

# Moguća poboljšanja nadzora i upravljanja sustava grijanja električnog kotla Termomax

---

**Matasić, Božidar**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:554032>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-11**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel strojarstvo

Stručni studij strojarstva

BOŽIDAR MATASIĆ

**MOGUĆA POBOLJŠANJA NADZORA I  
UPRAVLJANJA SUSTAVA GRIJANJA  
ELEKTRIČNOG KOTLA TERMOMAX**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016

Karlovac University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering Department

Professional undergraduate study of Mechanical Engineering

BOŽIDAR MATASIĆ

**POSSIBLE IMPROVEMENTS IN  
MONITORING AND CONTROLLING  
SYSTEM IN TermoMax ELECTRIC BOILER  
HEATING SYSTEM**

Final paper

Karlovac, 2016

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel strojarstvo

Stručni studij strojarstva

BOŽIDAR MATASIĆ

**MOGUĆA POBOLJŠANJA NADZORA I  
UPRAVLJANJA SUSTAVA GRIJANJA  
ELEKTRIČNOG KOTLA TERMOMAX**

ZAVRŠNI RAD

Mentor

dr.sc. Vladimir Tudić

Karlovac, 2016



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J. Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 – 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579



## VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: STROJARSTVO

Usmjerenje: STROJARSKE KONSTRUKCIJE

Karlovac, 23.ožujka 2016.

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: BOŽIDAR MATASIĆ

Matični broj: 0110612094

Naslov: MOGUĆA POBOLJŠANJA NADZORA I UPRAVLJANJA SUSTAVA  
GRIJANJA ELEKTRIČNOG KOTLA TERMOMAX

Opis zadatka:

Za potrebe završnog rada navesti sustave centralnog grijanja i opisati vodene sustave grijanja. Opisati način rada, nadzora i upravljanja te zaštite sustava grijanja električnog kotla TermoMax tvrtke Tormostroj te navesti neka tehnička moguća poboljšanja u nadzoru i upravljanju istog na način da se ne dodaju novi senzori u sustav. Objasniti zašto je važna toplinska zaštita objekta.

Koristiti stručnu literaturu, tehničke propise, dokumentaciju proizvođača opreme. Kao podlogu za rad koristi slike, sheme i druge dokumente sličnih projektnih zadataka. Redovito održavati konzultacije s mentorom te rad uskladiti s Pravilnikom o pisanju završnih i diplomskih radova Veleučilišta u Karlovcu.

Zadatak zadan:  
11.1.2016.

Rok predaje rada:  
30.3.2016.

Predviđeni datum obrane:  
4.4.2016.

Mentor:  
dr.sc. Vladimir Tudić, viši pred.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:  
dr.sc. Nenad Mustapić, prof. v. š.

## **PREDGOVOR**

### **Izjava**

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno, koristeći znanje stečeno tijekom studija i obavljanja stručne prakse, služeći se navedenom stručnom literaturom.

### **Zahvala**

Zahvaljujem se mentoru dr.sc. Vladimiru Tudiću na savjetima, konzultacijama i pomoći pri izradi ovog završnog rada. Zahvaljujem Željku Gojkoviću na stručnoj pomoći tijekom pisanja ovog završnog rada. Hvala svima koji su mi bili podrška tijekom studiranja, a posebno hvala mojoj obitelji i prijateljima na velikoj podršci i razumijevanju.

## SAŽETAK

Ovaj Završni rad obuhvaća upotrebu toplinske energije u prostorima gdje boravimo. U radu su naznačeni sustavi grijanja koji su najčešće korišteni zadnjih 20-tak godina, a posebna pozornost posvećena je vodenim sustavima grijanja na bazi električne energije, kao prihvatljivijeg vida grijanja obzirom na utjecaj na okoliš. Uz sve prednosti i mane njihove primjene sustavi za centralno grijanje su jako složene cjeline gdje puno faktora ovisi o funkcionalnosti i pouzdanosti načina rada. Način na koji se grijemo i pripremamo toplu vodu nije nebitan, jer time možemo značajno smanjiti toplinske gubitke i povećati učinak sustava grijanja, a uz to sve je više prisutna tendencija za zaštitom okoliša i smanjenjem utjecaja klimatskih promjena nastalih kao posljedica ljudskog djelovanja na okoliš.

Zbog naznačenih razloga važna je primjena modernih, učinkovitih energetske strojeva i sustava. Smanjenje potrošnje energije i povećanje energetske efikasnosti moguće je jedino uz sustavan pristup projektiranju objekata, izgradnji i uz primjenu naprednih sustava upravljanja. Jedan takav sustav, glavni je predmet ovog Završnog rada. Riječ je o industrijskom električnom kotlu *TermoMax* tvrtke *Termostroj*, koji je predviđen za rad u zatvorenim sustavima za centralno grijanje i pripremu tople vode. Koristi se i kao dopunski izvor topline, najčešće u radu s toplinskim pumpama. Kako funkcionira, koja su ograničenja i moguća poboljšanja u radu sustava upravljanja biti će detaljnije opisano upravo u ovom Završnom radu.

## SUMMARY

This Final Paper discusses the use of thermal energy in the spaces we live in. The Paper indicates commonly used heating systems in the last 20 years and special attention is paid to electricity based water heating systems as more acceptable heating method due to its impact on the environment. With all their advantages and disadvantages, central heating systems are very complex entities where a lot of factors depend on the functionality and reliability of performance. The way we heat and warm up water is not irrelevant, as this can significantly reduce heat loss and increase heating system efficiency. Moreover, there is an increasing tendency for environmental protection and reduction of the impact of climate change resulting from human impact on the environment.

Due to the aforementioned reasons, an application of modern and efficient energy equipment and systems is important. Energy consumption reduction and energy efficiency increase is only possible with a systematic approach to structural design, building and application of advanced management systems. One such system is the main topic of this Final Paper. It is an industrial electric boiler *TermoMax* of the *Termostroj* Company, which is designed for use in closed systems for central heating and water warm up. It is also used as a supplementary heat source, mostly with heat pumps. This Final Paper describes its functioning, limitations and possible improvements in monitoring and controlling system in detail.



# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	1
PREDGOVOR .....	2
Sažetak.....	3
Sadržaj .....	5
Popis slika .....	8
Popis tablica .....	9
1. Uvod .....	10
2. Toplina .....	11
2.1. Prijelaz topline .....	11
2.2. Toplina ljudskog tijela .....	12
2.3. Temperatura prostorije .....	13
2.4. Temperatura graničnih površina .....	13
2.5. Vlažnost zraka .....	14
2.6. Brzina strujanja zraka .....	14
2.7. Mjerila udobnosti .....	15
3. Grijanje zatvorenih prostora .....	16
3.1. Općenito o sustavima za grijanje .....	16
3.2. Vrste centralnih grijanja .....	16
3.3. Prednosti i mane sustava centralnih grijanja .....	17
3.4. Glavne značajke i primjena pojedinih sustava grijanja .....	18
3.4.1. Parni sustavi .....	18
3.4.2. Grijanje toplim zrakom .....	19
3.4.3. Vrelouljni sustavi .....	19
4. Vodeni sustavi grijanja .....	21

4.1. Uređaji za zagrijavanje vode.....	21
4.2. Podjela vodenih sustava.....	22
4.3. Toplovodni otvoreni sustavi .....	23
4.4. Zatvoreni sustavi centralnih grijanja .....	23
5. Električni kotao TermoMax .....	24
5.1. Primjena i princip rada .....	25
5.2. Konstrukcija kotla .....	25
5.3. Upravljanje sustavom grijanja .....	26
5.3.1. Potreba za regulacijom toplinskog učinka.....	26
5.3.2. Regulacija vođenjem prema vanjskoj temperaturi .....	28
5.3.3. Postavljanje karakteristične krivulje.....	29
5.3.4. Ispravljanje sobne temperature .....	30
5.3.5. Ograničavanje minimalne i maksimalne temperature vode u kotlu .....	32
5.3.6. Slični sustavi za nadzor i upravljanje u inteligentnim sustavima za centralno grijanje .....	32
5.4. Funkcioniranje sustava kod TermoMax-a .....	34
5.5. Mjere zaštite.....	36
5.5.1. Mjera zaštite od smrzavanja.....	36
5.5.2. Mjera zaštite od taloženja na cijevnim grijačima .....	37
5.5.3. Mjera zaštite od pojave zraka u kotlu .....	39
5.5.4. Mjera zaštite od pada napona.....	39
5.5.5. Mjera zaštite od previsoke temperature.....	39
6. Toplinska zaštita objekta .....	40
6.1. Norma HRN EN ISO 50001 – Upravljanje energijom .....	40
6.2. Potrošnja energije u zgradarstvu.....	41
6.3. Akumulacija topline građevne površine.....	42
6.4. Svrha toplinske zaštite.....	43
6.5. Temeljni principi toplinske zaštite.....	44
7. Mogućnost unapređenja i nadogradnje TermoMax sustava .....	45

---

8. ZAKLJUČAK.....	48
9. LITERATURA.....	50

## POPIS SLIKA

Slika 1. Predodžba vanjskog dijela električnog kotla tvrtke Termostroj. ....	24
Slika 2. Predodžba sastavnih dijelova električnog kotla tvrtke Termostroj .....	26
Slika 3. Predodžba vanjskog senzora temperature (KTY2000).....	29
Slika 4. Predodžba tvornički postavljenih krivulja .....	29
Slika 5. Predodžba korekcije krivulje .....	31
Slika 6. Predodžba napredne budućnosti. Izvor [9].....	32
Slika 7. Predodžba aplikacije za proračun potrošnje energije. Izvor [10].....	33
Slika 8. Predodžba aplikacije za inteligentno upravljanje sustavom grijanja. Izvor [11]. ....	33
Slika 9. Hidraulička shema opreme za centralno grijanje i pripremu tople vode. ....	35
Slika 10. Hidraulička shema opreme za pripremu tople vode.....	35
Slika 11. Hidraulička shema opreme kod spoja više kotlova u kaskadu.....	36
Slika 12. Predodžba senzora temperature iz spremnika tople vode (tip senzora KTY2000).....	36
Slika 13. Predodžba modela sustava upravljanja energijom. Izvor [6].....	41
Slika 14. Predodžba potrošnje energije po sektorima u SAD-u. Izvor [7]. ....	41
Slika 15. Predodžba regulacijskog kruga sustava upravljana energijom. Izvor [7].....	47

## POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Najpovoljniji odnosi temperature, relativne vlažnosti i brzine zvuka u prostorijama ovisno o vanjskoj temperaturi. ....</i>	<i>15</i>
<i>Tablica 2. Prikaz podjele vodenih sustava .....</i>	<i>22</i>
<i>Tablica 3. Prikaz uputa kako ispraviti krivulju za radijatorsko grijanje ovisno o temperaturi.....</i>	<i>31</i>
<i>Tablica 4. Faktor onečišćenja za određene vrste voda .....</i>	<i>38</i>

## 1. UVOD

Raznolik i bogat život na Zemlji je moguće održati ukoliko su određeni relevantni fizikalni parametri unutar određenih uskih okvira. Neki su očito dio okoliša kojim smo okruženi, kao recimo temperatura i atmosferski tlak na Zemlji što uzrokuje i postojanje tekuće vode. Isto tako toplina koju dobivamo prvenstveno od primarnog izvora energije Sunca je neizostavan uvjet našeg opstanka, a njen utjecaj mijenja i sve ostale uvjete oko nas. Zavisno o lokaciji na kojoj se nalazimo, svakodnevna potreba za toplinom je manja ili veća. Pitanje je jedino na koji način ćemo osigurati tu toplinu u razdobljima kad je najviše potrebna, a ujedno i teško zadrživa. Ideja je da ovaj Završni rad ponudi tehničko unaprjeđenje i svojevrsnu pomoć u pronalasku odgovora na to pitanje.

Energija je od ključne važnosti za poslovanje organizacija te organizacijama može biti veliki trošak bez obzira na njihove djelatnosti. Osim gospodarskih troškova potrošnje energije za organizaciju, potrošnja energije može izazvati i štete za okoliš i društvenu zajednicu zbog trošenja prirodnih izvora i negativnog utjecaja na klimatske promjene. Norma ISO 50001:2011, *Sustavi upravljanja energijom – Zahtjevi s uputama za uporabu*, daje zahtjeve za uspostavljanje sustava upravljanja energijom (Energy management Systems, EnMS) u industrijskim pogonima, komercijalnim, upravnim i državnim zgradama te cijelim organizacijama. Zamišljena je za primjenu u svakoj organizaciji, bez obzira na njezinu veličinu ili djelatnost, neovisno o tome je li u javnom ili privatnom sektoru, te bez obzira na njezinu zemljopisnu lokaciju. Procjenjuje se da će ta norma, koja je usmjerena na širu primjenu u svim nacionalnim gospodarskim sektorima, utjecati na oko 60% svjetske uporabne energije. Energiju dolazi u više oblika, a ovaj rad će naglasak staviti na toplinsku energiju u kontekstu njene primjene za grijanje zatvorenih prostora.

## 2. TOPLINA

Sadržaj topline nekoga tijela je toplinski oblik energije koju tijelo sadrži i koja zbog razlike temperature prelazi iz područja više temperature u područje niže temperature. Ako nekom tijelu toplinu dovodimo (povisujemo temperaturu, zagrijavamo) ili ako je odvodimo (snižavamo temperaturu, hladimo), dolazi do niza promjena tog tijela koje se ovisno o agregatnom stanju, geometrijskom obliku i drugim fizikalnim svojstvima odražavaju kao: promjene obujma, duljine, gustoće, zatim taljenje, skrućivanje, isparavanje i drugo.

U životu se sa takvim pojavama svakodnevno susrećemo, ali neke su nam toliko obične da ih i ne zapažamo. Međutim, pri pogonu kotlova i sustava centralnog grijanja moramo o takvim pojavama stalno voditi brigu jer utječu na funkcionalnost sustava i opću tehničku sigurnost našeg okruženja. Pri tome je važno istaknuti da se promjene geometrijskog oblika i obujma nastale zbog zagrijavanja ili hlađenja ne mogu spriječiti. Stoga, toplinske uređaje i postrojenja treba tako izraditi da se spomenute promjene mogu nesmetano odvijati uz nikakvo ili minimalno naprezanje materijala.

### 2.1. Prijelaz topline

Toplina može prirodnim načinom prelaziti s jednog mjesta na drugo unutar samoga tijela ili pak u prostoru s tijela na tijelo na tri načina:

- provođenjem ili kondukcijom
- prijenosom ili konvekcijom
- zračenjem ili radijacijom.

Toplina se vrlo često prenosi istovremeno na sva tri načina. Za sve načine prijelaza topline vrijedi sljedeće pravila:

- toplina može prelaziti samo s mjesta ili tijela s višom temperaturom na mjesto ili tijelo s nižom temperaturom, a nikad obratno
- prijelaz topline će trajati toliko dugo dok se temperature ne izjednače i to stanje nazivamo toplinskom ravnotežom.

Postoje niz primjera iz naše svakodnevice za prijenos topline provođenjem i prijenosom. Toplinska se energija iz zagrijane prostorije gubi kroz zid i/ili prozor i odlazi u atmosferu. Proces prijelaza (prijenosa) topline u ovom slučaju se sastoji od prijenosa topline zrakom iz sobe prema zidu (konvekcija), od vođenja topline kroz zid (kondukcija) i od konvekcije topline iz zida u atmosferu. Ako uzmemo posudu sa vodom, čije dno zagrijavamo, toplina se kroz vodu prenosi gibanjem dijelova tekućine (konvekcijom). *Centralno grijanje*, nastanak raznih vjetrova u atmosferi, morskih struja i slično su karakteristični primjeri konvekcije [1].

Pri prijenosu topline zračenjem, termička energija tijela pretvara se u elektromagnetsko zračenje koje tijelo emitira u okolni prostor. Svako tijelo ugrijano na neku temperaturu emitira toplinsko zračenje, čiji sastav i energija bitno ovise o temperaturi tijela. Dobar primjer prijenosa energije zračenjem je Sunčeva energija koja na taj način sa Sunca dolazi na površinu Zemlje.

## 2.2. Toplina ljudskog tijela

Čovjeku je za obavljanje osnovnih životnih funkcija stalno potrebna određena količina topline koja se u tijelu stvara nizom fizikalnih i kemijskih procesa izmjene tvari (metabolizam – prerada hrane, čime se održava normalan rad organizma). Potrebna količina topline (bazalni metabolizam) za održavanje osnovnih životnih funkcija u stanju mirovanja je oko 80 W, odnosno oko 45 W/m<sup>2</sup> površine kože. Kod fizičkog rada potrošnja toplinske energije se povećava. Rad ljudskog organizma je u cjelini ugođen tako da se sve funkcije nesmetano odvijaju pri optimalnoj tjelesnoj temperaturi koja je u zdrava čovjeka stalna, od 36,5°C do 37°C [1].

Sa toplinskog stajališta, za ugodno boravljenje čovjeka u prostorijama najbitniji su sljedeće čimbenici: temperatura zraka u prostoriji, srednja temperatura svih graničnih površina prostorije (površine građevne konstrukcije i grijaćih površina), vlažnost i brzina strujanja zraka u prostoriji.



### 2.3. Temperatura prostorije

*Temperatura zraka* u prostoriji odabire se prema namjeni i težini rada koji se obavlja u prostoriji. Faktori koji utječu na temperaturu zraka prostorije su:

- temperatura zraka
- stalnost održavanja temperature
- raspodjela topline (temperaturna razlika) po visini i površini prostorije

Temperature udobnosti ovisne su i o energetske vrijednosti bazalnog metabolizma koja je izražena u  $W/m^2$  površine kože. Ova je vrijednost u muškaraca veća nego li u žena, veća kod mladih i naravno manja kod starijih osoba. Zato temperature u prostorijama gdje uglavnom borave žene i u staračkim domovima mora biti viša, oko  $23-24^{\circ}C$ , prema  $18-20^{\circ}C$  ako u prostorijama borave mlađe osobe ili muškarci pri jednakim uvjetima [1].

*Stalnost održavanja temperature* dozvoljava određeno odstupanje od zadane vrijednosti koje zavisi o sustavu grijanja koje se primjenjuje.

*Jednolikost temperatura po visini i površini* prostorije zavisi od položaja, vrste grijaćih tijela i sustavu grijanja koje se koristi. Temperatura pri podu morala bi biti viša ili barem jednaka temperaturi prostorije, a s visinom prostorije morala bi opadati. Hladnoća najprije dolazi od nogu, dok su ostali dijelovi tijela manje osjetljivi. Suprotno tome, visoke temperature su teže podnošljive na gornjim dijelovima tijela, a osobito u visini glave. Osjećaj udobnosti postiže se dobrom raspodjelom topline površinom prostorije. Povoljnije je u prostoriju smjestiti više grijaćih tijela manjeg toplinskog učinka nego li manji broj većeg toplinskog učinka, jer će se tada između grijaćih tijela i uz zidove pojaviti hladne zone. Nepovoljno je isto ako su grijaće tijela kraća od širine prozora [2].

### 2.4. Temperatura graničnih površina

Potpuni osjećaj udobnosti postiže se općenito tek onda kada su sve granične površine prostorije pa i predmeti u prostoriji zagrijani na neku određenu temperaturu. Razlike između temperature zraka i površine zidova ne smiju biti prevelike. Za stambene i slične objekte dozvoljava se razlika od najviše  $5^{\circ}C$ , a za radionice dozvoljava se i veća razlika od  $10-12^{\circ}C$ . Važno je da temperatura površine zidova mora biti viša od temperature kondenzacije vodene pare u zraku barem za  $1-2^{\circ}C$  za odgovarajuću vlažnost zraka, jer u suprotnom zbog kondenzacije dolazi do rošenja površina. Time povećavamo potrošnju toplinske energije, stvaranje pljesni i neugodnih mirisa [1].

## 2.5. Vlažnost zraka

Na otvorenom prostoru, u prirodi, temperatura i vlažnost zraka, a s tim i u vezi i druge pojave ovise o geografskim i meteorološkim uvjetima, o godišnjem dobu, o vjetrovima i drugim uvjetima. No u zatvorenim prostorima, gdje smo ostvarili uvjete različite od vanjskih, onemogućili smo ujedno i bilo kakav prirodan proces stabilizacije atmosfere. Vlažnost je zraka u prostorijama gdje boravimo vrlo podložna promjenama.

Stupanj vlažnosti zraka se može povisiti ili sniziti preko dozvoljenih granica tako da mogu nastupiti i negativne posljedice za zdravlje. Vrlo često dovode do smanjenja radnog učinka, bilo umnog bilo fizičkog. Zrak relativne vlažnosti ispod  $\varphi=35\%$  je "suh", a iznad  $\varphi=70\%$  je "vlažan". Unutar tih krajnjih granica mogu se za neke posebne prilike dati sljedeće smjernice [3]:

- ako je temperatura zraka ispod  $10^{\circ}\text{C}$  (vlažnost zraka ne utječe na pojačano hlađenje tijela) ili iznad  $25^{\circ}\text{C}$  (vlažnost zraka utječe na zagrijavanje tijela) ugodnije je ako zrak ima nešto nižu relativnu vlažnost, između 35 i 55%, osobito pri obavljanju teških fizičkih poslova
- nešto viša relativna vlažnost zraka, između 50 i 65%, povoljnija je u temperaturnom području od  $20$  do  $22^{\circ}\text{C}$
- za intelektualni rad najpovoljnija je relativna vlažnost od 55% pri temperaturi zraka  $20 - 24^{\circ}\text{C}$ .

Prema DIN 1946 T2 (01.94) gornja granica apsolutne vlažnosti je 11,5 grama vlage po kilogramu suhog zraka i kod relativne vlažnosti  $\varphi=65\%$ .

## 2.6. Brzina strujanja zraka

Zrak u prostoriji stalno kruži, što je posljedica razlike gustoća toplijeg i hladnijeg zraka u prostoriji. Tu govorimo o malim brzinama, pa kretanje zraka i ne osjećamo. Da bi se zadržalo stanje udobnosti, brzina zraka treba biti usklađena s njegovom temperaturom prema DIN 1946 T2 (01.94). Poveća li se brzina zraka, a da se temperatura ne povisi i suprotno od toga, boravak u prostoriji postat će neugodan i imat ćemo osjećaj propuha. U prostorijama gdje ljudi rade sjedeći lagane poslove na temperaturi  $20 - 22^{\circ}\text{C}$ , preporuča se brzina zraka u granici  $0,15 - 0,25\text{m/s}$ . Strujanje zraka mora postojati, a najniža je dozvoljena brzina oko  $0,1\text{m/s}$ . Kod visoke temperature i male brzine imamo osjećaj topline, dok u obratnom slučaju imamo osjećaj hladnoće [1].

## 2.7. Mjerila udobnosti

Ne postoji posve pouzdan način za mjerenje stupnja udobnosti. Napravljena su različita istraživanja koja su dala približne rezultate kojih se ipak treba pridržavati budući da odgovaraju većem broju ljudi. Spomenuta su istraživanja pokazala da su za ocjenu stanja udobnosti ipak najvažnija i međusobno ovisna tri čimbenika [3]:

- temperatura
- vlažnost zraka
- brzina strujanja zraka.

Orientacione vrijednosti najpovoljnijih odnosa ovih čimbenika navedeni su tablici 1.

*Tablica 1. Najpovoljniji odnosi temperature, relativne vlažnosti i brzine zvuka u prostorijama ovisno o vanjskoj temperaturi.*

vanjski zrak temperatura °C	zrak u prostoriji			maksimalna dopuštena brzina strujanja zraka m/s
	temperatura °C	relativna vlažnost %		
		minimalna	maksimalna	
ispod +20	22		65	0,10
do +25	23	35	65	0,20
do +30	25		60	0,35
do +32	26		55	0,50

### 3. GRIJANJE ZATVORENIH PROSTORA

#### 3.1. Općenito o sustavima za grijanje

Uređaji i sustavi za grijanje moraju ispunjavati sljedeće opće uvjete:

- temperaturu grijanog prostora održavati što stalnijom
- **da se toplinski učinak uređaja (kotla) može regulirati**
- ne smiju biti uzorkom kvarenja zraka u prostoriji i okolišu
- moraju biti jednostavni za ugradnju i upravljanje, ekonomični, pouzdani bezopasni u svakom pogledu
- moraju biti jeftini pri nabavi, montaži i tehničkom održavanju.

Obično svi ovi zahtjevi nisu jednakomjerno zastupljeni u konstrukcijama uređaja današnjice, pa svi imaju svoje prednosti i mane. Grijanje prostorija može biti izvedeno kao mjestimično i kao centralno grijanje. Centralna grijanja u pogledu osnovnih zahtjeva imaju najmanje mana.

#### 3.2. Vrste centralnih grijanja

Centralna grijanja su takva vrsta grijanja kod kojih se toplina oslobođena izgaranjem neke vrste goriva, pretvorbom električne ili solarne energije, prenosi s mjesta proizvodnje na mjesta potrošnje pomoću određene vrste medija.

Centralna grijanja dijelimo na nekoliko skupina:

1. *prema vrsti tvari za prijenos topline*: toplovodno, vrelovodno, parno, grijanje toplim zrakom i vrelouljno grijanje
2. *prema vrsti goriva*: grijanje na kruta, tekuća i plinovita goriva, električno, solarno i grijanje toplinskim crpkama
3. *prema načinu prijenosa topline u trošilima*: grijanje zračenjem i konvekcijom (radijatorsko, podno, zidno, stropno, upuhivanje toplog zraka).

### 3.3. Prednosti i mane sustava centralnih grijanja

Prednosti centralnih sustava grijanja su:

1. jednoliko zagrijavanje svih glavnih i sporednih prostorija, predvorja i hodnika – po potrebi danju i noću, što čini boravak posebno ugodnim
2. smještaj grijaćih tijela nije uvjetovan pa se mogu postaviti na najpovoljnijim mjestima, kao npr. na mjestima prodora hladnog zraka, uz vrata i ispod prozora. time je postignuta podjednaka raspodjela topline po prostoriji
3. lakše održavanje čistoće prostorija
4. mogućnost jednostavne ručne i automatske regulacije zagrijavanja prostorija, neovisno jedne o drugoj, a postoji i mogućnost automatske centralne regulacije
5. jednostavnost
6. opasnost od nastanka požara, inače uvijek prisutna, ovdje je svedena na najmanju moguću mjeru
7. minimalno zagađivanje zraka zbog manjeg broja ložišta i dimnjaka
8. veća ekonomičnost pogona
9. grijaća tijela zauzimaju mali prostor, a raznovrsnost mogućnosti njihove ugradnje omogućava raspored predmeta i namještaja u prostoriji prema želji
10. zagrijavanje može trajati neprekidno i to bez većih promjena u temperaturi
11. pogodna su za zagrijavanje većih prostora
12. pojedini sustavi veoma su lako prilagodljivi i drugim funkcijama i uvjetima udobnosti.

Nedostaci centralnih sustava grijanja su:

1. visoka investicijska ulaganja
2. u izvjesnim slučajevima ono postaje manje ekonomično od lokalnog grijanja pećima (kratkotrajno zahlađenje)
3. veća postrojenja neminovno zahtijevaju posluživanje od strane stručnog osoblja. manja postrojenja mogu biti pod nadzorom priučene osobe, ali svako postrojenje ipak zahtjeva povremeni pregled stručnjaka
4. pri radu je nekih sustava karakteristična pojava sniženja relativne vlažnosti zagrijanog zraka u prostorijama.

### 3.4. Glavne značajke i primjena pojedinih sustava grijanja

S obzirom na značajke centralnih grijanja i mogućnost primjene moguća je podjela na slijedeće skupine:

- 1) vodeni sustavi
- 2) parni sustavi
- 3) grijanje toplim zrakom
- 4) vrelouljni sustavi.

#### 3.4.1. Parni sustavi

Upotrebljavaju se u svim onim slučajevima gdje nije moguće primijeniti vodene sustave. Osobito su pogodni za grijanje objekata koji se samo povremeno zagrijavaju, za grijanje industrijskih objekata i za različite tehnološke procese.

Prema tlaku pare moguća je slijedeća podjela:

- niskotlačni parni sustavi s najvišom dopuštenim pretlakom do 1 bar
- visokotlačni parni sustavi s pogonskim pretlakom pare iznad 1 bar
- vakuumski parni sustavi s pogonskim apsolutnim tlakom pare nižim od 1 bar.

Prednost im je mala tromost sustava, brže i učinkovitije zagrijavanje istog te nema opasnosti od smrzavanja pri dužem prekidu pogona, zbog velikog koeficijenta prolaza topline potrebna je manja površina grijača.

Mane su im visoka, neudobna i nehigijenska temperatura površine grijaćih tijela (uvijek iznad 100°C) te visoka korozija materijala izrade (kondenziranih vodova i kotla) tijekom pogona i ljetnog stajanja.

### 3.4.2. Grijanje toplim zrakom

Zrak se zagrijava u posebnim uređajima za zagrijavanje neposredno toplinskom energijom dobivenom izgaranjem tekućeg goriva ili plina, ili posredno toplom ili vrelom vodom ili pak niskotlačnom ili visokotlačnom parom.

Primjenjuje se za zagrijavanje velikih prostora kao što su robne kuće, sportske dvorane, kupališta, izložbeni prostori, montažne hale, skladišta i drugi prostori gdje je nepovoljan smještaj drugih vrsta grijaćih tijela kao što su npr. kazališta, kinodvorane, crkve i sl., a osobito onda kad je uz grijanje potrebna i ventilacija prostora uz hlađenje i klimatizaciju.

Neke od prednosti su:

- niska cijena materijala izrade, pogona i tehničkog održavanja u odnosu na druge
- nema opasnosti od smrzavanja pri dužem prekidu pogona
- mogućnost središnje obrade zraka: pročišćavanje od prašine, ovlaživanje i sušenje
- nema grijaćih tijela u prostoru, a otvori se mogu ograditi gotovo nevidljivo
- bolje mogućnosti zaštite objekata od prodora hladnog zraka i velikih staklenih površina stvaranjem toplih zavjesa.

Mane se uglavnom javljaju kod nepravilne izrade sustava. Tako se npr. može pojaviti buka od rada ventilatora i šumovi kroz zračne kanale ako nisu primijenjena sredstva za prigušenje buke, zatim pojačan osjećaj "suhoće" zraka ako se ne održava barem donja granica relativne vlažnosti.

### 3.4.3. Vrelouljni sustavi

Kao sredstvo za prijenos topline upotrebljavaju se specijalna termička ulja. Ta se ulja mogu i kod atmosferskog tlaka zagrijavati na vrlo visoku temperaturu, do 200°C i više, a da ne isparavaju. Vrelo ulje u mnogim slučajevima uspješno zamjenjuje vrelu vodu i paru, a u upotrebi je mnogo ekonomičnije i bezopasnije.

Primjenjuje se za grijanje kad se traži visoka temperatura grijaće površine, npr. kod sustava centralnog grijanja zračenjem topline, u industriji. Može se upotrijebiti i pri sustavima centralnog grijanja za zagrijavanje vode pomoću izmjenjivača topline ili stvaranje niskotlačne pare

Prednosti sustava sa termičkim uljima:

- niska granica tečenja, za većinu termičkih ulja u granici  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $-50^{\circ}\text{C}$ , pa se postrojenje praktički ne mora prazniti za vrijeme stajanja zimi jer nema opasnosti od zamrzavanja
- ne ostavljaju talog u sustavima i ne uzrokuju koroziju materijala
- nema opasnosti od eksplozije
- pogon kotla i sustava u cjelini može se potpuno automatizirati, s mogućnošću postizanja velike točnosti pri regulaciji
- izgradnja instalacija je općenito jeftinija od sličnih vrelovodnih ili visokotlačno – parnih instalacija.

Glavni nedostaci sustava sa termičkim uljima su:

- ograničen vijek trajanja ulja na oko 25.000–30.000 radnih sati i potrebna je češća kontrola kvalitete ulja
- ulja djeluju agresivno na bakar i bakarne slitine, pa se takvi materijali ovdje ne mogu upotrebljavati
- za gradnju takvih instalacija mora se upotrebljavati posebna oprema za vrelo ulje, od materijala otpornog na visoku temperaturu, mehaničku čvrstoću, kemijsku otpornost i nepropusnost
- može doći do požara kod propuštanja ulja na spojevima cjevovoda, ventila i sl. zbog ishlapljivanja lako isparljivih komponenti i ako dođe do zagrijavanja ulja iznad plamišta,
- oksidacija ulja na visokoj temperaturi ili zbog prisutnosti zraka, neugodni mirisi i koksiranje.



## 4. VODENI SUSTAVI GRIJANJA

Kod ovih sustava grijanja sredstvo za prijenos topline je voda. Zbog svojih izuzetnih prednosti imaju najširu primjenu za grijanje stambenih i drugih objekata, pri upotrebi svih vrsta goriva, električne i solarne energije, kod grijanja pojedinačnih zgrada pomoću vlastite kotlovnice i gradskim toplanama.

Neke od tih prednosti su mogućnost prijenosa topline na veće udaljenosti, najšire mogućnosti pojedinačne, skupne i središnje regulacije toplinskog učinka, što povećava stupanj ekonomičnosti takvih pogona, slaba korozija materijala izrade s najširim mogućnostima djelotvorne zaštite, što produžuje vijek trajanja takvih postrojenja i smanjuje troškove održavanja. Mane takvih sustava su opasnost od smrzavanja vode pri dužem prekidu pogona, pa je potrebno stalno zagrijavanje ili pak pražnjenje sustava. Isto tako, kod sustava s velikom količinom vode javlja se tromost pri zagrijavanju, što zahtjeva duže vrijeme za postizanje potrebne temperature. Isto tako postoji mogućnost poplave kod propuštanja instalacija.

### 4.1. Uređaji za zagrijavanje vode

Voda se u sustavima vodenih grijanja može zagrijavati neposrednim (direktnim) i posrednim (indirektnim) načinom.

Neposrednim načinom voda se zagrijava u:

- kotlovima s prirodnom višekratnom cirkulacijom vode u kotlu, koji su loženi krutim, tekućim ili plinovitim gorivom ili zagrijavani električnom strujom
- protočnim kotlovima s prisilnom cirkulacijom vode u kojima se voda zagrijava plinom ili tekućim gorivom.

Posrednim načinom voda se zagrijava u izmjenjivačima topline, a za grijanje vode može se upotrijebiti vodena para, vrela voda ili vrelo ulje iz vlastite kotlovnice ili pak kotlovnice ili gradske toplane.

## 4.2. Podjela vodenih sustava

Tablica 2. Prikaz podjele vodenih sustava

<b>Podjela vodenih sustava</b>	
<b>Prema najvišoj dopuštenoj temperaturi</b>	toplovodni, s najvišom dopuštenom temperaturom do 110°C
	niskotlačni vrelovodni sa najvišom dopuštenom temperaturom vode iznad 100°C pa do 120°C
<b>Prema vezi s okolnom atmosferom</b>	otvoreni sustavi
	zatvoreni (tlačni) sustavi
<b>Prema cirkulaciji vode u sustavu</b>	prirodna cirkulacija vode
	prisilna cirkulacija vode
<b>Prema položaju glavnih razdjelnih vodova</b>	gornjom raspodjelom
	donjom raspodjelom
	horizontalnom raspodjelom
<b>Prema izvedbi cijevnog sustava</b>	jednocijevni
	dvocijevni
<b>Prema izvedbi sigurnosno tehničke opreme</b>	otvorena i zatvorena fizikalna osigurana toplinska postrojenja s temperaturom polazne vode do 120°C
	zatvorena termostatski osigurana toplinska postrojenja s temperaturom polazne vode do 120°C
	zatvorena termostatski osigurana postrojenja nazivnog toplinskog učinka do 50 kW sa prisilnom cirkulacijom i temperaturom vode do 95°C

#### 4.3. Toplovodni otvoreni sustavi

Kotlovi ili izmjenjivači topline u stalnoj su otvorenoj vezi s okolnom atmosferom preko otvorene ekspanzijske posude opremljene preljevnim i odzračnim vodom i dva sigurnosna voda (polaznim i povratnim) pomoću kojih je spojena s kotlom.

**S prirodnom je cirkulacijom** sustav pogodno izvesti u slučaju kad je kotao ložen čvrstim gorivom, jer je rad sustava ionako neovisan o električnoj energiji. Ekonomično ih je primijeniti kod instalacija u visokim zgradama (veći uzgon tople vode), zatim kod jednostavnih instalacija obiteljskih kuća i kod tzv. “katnog“ grijanja. Za primjenu sustava s prirodnom cirkulacijom bitna je pogodna konstrukcija kotla.

**S prisilnom se cirkulacijom** sustavi izvode pri loženju kotlova s tekućim i plinovitim gorivom i električnom strujom, kao i onda kad se prirodnom cirkulacijom ne bi mogla osigurati zadovoljavajuća funkcionalnost i tehnička sigurnost pogona.

#### 4.4. Zatvoreni sustavi centralnih grijanja

Zatvorenim sustavima smatraju se oni sustavi koji nemaju stalnu neposrednu vezu s okolnom atmosferom. Zavisno od izvedbe kotlova, vrste goriva i djelovanja uređaja za održavanje tlaka, dozvoljeni pogonski tlak u ovim sustavima iznosi do 3 bara ili do 5 bara.

Cirkulacija vode se uvijek ostvaruje prisilno protočnim crpkama, koje se zbog povoljnih hidrauličkih uvjeta uvijek ugrađuju u polazni vod. Ta su postrojenja pod tlakom koji je viši od hidrostatičkog i atmosferskog tlaka. Potrebni se tlak postiže i trajno održava na jedan od sljedećih načina:

1. kada je ekspanzijska posuda spojena s generatorom topline s dva sigurnosna voda:
  - a) niskotlačnom parom iznad vode u visoko položenoj ekspanzijskoj posudi bez membrane
  - b) širenjem vode pri zagrijavanju u visoko položenoj ekspanzijskoj posudi s membranom.
2. kada je ekspanzijska posuda spojena s generatorom topline samo jednim ekspanzijskim vodom:
  - a) tlakom inertnog plina u nisko položenoj ekspanzijskoj posudi sa membranom
  - b) tlakom inertnog plina u nisko položenoj ekspanzijskoj posudi bez membrane
  - c) tlakom posebne crpke za održavanje tlaka i ekspanzijskom posudom s membranom i bez membrane.

## 5. ELEKTRIČNI KOTAO TERMOMAX

TermoMax je električni kotao tvrtke Termostroj. Kotao kao i dijelovi sustava i ostali uređaji naznačenog proizvođača za centralno grijanje i toplu vodu rezultat su vlastitog razvoja i prate sve smjernice današnjeg vremena, ne zapostavljajući zaštitu okoliša i učinkovito korištenje energije. Električna energija je temelj proizvodne filozofije te tvrtke a mogu se pohvalit visoko kvalitetnim proizvodima kojima su stekli zadovoljne kupce diljem svijeta. Na slici 1. predložen je industrijski kotao tvrtke TermoMax.



Slika 1. Predložba vanjskog dijela električnog kotla tvrtke Termostroj

### 5.1. Primjena i princip rada

Kotao radi na principu protočnog zagrijavanja manje količine vode, na način da je iskoristivost energije gotovo 100%. Predviđen je za centralno grijanje i pripremu potrošne tople vode u industrijskim pogonima, kao dopunski izvor topline uz toplinske pumpe kod niskih vanjskih temperatura kada toplinskoj pumpi pada snaga (snaga kotla je jednaka snazi toplinske pumpe).

Primjenjuje se za mobilne kotlovnice ili kao paralelni izvor konvencionalnoj kotlovnici na lako ulje, kruto gorivo, plin itd. Kotao je predviđen za rad u zatvorenim sustavima, uz odgovarajuću ekspanzijsku posudu koja mora biti ugrađena u tom istom sustavu. Moguće ga je spojiti na većinu sustava za grijanje i pripremu vode, s maksimalnim radnim tlakom od 6 bara i temperaturom do 90°C. Isto tako, moguće ga je koristiti u seriji više jedinica ukoliko je potrebna veća snaga (broj kotlova nije ograničen) [4].

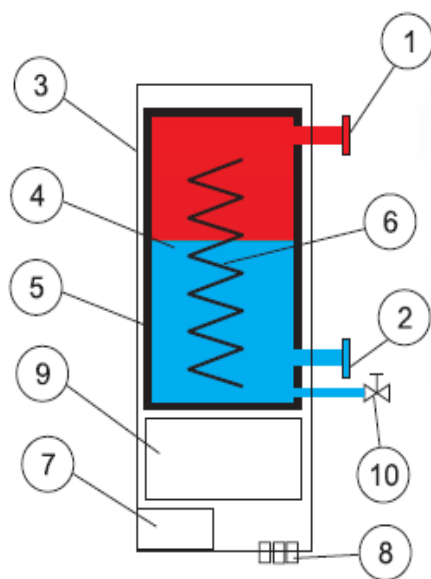
Ukupna snaga kotla postiže se u 7 koraka. Svaki sklopnik upravlja jednim grijačem i zaštićen je tropskim automatskim grijačem. Položaj sklopnika kao pozicije 9 predložen je pregledno na Slici 2.

Prednosti ovakvog tipa kotla su:

- nema priključka za dimnjak pa su zahtjevi na prostoriju u kojoj se kotao nalazi minimalni
- nema ispušnih plinova - pogodan za okoliš
- nema posebnog održavanja
- čista energija
- fina modulacija snage u 7 koraka
- nema miješajućeg (miš) ventila.

### 5.2. Konstrukcija kotla

Rezervoar je napravljen od toplog valjanog lima, debljine 4 mm, zaštićen je samo temeljnom bojom i tako dizajniran da izdrži radni pritisak od 6 bara, odnosno ispitni pritisak do 8 bara. U njemu su smješteni cijevni grijači, izrađeni od nehrđajućeg čelika i ugrađeni sa gornje strane. Rezervoar se izolira mineralnom vunom debljine 10cm. Vanjski plašt je napravljen od hladno valjanog lima debljine 1,5 mm i zaštićen plastificiranjem. Prikaz unutrašnjosti kotla predložen je na slici 2 [4].



Slika 2. Predodžba sastavnih dijelova električnog kotla tvrtke Termostroj

Dijelovi električnog kotla kako je predočeno na slici 2 su:

1. Priključak za polazni vod
2. Priključak za povratni vod
3. Vanjski plašt kotla
4. Kotao
5. Toplinska izolacija
6. Električni grijači
7. Komandna ploča
8. Energetski priključak
9. Sklopnici i osigurači
10. Ručni ventil za punjenje i pražnjenje kotlovskog spremnika.

### 5.3. Upravljanje sustavom grijanja

#### 5.3.1. Potreba za regulacijom toplinskog učinka

Kao predodžba za početak dobro je prisjetiti se osnova termodinamike i analogije vezane uz regulaciju topline živih organizama pa tako i ljudskog tijela. Ljudski organizam je savršeni primjer regulacije topline. U slučaju kada se topline ne bi odvodila s tijela, gomilala bi se u tijelu, a posljedica bi bila povišenje temperature na način: pri mirovanju za oko 1°C na

sat, a pri radu za oko 2°C. Održavanje normalne tjelesne temperature postiže se urođenim procesima fizičke i kemijske termoregulacije, a njihovu usklađenost regulira “centar za termoregulaciju“ koji se nalazi u hipotalamusu između dvije polovice moždanog tkiva. Zadaća termoregulacije je održavanje ravnoteže između stvaranja topline u tijelu i prenošenja na okoliš, tako da je tjelesna temperatura stalna bez obzira na temperaturu prostora u kojem čovjek boravi i vrstu posla koji jedinka obavlja [1].

Svaki sustav za grijanje izveden je tako da u potpunosti zadovoljava potrebe za toplinom pri nekim unaprijed određenim stanjima vremenskih prilika u dotičnoj klimatskoj zoni (pri čemu se uzimaju u obzir nepovoljnija stanja) i zahtijevane temperature grijanog prostora.

Kada se predviđeni uvjeti ne bi mijenjali, temperatura grijanog prostora bila bi stalna, a regulacija učinka sustava grijanja nepotrebna. Međutim, zbog stalne promjene više vanjskih i unutarnjih čimbenika koji se u regulacijskoj tehnici nazivaju *poremećajne* veličine ili smetnje. Temperatura grijanog prostora podložna je promjenama i time može prijeći granice udobnosti [7].

Poremećaji mogu nastati, između ostalog i zbog:

- promjenjivosti toplinskog toka kroz granične površine prostorije u ovisnosti od vanjske temperature
- promjenjivosti temperature grijanog prostora od trenutnih vremenskih prilika
- promjenjivosti temperature grijanog prostora u ovisnosti od načina korištenja prostorija (toplina osoba, rasvjete, različitih toplinskih uređaja, strojeva i sl.).

Posljedice navedenog su velike promjene temperature grijanog prostora i nepotrebno trošenje toplinske energije. Stoga je potrebno svakodnevno, a pogotovo tijekom sezone grijanja, stalno usklađivanje proizvodnje odnosno dovoda toplinske energije prema potrošnji što nazivamo *regulacijom*.

U naznačenom slučaju sustavom grijanja kotlom TermoMax upravlja elektronska komadna ploča s ugrađenim programabilnim mikrokontrolerskim sustavom (PLC) upravljanja koja ima sljedeće karakteristike:

- regulacija temperature u sustavu prema vanjskoj temperaturi
- mogućnost izbora radne krivulje prema karakteristiki objekta
- priključak za daljinsko upravljanje (remote control-sobni termostat, kotlovska regulacija, PLC itd.)
- mogućnost rada u kaskadi više kotlova (predočeno poblje na slici 8.).

### 5.3.2. Regulacija vođenjem prema vanjskoj temperaturi

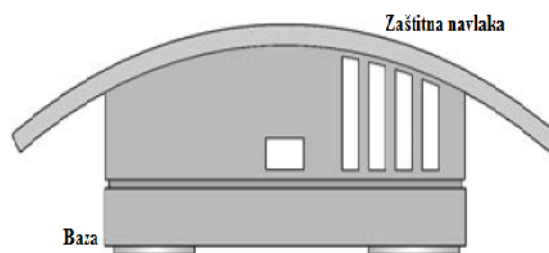
Takva se regulacija može uspješno primijeniti samo onda kada je grijaći medij tekućina. To je najprikladniji način središnje regulacije jedne zgrade ili više zgrada u neposrednoj blizini, a često se primjenjuje **kao prvi stupanj regulacije temperature** grijaćeg medija u primarnom cirkulacijskom krugu sustava daljinskog grijanja naselja i gradova [7].

Takva regulacija omogućava regulaciju i u najvećim sustavima s najvećom prednošću središnje regulacije sniženjem temperature grijaćeg medija u polazno-povratnoj mreži, čime se smanjuju toplinski gubici pri prijenosu toplinske energije vanjskim razvodima. Moderan način grijanja temelji se na očuvanju energije i automatiziranim postavkama za grijanje prostora.[8]

Kako bi postigao potrebnu temperaturu, električni kotao s elektronskom komandnom pločom automatski zagrijava vodu u kotlu ovisno o vanjskoj temperaturi koju mjeri senzor topline (predočen na slici 3.). Električni kotlovi se „ne rose“ pa nije potrebno paziti na minimalnu radnu temperaturu. To znači da je temperatura vode u kotlu jednaka temperaturi u ogrjevnim tijelima – izmjenjivačima topline (npr. u sobnim radiatorima).

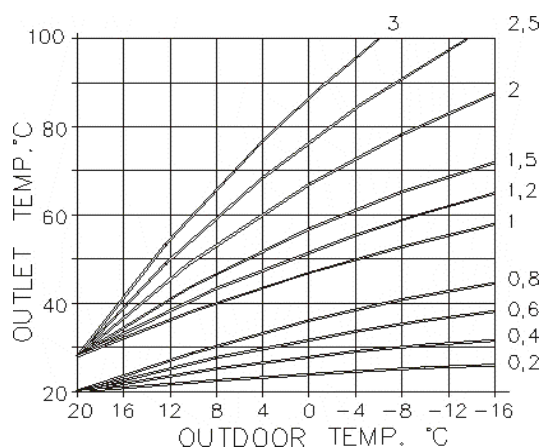
Vanjsko mjerno osjetilo (senzor) temperature ugrađuje se izvan zgrade na zid, zaštićen je od utjecaja sunca (od naglih promjena temperature) i vjetra, s toplinskom izolacijom prema prostoriji. Ugrađuje se povišeno i to minimalno 2m od poda na najnepovoljniju (sjever) i/ili na najpovoljniju stranu (jug), prema izvedbi regulacijskih krugova.





Slika 3. Predodžba vanjskog senzora temperature (KTY2000).

U svrhu postizanja željene sobne temperature potrebno je izabrati krivulju iz slike 4. prema karakteristikama objekta i sustava centralnog grijanja.



Slika 4. Predodžba tvornički postavljenih krivulja

### 5.3.3. Postavljanje karakteristične krivulje

Nakon prvog postavljanja krivulje, istu je moguće zamijeniti ili ispraviti - pomicati gore ili dolje uz zadržavanje karakterističnog oblika, ako je to potrebno.

Svaka kotlovnica (sustav centralnog grijanja) je dizajnirana na drugačiji način uzimajući u obzir veličinu objekta, namjenu kao i potrebu za energijom grijanja prostora. Mogu se upotrijebiti razna ogrjevna tijela i različiti sustavi centralnog grijanja (radijatori, podno ili kombinirano grijanje). Velik utjecaj na potrebitu količinu ogrjevnog energije ima i kvaliteta izolacije objekta.

Za najbolju iskorištenost grijanja i maksimalnu štednju energije potrebno je voditi računa o tome da je krivulja u skladu sa sustavom centralnog grijanja te stanjem i kategorijom izolacije objekta za koji se koristi.

#### *5.3.4. Ispravljanje sobne temperature*

Na temelju iskustva i većine slučajeva u praksi, tvornički je postavljena krivulja za objekt prosječne izolacije i prosječnu sobnu temperaturu od 22°C. Ukoliko tako postavljena temperatura nije dovoljna za postizanje željene sobne vrijednosti temperature, moguće je naknadno ispraviti standardne krivulje.

#### *Promjena nagiba krivulje*

Broj krivulje se mijenja ukoliko toplinska karakteristika objekta znatnije odstupa od predviđene, trenutno aktivne krivulje.

#### *Pomak krivulje*

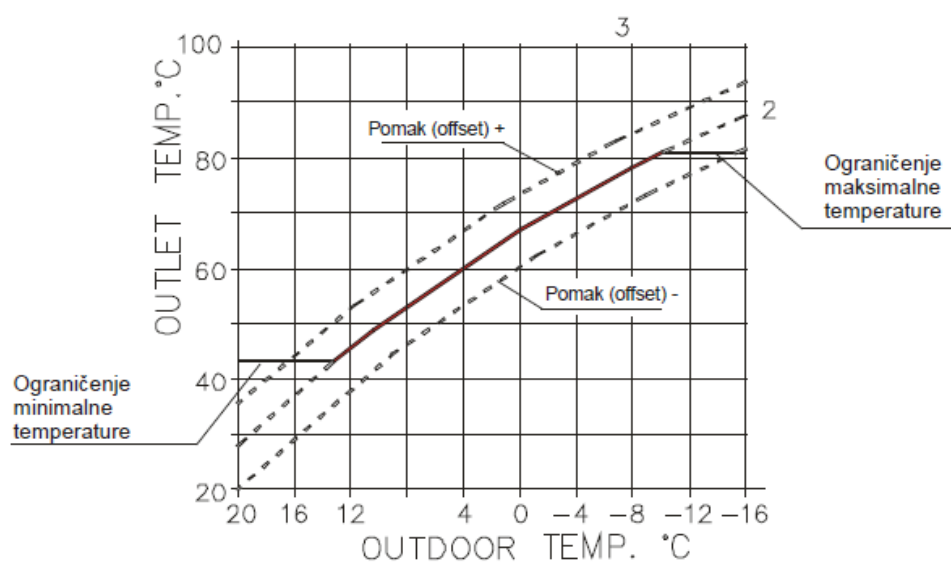
Pomicanjem krivulje za odabranu vrijednost, mijenja se temperatura vode u kotlu, ali ne i oblik krivulje. Kada se temperatura vode u sustavu mijenja od 5-7°C to će promijeniti sobnu temperaturu za otprilike 2°C (zaključak na temelju iskustva, objekt srednje kvalitete izolacije). Sustav grijanja je spor postupak te su ispravci vidljivi tek nakon nekog vremena.

Preporuka proizvođača je da se daljnji ispravci naprave tek nakon dana ili dva nakon sagledavanja i analize toplinskih učinaka i potrošnje toplinske energije.

U tablici 2. i na slici 5. su upute proizvođača i prikaz na koji način ispraviti krivulju za radijatorsko grijanje ovisno o namještenoj sobnoj temperaturi.

Tablica 3. Prikaz uputa kako ispraviti krivulju za radijatorsko grijanje ovisno o temperaturi

	Nagib krivulje	Pomak krivulje
Tvorničke postavke	1,5	0
Sobna temperatura je preniska ako je vanjska temperatura iznad +5°C	Korigiraj s prvom slijedećom nižom krivuljom	Pomakni krivulju za +6°C
Sobna temperatura je preniska ako je vanjska temperatura između +5°C i -5°C	Ostavi krivulju 1,5	Pomakni krivulju za +3°C
Sobna temperatura je preniska ako je vanjska temperatura ispod -5°C	Korigiraj s prvom slijedećom višom krivuljom	Ostavi krivulju na 0°C
Sobna temperatura je previsoka ako je vanjska temperatura iznad +5°C	Korigiraj s prvom slijedećom višom krivuljom	Pomakni krivulju za -6°C
Sobna temperatura je previsoka ako je vanjska temperatura između +5°C i -5°C	Ostavi krivulju 1,5	Pomakni krivulju za -3°C
Sobna temperatura je previsoka ako je vanjska temperatura ispod -5°C	Korigiraj s prvom slijedećom nižom krivuljom	Ostavi krivulju na 0°C



Slika 5. Predodžba korekcije krivulje

### 5.3.5. Ograničavanje minimalne i maksimalne temperature vode u kotlu

Ukoliko je ispravno izabran nagib i pomak krivulje, a sobna temperatura pada, tada treba promijeniti minimalnu temperaturu vode u kotlu ako se to događa u prijelaznom razdoblju (jesen ili proljeće). Ako se pak objekt ne može zagrijati zbog kratkih i iznenadnih zagrijavanja tijekom dana, potrebna temperatura vode u kotlu će biti preniska i neće se moći održati željena sobna temperatura.

Ograničavanje maksimalne temperature vode u kotlu služi kao zaštita. Takva temperatura je tvornički postavljena na 80°C, a maksimalna temperatura u kotlu je 90°C. Ograničavanje maksimalne temperature vode u kotlu ne smije se previše smanjiti jer će sanitarna voda u tom slučaju slabo zagrijavati na višim temperaturama.

### 5.3.6. Slični sustavi za nadzor i upravljanje u inteligentnim sustavima za centralno grijanje

U svijetu raste tržište za inteligentnim sustavima za centralno grijanje tzv. SMART SYSTEMS i SMART HOME TECHNOLOGIES posebice orijentacija prema racionalnom korištenju energije za grijanje prostora (slika 6.)



Slika 6. Predodžba napredne budućnosti. Izvor [9].

Postoje i proračuni te prikazi ušteda prosječnih i poboljšanih algoritama grijanja (tzv. Energy-PRO-Management). Prikazano na slici 7.



Slika 7. Predodžba aplikacije za proračun potrošnje energije. Izvor [10].

Na tržištu nalazimo i sustave za inteligentno upravljanje grijanjem, prikazano na slici 8.



Slika 8. Predodžba aplikacije za inteligentno upravljanje sustavom grijanja. Izvor [11].

Predložene aplikacije je teoretski moguće koristiti za tehnička unapređenja sustava grijanja u električnom kotlu kako je ranije naznačeno u tekstu.

#### 5.4. Funkcioniranje sustava kod *TermoMax-a*

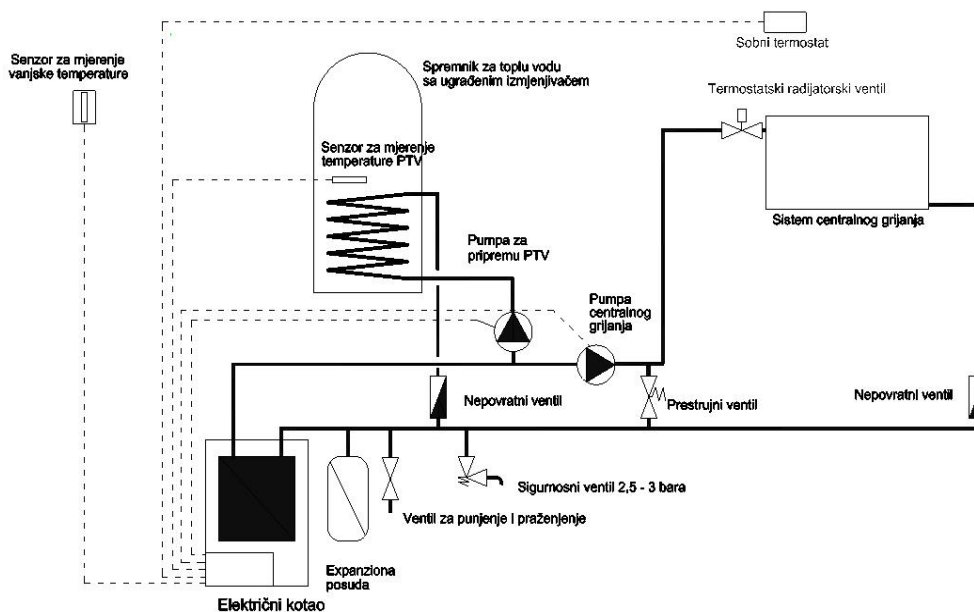
Sustav funkcionira na način da priprema sanitarne vode ima prednost pred centralnim grijanjem. U trenutku kada je potrebno zagrijati sanitarnu vodu, senzor temperature iz spremnika daje signal kotlu te se cirkulacijska pumpa za centralno grijanje privremeno isključuje, a pumpa za pripremu sanitarne vode se uključuje. Grijači održavaju željenu temperaturu vode u kotlu koja je za 25°C viša od one koja je postavljena kao željena temperatura sanitarne vode (priprema sanitarne vode je neovisna o korekcijskim krivuljama).

Cirkulacijska pumpa za pripremu sanitarne vode pumpat će vodu u toplinski izmjenjivač spremnika sve dok se ne postigne željena temperatura iste. Kad je željena temperatura postignuta, pumpa se gasi sa vremenskom zadržkom zbog svoje velike snagu (u odnosu na malu količinu vode) radi sprječavanja naglog porasta temperature.

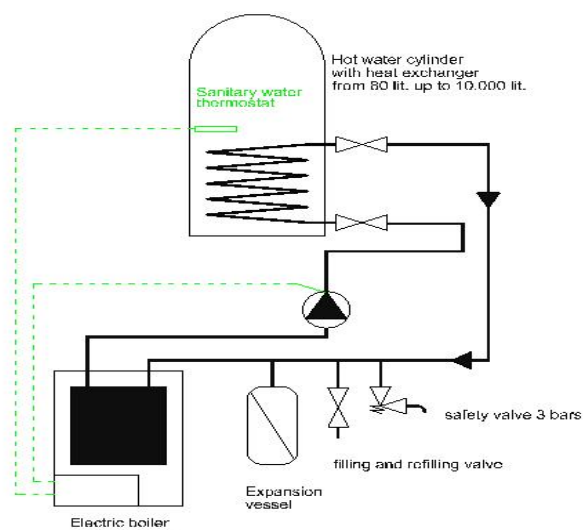
U slučaju kada je isključeno centralno grijanje, u momentu dostizanja željene temperature sanitarne vode, željena temperatura vode u kotlu postavlja se na minimalnu vrijednost temperature vode u kotlu (stanje pripravnosti).

Ukoliko temperatura vode u kotlu dosegne istu ili veću od željene vrijednosti temperature sanitarne vode, tada dolazi do uključivanja cirkulacijske pumpe za pripremu sanitarne vode. Zagrijavanje (hlađenje) tople vode radi na principu histereze od 5°C. To znači da ukoliko temperatura sanitarne vode bude niža od 55°C (željena temperatura je 60°C), dolazi do isključivanja centralnog grijanja i uključivanja pripreme sanitarne vode.

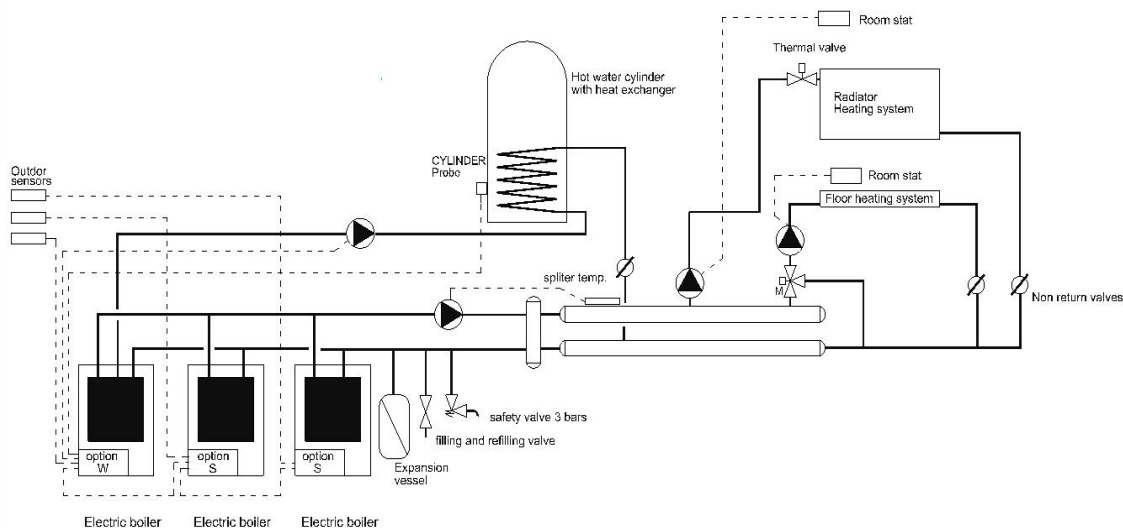
Ukoliko temperatura sanitarne vode u rezervoaru dosegne 60°C i prođe potrebno vrijeme naknadnog rada pumpe sanitarne vode, dolazi do uključivanja centralnog grijanja i isključivanja pripreme sanitarne vode. Na slikama 9,10 i 11 su predočene hidrauličke sheme za sustave kojim upravlja *TermoMax*.



Slika 9. Hidraulička shema opreme za centralno grijanje i pripremu tople vode.



Slika 10. Hidraulička shema opreme za pripremu tople vode.



Slika 11. Hidraulička shema opreme kod spoja više kotlova u kaskadu.

## 5.5. Mjere zaštite

### 5.5.1. Mjera zaštite od smrzavanja

Kotao kao primarnu zaštitu od smrzavanja koristi svoju programiranu funkciju zaštite od smrzavanja, a zaštita se može osigurati i prikladnim sobnim termostatom. Ako kotao nije spojen na sobni termostat ili ako nije u funkciji u zimsko vrijeme, postoji opasnost od zamrzavanja vode u sustavu centralnog grijanja.

U tom slučaju najbolje bi bilo da sustav centralnog grijanja napunite s posebnim sredstvom protiv smrzavanja za centralno grijanje ili ispraznite vodu iz sustava.

Postoji više vrsta zaštita:

#### 1. Funkcija zaštite od smrzavanja kod sanitarne vode

Uvjet da bi ta funkcija radila kotao mora biti priključen na napajanje. Ako je isključena samo priprema tople vode ili oboje (grijanje i priprema tople vode), zaštita od smrzavanja vode u spremniku tople vode uključuje se automatski kada senzor temperature spremnika tople vode (slika 12.) očitava vrijednost nižu od 7°C.



Slika 12. Predodžba senzora temperature iz spremnika tople vode (tip senzora KTY2000).



Funkcija zaštite od smrzavanja to ispravlja regulirajući temperaturu spremnika tople vode na 7°C uz odgovarajući signal na komandnoj ploči.

## 2. Funkcija zaštite od smrzavanja kod centralnog grijanja

Dva uvjeta moraju biti zadovoljena za izvršavanje funkcije u ovom naznačenom slučaju. Prvi je da kotao mora biti priključen na napajanje, a drugi uvjet se odnosi na sobni termostat koji mora biti u položaju zaštite od smrzavanja jer inače cirkulacijska pumpa centralnog grijanja neće moći raditi.

Ako je isključeno grijanje ili oboje (grijanje i priprema tople vode), zaštita od smrzavanja vode u sustavu centralnog grijanja uključuje se automatski ako senzor vode u kotlu očita vrijednost ispod 8°C. Temperature vode u kotlu će biti 8°C sve dok ne nestanu uvjeti potencijalnog smrzavanja.

Sustav o tome obavještava korisnika uz odgovarajući signal na komandnoj ploči uređaja. Priprema sanitarne tople vode i u ovom naznačenom slučaju ima prioritet.

### 5.5.2. Mjera zaštite od taloženja na cijevnim grijačima

Tendencija taloženja ovisi o mnogo varijabli čiji utjecaj svake za sebe može biti teško određen teoretskim modelom. Stoga se proizvođač oslanja na iskustvene podatke za tipične faktore onečišćenja. U tablici 4. su naznačene vrijednosti faktora onečišćenja za vrste voda koje se najčešće susreću u radu sustava.

Tablica 4. Faktor onečišćenja za određene vrste voda

Temperatura grijača	Do 115 °C		Od 115 °C do 200 °C	
Temperatura vode u kotlu	Do 50 °C		Preko 50 °C	
Vrsta vode	Brzina strujanja vode u kotlu m/s		Brzina strujanja vode u kotlu m/s	
	v < 1 m/s	v > 1 m/s	v < 1 m/s	v > 1 m/s
Morska voda	0,00090	0,00090	0,00180	0,00180
Boćata voda	0,00035	0,00018	0,00053	0,00035
Gradska vodovodna mreža	0,00018	0,00018	0,00035	0,00035
Riječna voda ( minimum )	0,00018	0,00018	0,00035	0,00035
Riječna voda ( prosjek )	0,00053	0,00035	0,00070	0,00035
Demineralizirana ili destilirana voda	0,00009	0,00009	0,00009	0,00009

**Faktor onečišćenja** =  $f [m^2K/Wh]$

Taloženje na grijačima može biti uzrokovano od više faktora koji se mogu događati jednakovremeno.

Najznačajnije i najčešće vrste taloženja su:

- kristalizacija
- dekompozicija organskih produkata
- polimerizacija i/ili oksidacija
- taloženje djelića smeća, prašine ili hrđe
- biološke naslage
- korozija.

Za otklanjanje taloga najčešće se koriste tri metode:

- mehaničko čišćenje
- kemijsko čišćenje
- tretiranje visokom brzinom vodenih čestica.

Šum vode u kotlu za vrijeme dok su uključeni grijači upozorava na stvaranje kamenca (taloga) na unutarnjim stranama cijevnih grijača. Tada je nužno provjeriti kvalitetu vode i stanje grijača, jer i mala količina taloga na grijačima umanjuje životni vijek istih, smanjuje efikasnost sustava i u konačnici povećava troškove grijanja.

Ako kvaliteta vode ne odgovara, valja je zamijeniti odgovarajućom. Ako na stjenkama grijača postoji talog, obavezno je odstraniti ga i/ili grijače zamijeniti novima. Preporuka je da se manji sustavi centralnog grijanja u slučaju gdje količina medija ne prelazi 100 litara, pune gradskom pitkom vodom. Za veće (industrijske) sustave nužno je da se pune demineraliziranom (omekšanom) vodom.

#### *5.5.3. Mjera zaštite od pojave zraka u kotlu*

Uvijek je moguća pojava zraka u kotlovskom sustavu. Do te pojave dolazi unutar gornje polovice kotla, iznad vode, gdje su smješteni grijači. Kako je ta pojava opasna i kako ne bi došlo do izgaranja grijača, kao dodatno osiguranje od pojave veće količine zraka ugrađena je mjerno osjetilo-sonda koja se u tom slučaju aktivira te se kotao automatski isključuje iz rada. Kako bi kotao nastavio s radom, potrebno ga je odzračiti. Ukoliko je ispravno odzračen, kotao može automatski početi ponovno s radom.

#### *5.5.4. Mjera zaštite od pada napona*

U slučaju kada napon padne ispod 170V po fazi, to stanje se detektira zasebnim zaštitnim sustavom i to stanje se označava signalnom lampicom a kotao se automatski isključuje kako bi zaštitio elektroniku i sklopnike unutar kotla. Kotao će automatski nastaviti s radom kad napon po fazi dosegne vrijednosti veće od 170V.

#### *5.5.5. Mjera zaštite od previsoke temperature*

Sigurnosni elektromehanički termostat štiti kotao od naglog rasta temperature vode u kotlu iznad vrijednosti od 100°C. U slučaju kad bi došlo do kvara sigurnosnog termostata, kao osiguranje je ugrađen drugi tzv. kapilarni sigurnosni termostat. Prostor u kojem se nalazi kotao mora biti provjetran ponajprije prirodnom cirkulacijom zraka. Ako to nije moguće ostvariti u zadovoljavajućoj mjeri mora se izraditi prisilna ventilacija sukladno zakonu tehničkih propisa i pravila struke. To se odnosi i na pomoćne prostorije u neposrednoj blizini.

## 6. TOPLINSKA ZAŠTITA OBJEKTA

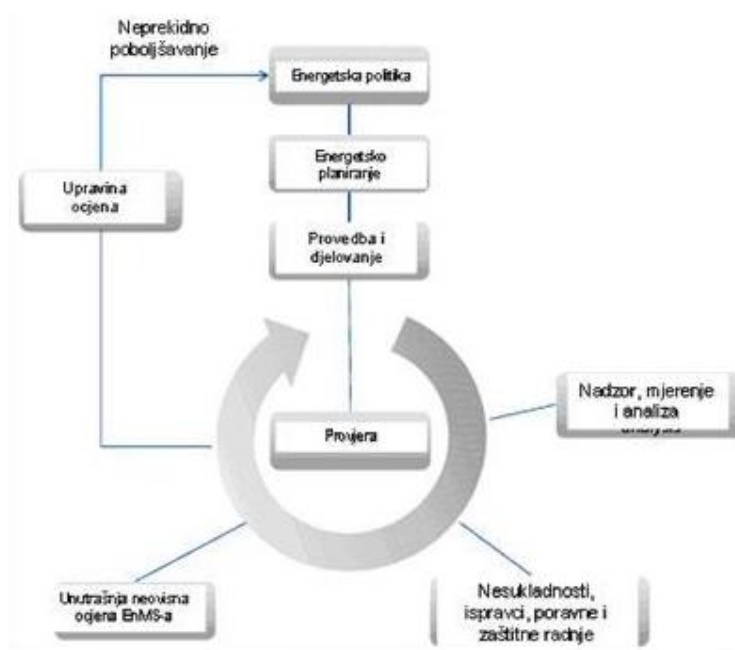
U zgradama u RH na grijanje prostora u prosjeku troši se oko **40%** od ukupne potrošene energije, stoga je izuzetno važna njihova energetska učinkovitost tj. osiguravanje minimalne potrošnje energije kako bi se postigla ugodnost boravka i održivo korištenje zgrade [5].

Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Čak oko **83%** ne zadovoljava tehničke propise iz 1987. godine te imaju velike gubitke topline, uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200kWh/m<sup>2</sup>. Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO<sub>2</sub> u atmosferu te je nužno poduzete potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata. Poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline objekta za prosječno od **30** do **60%** [5].

### 6.1. Norma HRN EN ISO 50001 – Upravljanje energijom

ISO 50001 temelji se na modelu sustava upravljanja ISO-a koji se primjenjuje u normama o sustavima upravljanja. U naznačenoj normi je posebno prihvaćen proces **planiraj-uradi-provjeri-djeluj** (Plan-Do-Check-Act, PDCA) za neprekidno poboljšavanje sustavom upravljanja energijom (slika 13). Time se omogućuje integracija organizacijama upravljanja energijom s drugim organizacijskim sustavima upravljanja kvalitetom, okolišem itd. [6]. Takav se pristup kroz 4 definirane faze opisuje modelom upravljanja na slijedeći način:

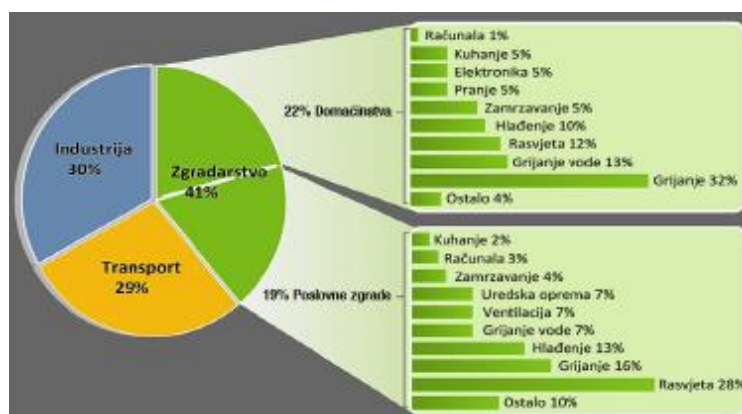
- planiraj: provodi energetske ocjene i utvrdi osnovicu, pokazatelje energetske značajke, dugoročne i kratkoročne ciljeve te planove djelovanja nužne za dobivanje rezultata kojima će se poboljšati energetske značajke u skladu s organizacijskom energetske politikom,
- uradi: provodi planove djelovanja na upravljanju energijom,
- provjeri: promatraj i mjeri ključne značajke operacija koji određuju energetske značajke u odnosu na energetske politiku i dugoročne ciljeve energetske politike te izvješćuj o rezultatima,
- djeluj: poduzmi djelovanja za neprekidno poboljšavanje značajke sustavom upravljanja energijom.



Slika 13. Predodžba modela sustava upravljanja energijom. Izvor [6].

## 6.2. Potrošnja energije u zgradarstvu

U današnje doba visoke cijene energenata i stalnim povećanjem potrošnje, kako ukupne energije tako i energije po glavi stanovnika, energetska učinkovitost dobiva sve veći značaj. Ako uzmemo u obzir kvantitetu, najveći globalni potrošači su iz područja zgradarstva (slika 14). Tako energija koja se potroši u zgradama čini oko 40% finalne potrošnje energije. Sama domaćinstva u ukupnoj potrošnji energije u Americi sudjeluju sa 21%, u Europi sa 25%, a u Hrvatskoj sa 30% [7].



Slika 14. Predodžba potrošnje energije po sektorima u SAD-u. Izvor [7].

Kako je u svijetu sve više osviještena ideja o ograničenosti resursa na Zemlji tako se sve više napora ulaže u njihovo efikasno korištenje i traženje alternativnih izvora. U samom zgradarstvu to znači da se od nekad gotovo neizoliranih kuća, bez ikakvih sustava gospodarenja energijom, ide prema pasivnim kućama i kućama nulte energije s naprednim sustavima gospodarenja energijom i upravljanja zgradom. Efikasno gospodarenje energijom u takvim zgradama prvenstveno se osigurava izrazito dobrom toplinskom izolacijom, vrlo naprednim i kvalitetnim staklenim površinama u kombinaciji s izmjenjivačima topline, spremnicima energije i dodatnim sustavima za dobavu energije poput solarnih kolektora, foto naponskih ćelija, vjetrogeneratora, hidrogenatora, biomase, peleta itd.

### 6.3. Akumulacija topline građevne površine

Pri zagrijavanju prostora zagrijava se i građevna konstrukcija na određenu temperaturu akumulirajući na taj način stanovitu količinu topline. Staklene površine ne akumuliraju, dok ostale površine akumuliraju toplinu u većoj ili manjoj mjeri, što se iskazuje kao višak potrošene toplinske energije iznad količine koja je potrebna za održavanje već postignutog toplinskog stanja.

Sposobnost akumulacije topline ovisi o fizikalnim svojstvima građevnog materijala:

- toplinskoj provodljivosti ( $\lambda$ ),
- specifičnom toplinskom kapacitetu ( $c$ ),
- gustoći materijala ( $\rho$ ).

U prvih nekoliko sati zagrijavanja (1,5-2h), temperatura na unutarnjoj površini zida postupno raste dok prolaz topline na vanjsku stranu još praktički ne postoji, što znači da visina vanjske temperature u tom razdoblju nije od bitnog značenja. To je vrijeme akumulacije topline u površinama konstrukcije, a dovedena se toplina uglavnom troši u tu svrhu. U tom je razdoblju koeficijent apsorpcije najveći i gotovo jednak za sve materijale. Nakon otprilike dva sata grijanja nastaje razlika. Kod laganih zidova dobrih toplinskih svojstava koeficijent apsorpcije naglo opada, što znači da se troši i manje topline na zagrijavanje, a to rezultira brzo postavljanje povoljnog toplinskog stanja. Nakon 12 sati pogona troši se toplina uglavnom samo za održavanje postignutog toplinskog stanja, a potrošnja topline ovisi o vanjskoj temperaturi. Kod masivnih zidova pad koeficijenta je sporiji i zadržava prosječno višu vrijednost. Uspostavljanje povoljnog toplinskog stanja postiže se u vremenu zagrijavanja dužem od 12 sati [8].

Pri prekidu grijanja granične se površine hlade tako da se najprije hladi dio zida s unutarnje strane koji je akumulirao najviše topline i to usporava hlađenje prostora. Općenito masivni zidovi akumuliraju više topline, teško se zagrijavaju, ali se i sporije hlade pa toplina duže ostaje. Kod laganih zidova vrijedi suprotno. Zato se postavlja ovakvo pravilo: s unutarnje strane ugrađuju se materijali koji akumuliraju više topline, a s vanjske strane materijali koji imaju dobra izolacijska svojstva.

#### 6.4. Svrha toplinske zaštite

Toplinskom zaštitom objekata i prostora žele se postići slijedeći učinci:

1. poboljšati udobnost stanovanja pri radu i boravka u prostorijama – čovjek više od 2/3 života, posebno zimi, provodi u prostorijama.
2. uštedjeti toplinsku energiju – energetske izvori na zemlji nisu neiscrpivi. Potrošnja toplinske energije za grijanje raste usporedno s povećanjem stanovništva, razvitkom gradova, porastom životnog standarda te razvojem ljudske djelatnosti. Za grijanje se troše gotovo svi oblici energije koje bi trebalo racionalnije koristiti.
3. sniziti troškove gradnje i troškove održavanja sustava za grijanje – sniženjem toplinskih gubitaka zgrada, snižava se i potrebni kapacitet sustava grijanja, a time se smanjuju investicijska ulaganja, troškovi pogona i održavanja (cijena toplinske energije pada).
4. sniziti troškove održavanja zgrada – u dobro toplinski zaštićenim zgradama ne dolazi do ovlaživanja zidova, pojave plijesni truljenja drvenih podova i drvene konstrukcije u zidovima, otpadanja zaštitne boje i oštećenja instalacija (vodovodnih i električnih).

### 6.5. Temeljni principi toplinske zaštite

Toplinska zaštita zgrada obuhvaća mjere koje se poduzimaju s namjerom da se zimi gubici topline smanje, a ljeti spriječi prekomjerno sunčevo zračenje. Iz tog naznačenog razloga treba obratiti pozornost na slijedeće okolišno-konstruktivno-uporabne uvjete:

1. pogodna orijentacija zgrade u odnosu na strane svijeta i pravce vjetra – orijentacija prema jugu je najpovoljnija. Kut pod kojim sunčeve zrake padaju u prostoriji zimi je manji pa se grije veća površina prostorije i gubitak topline je manji, dok je ljeti suprotno. Na svakom području postoji smjer kojim vjetrovi pušu najčešće. Zgradu treba, po mogućnosti, tako postaviti da su prema vjetru okrenuti puni zidovi ili strana sa što manjim brojem prozora, te treba vjetru okrenut užu a ne širu ili dužu stranu zgrade.
2. pogodan razmještaj prostorija – prostorije koje se griju, treba smjestiti u zaštićeno područje, u unutrašnjost zgrade, dok se s vanjske nepovoljnije strane smještaju negrijane ili sporedne prostorije.
3. smanjenje površina kroz koje se toplina gubi – gubici topline zavise i od veličine površina. Okrugle, odnosno, valjkaste zgrade imale bi i najmanje toplinske gubitke, no nepraktične su zbog teškog rasporeda prostorija i zato se rijetko grade. Najčešći je kvadratni oblik, manje je povoljan pravokutni oblik dok je najlošija je varijanta zgrada s nepravilnim, razvedenim zidovima. Treba izbjegavati zgrade s velikim staklenim površinama i one sa ravnim krovovima.
4. zaštita od gubitka topline primjenom odgovarajućih materijala – odabrati kvalitetne građevne elemente ovisno o zamišljenoj izvedbi zgrade.



## 7. MOGUĆNOST UNAPREĐENJA I NADOGRADNJE TERMOMAX SUSTAVA

Tehničko iskustvo nas uči kako je presudno biti u koraku sa vremenom jer svaki novi dan može donijeti novu tehnologiju, ideju ili značajnu inovaciju. Zbog opstanka na tržištu, ulaganja su neophodna kao i rješenja za poboljšanje proizvoda. Poboljšanja kod TermoMax sustava su moguća kroz promjenu regulacije rada kotla u svrhu uštede toplinske energije znajući gdje su gubici topline značajni i prilagođavanjem rada kotla navikama korisnika, a da pri tome se jednakovremeno ne gubi ugodnost boravka u prostoru.

Uzmimo za ilustraciju da kotao grije malu stambenu zgradu (termodinamički potrošni sustav) od 10 stanova (podsustava). Svaki stan ima svoj autonomni sobni termostat kojim se podešava željena temperatura toga samostalnog prostora te kotao na temelju tih podataka regulira temperaturu vode u spremniku, a time i toplinsku potrošnju u sustavu. Za temperaturu prostora od točno 22°C željena temperatura vode u sustavu grijanja tj. u izmjenjivačima topline je približno oko 60°C, a temperatura PTV u spremniku je približno oko 63°C. Moguće poboljšanje sustava grijanja može se provesti na način uvođenja temperaturne skale vode u sustavu grijanja u rasponu od 57°C do 62°C čija bi regulacija odnosno postavna vrijednost ovisila o zadanoj vrijednosti u svakom pojedinačnom stanu tj. o vrijednosti zadane temperature u svim grijanim prostorima obzirom na to da li je veća ili manja od točno 22°C. Ako jedan, dva ili više stanova snize temperaturu prostora na vrijednost manju od 22°C, snizila bi se i vrijednost temperature vode u spremniku po skali za 0,5°C po stanu, a time i temperatura vode u sustavu grijanja. Isto tako u slučaju da jedan, dva ili više stanova zahtijevaju temperaturu iznad zadane temperature, vrijednost vode u spremniku bi porasla za 0,5°C. U slučaju da više od 5 stanova zahtjeva nižu ili višu temperaturu od prosječne, tada bi temperatura vode u spremniku bila na minimalnoj vrijednosti od 57°C ili maksimalnoj od 62°C, ovisno o situaciji. Takav režim regulacije bio bi predviđen za period od 6h do 22h – i mogla bi se nazvati tzv. „dnevna regulacija“. Noćna temperaturna skala bila bi postavljena u granicama od 52°C do 57°C a noćna bi regulacija radila na istim principima kao i dnevna ali s pomakom prema dolje od 5°C.

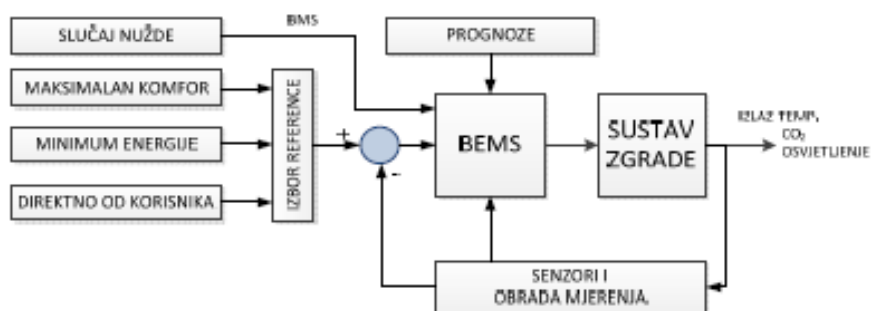
Kako električni kotao tvrtke TermoMax služi i za pripremu tople vode, postoji opcija kako bi se moglo optimizirati način pripreme potrošne tople vode. Ideja je da se napravi programska funkcija koja povećava uštedu energije praćenjem navika korisnika sustava.

Posebno odabrani i instalirani snimač bi pratio navike svih korisnika sustava kroz neko određeno vrijeme; par tjedana ili par mjeseci spremao te podatke u memoriju sustava. Najvažniji podaci bili bi: u koje vrijeme tijekom dana i koliko litara tople vode je potrošeno. Prema tim snimljenim podacima vremenskih skala potrošnje kotao bi bio spreman za daleko učinkovitiju uporabu, sukladno količinama i vremenu kada je korisnicima najvjerojatnije potrebna topla voda.

Nadalje, korisnik bi mogao odlučiti u koje vrijeme mu je potrebna topla voda i uređaj bi samostalno „učio“ i proračunavao vrijeme početka zagrijavanja kroz zadani period vremenskog učenja odnosno snimanja potrošnje korisnika te bi na taj način spremnik u željeno vrijeme napunjen toplom vodom bio spreman za uporabu. Tehnički vrlo jeftino, jednostavno i nadasve optimalno rješenje unaprjeđenja rada kotlovske regulacije a ujedno i bez potrebe dodavanja skupih osjetila temperature.

Tehnologijom koja nam je već danas dostupna upravo nam je dana mogućnost da imamo uvid u sve radne parametre kotla, bez obzira gdje se nalazili ili mi ili kotao. To je ostvarivo uz nadogradnju PLC uređaja s odgovarajućom aplikacijom i konekcijom *Online* tj. mogućnošću obostrane komunikacije s kotlom. Parametri koji bi bili dostupni korisniku–operateru ili dežurnoj tehničkoj osobi mogli bi biti: temperatura vode u kotlu, unutarnja temperatura svih prostorija, režim načina rada s obzirom na zahtjev rada i vanjska temperatura. Otvaranjem web portala na kojeg bi se svi korisnici mogli spajati putem svojih *smart* mobitela, računala ili tableta, uz potrebnu registraciju, imali bi mogućnost pregleda i mijenjanja svih parametara kotla(ova). Ugradnjom takvog sustava s programabilnim PLC-om i odgovarajućim aplikacijama vanjski senzor topline više ne bi bio potreban jer bi kotao u tom slučaju sve meteorološke i lokacijske podatke mogao dobivati putem interneta. Time je izbjegnuta potreba za vanjskim senzorom topline, što ponekad predstavlja dodatan izazov odnosno poteškoće.

Takav način upravljanja nazivamo inteligentnim ili prediktivnim upravljanjem. Regulacijski sustav ovdje opisan predočen je na slici 15. kao inteligentni sustav koji u obzir uzima prognoze vremena za klimatsko područje, a fuzijom podataka i praćenjem korisnika utječe na buduće djelovanje.



Slika 15. Predodžba regulacijskog kruga sustava upravljana energijom. Izvor [7].

U ovom slučaju predikcija vremena dobiva se upotrebom podataka iz servisa za vremensku prognozu (daje detaljnu prognozu sunčeve radijacije, temperature i vlažnosti zraka), lokalne meteorološke stanice koja daje trenutne vrijednosti istih parametara i modela pogreške prognoze vremena. Model pogreške prognoze vremena potrebno je izraditi unaprijed – u ovom slučaju to je linearni model izrađen pomoću arhiviranih podataka iz servisa za vremensku prognozu i mjerenih podataka na lokalnoj meteorološkoj stanici. U svakom koraku optimizacije izvodi se linearizacija nelinearnog dinamičkog modela oko radne točke korištenjem parametara objekta, stanja sustava i vremenskih uvjeta. Vjerujem da nam ova opcija nudi veću komfornost u smislu da ako zaboravimo isključiti ili smanjiti grijanje pri odlasku ili znajući unaprijed kada dolazimo, preko interneta sa bilo koje lokacije prilagođavamo grijanje tada trenutnim potrebama i vremenskim uvjetima. Ključno je da se signali svih podsustava vode na centralno mjesto – upravljačku jedinicu koja ima uvid u stanje cijelog sustava te na temelju optimizacijskih algoritama, vremenskih prognoza ili naučenog ponašanja korisnika proračunava buduća akcija [7].

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom Završnom radu je dan pregled sustava centralnog grijanja s naglaskom na vodene sustave grijanja bazirane na korištenju električne energije. Kao primjer takvog sustava opisan je električni kotao TermoMax tvrtke Termostroj. Izneseni su faktori koji utječu na promjenu temperature grijanog prostora i dan je opis toplinske zaštite istog. Navedeni su statistički podaci za potrošnju energije u zgradama te moguću uštedu energije u istima, korištenjem odgovarajućeg sustava upravljanja energijom. Poboljšanja rada vodenog sustava grijanja kojim upravlja TermoMax mogu dati pozitivne rezultate kod uštede toplinske energije i olakšati korisnicima istog lagodniji život. Većina modernih objekata posjeduje određenu razinu automatskog upravljanja. Iako se intenzivno istražuju i razvijaju kompleksni integrirani sustavi upravljanja, u većini slučajeva logika upravljanja je vrlo jednostavna. Obično se na štetu efikasnosti, prednost daje jednostavnosti strukture upravljanja pa se upravljanje svodi na ON/OFF logiku, relejne i/ili PID regulatore. Kako relejni termostati koji se koriste za upravljanje temperaturom nisu dovoljno precizni i uzrokuju tzv. histerezu, ta nepreciznost u regulaciji rezultira povećanom potrošnjom energije. Ovaj problem se rješava PID regulatorima, ali oni zbog nepravilnog podešavanja pojačanja mogu dovesti do nestabilnosti cijelog sustava. Iz navedenih razloga pribježe se primjeni naprednih optimalnih, prediktivnih ili adaptivnih tehnika regulacije. Napredni sustavi upravljanja grijanjem u zgradarstvu smanjuju potrebu za ljudstvom u vođenju samog sustava te se na taj način ljudski faktor rasterećuje i ima više vremena za posvećivanje primarnom poslu. S druge strane, osobe zadužene za vođenje, nadzor i održavanje naprednog sustava moraju biti stručne kako ne bi došlo do smanjenja efikasnosti sustava. Takav integrirani sustav upravlja sustavom grijanja s ciljem zadovoljenja postavljenih visokih mjerila u pogledu komfora i uštede energije. Nakon danog pregleda naprednih tehnika upravljanja, zaključak je da u tom području postoji mnogo prostora za napredak u raznim smjerovima.

U ovom radu dana su neka moguća poboljšanja u radu kotlovske regulacije na način da se pokuša uštedjeti značajna količina toplinske energije kotla. Prvi predloženi način je da se uvedu tzv. „dnevne“ i „noćne“ skale grijanja ukupnog prostora obzirom na broj korisnika koji zahtijevaju veću ili manju vrijednost od prosječne ili zadane ambijentalne temperature od na primjer 22°C. Također slijedeće značajno unaprjeđenje rada kotlovske regulacije kao i značajne uštede energije moguće su na implementaciji algoritma učenja o količini potrošnje tople vode u sustavu. Jednostavno tehničko rješenje svodi se na vremensko snimanje

potrošnje tople vode svih korisnika sustava i bilježenje tih podataka u matricu (vremenska uključenja, duljina trajanja i isključenja grijača PTV). Na taj način, dakle „učenjem“ u određenom vremenskom periodu sustav bi previdio povećanu potrošnju i potrebu za predgrijavanjem vode toplinskog sustava za određenu količinsku potrošnju tople vode. Na taj način sustav ne bi cijelo vrijeme održavao vrijednost tople vode na maksimalnoj temperaturi.

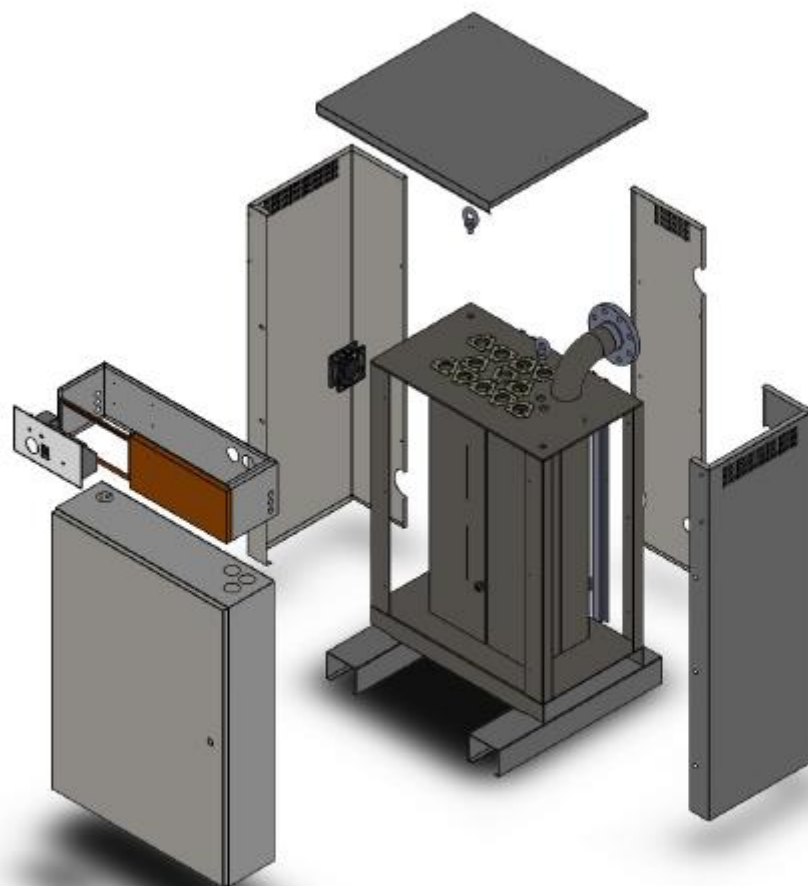
Predložena unapređenja u potpunosti su usklađena s zahtjevom danoj u Temi Završnog rada da se predloženim rješenjem ne ugrađuju dodatni senzori u sustav centralnog grijanja. Također, postojeći PLC u sustavu dograđuje se dodatnom programskom aplikacijom i dodatnom memorijom kojom „uči“ odnosno „pamti“ tj. snima u podatkovnu matricu u zadanom vremenskom periodu navike korisnika za PTV i na taj način inteligentno pretpostavlja potrošnju i na taj način pravovremenu i učinkovito grije PTV u sustavu.

Općenito, izbor izvora topline za objekte u kojima boravimo kao i izbor toplinske zaštite za iste mora nam biti od velike važnosti (sukladno financijskim mogućnostima), jer time utječemo na kvalitetu života i prirodu koja nas okružuje. Ne bismo trebali uzimati naš planet zdravo za gotovo, već razmisliti o tome koja je „cijena“ da bi se osjećali ugodno i sukladno tome trebalo bi odgovorno odabrati sustav grijanja.

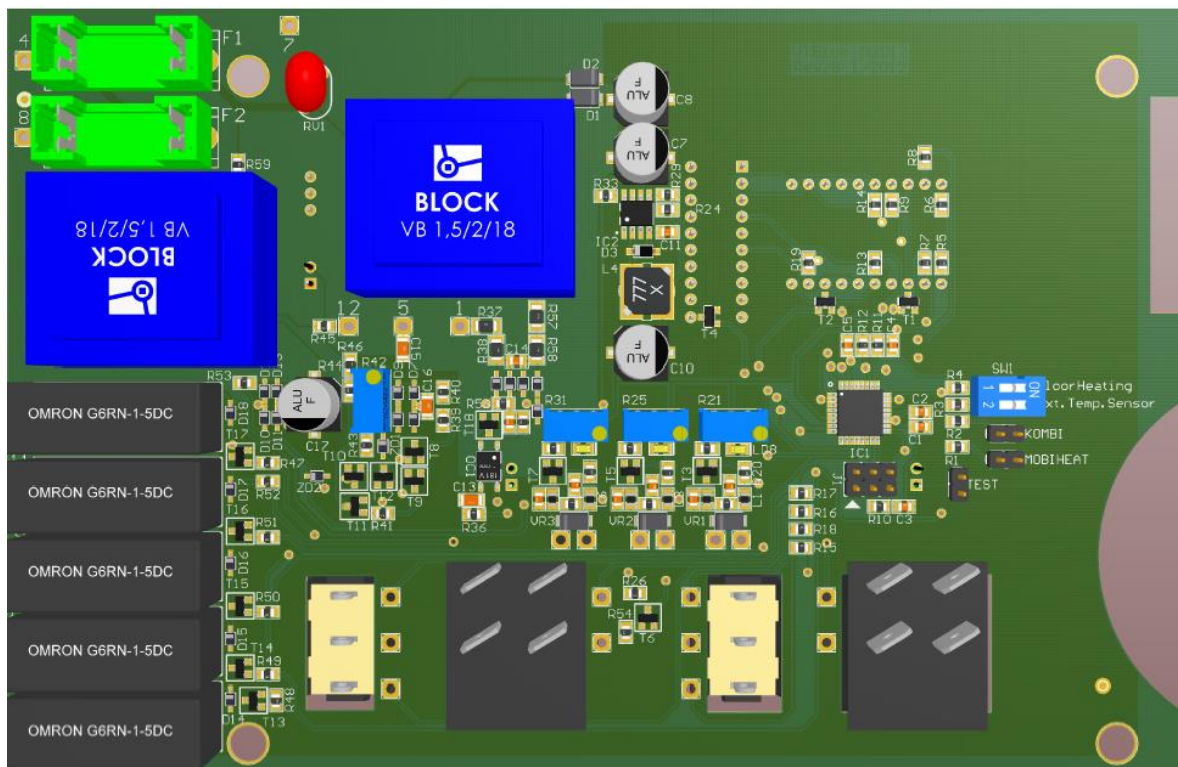
## 9. LITERATURA

- [1] **Šivak M.:** „*Centralno grijanje, ventilacija, klimatizacija*“, Nakladnička djelatnost Marijan Šivak, Zagreb, (1998.), ISBN 953-97447-0-9
- [2] **Paić Z.:** „*Sustavi površinskog grijanja i hlađenja*“, Energetika marketing d.o.o., Zagreb, (2002.), ISBN 953-6759-13-6
- [3] **Labudović B.:** „*Priručnik za grijanje*“, Energetika marketing d.o.o., Zagreb, (2005.), ISBN 953-6759-25-X
- [4] Termostroj: TermoMax 120 – 300kW,  
<http://www.termostroj.com/hr/termomax-120-300-kw/>, pristupljeno 9.9.2015.
- [5] Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost,  
[http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/enu\\_u\\_zgradarstvu/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/), pristupljeno 2.2.2016.
- [6] Hrvatski zavod za norme: HRN EN ISO 50001 – Upravljanje energijom,  
<http://www.hzn.hr/default.aspx?id=377>, pristupljeno 10.2.2016.
- [7] Fakultet elektronike i računarstva: Napredne tehnike upravljanja energijom u zgradarstvu,  
[https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/KDI\\_Zoran\\_Fabekovic.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/KDI_Zoran_Fabekovic.pdf), pristupljeno 15.2.2016.
- [8] **Toth T.:** „*Štedljivije grijanje*“, Majstor press d.o.o. ,Zagreb, (2008.), ISBN 978-953-7590-00-0
- [9] <http://image.slidesharecdn.com/energyandsmartbuildingtechnologiesahredited-140206061951-phpapp01/95/energy-and-smart-building-technologies-ahr-expo-2014-edited-market-research-bsria-13-638.jpg?cb=1391679406>, pristupljeno 1.3.2016.
- [10] <http://greentechadvocates.com/wp-content/uploads/2012/05/eragy-energy-PRO-management-status.400.jpg>, pristupljeno 3.3.2016.
- [11] <http://www.a-apexair.com/graphics/smartthermostat.jpg>, pristupljeno 4.3.2016.

## PRIVITAK I



Stražnja strana komandne ploče.





**PRIVITAK II**

Primjer spoja više kotlova u kaskadu.

