

# Upravljanje procesom centralnog grijanja uz dogrijavanje vode obnovljivim izvorima energije

---

Aničić, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Engineering / Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:044428>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**UPRAVLJANJE PROCESOM CENTRALNOG GRIJANJA UZ  
DOGRIJAVANJE VODE OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE**

Rijeka, srpanj 2022.

Mario Aničić

0069071915

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike

Diplomski rad

**UPRAVLJANJE PROCESOM CENTRALNOG GRIJANJA UZ  
DOGRIJAVANJE VODE OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE**

Mentor: Prof. Dario Matika

Rijeka, srpanj 2022.

Mario Aničić

0069071915

Rijeka, 23. rujna 2021.

Zavod: **Zavod za automatiku i elektroniku**  
Predmet: **Automatizacija postrojenja i procesa**  
Grana: **2.03.06 automatizacija i robotika**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Mario Aničić (0069071915)**  
Studij: **Diplomski sveučilišni studij elektrotehnike**  
Modul: **Automatika**

Zadatak: **Upravljanje procesom centralnog grijanja uz dogrijavanje vode obnovljivim izvorima energije/Automation and control of the central heating process with water reheating by renewable energy sources.**

### Opis zadatka:

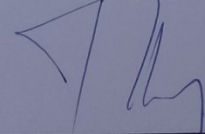
Osmisliti te isprogramirati način automatskog upravljanja procesom centralnog grijanja uz dogrijavanje vode obnovljivim izvorima energije. Primjenom ovakvog sustava omogućilo bi se korištenje raznih energenata uz iskoristivost dostupnih obnovljivih izvora s ciljem smanjenja potrošnje.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

*Mario Aničić*

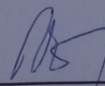
Zadatak uručen pristupniku: 23. rujna 2021.

Mentor:



Prof. dr. sc. Dario Matika

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

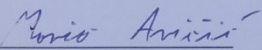


Prof. dr. sc. Viktor Sučić

## IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno, koristeći se vlastitim znanjem i vještinama stečenim na Diplomskom sveučilišnom studiju elektrotehnike Sveučilišta u Rijeci te služeći se navedenom literaturom uz konzultacije s mentorom prof. Dariom Matikom.

Rijeka, srpanj 2022.



Mario Aničić

0069071915

## **ZAHVALA**

Ovim se putem želim zahvaliti svima na njihovoj pomoći i podršci tijekom studija i izrade ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se mentoru profesoru Dariu Matiki koji je bio dostupan za sva pitanja i usmjeravao me pri pisanju rada. Ponajviše se želim zahvaliti obitelji i curi koji su uvijek bili najveća podrška i vjetar u leđa.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CENTRALNO GRIJANJE .....	2
2.1. Generator topline .....	2
2.2. Oprema za distribuciju topline .....	4
2.3. Oprema za predaju topline.....	8
3. DIZALICE TOPLINE.....	11
3.1. Princip rada dizalica topline .....	11
3.2. Tipovi dizalica toplina .....	13
3.2.1. Dizalica topline zrak-voda .....	13
3.2.2. Dizalica topline zemlja-voda.....	14
3.2.3. Dizalica topline voda-voda.....	17
3.2.4. Usporedba izvedbi dizalica topline .....	18
4. SOLARNI SUSTAV .....	20
4.1. Toplovodni solarni sustav.....	21
4.2. Fotonaponski solarni sustav.....	23
5. INTERNET STVARI.....	28
6. OPREMA PROJEKTA .....	30
6.1. Odabir opreme sustava .....	30
6.2. Odabir IOT opreme .....	34
7. REALIZACIJA PROJEKTA .....	40
7.1. Integracija opreme .....	40
7.2. Korisničko sučelje .....	43
8. ZAKLJUČAK .....	52
LITERATURA.....	53
SAŽETAK.....	55
ABSTRACT .....	56

# 1. UVOD

Centralno grijanje pojam je grijanja objekta iz jedne zajedničke, centralne lokacije. U današnje vrijeme popularnost klasičnih izvedbi centralnog grijanja s kombiniranim kotlovima opada u korist obnovljivih izvora energije što iz razloga zaštite okoliša, što iz dugoročnije isplativosti. Napretkom tehnologije i modernizacijom, potreba za upravljanjem sustava na što jednostavniji i jeftiniji način postaje vrlo bitna ali zahtijeva osobnu prilagodbu svakom korisniku, gdje uskaču internet stvari. Internet stvari omogućuju integraciju senzora i uređaja za jednostavni prikaz podataka i još jednostavnije upravljanje uređajima uz veliku fleksibilnost načina prikaza korisničkog sučelja.

U ovom radu opisan je klasičan sustav centralnog grijanja s generatorom topline, opremom za distribuciju topline te opremom za predaju topline. Takav klasičan sustav sve se više zamjenjuje dizalicama topline koje su opisane u drugom poglavlju, njihov princip rada te pripadajuće izvedbe i njihova usporedba. Četvrto poglavlje obuhvaća solarne sustave za klasičnu izvedbu centralnog grijanja toplovodnim solarnim kolektorima te češće izvedbu fotonaponskih solarnih panela za proizvodnju električne energije, u svrhu dogrijavanja vode obnovljivim izvorima energije. Daljnje dotičemo se internet stvari kao vezu između svih uređaja, odabranu opremu projekta te samu realizaciju lokalnog sustava upravljanja centralnog grijanja uz obnovljive izvore energije sa ciljem ostvarivanja kontrole procesa centralnog grijanja uz obnovljive izvore povezano lokalnom mrežom internet stvari.



## 2. CENTRALNO GRIJANJE

Centralno grijanje vrsta je grijanja prostora kod kojeg se toplina potrebna za grijanje svih prostorija objekta proizvodi u centralnom zajedničkom uređaju ili postrojenju, a pomoću cijevi i radnog medija vrši se prijenos topline do grijaćih tijela u svim prostorijama objekta. Centralni sustav grijanja može se podijeliti na tri glavne grupe, generator topline, oprema za distribuciju topline te oprema za predaju topline.

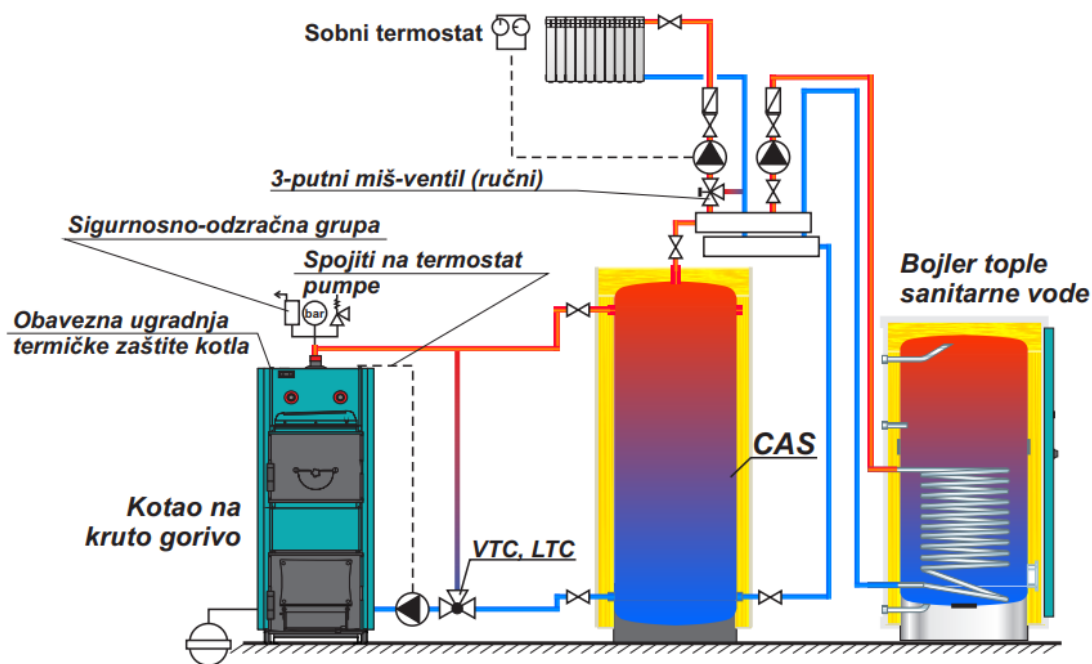
### 2.1. Generator topline

Generator topline naziv je uređaja zaduženog za zagrijavanje vode centralnog sustava. Najčešće se generatorom topline smatraju kotlovi predviđeni za loženje krutim gorivom, lož uljem ili plinom, no u današnje vrijeme sve češća je upotreba dizalica topline i kao generatora topline koje su detaljnije opisane u idućem poglavlju. Prikaz klasične izvedbe kotla EKO-CK P kompatibilnog s loženjem na kruto gorivo, kao i na lož ulje, plin ili pelete, prikazan je slikom 2.1.



*Slika 2.1 Kombinirani kotao EKO-CK P [1]*

Kombinirani kotlovi EKO-CK P kao generatori topline namijenjeni su grijanju objekata od vrlo male kvadrature do velike kvadrature, nazivnog toplinskog učinka od 14kW do 110kW. Velika prednost kombiniranih kotlova je u samoj mogućnosti loženja različitim energentima uz korištenje odgovarajućih plamenika i kao takvi koriste se kao osnovni izvor topline, ili sve češće kao rezervni ili alternativni izvor topline. Prikaz sheme spajanja kombiniranog kotla EKO-CK P u zatvorenom sustavu centralnog grijanja, vidljiv je na slici 2.2.



Slika 2.2 EKO-CK P u zatvorenom sustavu centralnog grijanja [1]

Kotlovi ugrađeni u zatvorene sustave grijanja radi sigurnog rada moraju imati ugrađenu termičku zaštitu. Funkcija termičke zaštite je osiguranje kotla od pregrijavanja radi nepravilnog rada regulatora zraka ili bilo kojeg drugog uzroka dotoka svježeg zraka u ložište kotla te podizanja temperature kotla preko 95°C.

U normalnom radu kotao zagrijava vodu povratnog toka te je zagrijanu vraća u akumulacijski spremnik topline, gdje se tako zagrijana voda koristi za grijanje prostorija i/ili sanitarne vode i to sve omogućuje oprema za distribuciju topline.

## 2.2. Oprema za distribuciju topline

Oprema za distribuciju topline zadužena je za cirkulaciju vode u sustavu centralnog grijanja, od kotla do samih krajnjih elemenata za predaju topline.

Dijelovi opreme za distribuciju topline su:

1. Cijevi
2. Cirkulacijske pumpe
3. Ekspanzijska posuda
4. Mješajući ventili
5. Sigurnosno-odzračna grupa
6. Ventili
7. Razdjelnici

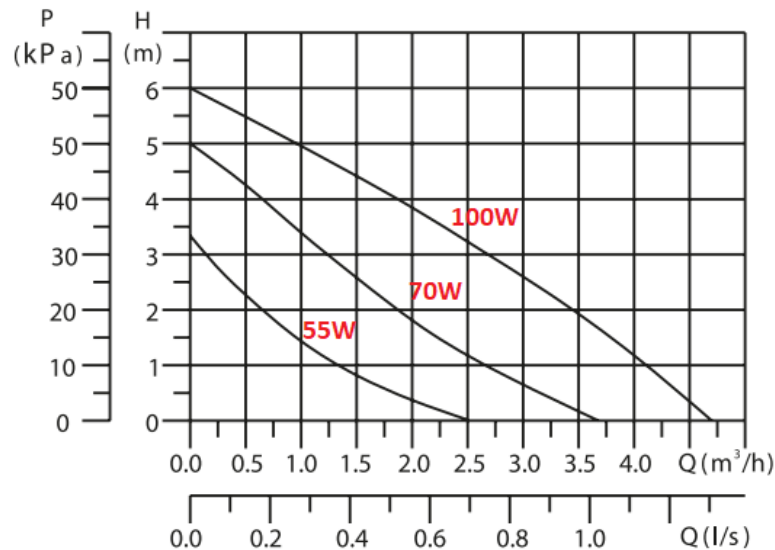
Cirkulacijske pumpe omogućavaju cirkulaciju vode u sustavu centralnog grijanja te samim time su ključan dio sustava. Kao primjer cirkulacijske pumpe na slici 2.3. prikazana je pumpa Terma Tora 25/60-180



*Slika 2.3 Cirkulacijska pumpa Terma Tora 25/60-180 [2]*

Cirkulacijske pumpe u današnje vrijeme omogućuju regulaciju protoka sklopkom za odabir krivulja rada ili PWM signalom upravljanja ovisno o cijeni i izvedbi pumpe. U većini slučajeva dovoljna je

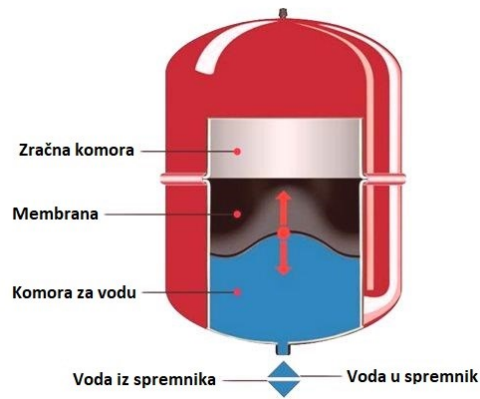
izvedba s regulacijskom sklopkom jer je potrebno samo podesiti pumpu na željeni protok, nakon čega više nema potrebe za regulacijom protoka. Cirkulacijska pumpa Terma Tora 25/60-180 koristi princip regulacijske sklopke, čime se bira radna krivulja prema slici 2.4.



Slika 2.4 Radna krivulja cirkulacijske pumpe Terma Tora 25/60-180 [2]

Na grafu sa slike 2.4. vidljive su krivulje snage pumpe od 100W, 70W i 55W. Y os sadrži skalu tlaka P te visine H, dok X os sadrži skalu protoka Q.

Dio opreme za distribuciju je i ekspanzijska posuda. Ekspanzijska posuda namijenjena je preuzimanju viška stvorenog tlaka u zatvorenom sustavu centralnog grijanja, sustavu sanitarne vode ili solarnom sustavu. Ekspanzijska posuda sastoji se od komore za vodu, membrane i zračne komore punjene dušikom. Zagrijavanjem vode u zatvorenom sustavu, voda povećava svoj volumen. Širenjem vode povećava se tlak u sustavu te dolazi do prelijevanja vode iz sustava u komoru za vodu ekspanzijske posude, što djeluje na membranu posude koja se potiskuje i time tlači dušik u zračnoj komori do izjednačavanja tlakova komora. Hlađenjem vode tlak opada, dušik se dekomprimira i gura vodu natrag u sustav. Prikaz presjeka ekspanzijske posude vidljiv je na slici 2.5.



*Slika 2.5 Presjek ekspanzijske posude [3]*

Uz ekspanzijsku posudu, važnu ulogu imaju i elementi sigurnosno-odzračne grupe prikazani na slici 2.6.



*Slika 2.6 Sigurnosno-odzračna grupa [4]*

Sigurnosno-odzračna grupa sastoji se od tri elementa:

1. Manometar – mjerac tlaka zadužen za prikaz tlaka u sustavu
2. Sigurnosni ventil – ventil koji se otvara pri visokom tlaku sustava kako bi se smanjio tlak i sačuvao integritet sustava
3. Odzračni ventil – ventil zadužen za ispuštanje zraka iz sustava centralnog grijanja

Miješajući ventili dio su opreme za distribuciju topline koji reguliraju otvorenost ulaznih vodova prema željenoj temperaturi izlaznog voda. Uloga miješajućih ventila je miješanje vode toplog i hladnog voda kako bi se na izlaznom vodu dobila željena temperatura, čime se kod kotlova sprječava kondenzacija vodene pare iz dimnih plinova a kod potrošača tople vode osigurava jednolika temperatura izlaza. Prikaz miješajućeg ventila vidljiv je na slici 2.7.



*Slika 2.7 Mješajući ventil VTC512 [1]*

Cijevi, razdjelnici i ventili osnovne su komponente svakog sustava centralnog grijanja koje omogućuju spajanje svih elemenata sustava, razdvajanje cijevi većeg promjera na više cijevi jednakih manjih promjera putem razdjelnika, te omogućavanje ili blokiranje protoka ventilima. Primjer razdjelnika sustava centralnog grijanja prikazan je slikom 2.8, dok su ventili prikazani slikom 2.9.



*Slika 2.8 Prikaz razdjelnika tople i hladne vode [5]*



*Slika 2.9 Prikaz ručnih ventila [4]*

### **2.3. Oprema za predaju topline**

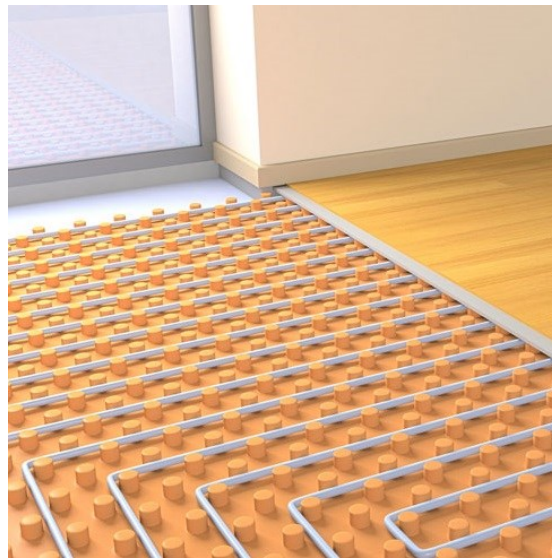
Opremom za predaju topline nazivaju se elementi sustava centralnog grijanja čija je uloga izmjena topline grijane vode s okolinom te se mogu svrstati u dvije grupe, radijatore i podno grijanje.

Radijatori su klasična metoda grijanja prostora, sastavljeni od uskih šupljih rebrastih članaka izvedenih od čelika ili aluminija. Radijatori centralnog grijanja, namijenjeni su predaji topline, zagrijavaju se cirkulacijom tople vode kroz šuplje članke. Dizajn radijatora je osmišljen tako da kroz njih lagano cirkulira okolni zrak koji se grije i diže do stropa prostorije, gdje se postepeno hladi i vraća na dno prostorije, čime se stvara cirkulacija zraka i postiže željena izmjena temperature. Prikaz aluminijskih radijatora vidljiv je na slici 2.10.



*Slika 2.10 Prikaz alumijiskog radijatora [4]*

Podno grijanje novija je metoda grijanja prostora te se izvodi ugradnjom stiroporskih ploča za podno grijanje s odstojnicima u pravilnom rasporedu. Odstojnici služe za učvršćivanje cijevi podnog grijanja što omogućuje lakšu i bržu montažu istih. Prikaz podnog grijanja vidljiv je na slici 2.11.



*Slika 2.11 Prikaz postavljanja podnog grijanja [4]*



Princip rada podnog grijanja je vrlo jednostavan, cirkulacijom tople vode kroz cijevi podnog grijanja toplina se prenosi na podnu konstrukciju, što efektivno pretvara cijeli pod u veliko grijaće tijelo koje izmjenjuje toplinu s okolnim zrakom u prostoriji.

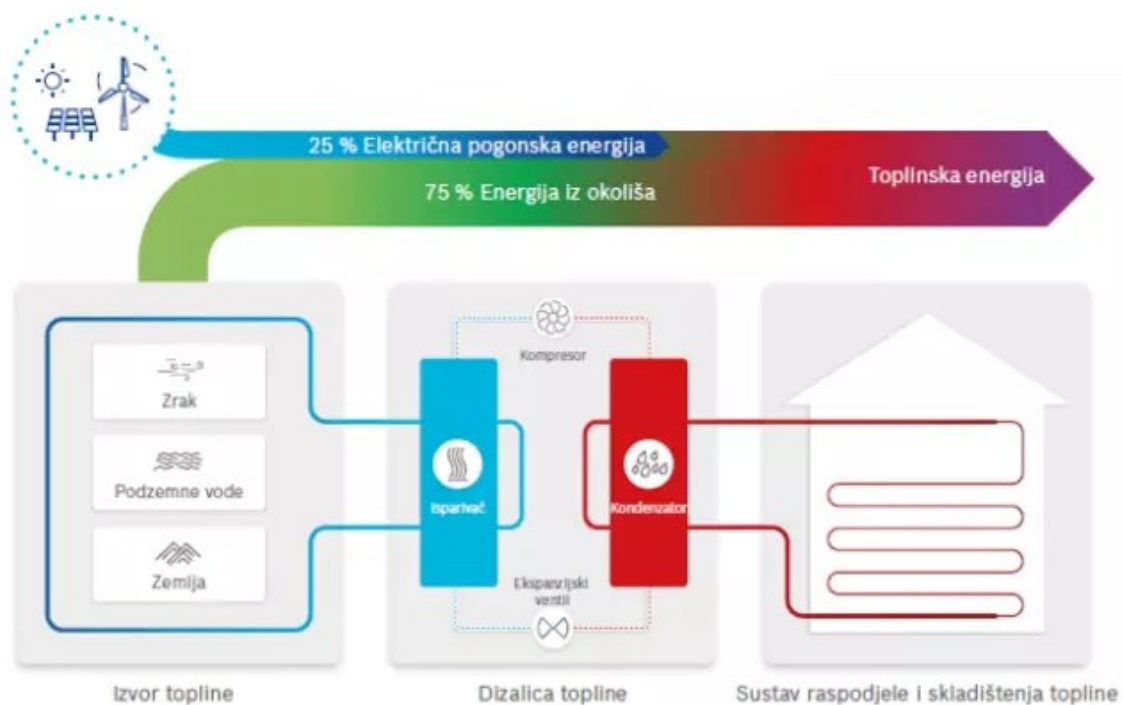
### **3. DIZALICE TOPLINE**

Dizalice topline ili toplinske pumpe uređaji su koji toplinsku energiju niže temperaturne razine podižu na višu temperaturnu razinu adekvatnu za primjenu u sustavu grijanja ili obrnutim režimom rada omogućuju hlađenje prostora. Korištenjem obnovljivih izvora energije dizalicom topline dobiva se neiscrpan izvor energije koji pokriva oko 75% ukupne potrebne energije za rad dizalice topline, dok se ostalih 25% pokriva električnom energijom i koristi za sam rad kompresora uređaja.

Prednosti korištenja dizalica toplina osim iskorištavanja obnovljivih izvora energije, nema štetnih emisija i zbog vrlo jednostavne izvedbe zahtjeva vrlo niske troškove održavanja i garantira dug vijek trajanja. Dizalice topline zbog svoje male potrebe za električnom energijom u sklopu korištenja solarne energije kako bi se pokrila potrošnja kompresora i pumpe dizalice, postiglo bi se ekološko rješenje u kojem se 100% potrebne energije za rad dizalica topline uzima iz okoliša i omogućuje cjelogodišnji rad uz maksimalnu uštedu energije.

#### **3.1. Princip rada dizalica topline**

Princip rada dizalica topline može se poistovjetiti s obrnutim principom rada hladnjaka. Dizalica topline prenosi toplinu iz okoliša u medij kojim je prosljeđuje u sustav grijanja. Prikaz procesa rada dizalice topline prikazan je slikom 3.1.



*Slika 3.1 Skica principa rada dizalice toplina [6]*

Rad dizalice topline može se podijeliti u četiri glavna koraka vidljiva i sa slike 3.1. Prvi korak u radu dizalice topline obuhvaća prihvatanje toplinske energije iz okoliša bilo iz zraka, podzemnih voda ili zemlje, jednom od navedenih načina izvedbi primljena toplinska energija okoliša se u isparivaču predaje radnoj tvari ili mediju koji se zagrijava i prelazi u plinovito stanje. U drugom koraku plinoviti medij podilazi kompresiji putem rada kompresora čime se podiže njegova temperatura. Treći korak podrazumijeva predaju toplinske energije stlačenog medija vodi u sustavu grijanja preko kondenzatora. Povratak rashlađenog medija u tekuće stanje omogućava se u četvrtom koraku preko termo-ekspanzijskog ventila, gdje se uslijed naglog pada tlaka dodatno hladi medij i prelazi u tekuće stanje, čime se zatvara krug prijenosa topline iz okoliša do sustava grijanja.

Proces rada grijanja dizalice topline u potpunosti je reverzibilan što znači da se ista može koristiti za hlađenje prostorija tijekom vrućih ljetnih mjeseca. Hlađenje dizalicom topline izvedivo je na dva načina, pasivno te aktivno hlađenje. Pasivnim hlađenjem toplina unutrašnjosti prostora predaje se hladnijem mediju okoline te proces zahtjeva mali utrošak energije, dovoljan za pokretanje cirkulacijske pumpe. Aktivno hlađenje zahtjeva rad kompresora što dovodi do većeg utroška

električne energije no zauzvrat medij koji poprima toplinu prostorije dodatno se hladi te se postiže bolji učinak hlađenja prostorija.

### 3.2. Tipovi dizalica toplina

U svim slučajevima ugradnje ne dolazi se do istih mogućnosti montaže dizalica toplina, ovisno o pojedinim lokalnim uvjetima, vrsti tla i samim klimatskim uvjetima, zbog tog razloga postoji nekoliko vrsta izvedbi dizalica toplina. Dizalice topline dijele se po izvedbi izmjenjivača topline tj. razlikuju se u načinu izmjene topline s okolišem.

#### 3.2.1. Dizalica topline zrak-voda

Zračne dizalice topline koriste toplinu okolnog zraka kao medija za izmjenu temperature. Skica ugradnje dizalice topline zrak-voda uz objekt vidljiva je sa slike 3.2. Temperatura okolnog zraka isparivačem se predaje radnom mediju, nakon predaje temperature vodi sustava grijanja preko kondenzatora te se ohlađeni medij ponovo grije okolnim zrakom isparivača. Prikaz dizalice topline zrak-voda vidljiv je na slici 3.3.



*Slika 3.2 Skica ugradnje dizalice topline zrak-voda [7]*



*Slika 3.3 Prikaz dizalice topline zrak-voda [8]*

Dizalice topline zrak-voda zahtijevaju manje početno ulaganje od ostalih vrsta dizalica topline radi jednostavnog principa izmjene temperature s okolnim zrakom, na taj se način izbjegava dodatna ulaganja za ugradnju dodatnih cijevi i troškova iskopa. Iako su prisutna manja početna ulaganja, dizalica topline zrak-voda ima nedostatak radi izmjene topline s okolnim zrakom, a to je sama temperatura zraka. Tijekom godine temperatura zraka varira, od visokih ljetnih temperatura do niskih zimskih temperatura što sprječava normalan rad dizalice topline. Većina dizalica topline zrak-voda rade do  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  što ne odgovara za primjenu u svim regijama.

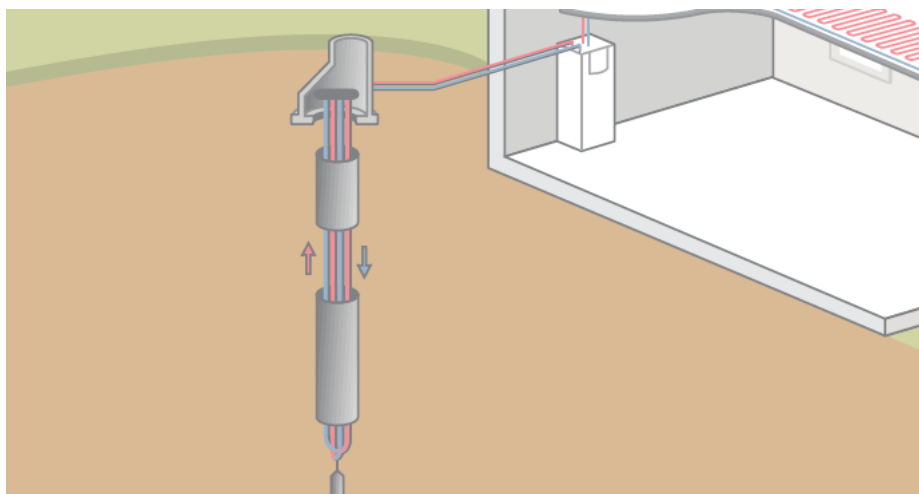
### 3.2.2. Dizalica topline zemlja-voda

Dizalica topline zemlja-voda umjesto zraka kao medija za izmjenu temperature s okolinom koristi temperaturu zemlje. Temperatura zemlje najsigurniji, tj. najkonstantniji je izvor topline kroz cijelu godinu. Temperatura zemlje od 1.2m do 2m ispod površine, kroz cijelu godinu varira između  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , što je čini vrlo pogodnim izvorom topline zimi kad je temperatura zemlje puno veća nego temperatura okolnoga zraka ali i ljeti, kada je temperatura zemlje puno niža od temperature okolnog zraka što je pogodno pri korištenju dizalice topline za hlađenje prostora. Postavljanje podzemnih cijevi za izmjenu temperature nalikuje postavljanju sustavu podnog grijanja objekta, te je prikazano skicom ugradnje dizalice topline na slici 3.4.



*Slika 3.4 Skica ugradnje dizalice topline zemlja-voda [7]*

Postavljanjem horizontalnih cijevnih zemljanih kolektora akumulirana toplina zemlje se prenosi do isparivača dizalice topline. Kako bi se zadovoljila potrebna količina akumulacije toplinske energije potrebno je osigurati ukupnu površinu položenih zemljanih kolektora u prosjeku barem 1.5 puta veću od grijane stambene površine. Zahtjev za velikom površinom zemljanih kolektora povećava samo početno ulaganje, većim radovima iskopa te samom količinom materijala, no osim većih početnih novčanih zahtjeva potrebno je osigurati dovoljnu kvadraturu zemlje u koju će se polagati zemljani kolektori što nije izvedivo u svim slučajevima. Ukoliko površina zemlje nije dovoljna za postavljanje horizontalnih zemljanih kolektora, alternativna izvedba kolektora dizalice topline zemlja-voda je korištenjem vertikalnih dubinskih geotermalnih sondi. Vertikalna izvedba korištenjem dubinskih geotermalnih sondi prikazana je skicom 3.5.



*Slika 3.5 Skica izvedbe dizalice topline dubinskim sondama [9]*

Vertikalna izvedba pomoću geotermalnih dubinskih sondi omogućava stabilniji izvor topline zbog svoje dubine montaže. Sustav cijevi dubinskih geotermalnih sondi polaže se u provrt zemlje dubine oko 100m koji se potom ispunjuje suspenzijom dobre toplinske vodljivosti. U slučaju da struktura tla ne dozvoljava ovakvu izvedbu dubinskog provrta, moguća je izvedba s više plićih provrta.

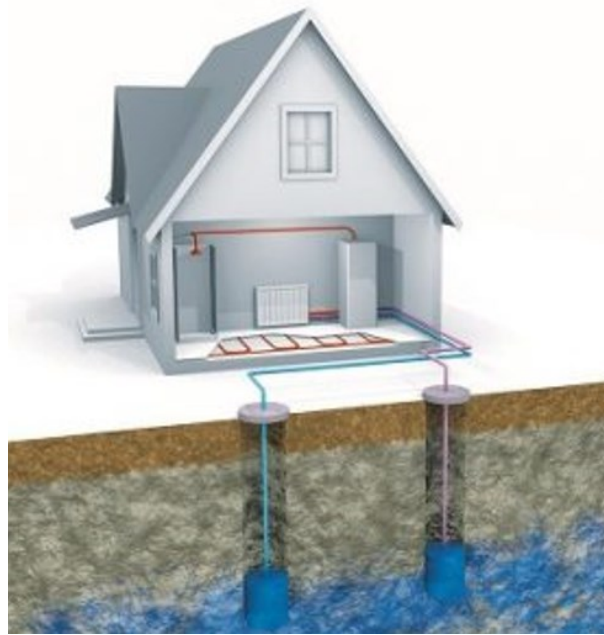
Dizalice topline zemlja-voda pogodnije su za cjelogodišnji rad nego dizalice topline zrak-voda i imaju veći koeficijent performansa, no sa svojim prednostima donose i veća početna ulaganja i pažljivije zahtjeve za izračunima. Prikaz dizalica topline zemlja-voda prikazan je na slici 3.6.



*Slika 3.6 Prikaz dizalica topline zemlja-voda [9]*

### 3.2.3. Dizalica topline voda-voda

Dizalice topline voda-voda rade na principu korištenja podzemnih voda putem usisnog i apsorpcijskog bunara. Korištenjem podzemne vode kao izvora toplinske energije može biti vrlo efikasno. Podzemne se vode smatraju kao najbolji izvor toplinske i rashladne energije zbog svoje konstantne temperature tijekom ljeta i zime, koje variraju od 9 °C do 14 °C. Velika mana ovakve izvedbe je zbog činjenice da podzemnih voda nema svugdje niti u dovoljnim količinama i kvaliteti, no u slučaju zadovoljenih uvjeta iskoristivost nadmašuje ostale tipove izvedbi s većim koeficijentom performansa. Prikaz izvedbe i montaže sustava voda-voda prikazan je na skici 3.7.



*Slika 3.7 Skica izvedbe dizalice topline voda-voda [7]*

Kako bi se uvjeti ugradnje smatrali zadovoljenima, potrebno je zadovoljiti sve uvjete ugradnje. Uvjeti ugradnje uključuju minimalan razmak između usisnog i apsorpcijskog bunara od 15m u smjeru toka podzemne vode, mora biti zadovoljena potrebna količina podzemnih voda tj. mora postojati odgovarajući protok vode, osim protoka potrebna je i odgovarajuća kvaliteta podzemne vode zbog koje je potrebno slanje uzorka vode na analizu. U slučaju da su svi dosad navedeni uvjeti ispunjeni samu eksploataciju podzemnih voda mora odobriti služba nadležna za vodno gospodarstvo.



Princip rada dizalice topline voda-voda funkcionalno je i tehnički podjednak kao model dizalice topline zemlja-voda, no razlika je što izvedba voda-voda ima uređaj za praćenje protoka vode i dodatne ugradnje podvodne crpke. Uređaj za praćenje protoka vode onemogućuje rad dizalice topline u slučaju nedostatnog protoka podzemne vode.

### 3.2.4. Usporedba izvedbi dizalica topline

Radi lakšeg prikaza korisnosti svih izvedbi dizalica topline, tehnički podaci izvedbi dani su u tablicama, gdje je tablicom 3.1 prikazana dizalica topline Vaillant geoTHERM VWS 61/3 izvedbe zemlja-voda, tablicom 3.2 prikazani su tehnički podaci dizalice topline Vaillant geoTHERM VWW 61/3 izvedbe voda-voda, te finalno tablicom 3.3 prikazani su tehnički podaci dizalice topline Vaillant geoTHERM plus VWL 62/3 S izvedbe zrak-voda.

*Tablica 3.3.1 Tehnički podaci Vaillant geoTHERM VWS 61/3, zemlja-voda [9]*

<b>geoTHERM</b>	<b>VWS 61/3</b>	<b>Mjerna jedinica</b>
<b>Nazivni učinak - grijanje</b>	6,1	kW
<b>Dovedena električna energija</b>	1,3	kW
<b>Faktor korisnosti uređaja (COP)</b>	4,7	
<b>Dimenzije (VxŠxD)</b>	1200 x 600 x 840	mm
<b>Težina u pogonskom stanju</b>	147	kg

*Tablica 3.3.2 Tehnički podaci Vaillant geoTHERM VWW 61/3, izvedba voda-voda [9]*

<b>geoTHERM</b>	<b>VWW 61/3</b>	<b>Mjerna jedinica</b>
<b>Nazivni učinak - grijanje</b>	8,4	kW
<b>Dovedena električna energija</b>	1,5	kW
<b>Faktor korisnosti uređaja (COP)</b>	5,6	
<b>Dimenzije (VxŠxD)</b>	1200 x 600 x 840	mm
<b>Težina u pogonskom stanju</b>	145	kg

Tablica 3.3.3 Tehnički podaci Vaillant aroTHERM plus VWL 62/3 S, izvedba zrak-voda [9]

aroTHERM	VWL 62/3 S	Mjerna jedinica
Nazivni učinak - grijanje	5,7	kW
Dovedena električna energija	1,5	kW
Faktor korisnosti uređaja (COP)	3,8	
Dimenzije (VxŠxD)	1200 x 600 x 840	mm
Težina u pogonskom stanju	141	kg
Minimalna temperatura zraka	-20	°C
Maksimalna temperatura zraka	35	°C

Vidljivo iz tablica izvedbi dizalica topline, najveći faktor korisnosti ima izvedba voda-voda dok najmanji faktor korisnosti ima izvedba zrak-voda što opravdava i sama jednostavnost izvedbe pojedinih izvedbi dizalica toplina. Faktor korisnosti uređaja COP (engl. Coefficient of performance) ukazuje na učinkovitost rada uređaja prikazan u obliku omjera između dobivene toplinske energije  $E_t$  i uložene električne energije  $E_e$  potrebne za rad dizalice topline. Faktor korisnosti poželjan je što veći mogući kako bi se za minimalan ulog električne energije dobila što veća izlazna toplinska energija. Izračun faktora korisnosti računa se prema izrazu (3.1):

$$COP = \frac{E_t}{E_e} \quad (3.1)$$

gdje je:

$COP$  faktor korisnosti uređaja

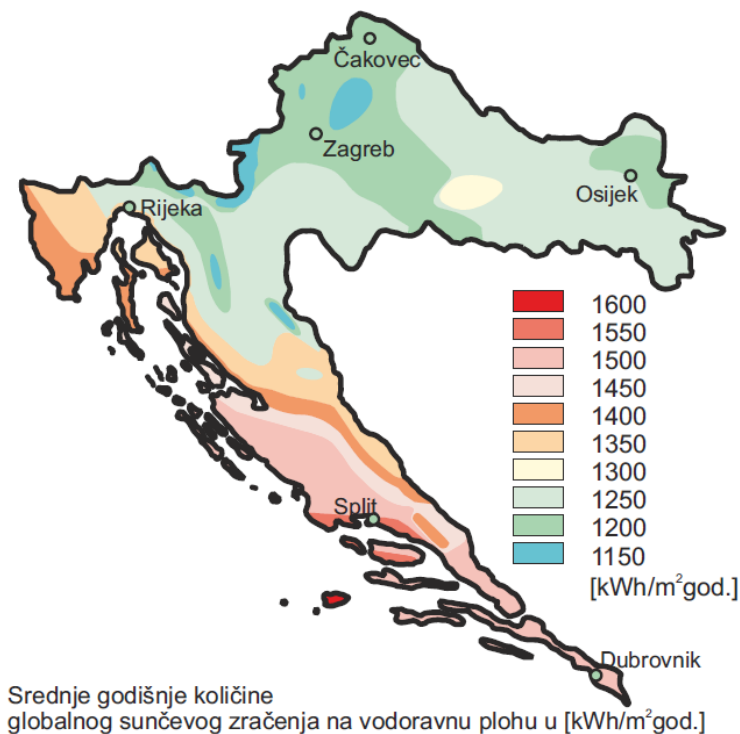
$E_t$  dobivena toplinska energija

$E_e$  uložena električna energija

## 4. SOLARNI SUSTAV

Korištenjem sunčevog zračenja kao dodatnog izvora energije pri grijanju prostora i zagrijavanju potrošne tople vode, može se smanjiti potrošnja konvencionalnih izvora energije kao što su drvo, lož ulje, plin, peleti i slično što rezultira vidljivo smanjenom potrošnjom energenta te ujedno i smanjenjem novčanih troškova grijanja. Osim novčane uštede, velika prednost solarnih kolektora je očuvanje prirode. Smanjenom potrošnjom energenata dolazi do manjeg onečišćenja okoline štetnim tvarima.

Solarni kolektori nemaju jednaku korisnost u svakakvim uvjetima. Na smanjenje korisnosti utječe klima i geografski položaj, doba dana, meteorološke prilike i sama pozicija montaže solarnog kolektora. Diljem Republike Hrvatske primjetne znatne su razlike u količini sunčevog zračenja, zbog toga se na različitim područjima Republike Hrvatske, korisnost solarnih kolektora mijenja. Na Slici 4.1 prikazana je srednja godišnja količina globalnog sunčevog zračenja na vodoravnu plohu što ukazuje na razliku u klimi i poželjnija područja za korištenje solarnih kolektora unutar Republike Hrvatske.



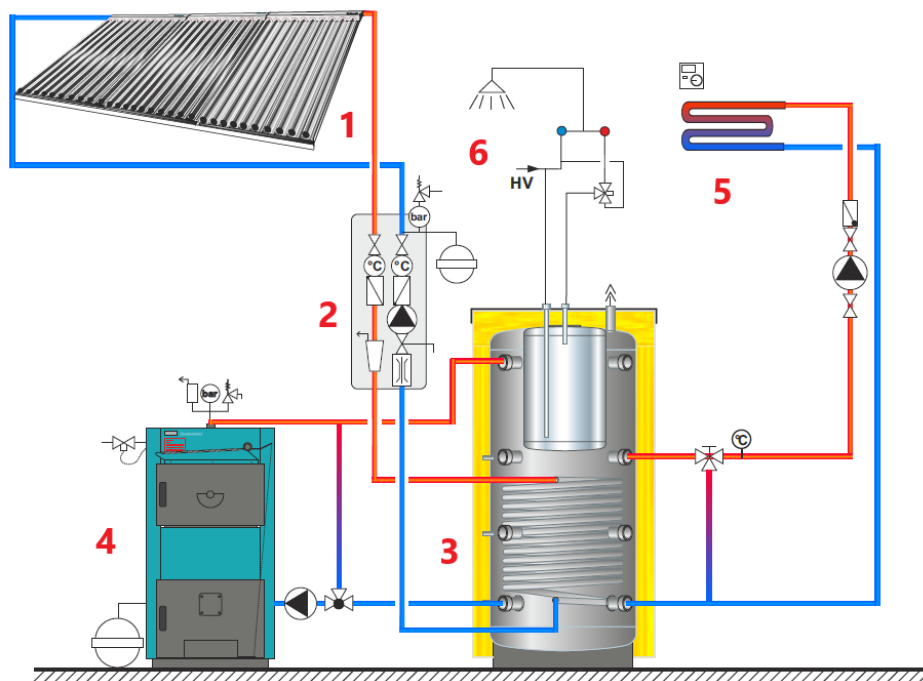
Slika 4.1 Globalno sunčevo zračenje na području R.H. [10]

Globalno sunčevo zračenje, spoj je direktnog zračenja i difuznog zračenja. Direktno zračenje je dio zračenja koji dopire izravno iz prividnog smjera sunca, dok difuzno zračenje nastaje zbog raspršenja sunčevih zraka u atmosferi te na površinu dolazi iz svih smjerova. Zbog prikazanih razlika dozračene sunčeve energije, postoji razlika u odabiru broja i vrste kolektora.

Solarni sustav može se podijeliti na dva načina izvedbe fotonaponski sustav i toplovodni sustav. Fotonaponski sustav pretvara sunčevo zračenje u električnu energiju dok toplovodni sustav pretvara u toplinsku energiju.

#### **4.1. Toplovodni solarni sustav**

U Republici Hrvatskoj za cjelogodišnje potrebe grijanja potrošne tople vode i dogrijavanju vode u sustavu grijanja, solarna energija se ne može koristiti kao samostalni izvor topline, već je potreban i neki konvencionalni izvor topline. Konvencionalni izvor topline služi za popunjavanje nedostataka solarnog sustava, čime se oslabljeni učinak solarnih kolektora prilikom nepovoljnih meteoroloških prilika može upotpuniti u svrhu postizanja optimalnih temperatura vode. U prosjeku, najveća potrošnja tople vode je ujutro i navečer, to nije u skladu s korisnošću solarnih kolektora kojima je najveća korisnost kad je sunce najjače. Kako bi se upotpunio solarni sustav, ugrađuje se i spremnik vode, koji akumulira toplinu kad su solarni kolektori najefikasniji te ju zadržava do trenutka potrošnje čime se osigurava topla voda u jutarnjim i večernjim satima kad nema ili ima manje sunca. Primjer kompletnog solarnog sustava uz konvencionalni izvor topline i akumulacijskim spremnikom vode prikazan je na Slici 4.2.



*Slika 4.2 Primjer kompletnog solarnog sustava [1]*

Gledajući sliku 4.2 broj 1 predstavlja grupu solarnih kolektora u solarnom sustavu. Solarna pumpna grupa koja sadrži sve potrebne elemente za normalno funkcioniranje solarnog sustava označena je brojem 2. Kod zagrijavanja potrošne tople vode i dogrijavanja sustava grijanja, centralno mjesto solarnog sustava čini akumulacijski spremnik sa solarnim izmjenjivačem topline i inox bojlerom za potrošnu toplu vodu koji se nalazi pod brojem 3. Broj 4 označava konvencionalni izvor topline, u slučaju primjera sa slike 3.2 to je kotao na drvenu sječu uz svu popratnu opremu za normalan rad. Potrošnja tople vode za sustav grijanja prikazana je pod brojem 5 koji sadrži izmjenjivač topline kao krajnji element te svu potrebnu popratnu opremu. Finalno brojem 6 prikazan je jednostavni sustav potrošnje pitke tople vode u kućanstvu.

Toplovodni solarni kolektori dijele se na pločaste i cijevne vakuumske kolektore. Pločasti solarni kolektor CPK 7210N Alu prikazan na slici 4.3 i cijevni vakuumski kolektor CVSKC-10 prikazan na slici 4.4 razlikuju se u svojoj konstrukciji. Iako su različite konstrukcije, mogu zagrijati podjednaku količinu vode u ljetnim mjesecima.



*Slika 4.3 Pločasti solarni kolektor CPK 7210N Alu [1]*



*Slika 4.4 Cijevni vakumski kolektor CVSKC-10 [1]*

## **4.2. Fotonaponski solarni sustav**

Fotonaponski sustavi najčešći su sustavi solarnih panela u Republici Hrvatskoj iz samog razloga što je jednostavnija izvedba a električna energija pogodna je za korištenje svih uređaja ne samo sustava centralnog grijanja.

Fotonaponski paneli fotoelektričnim učinkom pretvaraju sunčevo zračenje u električnu energiju. Prikaz montaže fotonaponskih panela na krovu kuće u Slavoniji vidljiv je na slici 4.5.



*Slika 4.5 Prikaz montaže fotonaponskih solarnih panela [11]*

Fotonaponski paneli s obzirom na izvedbu mogu se podijeliti na dvije dominantne izvedbe, monokristalni te polikristalni paneli.

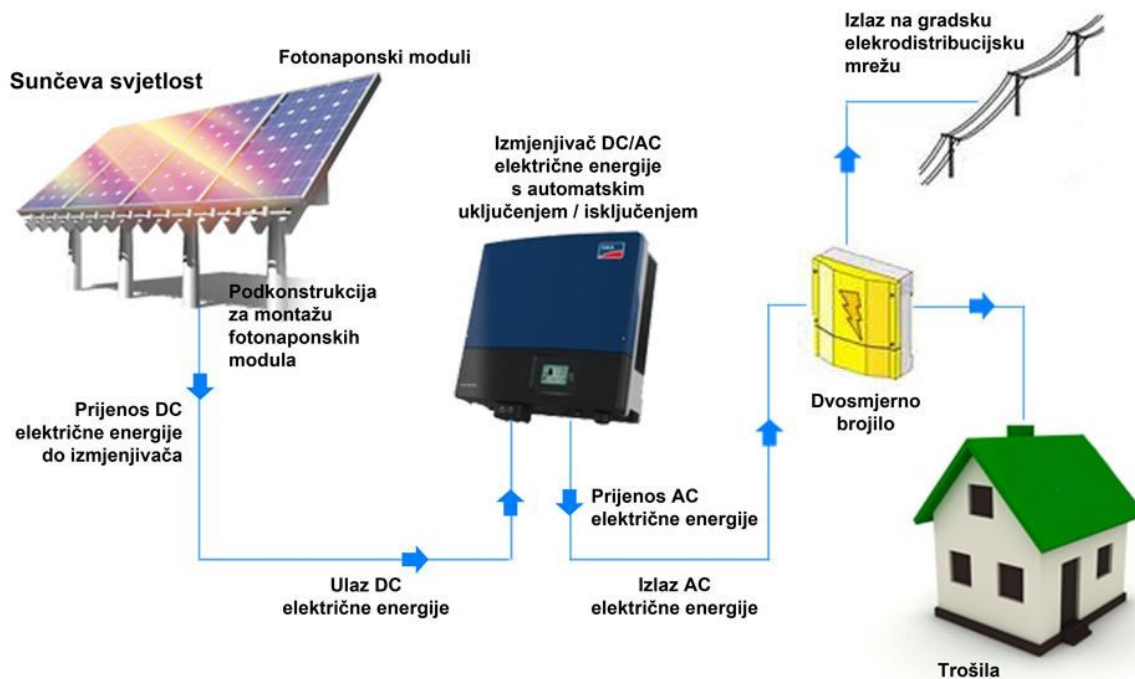
Monokristalni i polikristalni paneli razlikuju se po izgledu i po efikasnosti na što utječe sam njihov proizvodni proces. Materijali solarnih panela jednaki su, tj solarne ćelije su izrađene od silicija, no njihova struktura je značajno različita. Monokristalna izvedba ima solarne ćelije koje se sastoje od jednog kristala silicija, dok polikristalna izvedba sadrži ćelije koje se sastoje od više kristala silicija spojenih zajedno. Takva proizvodna razlika utječe na krajnju cijenu panela ali i na njegovu efikasnost. Monokristalni paneli za istu površinu polikristalnih panela dati će veću snagu, no polikristalni u principu će biti jeftiniji. Monokristalni paneli vrlo su lako vizualno prepoznatljivi, zbog svog oblika solarnih ćelija koje nalikuju osmerokutu što je vidljivo sa slike 4.6. lijevo, dok su polikristalni paneli vidljivi na slici 4.6. desno.



*Slika 4.6 Prikaz monokristalne i polikristalne izvedbe panela [11]*

Rad solarnog sustava vrlo je jednostavan. Generirana istosmjerna električna energija solarnih panela predaje se regulatoru punjenja baterija, iz kojih se naponski pretvarač napaja te pretvara istosmjerni u izmjenični napon. Pretvarač predaje energiju dvosmjernom brojilu distributera električne energije koje regulira smjer toka energije i izvor napajanja trošila kućanstva. Shematski prikaz solarnog sustava vidljiv je na slici 4.7.





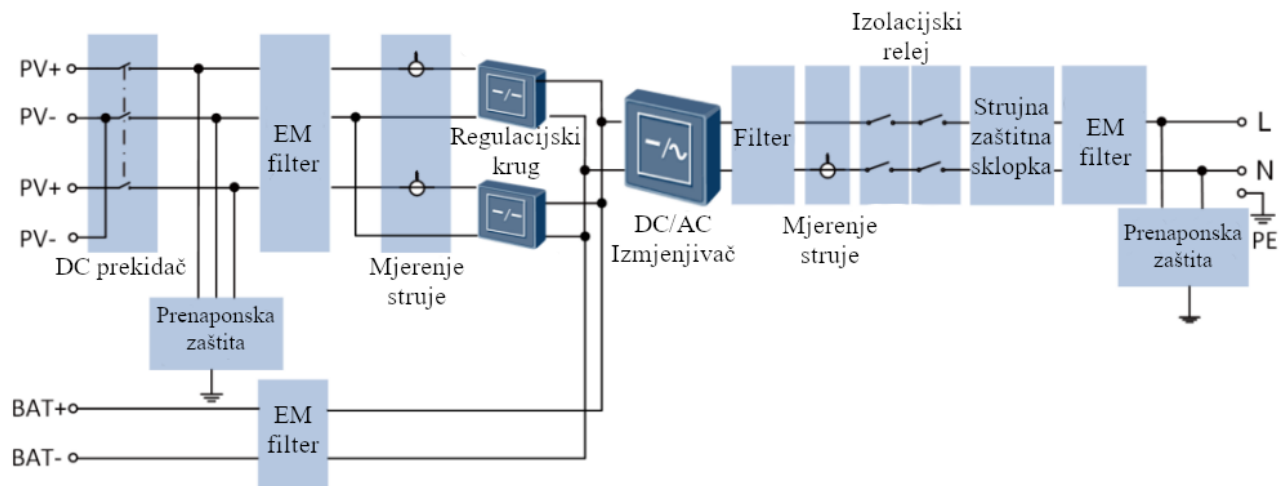
*Slika 4.7 Shematski prikaz solarnog sustava [12]*

Većina izmjenjivača sadrži i integrirani regulator punjenja baterija što smanjuje količinu potrebne opreme i olakšava spajanje cijelog sustava. Kao primjer modernog izmjenjivača na slici 4.8. prikazan je izmjenjivač Huawei SUN2000L.



*Slika 4.8 Izmjenjivač Huawei SUN2000L [13]*

Huawei izmjenjivač na ulaznim priključcima prikuplja generiranu energiju iz dva reda solarnih panela. Izmjenjivač je zaštićen prenaponskom zaštitom spojenom na ulazne priključke te elektromagnetskim filtrom zaduženim za uklanjanje visokofrekventnih šumova s ulaza. Nakon uklanjanja šumova izmjenjivač mjeri proizvodnju obje linije solarnih panela i prema njoj regulira izmjenjivač u svrhu zadržavanja efikasnosti pretvorbe najvećom mogućom. Nakon mjerenja i regulacije izmjenjivača, istosmjerni krug završava s izmjenjivačem koji pretvara istosmjernu u izmjeničnu energiju te ju filtrira od neželjenih harmonika. Izlazom iz izmjenjivača mjeri se dobivena tj. izlazna energija koja se nakon prenaponske zaštite predaje potrošačima. Huawei izmjenjivač sadrži i integrirani krug za punjenje baterija koji uz baterije služi kao kompenzator energije, kojim se viškom proizvodnje i premalom potrošnjom energije pune baterije i skladišti višak električne energije, no u nedostatku energije baterije predaju akumuliranu energiju i time upotpunjuju nedostatak generirane električne energije. Shema izmjenjivača prikazana je slikom 4.9.



Slika 4.9 Shema izmjenjivača Huawei SUN2000L [14]



spoj prve i druge grupe, sadrži stvari koje automatski prema sakupljenim podacima odrađuju zadane zadatke.

Prednost korištenja IOT sustava je brzo i jednostavno prikupljanje informacija bez obzira na udaljenost uređaja zbog kvalitetne komunikacije. Komunikacija IOT sustava je transparentna i učinkovita što uvelike olakšava komunikaciju između uređaja i čini je bržom, što štedi i vrijeme i novac. Osim brze komunikacije, sakupljanje podataka na jednom mjestu omogućuje brzu i laku automatizaciju sustava za razne zadatke što uvelike doprinosi upotrebi i korisnosti IOT sustava. Iako IOT sustav ima velike prednosti, ima i mane. Potreba za zaštitom podataka i obranom od neželjenih pristupa podacima, IOT ima svojstven rizik. Zbog spajanja uređaja na internet informacije IOT sustava nisu nužno zaštićene i lako se može doći do istih podataka te iste zloupotrijebiti, no u potrebi za većom zaštitom podataka, IOT mreža može se odvojiti s interneta te je lokalizirati, što uvelike povećava zaštitu podataka i sprječava neželjeno curenje podataka.

## 6. OPREMA PROJEKTA

U ovom poglavlju prikazat će se integracija dizalice topline uz solarne panele kao obnovljivi izvor energije za dogrijavanje vode u IOT sustav te automatizacija procesa grijanja i hlađenja uz jednostavno korisničko sučelje dostupno na svim uređajima.

### 6.1. Odabir opreme sustava

Dizalica topline korištena kao primjer za realizaciju projekta je Bosch Compress 3000 AWS. Bosch Compress 3000 AWS omogućuje veliko područje učinka od 4 do 15 kW, te zbog izvedbe zrak-voda iziskuje niže troškove ulaganja i prigodna je za široku primjenu. Dizalica topline Bosch Compress 3000 AWS prikazana je slikom 6.1 a njeni tehnički podatci dani su u tablici 6.2.



*Slika 6.1 Bosch Compress 3000 AWS vanjska jedinica [16]*

Tablica 6.1 Bosch Compress 3000 AWS tehnički podaci [16]

Podaci za model ODU Split 8	Vrijednost
Nazivna toplinska snaga uz više temperature grijanja (55°C)	5,4 kW
COP grijanja uz više temperature grijanja	4,8
Nazivna toplinska snaga uz niže temperature grijanja (35°C)	7,2 kW
Snaga hlađenja	8 kW
Maksimalna temperatura vode u prolazu bez pomoćnog grijača	57°C
Najniža temperatura vode u prolazu pri hlađenju	7°C
Raspon vanjske temperature za rad grijanja	-20°C do +35°C
Raspon vanjske temperature za rad hlađenja	+10°C do +45°C

Oprema za predaju topline koja bi omogućila grijanje prostora zimi ali i hlađenje prostora ljeti je ventilokonvektor. Ventilokonvektor radi na principu izmjene temperature izmjenjivača topline s okolnim zrakom. Dizalica topline grije ili hladi vodu koja prolazi izmjenjivačem kroz koji cirkulira zrak koji se pritom grije ili hladi prije izlaza iz ventilokonvektora. U ovom primjeru koristi se ventilokonvektor Gree FP-51LM/D-K. Prikaz ventilokonvektora vidljiv je na slici 6.2. te njegovi tehnički podaci su prikazani tablično u tablici 6.2.

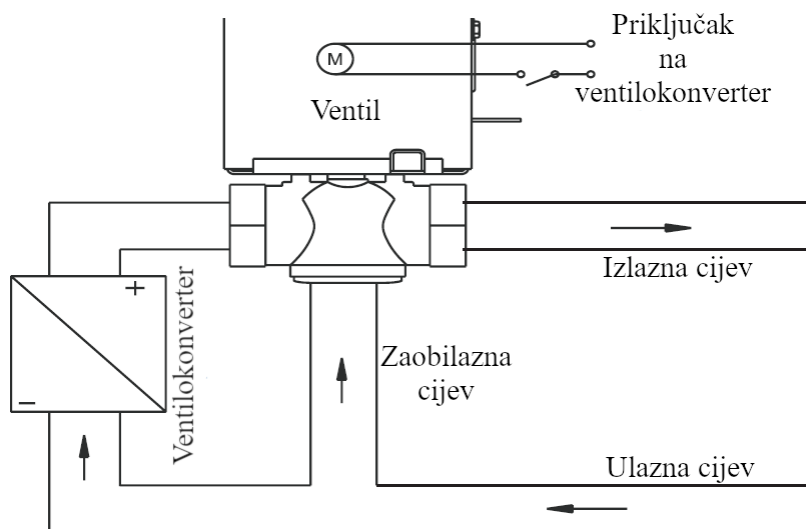


Slika 6.2 Ventilokonvektor Gree FP-51LM/D-K [17]

Tablica 6.2 Tehnički podaci ventilokonvektora Gree FP-51LM/D-K [17]

Podaci	Vrijednosti
Protok zraka ovisno o brzini ventilatora	420/500/580 m <sup>3</sup> /h
Snaga grijanja	3,4 kW
Snaga hlađenja	2,8 kW
Ulazna snaga	56 W

Ventilokonvektor zahtijeva dodatan električni ventil za upravljanje smjerom toka vode sustava kroz izmjenjivač topline ili zaobilaznom cijevi čime se postiže uključivanje ili isključivanje ventilokonvektora. Spajanje i montaža ventila ventilokonvektora prikazano je na slici 6.3. Odabir ventila prepušta se klijentu jer nije od velikog značaja, jedine potrebne specifikacije su 230V priključak i dopuštena prolazna temperatura 55°C.



Slika 6.3 Spajanje ventila ventilokonvektora [17]

Kako bi se što više iskoristilo obnovljive izvore energije te dugoročno smanjili troškovi potrošnju dizalice topline i ostalih potrošača kućanstva nadopunit će solarna elektrana. U ovom projektu koristit će se solarna elektrana snage 5 kW dovoljne za opskrbu energijom prosječnog kućanstva u svrhu

samoopskrbe električnom energijom. Glavni element solarne elektrane je sam inverter, te će se u ovom primjeru koristiti prije navedeni Huawei SUN2000L-5KTL. Tehnički podaci invertera dani su tablicom 6.3. te slikom 6.4. prikazan je spojen i montiran inverter.

*Tablica 6.3 Tehnički podaci Huawei SUN2000L-5KTL*

Podatak	Huawei SUN2000L-5KTL
Maksimalna efikasnost	98,6 %
Nominalna efikasnost	98 %
Preporučena maksimalna snaga panela	7500 W <sub>p</sub>
Maksimalan ulazni napon linije	600 V
Raspon napona rada	90 V do 600 V
Nazivna izlazna snaga	5000 W
Nazivni izlazni napon	220 V / 230 V / 240 V
Nazivna frekvencija	50 Hz / 60 Hz
Maksimalna izlazna struja	25 A
Radna temperatura okoline	-30°C do 60°C
Komunikacija	RS485, WLAN
Zaštita	IP65

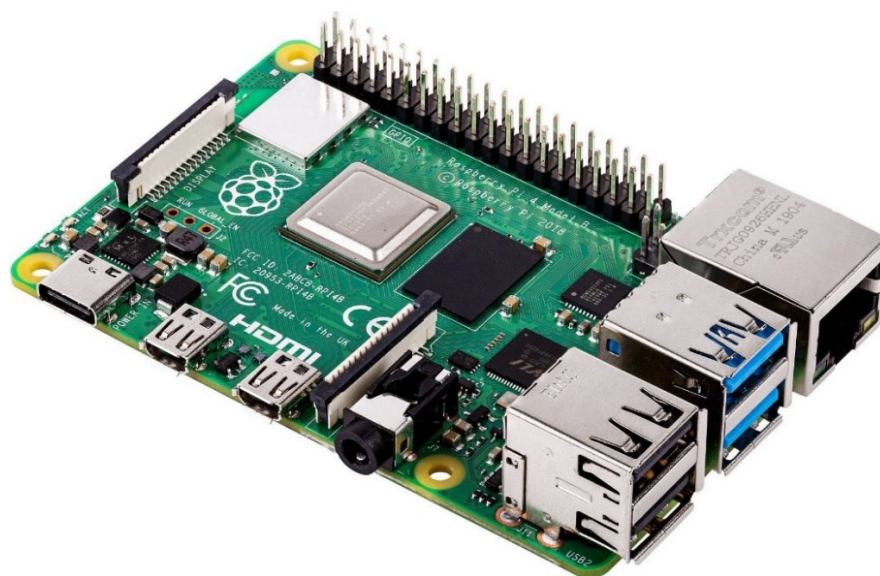




*Slika 6.4 Prikaz montaže invertera Huawei SUN2000L-5KTL*

## **6.2. Odabir IOT opreme**

Kako bi se postiglo jednostavno upravljanje svim komponentama sustava, jednostavan pregled i pristup svim podacima potrebno je spojiti sve u jedan zajednički IOT sustav. Uzimajući u obzir sigurnost podataka i samih uređaja, IOT sustav odvajamo od interneta te stvaramo lokalnu inačicu sustava. Kako bi stvorili lokalnu IOT mrežu, potreban nam je način sakupljanja podataka sa svih uređaja i senzora te mogućnost slanja podataka istima, tu ulogu na sebe preuzima minijaturno računalo Raspberry Pi prikazan na slici 6.5.



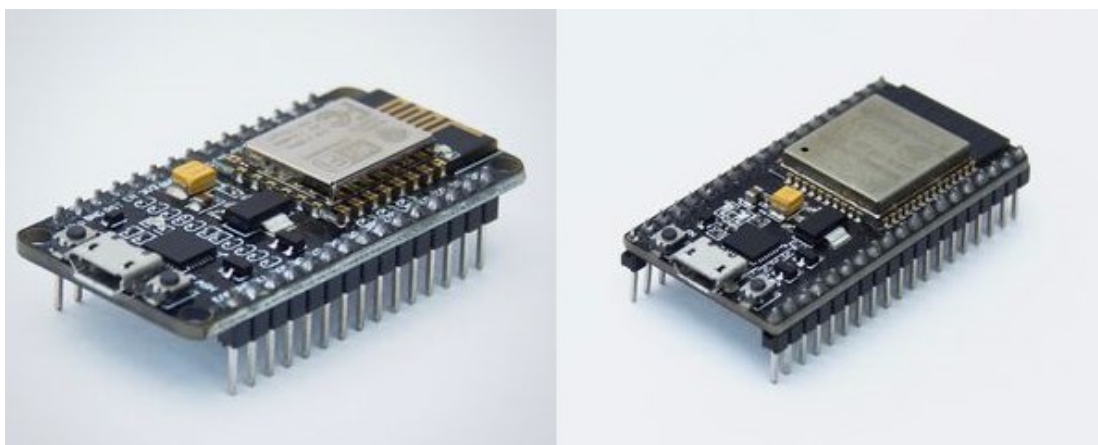
*Slika 6.5 Raspberry Pi 4 [18]*

Razlog odabira minijaturnog računala kao što je Raspberry Pi 4 je prvenstveno zbog velike snage u malom pakiranju. Malim dimenzijama omogućuje montažu na skriveno mjesto kako ne bi vizualno narušavao prostor te svojom malom potrošnjom omogućuje uštedu energije naprema standardnim stolnim računalima. Raspberry Pi 4 sadrži USB 2.0 i 3.0 utore, ethernet priključak, a uz to ima integriranu WiFi i bluetooth karticu što ga čini vrlo prilagodljivim za razne primjene a posebice se ističe dvostrukim izlazom za monitor preko mikro hdmi priključka koji podržavaju čak i 4k rezoluciju. Tehnički podaci Raspberry Pi 4 dani su u tablici 6.4.

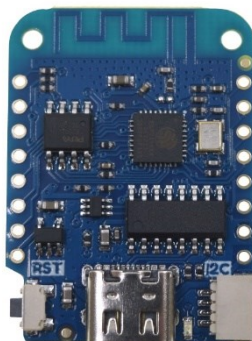
*Tablica 6.4 Tehnički podaci za Raspberry Pi 4 [19]*

Podaci	Vrijednosti
Radna memorija	1GB/2GB/4GB/8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Procesor	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit, 1.5GHz
Radna temperatura prostora	0°C do 50°C
Napajanje	5V, 3A, 15,3W

Uređaji za prikupljanje podataka tj. senzori potrebni za kontrolu i upravljanje integrirani će se u IOT sustav preko poznatih ESP modula. ESP moduli mikrokontroleri su slični Arduino mikrokontrolerima, no uz razliku integrirane WiFi i bluetooth komunikacije ovisno o modelu ESP modula. Na slici 6.6. prikazani su od lijevo prema desno ESP8266 NodeMCU modul, NodeMCU ESP32 modul. Manja izvedba ESP modula, D1 mini modul prikazan je na slici 6.7.



*Slika 6.6 Prikaz ESP modula NodeMCU ESP8266 i ESP32 [20]*



*Slika 6.7 Prikaz ESP modula D1 mini [21]*

Usporedba ESP modula sa njihovim tehničkim podacima vidljiva je u tablici 6.5.

*Tablica 6.5 Tehnički podaci ESP modula*

Podaci	NodeMCU ESP8266	NodeMCU ESP32	D1 mini
Ulazno Napajanje	5V Micro USB ili 5V pin	5V Micro USB ili 5V pin	5V Micro USB
Radno napajanje procesora	3,3V	3,3V	3,3V
Takt procesora	80 MHz	160 MHz	80 MHz
Broj ulaza/izlaza	17	39	11
Wifi	2.4G-2.5G, 802.11 b/g/n	2.4G-2.5G, 802.11 b/g/n	2.4G-2.5G, 802.11 b/g/n
Bluetooth	Ne	V4.2	Ne

Ovisno o namjeni, vrsti spajanja senzora i njihovoj količini koristit će se odgovarajući modul. Prikupljanje podataka o temperaturi i vlazi vršit će se putem Xiaomi bluetooth senzora koji svojim elegantnim dizajnom pašu svakom interijeru bez narušavanja izgleda te na jednostavan način bez velikog utroška energije prikazuju podatke o temperaturi i vlazi te iste šalju u IOT mrežu. Xiaomi Mijia bluetooth senzor temperature i vlage prikazan je na slici 6.8.



*Slika 6.8 Xiaomi Mijia bluetooth senzor [22]*

Kako bi pratili trenutnu potrošnju kućanstva te proizvodnju solarnih panela, koristit će se mjerač energije PZEM-016 koji omogućuje mjerenje napona, struje i faktora snage te koristeći te podatke izvršava proračun snage. Prednost PZEM-016 je u modbus komunikaciji koja omogućuje jednostavno slanje podataka u IOT sustav. Mjerač energije PZEM-016 prikazan je na slici 6.9.



*Slika 6.9 Mjerač energije PZEM-016 [23]*

Prikupljanje podataka s dizalice topline izvršava se pomoću dodatnog modula Husdata H60 baziranog na ESP8266 modulu. H60 modul omogućit će jednostavno prikupljanje i slanje podataka dizalici topline te podržava velik broj dizalica toplina raznih izvedbi što ga čini vrlo popularnim rješenjem. Husdata H60 modul prikazan je na slici 6.10.



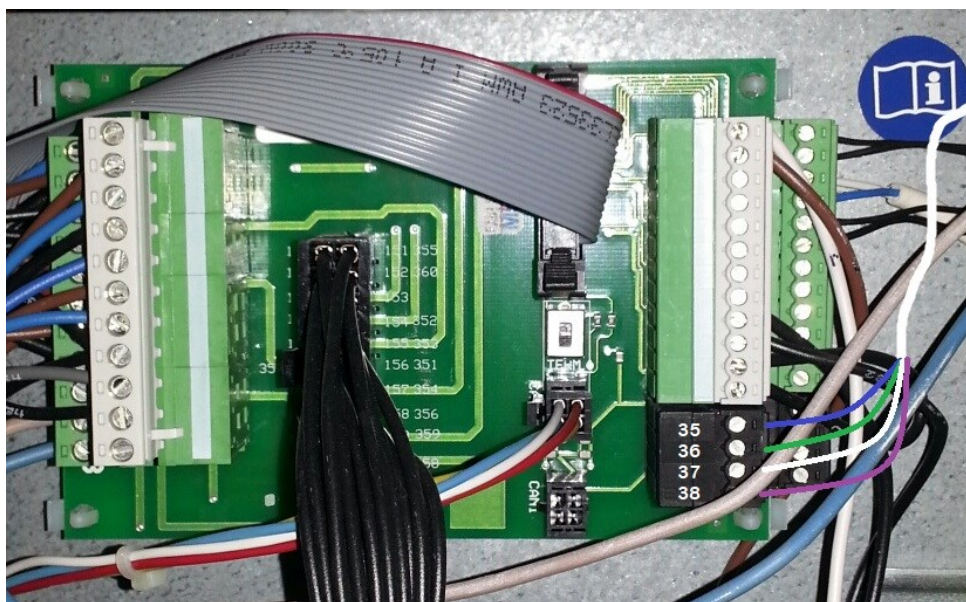
*Slika 6.10 Husdata H60 ESP modul [24]*

## **7. REALIZACIJA PROJEKTA**

Realizacija projekta omogućena je korištenjem fleksibilnog programa kućne automatizacije Home Assistant čiji su prioriteti privatnost i lokalna kontrola. Home assistant omogućuje integraciju od preko tisuću različitih uređaja i servisa te svojom funkcijom mjerenja energije omogućuje integraciju solarnih sustava i praćenje potrošnje kućanstva, proizvodnje energije solarnih panela te sam tok energije u sustavu te uz sve to omogućuje jednostavan prikaz podataka u raznim vremenskim intervalima. Prioritiziranjem privatnosti i lokalne kontrole omogućuje se zadržavanje svih podataka lokalno gdje se i obrađuju, bez slanja podataka u oblak.

### **7.1. Integracija opreme**

Nakon jednostavne instalacije Home Assistanta na Raspberry Pi 4 prateći online dokumentaciju, sve je spremno za integraciju opreme u IOT sustav. Integraciju opreme započinjemo s integracijom dizalice topline i modula Husdata H60. H60 modul s originalnim priključkom spaja se na servisni port dizalice topline koji omogućuje modulu komunikaciju sa samom dizalicom ovisno o dizalici topline postoji različiti dizajn pločica, no u dokumentaciji modula H60 detaljno je prikazano spajanje modula, primjer spajanja modula H60 na pločicu dizalice topline prikazan je na slici 7.1.



*Slika 7.1 Servisni priključak pločice Bosch Rego 1000 [24]*

Postavljanje modula H60 vrši se njegovim korisničkim sučeljem što je opisano u dokumentaciji modula. Nakon uspješnog postavljanja modulu je omogućeno čitanje podataka s dizalice topline i njihovo prosljeđivanje u naš IOT sustav. H60 omogućuje modbus komunikaciju te MQTT WiFi komunikaciju. U ovom projektu koristiti će se MQTT komunikacija za slanje i primanje podataka s Home Assistanta. Kako bi se omogućila MQTT komunikacija s Home Assistantom potreban je MQTT server za obradu podataka što Home Assistant omogućuje sa svojim brojnim integracijama preko integracije Mosquitto brokera. Mosquitto broker omogućuje slanje i primanje podataka preko MQTT protokola u lokalnoj mreži. Integracijom brokera H60 modul šalje prikupljene podatke te se isti mogu koristiti unutar Home Assistanta.

Integracija ventilokonvektora isto se vrši preko dodatnog modula, u našem slučaju modula NodeMCU ESP8266 u kombinaciji s infracrvenim odašiljačem koji mijenja ulogu daljinskog upravljača. Ovaj način integracije ventilokonvektora izbjegava otvaranje kućišta i omogućuje jednostavno upravljanje. Programiranje NodeMCU ESP8266 modula s infracrvenim odašiljačem vrši se preko Home Assistant integracije ESP Home koja omogućuje jednostavno programiranje modula, prikupljanje i slanje podataka preko WiFi mreže te bežičnu izmjenu programa što uvelike olakšava proces. ESP Home integracija prikazana je na slici 7.2.

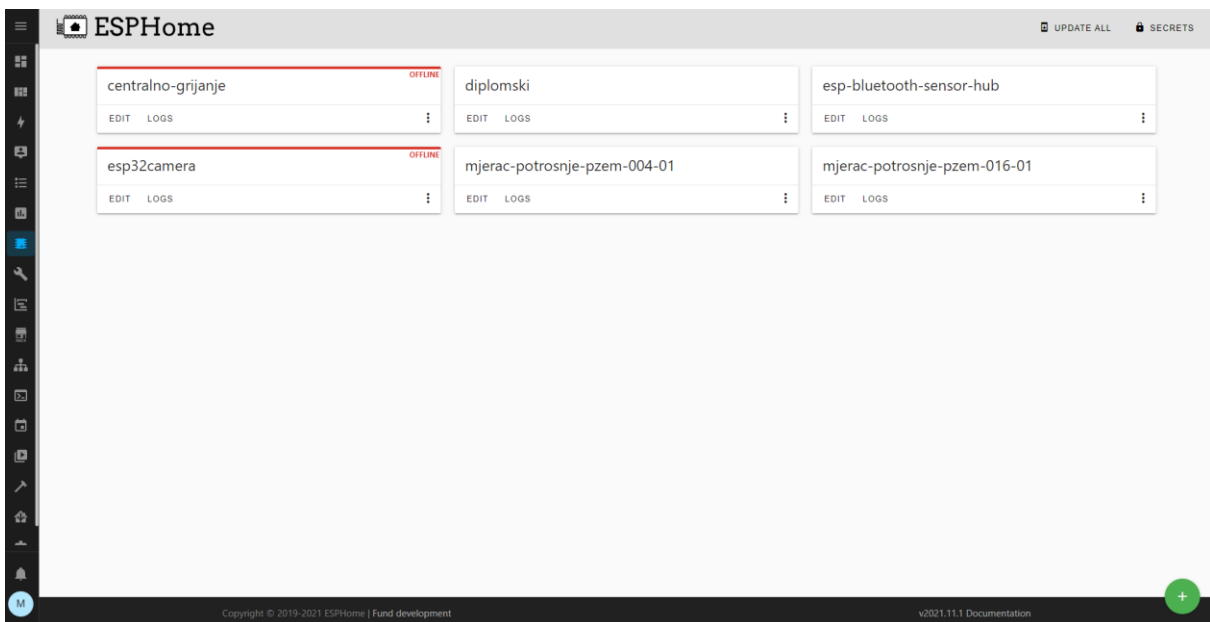


# ESPHome



*Slika 7.2 ESP Home integracija sa primjerom hardvera i softvera [25]*

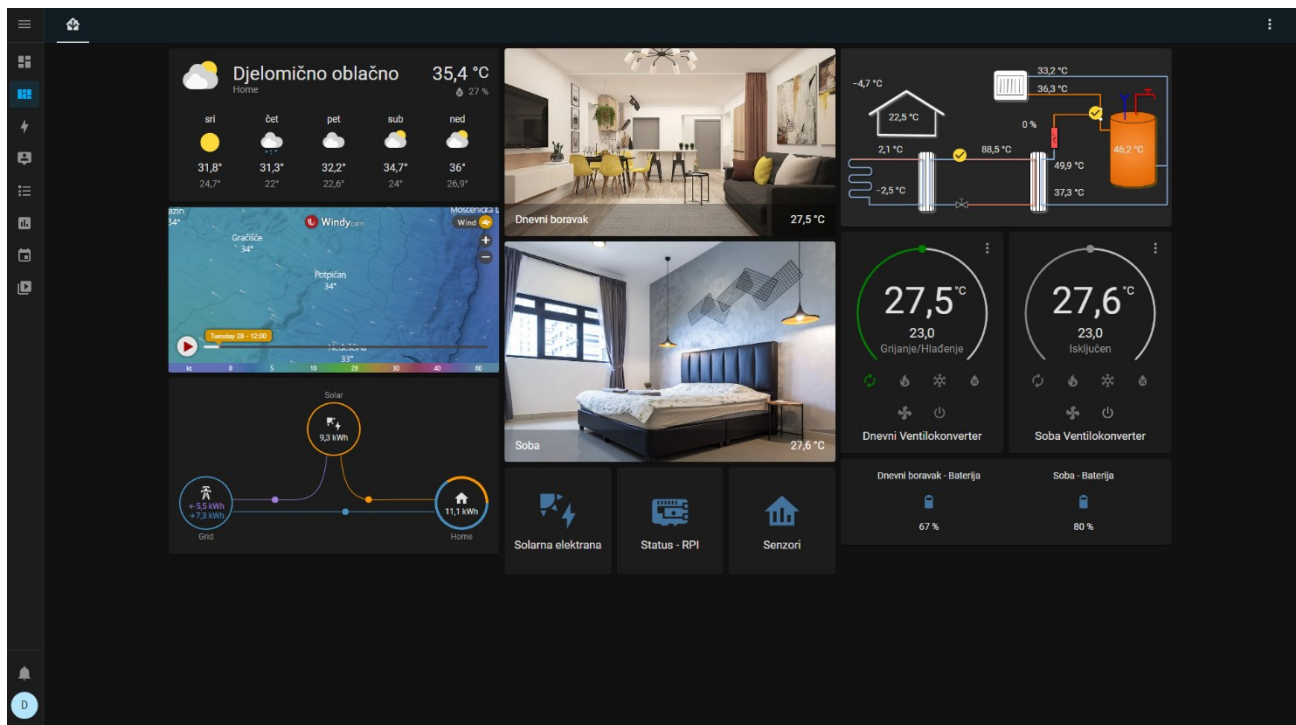
ESP home integracijom omogućava se integracija svih ESP modula te ostalih korištenih senzora projekta. Mjerači energije integrirani su u IOT sustav preko minijaturnog D1 mini modula, Xiaomi senzori temperature integrirani su preko ESP32 modula koji podržava bluetooth komunikaciju. Svi senzori prikazuju se u sučelju integracije s mogućnošću uređivanja programa i bežične izmjene istog. Prikaz ESP Home sučelja prikazan je na slici 7.3.



*Slika 7.3 Prikaz ESP Home sučelja*

## 7.2. Korisničko sučelje

Korisničko sučelje je ključan dio IOT sustava koji zahtijeva jednostavan pregled željenih informacija i jednostavan pristup kontroli sustava i uređaja. Osim preglednosti sučelja potrebna je i prilagodba na različite rezolucije ekrana radi prilagodbe svim uređajima bez stvaranja sučelja za svaki uređaj zasebno. Home Assistant omogućuje stvaranje više korisničkih sučelja no ujedno i prilagodbu sučelja na razne rezolucije. Iako Home Assistant prilagođava prikaz sučelja svakom uređaju, potrebno je smisljeno slaganje sučelja kako bi se zadržao smislen pregled svih informacija. U ovom projektu izrađeno je sučelje s umom na estetiku, prikaz na svim uređajima i jednostavnost korištenja. Glavni ekran korisničkog sučelja rezolucije 1920px×1080px prikazan je na slici 7.4.



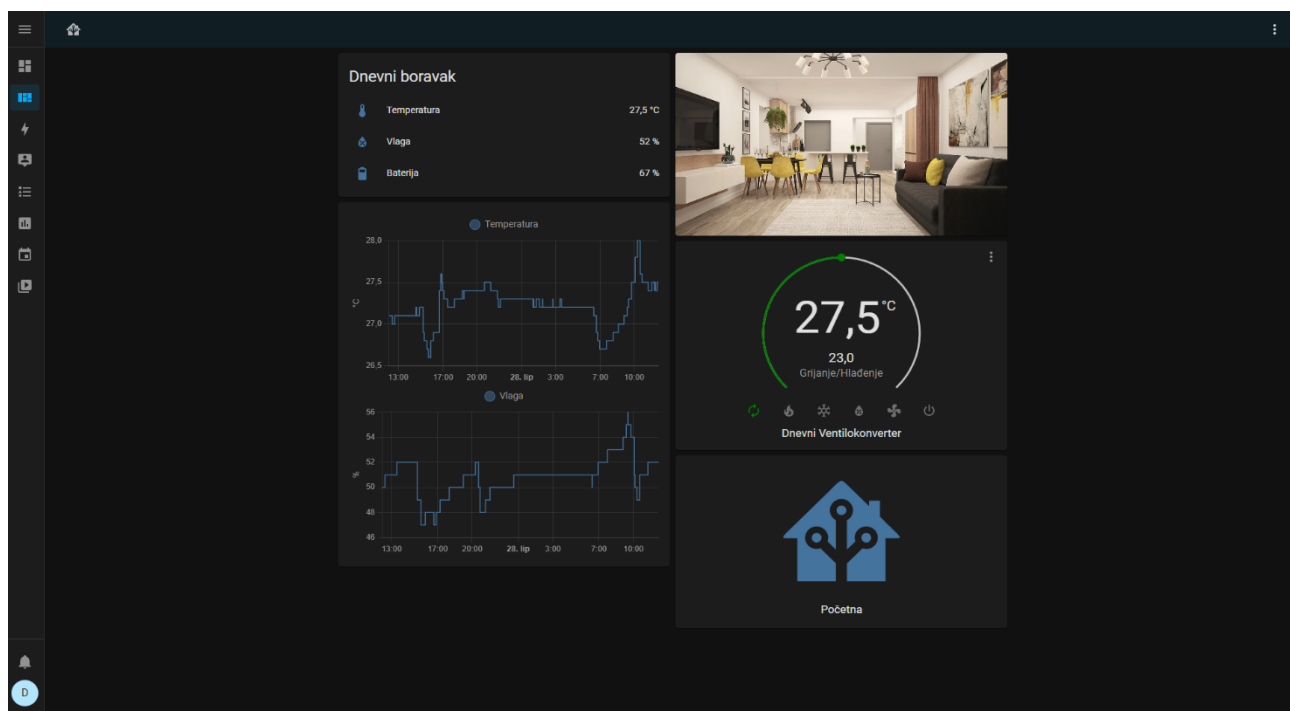
Slika 7.4 Glavni ekran korisničkog sučelja rezolucije 1920×1080

Glavni ekran sa slike 7.4. omogućuje jednostavan pregled stanja sustava te njegovu kontrolu na jednostavan i estetski pristojan način. Sadržaj ekrana minimalistički je sastavljen te sadrži vremensku prognozu u prvom stupcu koji omogućuje korisniku uvid u prognozu kroz cijeli tjedan, očekivane

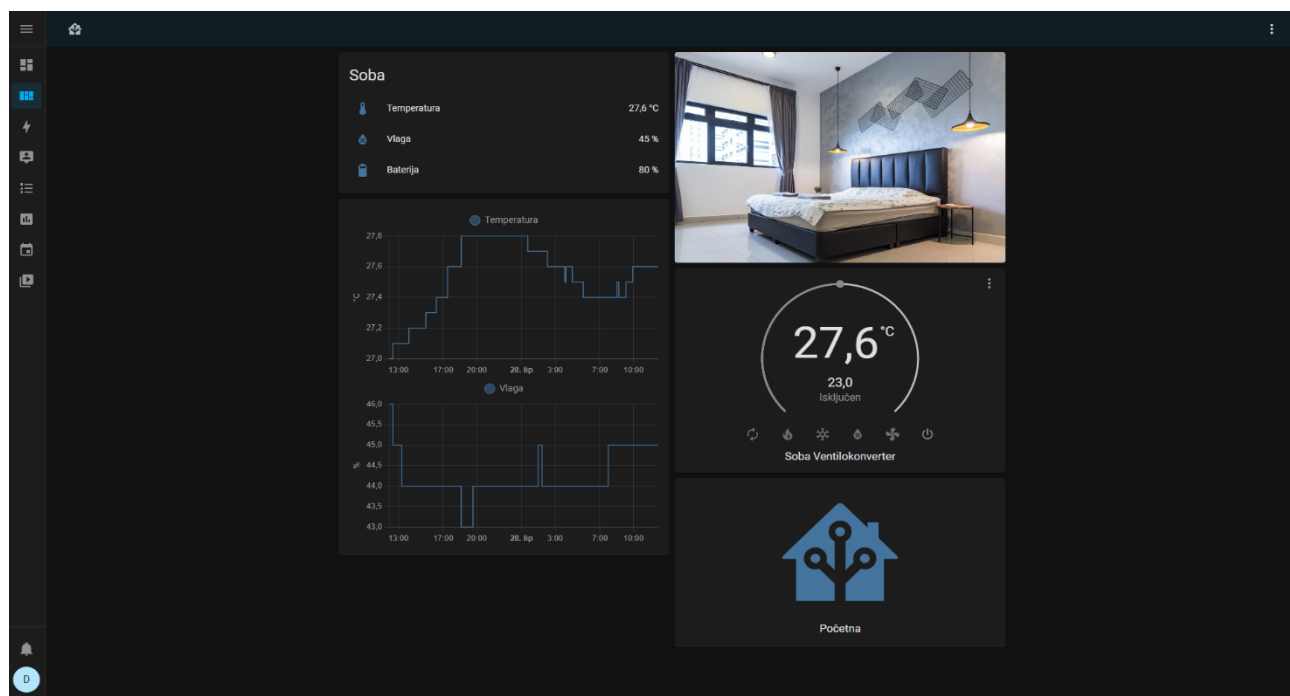
temperature te današnja temperatura i vlaga zraka. U prvom stupcu ispod vremenske prognoze smještena je interaktivna mapa koja korisniku omogućuje prikaz raznih podataka kao što su temperatura, smjer i jačina vjetra, sunčevo zračenje, valovi i mnogo drugih podataka u stvarnom vremenu kao i u prognozi za ostatak dana. Nakon pogleda na prognozu prikazan je sustav solarne elektrane i potrošnje kućanstva, gdje je bojama prikazan tok energije u stvarnom vremenu, potrošnja kućanstva, energija proizvedena solarnim panelima, energija kupljena iz mreže te energija vraćena u mrežu. Drugi stupac glavnog ekrana je navigacijski stupac u kojem je prvom karticom prikazan dnevni boravak i temperatura u njemu, drugom karticom prikazana je soba i temperatura sobe te trećom karticom prikazane su tipke za navigaciju na daljnje detaljnije stranice sučelja, podaci solarne elektrane, status sustava te kolekcija podataka senzora. Treći stupac je kontrolni stupac u kojem su prvom karticom prikazani prikupljeni podaci dizalice topline, klikom na bilo koji podatak otvaraju se detaljniji prikazi odabranog senzora. Drugom karticom trećeg stupca omogućuje se upravljanje ventilokonvektorima dnevnog boravka i sobe, postavljanje ženjene temperature uz pregled trenutne te postavljanje moda rada. Zadnja kartica trećeg stupca jednostavan je prikaz postotka napunjenosti baterije senzora temperature dnevnog boravka i sobe kako bi se lako uočila potreba za zamjenu baterija.

Klikom na dnevni boravak ili sobu, korisniku se prikazuje detaljan prikaz senzora prostorije i kontrola grijanja ili hlađenja, istim principom klikom na prikaz dizalice topline korisnik pristupa detaljnim informacijama i kontrolama dizalice topline.

Detaljni ekran prostorija dnevnog boravka ili sobe prikazuje se klikom na željenu prostoriju s početnog ekrana te korisnika dovodi do prikaza dnevnog boravka i sobe respektivno sa slika 7.5. i 7.6.



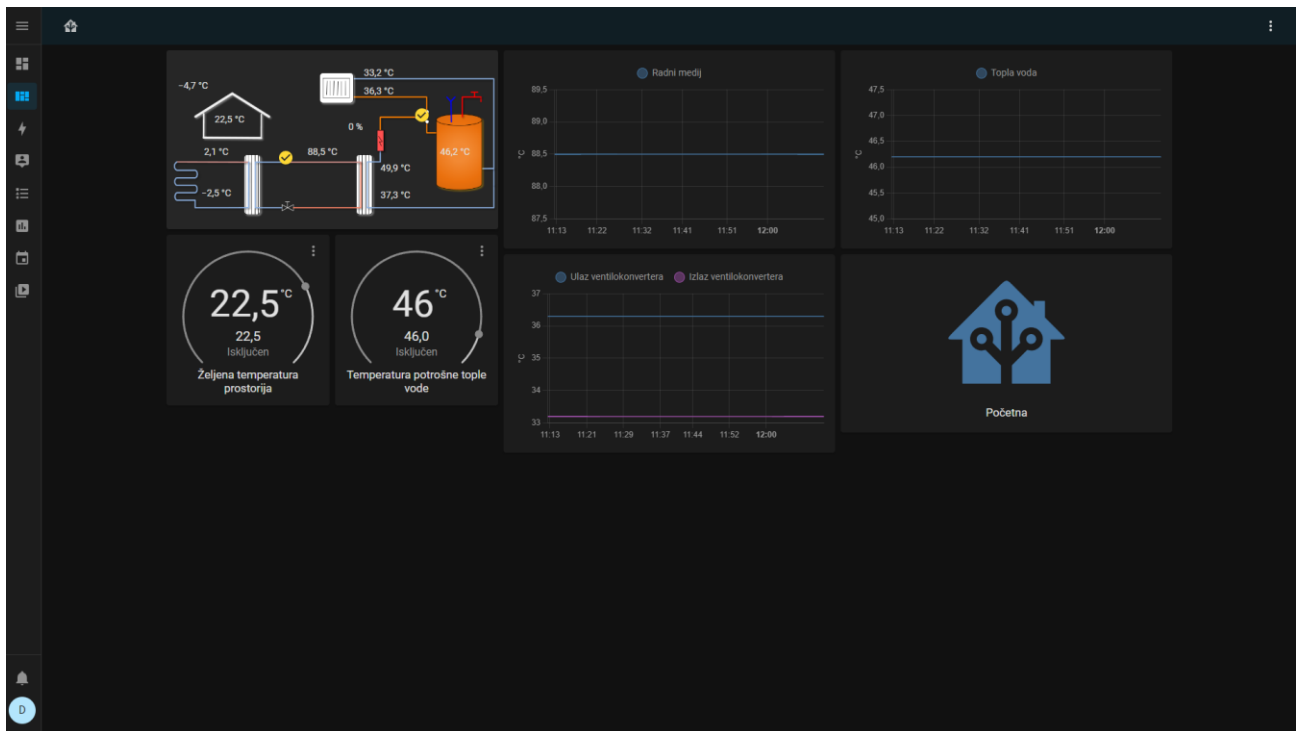
*Slika 7.5 Detaljni prikaz dnevnog boravka rezolucije 1920×1080*



*Slika 7.6 Detaljni prikaz sobe rezolucije 1920×1080*

U detaljnim prikazima prostorija sa slika 7.5. i 7.6. prikazani su sadržani uređaji prostorije i njihovi relevantni podaci. Prvi stupac prikazuje podatke Xiaomi senzora, na jednostavan se način obuhvaća trenutne vrijednosti senzora brojčanim vrijednostima a za detaljniji pregled zaduženi su grafovi senzora temperature i vlage u prostoriji. Boljim pogledom na grafove temperature i vlage prostorija primjetna je razlika u intervalima mjerenja senzora kao i u razini baterije, vidljivo je da učestalijim mjerenjima dolazi do veće potrošnje baterije senzora. Drugi stupac prikaza prostorija sadrži kontrolni termostat prostorije identičan početnom ekranu koji omogućuje upravljanje ventilokonvektorom prostorije. Zadnja kartica vraća korisnika na početni ekran.

Klikom na općeniti prikaz dizalice topline s početnog ekrana korisnik ulazi u detaljni prikaz rada dizalice topline prikazan slikom 7.7.



*Slika 7.7 Detaljan prikaz sustava dizalice topline rezolucije 1920×1080*

Prvim stupcem detaljnog prikaza dizalice topline sa slike 7.7 prikazan je opći prikaz sustava sa svim vrijednostima senzora, koji omogućuje jednostavan pregled sustava te ujedno klikom na željeni senzor

prikazuje graf vrijednosti senzora kroz vrijeme. Druga kartica prvog stupca korisniku omogućuje podešavanje parametara dizalice topline, postavnu temperaturu prostorije i temperaturu potrošne tople vode. Ostatak ekrana zauzima detaljan prikaz vrijednosti temperatura ulaznog i povratnog voda grijanja i hlađenja te vrijednost temperature radnog medija i tople vode. Zadnja kartica omogućuje povratak na početni glavni ekran. Vrijednosti općeg prikaza bit će prikazane ovisno o dostupnim vrijednostima dizalice topline, u ovom projektu korišten je prikaz svih vrijednosti što omogućuje prikaz vrijednosti neovisno o korištenoj dizalici topline.

Prelazak na detaljniji prikaz solarne elektrane i mjerača energije moguć je klikom na gumb solarne elektrane s početnog glavnog ekrana, čime se pristupa prikazu sa slike 7.8.



Slika 7.8 Detaljniji prikaz sustava solarne elektrane rezolucije 1920×1080

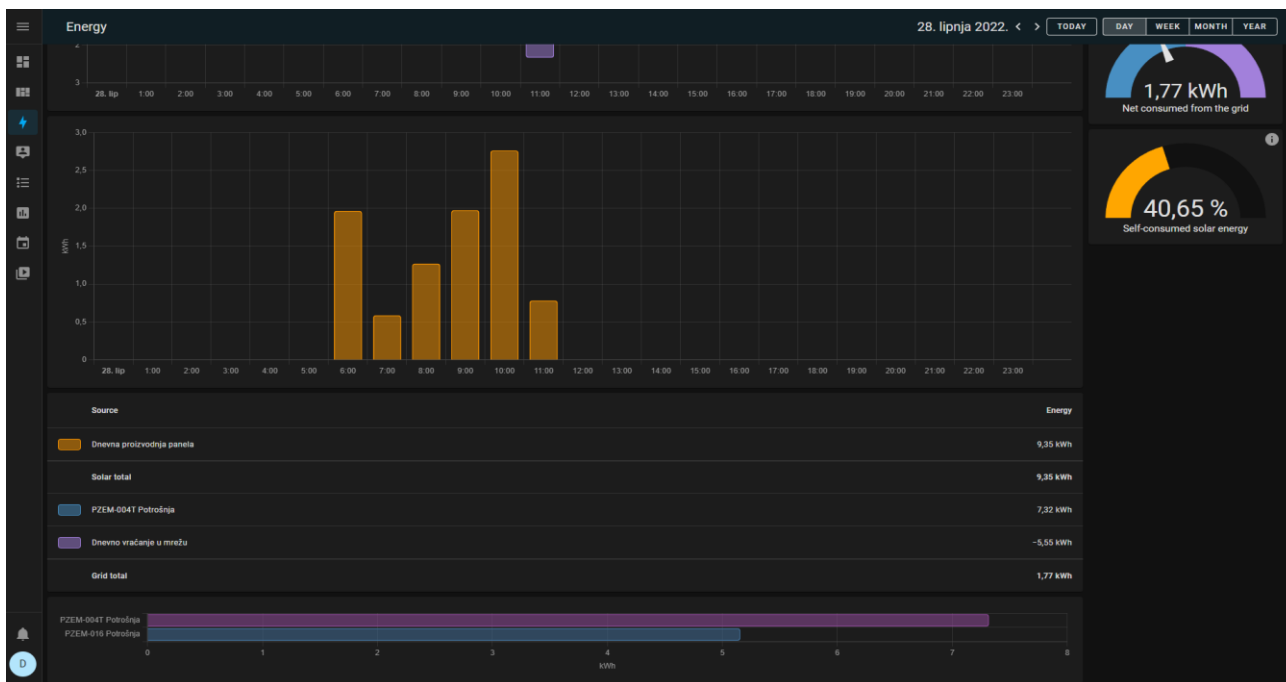
Sa slike 7.8 vidi se detaljniji prikaz sustava solarne elektrane i mjerača energije. U prvom stupcu prvom karticom prikazana je trenutna snaga solarnih panela u jednostavnom prikazu, maksimalna vrijednost iznosi koliko i maksimalna snaga invertera što je 5000 W a minimalna snaga je 0 W. Druga

kartica prvog stupca prikazuje dvije vrijednosti, prva je postotak proizvedene električne energije utrošen na vlastitu potrošnju, drugi podatak je prikaz većinske potrošnje ili proizvodnje gdje je plava boja potrošnja iz mreže a ljubičasta boja vraćanje u mrežu. Ovisno o poziciji strelice, nalazi li se u plavoj ili žutoj boji podatak govori koliko je više kWh kupljeno iz mreže ili vraćeno u mrežu. Zadnja kartica prvog stupca prikazuje opći prikaz energetskog sustava identičan s početnog ekrana. Drugi stupac prikaza prikazuje detaljnije podatke o sustavu, prva kartica prikazuje trenutnu snagu panela, trenutnu snagu korištenu iz mreže, trenutnu snagu vraćenu u mrežu te trenutnu potrošnju kućanstva. Druga kartica drugog stupca pokazuje podatke o energiji, dnevnu proizvodnju panela, dnevnu kupnju električne energije te dnevno vraćanje u mrežu. Kako bi detaljnije pratili stanje sustava grafovi omogućuju prikaz stanja sustava te vrijeme izlaska i zalaska sunca, treća kartica drugog stupca prikazuje graf s vremenom izlaska i zalaska sunca te graf s vrijednostima dnevne proizvodnje panela, dnevno vraćanje u mrežu te dnevna kupnja iz mreže. Trećim stupcem prikazuje se snaga panela ovisno o doba dana te podaci mjerača energije snaga kupljena iz mreže te snaga vraćena u mrežu. Zadnjom karticom omogućen je povratak na početni ekran ili na još detaljniji prikaz energetskog sustava.

Pritiskom na detaljan prikaz sa slike 7.8. prikazuje se detaljni prikaz proizvedene, utrošene, prodane i kupljene snage prikazan slikama 7.9. i 7.10.



Slika 7.9 Detaljan prikaz energetskeg sustava rezolucije 1920×1080



Slika 7.10 Detaljan prikaz energetskeg sustava rezolucije 1920×1080



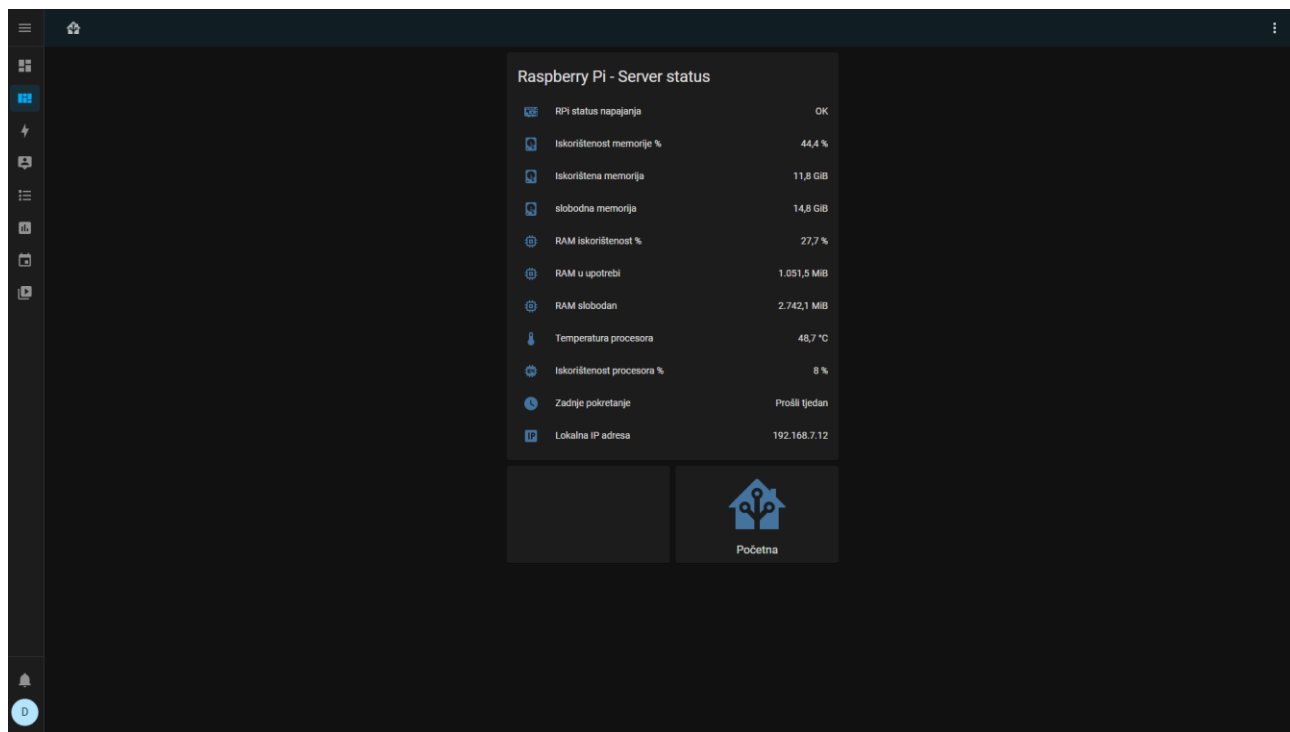
Preko početnog ekrana pritiskom na tipku senzora detaljnije su prikazani podaci korištenih senzora, prikazano na slici 7.11.



Slika 7.11 Detaljan prikaz korištenih senzora rezolucije 1920×1080

Detaljan prikaz korištenih senzora prikazuje mjerenja mjerača energije, napon, struju, snagu ukupnu potrošnju kućanstva te faktor snage. Senzori temperature i vlage prikazani su horizontalno radi lakše usporedbe stanja u prostorijama kućanstva te prikazuju temperaturu, vlagu i postotak napunjenosti baterije za sve senzore uz pripadajuće grafove. Slikom 7.11 primjetna je razlika u vremenima uzorkovanja senzora uspoređivanjem grafova temperature i vlage prostorija, ovisno o upotrebi senzora, senzori mogu raditi s malim intervalom uzorkovanja kao kod potkrovlja ili s većim intervalom kao kod sobe.

Status IOT sustava može se provjeriti klikom na gumb statusa s početnog ekrana prikazan na slici 7.12.



*Slika 7.12 Status IOT sustava rezolucije 1920×1080*

Prikaz statusa IOT sustava ukazuje na podatke o stanju Raspberry Pi 4. Podaci prikazani su status napajanja, iskorištenost memorije, iskorištenost radne memorije, temperatura i opterećenost procesora, zadnje pokretanje sustava te lokalna IP adresa. Ovi podaci prvenstveno ukazuju na zdravlje sustava i hardvera na kojem se pokreće cijeli IOT sustav.

Prikazano korisničko sučelje rezolucije 1920×1080 potpuno je kompatibilno i s tabletima i mobitelima, što je važno radi daljinskog pristupa IOT sustavu bez korištenja računala.

## 8. ZAKLJUČAK

Ovim radom uspješno se prikazao način povezivanja i upravljanja sustavom centralnog grijanja koristeći internet stvari. S dizalicom topline uz korištenje obnovljivih izvora energije kao dodatan izvor za dogrijavanje vode ili dodatno hlađenje, omogućena je neovisnost o fosilnim gorivima uz smanjene troškova grijanja i hlađenja prostorija. Povezivanjem svih uređaja u lokalnu mrežu internet stvari omogućilo se jednostavno upravljanje i pregled sustava s računala ili pametnih uređaja.

Praktični dio rada izrađen je koristeći Home Assistant kao bazu mreže internet stvari koji je omogućio jednostavnu integraciju svih uređaja i potrebnih senzora uz jednostavan, estetski lijep prikaz korisničkog sučelja. Home Assistant pokazao se kao idealno rješenje za lokalnu mrežu internet stvari koji omogućuje i mnoge druge aspekte upravljanja i integracija koje u projektu nisu realizirane, što ga uz njegov kod dostupnim svima čini vrlo atraktivnim i dugoročno obećavajućim.

Opisani način upravljanja centralnim sustavom i proizvodnjom električne energije primjenjiv je ne samo na sve vrste centralnog sustava nego svojom fleksibilnošću i jednostavnošću korištenja primjenjiv je i na razne druge procese od punjenja električnih automobila do poboljšanja života osoba s invaliditetom.

## LITERATURA

- [1] Centrometal d.o.o. "Centrometal". [Mrežno]. <https://www.centrometal.hr/>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [2] Fero-term. "Fero-term". [Mrežno]. <https://www.fero-term.hr/cirkulacijska-crpka-za-sustav-centralnog-grijanja/prid/9142>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [3] Masinealati.rs. "Masinealati". [Mrežno]. <https://i.masinealati.rs/img/f1924f18c2f5ef68652c4ff4f7763e.jpg>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [4] Termometal. "Termometal". [Mrežno]. <https://termometal.hr>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [5] ITAP. "IKOMA". [Mrežno]. <https://www.ikoma.hr>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [6] Bosch. "Bosch thermotechnology". [Mrežno]. <https://www.bosch-thermotechnology.com/hr/hr/stambeni/korisne-informacije/dizalice-topline-savjeti/dizalica-topline-funkcija-i-prednosti/>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [7] Regulator. "Regulator". [Mrežno]. <https://regulator.hr/savjeti/sto-su-dizalice-topline-kako-rade/>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.]
- [8] Vaillant. "Vaillant". [Mrežno]. <https://www.vaillant.hr/krajnji-korisnici/proizvodi/grupa-proizvoda/dizalice-topline/>. [Pokušaj pristupa: 12. svibnja 2022.,.]
- [9] Vaillant, "Prospekt dizalice topline geotherm," rujna 2013.
- [10] Centrometal, "Solarni sustavi," ožujka 2013.
- [11] Solvis. "Solvis". [Mrežno]. <https://solvis.hr/>. [Pokušaj pristupa: 1. lipnja 2022.]
- [12] Solarne elektrane. "Solarne elektrane". [Mrežno]. <https://www.solarna-elektrana.hr/>. [Pokušaj pristupa: 1. lipnja 2022.]
- [13] Huawei. (2022, lipnja) Smart energy center. Document. [Mrežno]. [https://www.europe-solarstore.com/download/huawei/Huawei\\_SUN2000L\\_datasheet.pdf](https://www.europe-solarstore.com/download/huawei/Huawei_SUN2000L_datasheet.pdf)
- [14] Huawei. (2018, ožujka) Huawei SUN2000L user manual. Document. [Mrežno]. [https://www.europe-solarstore.com/download/huawei/Huawei\\_SUN2000L\\_user\\_manual.pdf](https://www.europe-solarstore.com/download/huawei/Huawei_SUN2000L_user_manual.pdf)
- [15] Hoylar. "Hoylar". [Mrežno]. <https://www.hoylar.com/smartwatches-as-iot-edge-devices/>. [Pokušaj pristupa: 1. lipnja 2022.]
- [16] Bosch. "Bosch thermotechnology". [Mrežno]. <https://www.bosch-thermotechnology.com/hr/hr/ocs/stambeni/compress-3000-aws-18047368-p/#null>. [Pokušaj pristupa: 8. lipnja 2022.]

- [17] Gree - Klima koncept. "Klima koncept". [Mrežno]. [https://www.klimakoncept.hr/hr/dizalice\\_topline-gree\\_fp\\_51lmd\\_k-ventilkonvektor\\_unutarnja\\_podnogradstropna\\_jedinica\\_za\\_dizalicu\\_topline\\_zrak\\_voda/3150/200](https://www.klimakoncept.hr/hr/dizalice_topline-gree_fp_51lmd_k-ventilkonvektor_unutarnja_podnogradstropna_jedinica_za_dizalicu_topline_zrak_voda/3150/200). [Pokušaj pristupa: 8. lipnja 2022.]
- [18] Conrad. "Conrad". [Mrežno]. <https://www.conrad.hr/p/raspberry-pi-okdo-raspberry-pi-4-4-gb-basis-kit-raspberry-pi-4-b-4-gb-4-x-15-ghz-uklj-napajanje-uklj-noobs-os-ukl-2466810>. [Pokušaj pristupa: 8. lipnja 2022.]
- [19] Raspberry Pi. "Raspberry Pi". [Mrežno]. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. [Pokušaj pristupa: 14. lipnja 2022.]
- [20] ESPHome. "ESPHome". [Mrežno]. <https://esphome.io/>. [Pokušaj pristupa: 14. lipnja 2022.]
- [21] Wemos. "Wemos". [Mrežno]. [https://www.wemos.cc/en/latest/\\_static/boards/d1\\_mini\\_v4.0.0\\_1\\_16x16.png](https://www.wemos.cc/en/latest/_static/boards/d1_mini_v4.0.0_1_16x16.png). [Pokušaj pristupa: 14. lipnja 2022.]
- [22] Xiaomi. "SmartMall". [Mrežno]. <https://smartmall.hr/trgovina/xiaomi-4pcs-mijia-bluetooth-thermometer-hygrometer-2-wireless-smart-digital-temperature-humidity-sensor-work-with-mijia-app-white/>. [Pokušaj pristupa: 14. lipnja 2022.]
- [23] Peacefair. "Solarduino". [Mrežno]. <https://solarduino.com/pzem-014-or-016-ac-energy-meter-with-arduino/>. [Pokušaj pristupa: 14. lipnja 2022.]
- [24] Husdata. "Husdata.se". [Mrežno]. <https://varmepump.one/docs/h60-manual>. [Pokušaj pristupa: 28. lipnja 2022.]
- [25] Nabu Casa. "ESP Home". [Mrežno]. <https://esphome.io/>. [Pokušaj pristupa: 28. lipnja 2022.]

## SAŽETAK

Ovim radom uspješno se prikazao način povezivanja i upravljanja sustavom centralnog grijanja koristeći internet stvari. Sa dizalicom topline uz korištenje obnovljivih izvora energije kao dodatan izvor za dogrijavanje vode ili dodatno hlađenje, omogućena je neovisnost o fosilnim gorivima uz smanjene troškova grijanja i hlađenja prostorija. Povezivanjem svih uređaja u lokalnu mrežu internet stvari omogućilo se jednostavno upravljanje i pregled sustava s računala ili pametnih uređaja. Opisani način upravljanja centralnim sustavom i proizvodnjom električne energije primjenjiv je ne samo na sve vrste centralnog sustava nego svojom fleksibilnošću i jednostavnošću korištenja primjenjiv je i na razne druge procese od punjenja električnih automobila do poboljšanja života osoba s invaliditetom.

Ključne riječi – Centralno grijanje, Solarna elektrana, Dizalica topline, Internet stvari, Home Assistant, Raspberry Pi

## **ABSTRACT**

This paper has successfully demonstrated how to connect and manage a central heating system using the Internet of Things. With a heat pump using renewable energy sources as an additional source for water heating or additional cooling, we achieved independence from fossil fuels while reducing heating and cooling costs. Connecting all devices to a local area network of Internet of Things made it easy to manage and view the system from a computer or smart device. The described method of managing the central system and electricity production is applicable not only to all types of central heating systems but with its flexibility and ease of use is also applicable to various other processes from charging electric cars to improving the lives of people with disabilities.

Keywords – Central heating system, Solar power plant, Heat pump, Internet of Things, Home Assistant, Raspberry Pi