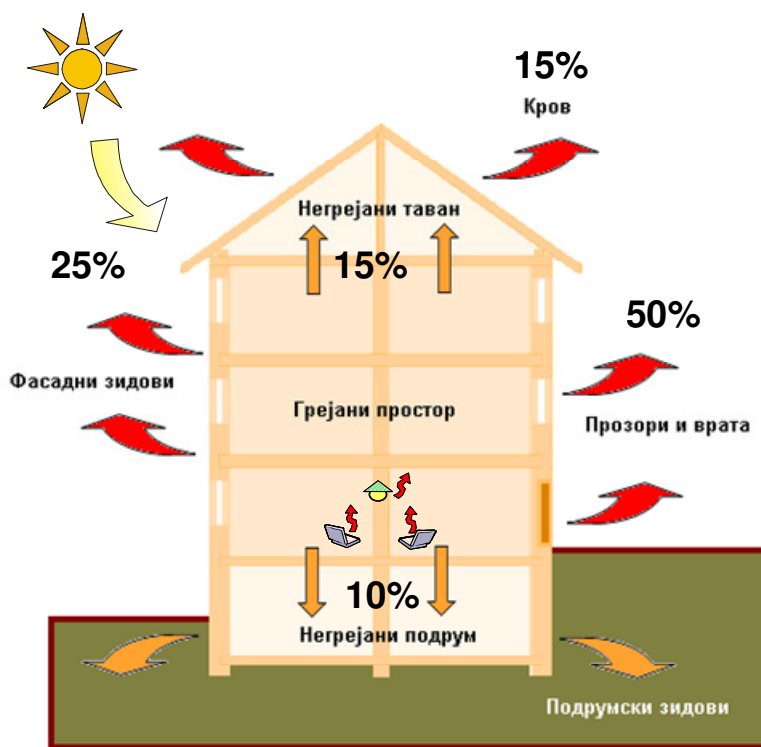
1.3 TOPLOTNI BILANS ZGRADE

Prilikom postavljanja toplotnog bilansa zgrade granicu sistema čini termički omotač, koji grejani prostor deli od spoljašnje okoline (vazduha i tla) i negrejanih prostorija u zgradi (tavanski i/ili podrumski prostor). Za zimski režim korišćenja zgrade potrebno je imati u vidu sledeće:

- Prozori i zastakljene površine - termički najosetljiviji deo termičkog omotača, utiču na ventilacione i transmisione gubitke;
- Uzimaju se u obzir korisni dobici toplote od Sunca i unutrašnjih izvora;
- Sistem za grejanje treba da nadoknadi samo trenutne gubitke toplote tokom cele grejne sezone, kroz pravilnu regulaciju toplotnog učinka;
- Izvor snabdevanja toplotom treba da bude efikasan.

Prilikom postavljanja toplotnog bilansa zgrade granicu sistema čini termički omotač, koji

Na slici 1.5 prikazani su ukupni gubici toplote kroz termički omotač zgrade (transmisioni i ventilacioni) sa okvirnim procentualnim udelom gubitaka kroz pojedine građevinske elemente.



Slika 1.5 Gubici toplote kroz termički omotač zgrade

1.4 PARAMETRI KOJI UTIČU NA POTROŠNJU ENERGIJE

Najvažniji uticajni parametri na potrošnju energije termotehničkih sistema u zgradi (sistema grejanja, ventilacije i klimatizacije) mogu se podeliti u pet grupa:

1. Klimatski faktori, koji su određeni lokacijom na kojoj se zgrada nalazi;
2. Termički omotač i geometrija zgrade,
3. Karakteristike KGH sistema, izvora energije i nivoa automatske regulacije,
4. Režim korišćenja i održavanja zgrade i tehničkih sistema i
5. Eksploatacioni troškovi, odnosno cene energenata i energije.

Klimatski faktori, kao što je godišnje kretanje temperature vazduha i relativne vlažnosti, insolacija i dozračeni intenzitet sunčevog zračenja, vetrovitost, i drugo, odlika su lokacije na kojoj se zgrada nalazi. Prema tome, prilikom projektovanja zgrade i tehničkih sistema u njoj, neophodno je poznavati klimatske karakteristike podneblja, koje se, na određen način, uzimaju kao ulazni podaci za proračune. Kada su u pitanju KGH (Klimatizacija, Grejanje, Hlađenje) sistemi, neophodni ulazni podaci su: podaci o termičkom omotaču (koeficijenti prolaza toplote građevinskih elemenata, zaptivenost prozora i vrata), spoljna projektna temperatura za zimu i leto, dužina perioda grejanja i hlađenja, vetrovitost predela, položaj i orijentacija zgrade, itd. Zgrade iste namene, a koje se nalaze u bitno različitim klimatskim podnebljima, veoma se razlikuju, kako po arhitekturi i primenjenim materijalima, tako i po tehničkim rešenjima instalacija u njima.

Termički omotač, geomerija zgrade, njen položaj u odnosu na izloženost Suncu i vetrovima direktno utiču na energetske potrebe zgrade. Što je bolja termička izolacija i zaptivenost prozora i vrata, a manji faktor oblika, potrebna instalisana snaga sistema za grejanje će biti manja. Dobra zaptivenost prozora može značajno umanjiti ventilacione gubitke toplote. Podatak o specifičnom potrebnom instalisanom kapacitetu grejnih tela q (W/m^2) govori o tome koja vrsta sistema za grejanje se može primeniti u zgradi. Način postavljanja termičke izolacije i korišćenje toplotne inercije zgrade takođe je važan podatak. Veličina prozora i korišćenje dnevnog svetla utiče na veštačko osvetljenje, potrošnju električne energije i dobitke toplote od unutrašnjih izvora. Načini zaštite od Sunčevog zračenja tokom leta u velikoj meri mogu sniziti toplotno opterećenje zgrade, kao i instalisani kapacitet rashladnog postrojenja. Raspored prostorija unutar zgrade, atrijski prostori i galerije mogu imati značajan uticaj prilikom korišćenja prirodnog provetravanja zgrade.

Pažljivim i stručnim izborom KGH sistema, izvora snabdevanja energijom i nivoa automatske regulacije moguće je ostvariti značajne uštede energije koju ovi sistemi troše tokom godine. Dve zgrade „bliznakinje“, koje su identične po nameni, geometriji i energetske potrebama, mogu imati značajno različitu potrošnju energije u zavisnosti od vrste izvedenih tehničkih sistema u njima. Samo prilikom formiranja konceptualnog rešenja neophodno je uzeti veliki broj ulaznih podataka u razmatranje. Namena, režim korišćenja, geomerija, termička zaštita zgrade, kao i klimatski podaci samo su deo ulaznih parametara. Potrebno je razmotriti prostor za smeštaj uređaja i opreme, načine vođenja instalacija kroz zgradu i uklapanje u enterijer, raspoložive načine snabdevanja energijom, primenu obnovljivih izvora energije, integraciju rada različitih sistema, kao i potreban nivo nadzora i upravljanja sistemima u zgradi. Kod složenih i velikih zgrada, velikih investicionih vrednosti, često se razmatraju varijantna rešenja, na kojima rade multidisciplinarni timovi – arhitekta, mašinski i inženjeri elektrotehnike.

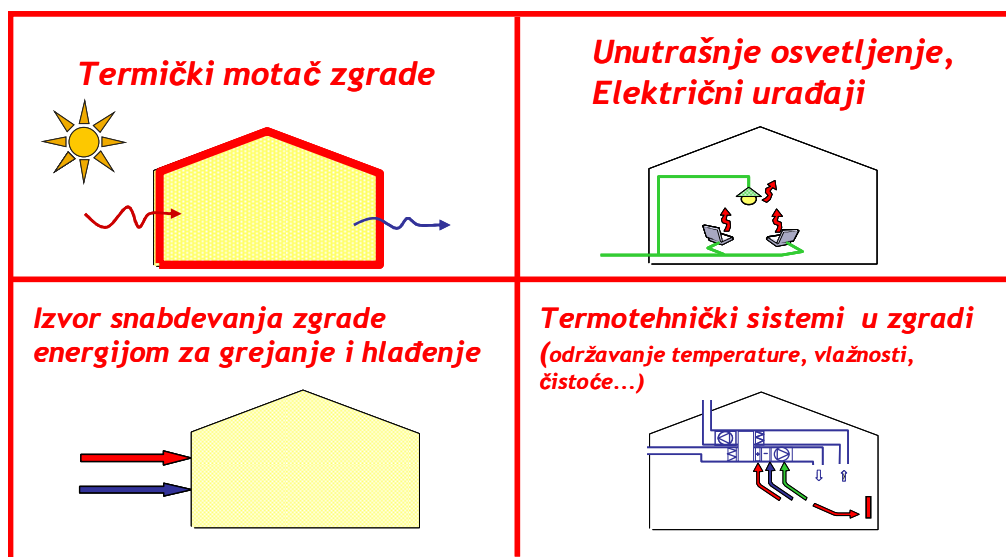
Kako bi zgrada, tokom svog životnog veka, imala zadovoljavajuće energetske performanse, potrebno je redovno i pravilno održavanje zgrade i sistema u njoj. Ukoliko izostane redovno održavanje a ne naruši se u potpunosti funkcionalnost sistema, gotovo redovno se javlja slučaj neracionalne potrošnje energije. Osnovni primeri su: oštećenje ili potpuno uklanjanje termičke izolacije uređaja, cevovoda i kanala za vazduh, što za posledicu ima povećane gubitke toplote sistema, kondenzaciju vlage iz vazduha i oštećenja uređaja i enterijera; zaprljanje distributivne mreže i elemenata opreme, što rezultuje povećanim naporima pumpi i ventilatora a dovodi do veće potrošnje električne energije za njihov pogon; uklanjanje zaprljanih filtera za vazduh umesto njihove zamene dovodi do lošeg kvaliteta vazduha; prestanak funkcije regulacione armature ili opreme, osim pogoršanja termičkih parametara sredine (pregrevanja zimi ili pothlađivanja ljeti) neminovno utiče na povećanu potrošnju energije, dok u ekstremnim slučajevima može izazvati havarijska oštećenja sistema i veliku štetu, a ponekad ugroziti i ljudske živote. Koliko je važno dobro projektovati i izvesti sisteme u zgradi, od jednake je važnosti njihovo održavanje i pravilno gazdovanje, kako bi oni mogli da pruže svoj maksimum.

1.5 MERE UNAPREĐENJA ENERGETSKE EFIKASNOSTI ZGRADA

Prilikom projektovanja novih sistema, a češće prilikom izvođenja projekata rekonstrukcije postojećih, sastavni deo procedura je sprovođenje tehno-ekonomske analize, odnosno sagledavanja investicionih i eksploatacionih troškova kroz životni vek projekta. Međutim, ne može se uvek sa dovoljnom preciznošću predvideti na duži rok kretanje cena energije i energenata. Ukoliko postoji disparitet cena na tržištu, doći će do pojave neracionalne potrošnje energije. Osnovna motivacija korisnika jeste cena koju plaćaju za grejanje, odnosno klimatizaciju. Ekstremni primer je paušalna naplata troškova grejanja zgrada koje se toplotom snabdevaju iz sistema daljinskog grejanja. Fiksni mesečni trošak za grejanje nije uslovljen potrošenom energijom, pa samim tim ne postoji motiv korisnika da se racionalno odnosi prema potrošnji energije. Isto važi za ponašanje korisnika poslovnih zgrada u kojima sam korisnik ne plaća račune, već to čini vlasnik. Niska cena pojedinog energenta usloviće neracionalnu potrošnju jer je ona jeftinija nego sprovođenje mera koje bi doprinele uštedama.

Mere koje se primenjuju za poboljšanje energetske efikasnosti u zgradama mogu se podeliti u tri osnovne grupe (slika 1.6):

1. **Mere poboljšanja karakteristika same zgrade** kroz smanjenje potreba za grejanjem u zimskom i hlađenja u letnjem periodu (termička izolovanosti i zaptivenost, zaštita od Sunčevog zračenja leti);
2. **Mere unapređenja termotehničkih instalacija** kroz primenu opreme i uređaja sa visokim stepenom korisnosti, korišćenje otpadne toplote i obnovljivih izvora energije (bolje iskorišćenje primarne energije);
3. **Mere optimizacije eksploatacije tehničkih sistema** kroz uvođenje automatskog upravljanja rada instalacija grejanja, hlađenja, ventilacije i veštačkog osvetljenja (termički parametri sredine se održavaju na željenom nivou samo u periodu korišćenja prostorija u zgradi).



1.6 Mere za unapređenje energetske efikasnosti zgrada

Prilikom analize primene mera unapređenja energetske performansi važno je problemu pristupiti određenim redosledom, počevši sa grupom mera poboljšanja karakteristika same zgrade, preko mera smanjenja gubitaka toplote pri proizvodnji i distribuciji toplote, do grupe mera koje podrazumevaju zamenu uređaja i opreme sistema za grejanje, klimatizaciju i pripremu sanitarne tople vode ili sistema osvetljenja, uz uvođenje regulacije rada sistema.

Redosled analize mera za unapređenje energetske efikasnosti zgrade:

- I grupa: poboljšanje termičke izolovanosti i zaptivenosti zgrade uz primenu pasivnih mera zaštite od Sunčevog zračenja (rezultat: smanjenje potrebnog kapaciteta izvora toplote, instalisane snage grejnih tela i ukupnih toplotnih potreba zgrade; smanjenje potreba za hlađenjem i poboljšanje termičkog komfora)
- II grupa: izolacija toplovoda i dela cevne i kanalske mreže (rezultat: smanjenje gubitaka u distribuciji toplote i potrebne primarne energije)
- III grupa: zamena izvora / energenta (rezultat: povećanje ukupnog stepena korisnosti postrojenja)
- IV grupa: centralna regulacija sistema grejanja - kvalitativna regulacija prema spoljnoj temperaturi (rezultat: smanjenje pregrevanja prostorija - 1°C viša temperatura unutrašnjeg vazduha dovodi do povećanja potrošnje toplote za cca. 6%)
- V grupa: lokalna regulacija - termostatski ventili i cirkulacione pumpe sa promenljivim brojem obrtaja (kod zgrada sa više zona i različitog režima korišćenja)
- VI grupa: uvođenje CSNU sistema (kod zgrada sa složenim termotehničkim sistemima: grejanje, ventilacija, STV, klimatizacija; mogućnost povezivanja ostalih servisa: osvetljenje, protivprovalni...)
- VII grupa: primena OIE (npr. PSE za pripremu STV - rezultat: smanjenje potrebne primarne energije i emisije CO₂; toplotna pumpa u kombinaciji sa niskotemperaturnim sistemom grejanja - rezultat: visok stepen korisnosti; mogućnost sniženja unutrašnje projektne temperature; mogućnost korišćenja za potrebe hlađenja)
-Korišćenje otpadne toplote i tehnike noćne ventilacije.....