

# Vizualizacija podataka u okružju pametnog doma

---

Ivezić, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:168:325624>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1503

**VIZUALIZACIJA PODATAKA U OKRUŽJU PAMETNOG  
DOMA**

Josipa Ivezić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1503

**VIZUALIZACIJA PODATAKA U OKRUŽJU PAMETNOG  
DOMA**

Josipa Ivezić

Zagreb, lipanj 2024.

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 1503

Pristupnica: **Josipa Ivezić (0036527234)**  
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo  
Modul: Računarstvo  
Mentorica: izv. prof. dr. sc. Martina Antičić

Zadatak: **Vizualizacija podataka u okruženju pametnog doma**

### Opis zadatka:

U današnjem Internetu značajno raste broj jednostavnih uređaja koji imaju mogućnost prikupljanja i odašiljanja podataka s različitih senzora. Takvi uređaji Interneta stvari (engl. Internet of Things, IoT) se koriste za različite namjene. U okruženju pametnog doma spomenuti uređaji mogu prikupljati ambijentalne (npr. temperatura ili osvjetljenost zatvorenih prostora) ili podatke o korisnicima (u kojoj se prostoriji nalaze i kojom se aktivnošću bave). Vaš zadatak je istražiti mogućnosti vizualizacije podataka iz okruženja pametnog doma u stvarnom vremenu. Potrebno je podići sustav za prikupljanje, pohranu i vizualizaciju podataka. Istražite različite mogućnosti za vizualizaciju podataka u pametnom domu prikupljenih sa senzora za temperaturu, vlagu, prisustvo, razinu osvjetljenja, stanje vratiju te praćenje poplave. U vizualizacijskom alatu Grafana predložite i definirajte različite tipove nadzornih ploča (engl. dashboards) za prikaz pohranjenih podataka.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.



# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>3</b>
<b>2. Arhitektura</b>	<b>5</b>
2.1. Protokol Zigbee	5
2.1.1. Princip rada protokola Zigbee	6
2.1.2. Zigbee2mqtt	7
2.2. Protokol MQTT	7
2.3. Home assistant	8
2.4. Baza podataka Clickhouse	8
2.4.1. Online analitička obrada	9
2.4.2. Brzina baze podataka Clickhouse	9
2.5. Platforma Grafana	10
<b>3. Opis senzora</b>	<b>11</b>
3.1. Aqara senzor za temperaturu i vlagu zraka	11
3.2. Aqara senzor pokreta i svjetlosti	12
3.3. Aqara pametni senzor za prozore i vrata	13
3.4. Aqara Senzor vode	14
3.5. Primljeni paketi senzora	15
3.6. Opis upita za senzore	16
<b>4. Vizualizacija prikupljenih podataka</b>	<b>18</b>
4.1. Standardne opcije svake ploče	18
4.2. Mapa	19
4.3. Trenutni status	22
4.3.1. Gauge ploča	24

4.3.2. Status ploča . . . . .	24
4.4. Povijesni prikaz (vremenski graf) . . . . .	26
4.5. Kombinirani prikaz . . . . .	29
<b>5. Sustav upozorenja . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>6. Zaključak . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Sažetak . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>Abstract . . . . .</b>	<b>41</b>

# 1. Uvod

Razvoj tehnologije u 21. stoljeću značajno je utjecao na moderan način života i omogućio lak i brz pristup resursima te informacijama i uređajima putem Interneta. Umrežavanje raznih fizičkih uređaja koji su opremljeni tehnologijama poput senzora ili softvera te njihovo povezivanje s mrežom, odnosno digitalnim uređajima, u svrhu prikupljanja, dijeljenja, organizacije, kontrole i praćenja podataka naziva se Internetom stvari (eng. Internet of Things, IoT).

Keyur K Patel i Sunil M Patel su u [1] naveli kako je Internet stvari koncept koji se odnosi na široku prisutnost raznih uređaja u okruženju i kako ti uređaji, koji mogu biti povezani bežično ili žično, koriste jedinstvene adrese za međusobnu komunikaciju i suradnju, a pri tom stvaraju nove aplikacije i usluge za postizanje zajedničkih ciljeva.

Razvoj Interneta stvari omogućio je ljudima lakšu komunikaciju između ljudi i stvari, lakše bilježenje, nadzor i prilagođavanje povezanih uređaja u okruženjima pametnog doma. Pojavila se i potreba automatizacije uređaja kao što su paljenje/gašenje svjetala, difuzora zraka, otvaranje/zatvaranje prozora, korištenje kuhinjskih aparata, igraćaka pa i instrumenata, a njihovim daljnjim poboljšavanjem bavili su se razni inženjeri, poput već spomenutih Keyura K. Patela, Sunila M. Patela ([1]), u radovima [2], [3], [4], [5] i drugi.

U okviru ovog rada opisana je primjena i vizualizacija podataka s različitih senzora u okruženju pametnog doma. U drugom je poglavlju opisana arhitektura koja povezuje uređaje te tehnologije i protokole potrebne za komunikaciju i pohranu podataka. U nastavku su opisani uređaji koji sadrže ambijentalne senzore (mjere primarno temperaturu, tlak i vlagu zraka), uređaji koji mjere razinu osvjetljenja, stanje vrata te prate poplavu. Sensorski podaci prikazani su u vizualizacijskom alatu Grafana koji omogućuje različit

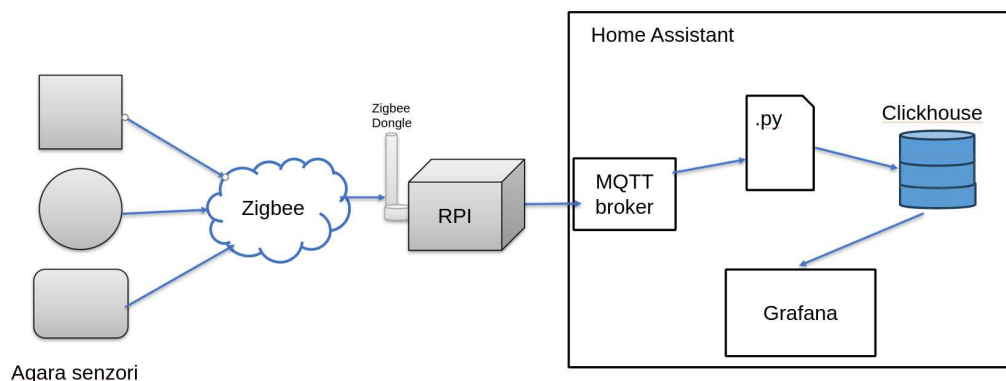


prikaz podataka u nadzornim pločama (eng. *dashboard*) te nudi slanje informacija o podacima na temelju unaprijed određenih uvjeta. U četvrtom poglavlju opisan je postupak izrade sustava alarma i slanje podataka u opisanim uvjetima. Na kraju, u petom poglavlju dan je zaključak i o tehnologijama primijenjenima pri izradi pametnog doma.

## 2. Arhitektura

Okruženje pametnog doma ostvareno je korištenjem senzora koji podržavaju protokol Zigbee, a podaci se šalju kroz most Zigbee2MQTT do posrednika (eng. *broker*) protokola MQTT (eng. *Message Queuing Telemetry Transport*) na uređaj RaspberryPI. Dalje se prenose do besplatnog softvera za kućnu automatizaciju Home assistant-a nakon čega se podaci spremaju u bazu podataka Clickhouse.

Za vizualizaciju obrađenih podataka iz baze koristi se višeplatformska web aplikacija otvorenog koda Grafana. Cijela arhitektura i putanja vidljive su na slici 2.1. Razni dostupni priključci (eng. *plugin*) omogućavaju prikaz podataka na različite načine shodno tipu podataka i zahtjevima korisnika. U sklopu Grafane, omogućen je i sustav za alarme koji podržava slanje upozorenja putem SMS-a, elektroničke pošte ili na druge aplikacije kao što su, na primjer, Slack ili Discord.



Slika 2.1. Arhitektura sustava visoke razine

### 2.1. Protokol Zigbee

Protokol Zigbee je bežični protokol koji se koristi za povezivanje senzora, instrumentacije i upravljačkih sustava pametnih uređaja [6] kao što su žarulje, utičnice, utikači, pametne

brave, senzori pokreta i senzori za vrata kako bi međusobno komunicirali preko osobne mreže (eng. *Personal Area Network*, PAN) [7].

Protokol Zigbee koristi digitalne odašiljače i prijemnike za komuniciranje između uređaja. Tipična mreža sastoji se od tri vrste uređaja. Mrežni koordinator je uređaj koji konfigurira mrežu te upravlja protokom podataka unutar nje. Svaka Zigbee mreža mora imati jednog koordinatora. [8] Ostali uređaji mogu biti ruteri, koji, kao i koordinator, moraju biti potpuno funkcionalni uređaji (eng. *Full Function Device*, FFD) te krajnji uređaji, koji su tipično uređaji smanjene učinkovitosti (eng. *Reduced Function Device*, RFD) [6][7][8].

Postoje razni razlozi zbog kojih se protokol Zigbee često koristi u sustavu pametnog doma [8]:

- Opcije rasvjete - postoji daleko više opcija za uređaje koji se temelje na protokolu Zigbee od bilo kojeg drugog protokola koji se koristi u okruženju pametnog doma.
- Manji zahtjevi za napajanjem - do 10 godina trajanja baterije.
- Optimizirano za uređaje na baterije - idealno je prilagođen pametnim uređajima kao što su senzori pokreta, senzori za vrata i senzori za vodu.
- Stabilnost - uređaji će se automatski preusmjeriti kada jedan uređaj izgubi povezanost s internetom.
- Sigurnost - koristi 128-bitnu AES enkripciju.
- Ažuriranja firmvera - preko zraka (OTA), omogućujući jednostavno i brzo ažuriranje pametnih uređaja.
- Kapacitet - podržava tisuće uređaja u jednoj mreži.
- Pristupačnost - često značajno jeftiniji.

### **2.1.1. Princip rada protokola Zigbee**

Zigbee je otvoreni standard za niskotroškovne, mrežno povezane bežične mreže male snage, namijenjen širokom spektru uređaja za bežično upravljanje i nadzor. Temelji

se na fizičkom sloju i sloju kontrole pristupa medijima definiranim u IEEE standardu 802.15.4, a izvorno podržava mrežno povezivanje te pruža sigurnu komunikaciju prema zadanim postavkama [7].

Korištenjem uređaja baziranih na Zigbee tehnologiji dobiva se robustan, pouzdan i samoupravljiv sustav. Zigbee uređaji često su jednostavniji od onih koji koriste druge protokole, poput Z-Wave, fokusirajući se na specifične zadatke kao što su detekcija pokreta ili prigušivanje svjetla, umjesto da kombiniraju više različitih funkcija u jednom uređaju [9][10].

### 2.1.2. Zigbee2mqtt

Zigbee2mqtt je most između protokola Zigbee i protokola MQTT. Kompatibilan je s raznim Zigbee adapterima i uređajima te se uglavnom dobro integrira u okruženja automatizacije pametnog doma [11].

## 2.2. Protokol MQTT

MQTT je standardni protokol za razmjenu poruka za Internet stvari (eng. Internet of Things, IoT). Koristi komunikacijski model objavljivanja i pretplate koji je idealan za korištenje u okruženju niske propusnosti jer klijenti sami ne zahtijevaju i ne vrše ažuriranja što pogoduje smanjenju korištenja resursa. Ovaj je protokol idealan za povezivanje udaljenih uređaja te se i danas koristi u raznim industrijama (npr. telekomunikacije, automobilska industrija, industrija nafte i plina) [12][13]. **Karakteristike protokola MQTT** [14] [15]

- Lagan je i učinkovit jer zahtjeva minimalne resurse i podržava razmjenu informacija po principu poslužitelja i pretplatnika koji razmjenjuju informacije između klijenta i servera.
- Podržava dvosmjernu razmjenu poruka između uređaja i oblaka.
- Omogućuje skaliranje na milijune povezanih uređaja.
- Stabilno funkcionira na nepouzdanim mrežama i omogućava brz prijenos podataka, tj. to je protokol za razmjenu podataka u stvarnom vremenu.

- Omogućena je sigurnost jer radi s TLS-om i uobičajenim protokolima provjere autentičnosti.
- Ne zahtijeva uspostavu veze između klijenta i servera u isto vrijeme.
- Omogućuje klijentima pretplatu na uzak izbor tema kako bi dobili tražene informacije.

### **Klijent i posrednik MQTT-a**

MQTT klijent je definiran kao bilo koji uređaj koji pokreće biblioteku MQTT-a i preko mreže ju povezuje s brokerom MQTT-a. Uređaji koji se mogu smatrati klijentima mogu biti i mikrokontroleri pa i potpuni poslužitelji. Također, može biti i standardno računalo koje pokreće grafički MQTT klijent [12][16].

Posrednik (eng. *broker*) MQTT-a, umjesto korištenja adrese primatelja, šalje kopiju poruke svim klijentima koji se žele pretplatiti na "*temu*" koju je zadao posrednik [12][14].

## **2.3. Home assistant**

Home assistant je besplatan softver otvorenog koda za jednostavnu automatizaciju i stvaranje sustava koji upravlja raznim pametnim kućanskim uređajima [17][18].

Jedna od velikih prednosti korištenja ovog softvera je uspostava komunikacije pametnih uređaja različitih proizvođača koji drukčije ne bi mogli jednostavno komunicirati. Iako ovo nije jedini software koji omogućuje ovu funkcionalnost, trenutno je najčešće korišten i ima najširu bazu uređaja i kodova za njihovu implementaciju koji se učestalo nadopunjuju [17][19].

## **2.4. Baza podataka Clickhouse**

ClickHouse je SQL sustav za upravljanje bazom podataka (eng. *database management system*, DBMS) visokih performansi orijentiran na stupce za online analitičku obradu (eng. *online analytical processing*, OLAP). Dostupan je i kao softver otvorenog koda i kao ponuda u oblaku [20].

### 2.4.1. Online analitička obrada

Scenariji za online analitičku obradu zahtijevaju odgovore u stvarnom vremenu uz velike skupova podataka za složene analitičke upite sa sljedećim karakteristikama [21]:

- Skupovi podataka mogu biti ogromni - milijarde ili bilijuni redaka
- Podaci su organizirani u tablice koje sadrže mnogo stupaca
- Odabrano je samo nekoliko stupaca za odgovor na određeni upit
- Rezultati se moraju vratiti u milisekundama ili sekundama

### 2.4.2. Brzina baze podataka Clickhouse

Nekoliko glavnih značajki čine Clickhouse bržom naspram nekih drugih baza podataka[22]:

- **DBMS orijentiran na stupce:** U DBMS-u orijentiranom na retke, sve su vrijednosti u jednom retku pohranjene jedna do druge dok se u DBMS-u orijentiranome na stupce podaci se pohranjuju s vrijednostima istih stupaca zajedno. Budući da je upravljanje bazom podataka Clickouse orijentirao na stupce, čini spremanje i pretraživanje znatno bržima.
- **Indeksi:** Strukture podataka u memoriji dopuštaju čitanje samo iz potrebnih stupaca i potrebnih raspona redaka tih stupaca.
- **Kompresija podataka:** zajedničko pohranjivanje različitih vrijednosti istog stupca često dovodi do boljih omjera kompresije (u usporedbi sa sustavima orijentiranim na retke) jer u stvarnim podacima stupac često ima iste ili ne toliko različite vrijednosti za susjedne retke. Uz kompresiju opće namjene, ClickHouse podržava specijalizirane kodekse koji podatke mogu učiniti još kompaktnijima.
- **Vektorski upiti:** Clickhouse, uz pohrane podataka u stupce, također ih i obrađuje po stupcima što dovodi do optimiziranijeg korištenja CPU-a i predmemorije.
- **Skalabilnost:** Za izvršenje jednog upita moguće je korištenje svih dostupnih jezgara i diskova CPU-a.

## 2.5. Platforma Grafana

Grafana je open-source web aplikacija za nadziranje i vizualizaciju podataka koja se obično koristi u području nadziranja sustava, Interneta stvari (IoT) i praćenja mreže. Omogućuje jednostavnu i brzu vizualizaciju i razumijevanje podataka uz prikaz podataka na nadzornim pločama (eng. *dashboard*) u stvarnom vremenu. Svaka nadzorna ploča može se sastojati od više ploča (eng. *panel*) koji prikazuju različite skupove podataka. [23][24] Glavne karakteristike korištenja Grafane su:

- prikupljanje podataka: mogu se pokazati podaci prikupljeni iz različitih baza podataka kao što su Clickhouse, Influxdb, SQLite, a to je omogućeno korištenjem odgovarajućih priključaka za svaku bazu podataka. Uz to, Grafana može povezati i više baza podataka istog tipa (na primjer dvije različite baze podataka Clickhouse).
- različiti izvori podataka: svaka nadzorna ploča može se sastojati od drugih individualnih ploča, a one zasebno mogu sadržavati više upita koji se odnose na podatke iz drukčijih baza. Na primjer, na jednoj se ploči mogu nalaziti podaci iz baze podataka Clickhouse i iz baze podataka InfluxDB.
- obrada podataka: razni zadaci kao što su grupacija, agregacija, filtriranje i transformacija, načini su obrade podataka koje podržava ova platforma. Nakon što su podaci prikupljeni, pretvori ih se u format koji se koristi za vizualizaciju željene funkcionalnosti.

Uz samu obradu podataka, Grafana pruža i opciju analize dobivenih podataka tako što podatke uspoređuje s unaprijed određenim uvjetima te, ako je uvjet zadovoljen, može poslati alarm na kontaktnu točku (eng. *contact point*).

## 3. Opis senzora

S obzirom na arhitekturu (koja je detaljnije objašnjena u prethodnom poglavlju), navedeni su korišteni senzori i njihove značajke.

### 3.1. Aqara senzor za temperaturu i vlagu zraka

Xiaomi aqara senzor temperature i vlage kompatibilan je s drugim Aqara, Zigbee i Apple HomeKit pametnim kućanskim aparatima. Ovaj uređaj je prikazan na slici 3.1., a može pratiti temperaturu, vlažnost i atmosferski tlak te zatim mijenjati okruženje slanjem obavijesti na telefon putem aplikacije. [25][26]

Uređaj napaja CR2032 baterija, ispravno radi u temperaturnom području od -20 do +60 stupnjeva Celzija. Ima industrijski senzor renomirane tvrtke Sensirion, koji nudi točnost detekcije vlažnosti od  $\pm 3\%$  i točnost detekcije temperature od  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Njegov proizvodni proces nadziran je kako bi se osigurala vrhunska kvaliteta. Također sadrži i barometar,  $\pm 120\text{Pa}$ , s opsegom rada 30-110KP [25][26]. Za njegov rad, korišten je Zigbee Hub.



**Slika 3.1.** Xiaomi aqara senzor temperature i vlage



Glavne značajke [25]:

- Bežična veza: protokol Zigbee
- Zapisi u stvarnom vremenu i povijesni zapisi
- Višestruka aplikacija: može se povezati s Aqara pametnim uređajima ili drugim Zigbee uređajima
- Automatski alarm ako vrijednost temperature, vlage i atmosferskog tlaka odudara od uobičajenih
- Otkriva temperaturu, vlažnost i atmosferski tlak
- Pokreće ga ćelija gumba CR2032 kada je uključena
- Potrebno je preuzeti aplikaciju "Pametni dom" iz Apple Store ili Google Play
- Raspon detekcije temperature od  $-20$  do  $60^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ )
- Raspon detekcije vlažnosti: 0 - 100pct RH ( $\pm 0,3\%$ )
- Domet detekcije atmosferskog tlaka: 30 - 110KPa ( $\pm 120\text{Pa}$ )

## 3.2. Aqara senzor pokreta i svjetlosti

Aqara Body Sensor (slika 3.2.) bežični je senzor svjetlosti i pokreta jednostavan je za upotrebu i kompatibilan s Apple HomeKit i Amazon Alexa [27].



**Slika 3.2.** Xiaomi aqara bežični senzor pokreta

Bežični senzor pokreta ima kut detekcije pokreta od 170 °i ugrađeni senzor svjetlosti. Služi kako bi ostalim pametnim uređajima spojenim na HUB prenio informacije te poslao obavijesti [27].

Sadrži bateriju koja može trajati i do pet godina i ima ugrađeni senzor za svjetlost. Ovisno o visini na kojoj je postavljen, senzor će reagirati na bliže odnosno dalje udaljenosti koje zamjećuje senzor. Preporučena visina postavljanja je 1.2 metara gdje je područje detekcije na udaljenosti od 7 metara. Ako se senzor postavi niže od 1.2 metra, područje detekcije bit će manje, a postavi li se više, senzor će imati takozvani mrtvi kut detekcije [27][28].

### 3.3. Aqara pametni senzor za prozore i vrata

Aqara pametni senzor za vrata i prozore sa slike 3.3. je senzor koji detektira jesu li vrata i prozori otvoreni ili zatvoreni, upozorava o njihovom stanju putem udaljenosti senzora i magneta i može slati obavijest na pametne telefone putem aplikacije [29][30].



**Slika 3.3.** Xiaomi aqara pametni senzor za prozore i vrata

Može se postaviti na bilo koju površinu, udaljenost magneta pri postavljanju mora biti do 22 milimetra. Senzor je također energetski učinkovit i jedna baterija može izdržati više od 2 godine u upotrebi normalnim uvjetima. Može se povezati i s drugim uređajima koji se na temelju primljenih podataka s ovog senzora mogu isprogramirati određene radnje. Na primjer, može se ugasiti svjetlo kad god se vrata zatvore, mogu se zatvoriti prozori ili ugasiti klima uređaji pri otvorenom prozoru [30].

### 3.4. Aqara Senzor vode

Aqara senzor curenja vode sa slike 3.4. vodootporan je senzor koji nadzire i pruža sigurnost i zaštitu doma od poplava i štete koju mogu prouzročiti. Pogodan je za korištenje u svim prostorima, a u slučaju detekcije nekontroliranog curenja, senzor može poslati obavijesti putem aplikacije [31][32].

Zbog metalnih vijaka na dnu, idealno bi bilo izbjegavati postavljanje na metalne površine zbog kvalitetnog signala i slanja podataka [31][32].

Kako bi se automatski zaustavilo curenje vode u pametnom domu, bežični senzor za otkrivanje curenja može se povezati s elektromagnetskim ventilom ugrađenim u instalacije. Ventil se spaja putem Aqara pametne utičnice ili prekidača [31].



**Slika 3.4.** Xiaomi aqara senzor za vodu

Glavne značajke [31]:

- Otkriva curenje vode
- Aktivira alarm obavijesti
- Kompatibilan je s Apple HomeKit
- Spaja se na Aqara HUB (Zigbee)
- Može se postaviti bilo gdje (kupaonica, kuhinja, tehničke prostorije)
- Može se koristiti na otvorenom sve dok je unutar područja djelovanja Zigbee mreže

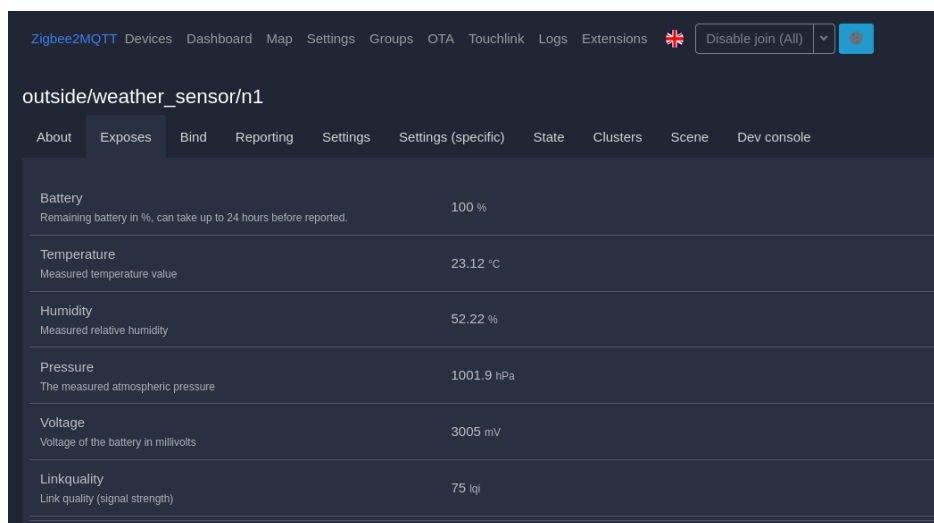
- IP67 zaštita od vode i prašine

### 3.5. Primljeni paketi senzora

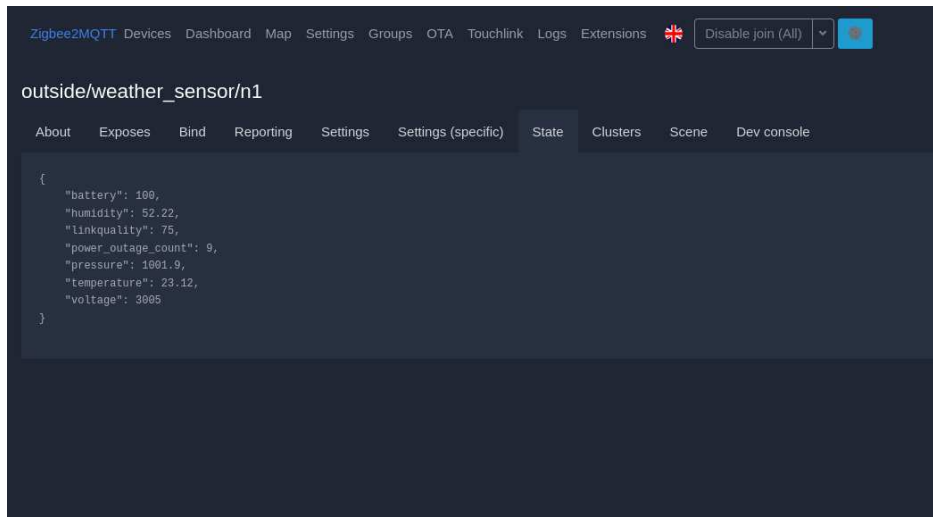
Svi navedeni senzori preko protokola Zigbee šalju poruke nakon što dođe do promjene nekog stanja. Te poruke sadrže IEEE adresu, tip senzora (u ovom slučaju ambijentalni senzor temperature i vlage), o kojem podatku je riječ, kvalitetu signala (*lqi*, *linkquality*) te vrijednosti podatka u standardnoj decimali, ovdje stotinkama. Drugim riječima, za dobivenu temperaturu poslana je Integer vrijednost 2755, a njena prava vrijednost je 27.55.

```
2024-06-12 13:32:14.947 [INFO]: Message is: {  
  "ieee": "00:15:8d:00:08:97:8a:90",  
  "sensor_type": "lumi.weather",  
  "parameter": "temperature",  
  "lqi": 222,  
  "value": 2755  
}
```

Na slikama 3.6. i 3.5. vidimo prikaz trenutnih podataka na grafičkom korisničkom sučelju protokola Zigbee2mqtt. Nakon nove dobivene poruke, stanje promjene gotovo je trenutačno vidljivo na grafičkom sučelju.



Slika 3.5. Poruka na kartici *Exposes*



Slika 3.6. Poruka na kartici *State*

## 3.6. Opis upita za senzore

Grafana koristi varijable koji se označuju znakom za dolar (\$) te nizom znakova slova i brojeva.

`$__timeInterval` je varijabla koja označuje vremenski interval koji se gleda u bazi podataka, a u ovom slučaju u Clickhouse-u, to je vrijeme nastanka podataka (eng. *creation\_time*).

`$__fromTime` je varijabla koja označuje od kojeg, a `$__toTime` do kojeg vremena se razmatraju podaci zadani vremenskim intervalom.

---

```
SELECT
$__timeInterval(creation_time) as time,
creation_time,
temperature
FROM "iot_database"."testing_table"
WHERE $__timeFilter(creation_time) AND
( creation_time >= $__fromTime AND creation_time <= $__toTime )
AND
(cpeid = "environment_sensor_n1" )
GROUP BY creation_time, temperature, time
ORDER BY time ASC, creation_time ASC
LIMIT 100
```

---

Ovaj primjer prikazuje upit za senzor za temperaturu i vlagu. Koristi iznad navedene varijable i učitava podatke iz baze podataka *iot\_database* iz tablice *testing\_table*. Dohvaćaju se podaci o uređaju čiji je *cpeid* jednak *environment\_sensor\_n1*, a potom se podaci grupiraju po vremenu nastanka podatka (tj. trenutku kada je podatak sa senzora primljen) i temperaturi. Nakon grupiranja se, prije ispisa, slažu uzlazno po tom vremenu nastanka.

## 4. Vizualizacija prikupljenih podataka

Grafana je višepatformska web aplikacija otvorenog koda za analitiku i interaktivnu vizualizaciju na kojoj se prikazuju grafikoni i upozorenja za web kada je povezana s podržanim izvorima podataka. [23]

Za svoje prikaze koristi nadzorne ploče (eng. *dashboard*) čiji su sastavni dijelovi ploče (eng. *panel*). Nudi širok izbor tipova ploča, a dopušta i njihovo kombiniranje. Svaka ploča sadrži jedan ili više SQL upita te dopušta mijenjanje njegova izgleda ovisno o specifičnosti.

Neki od panela koji su često u upotrebi su: tablica, vremenski grafovi, histogrami, logovi, geografska mapa, gauge, status, stupčasti okomiti i stupčasti horizontalni grafikon.

### 4.1. Standardne opcije svake ploče

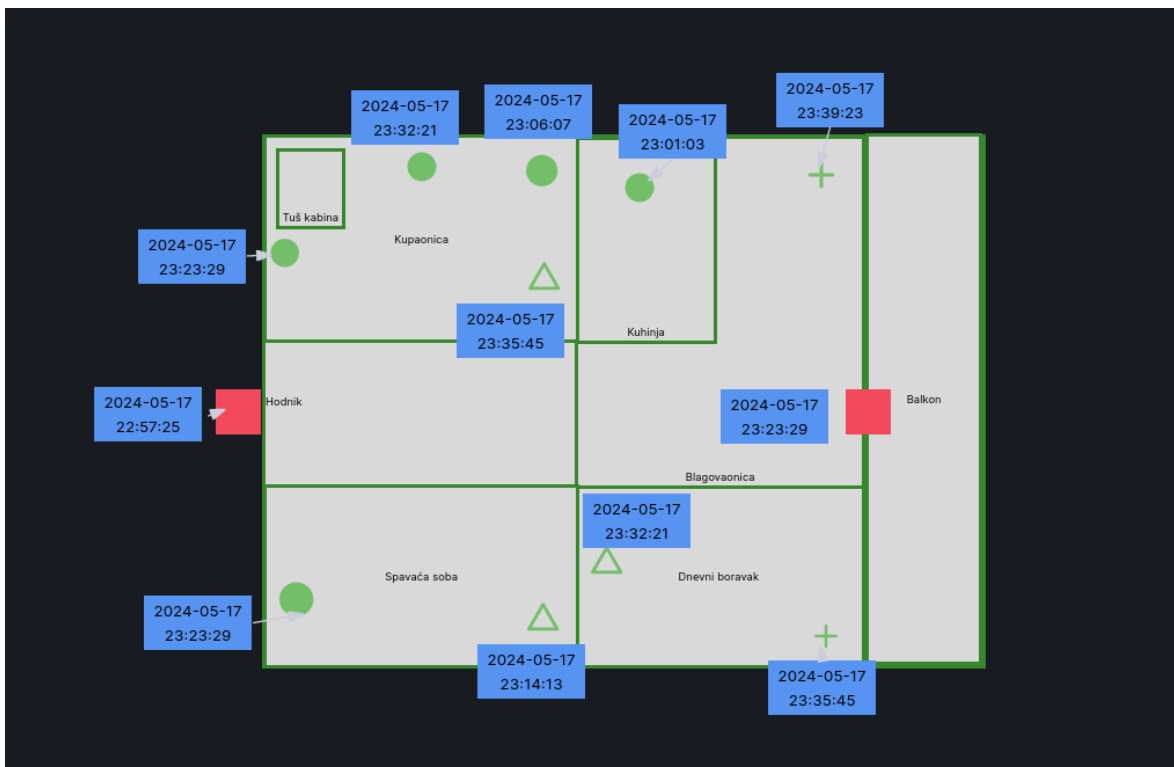
Bez obzira na tip ploče kojima se prikazuju podaci, postoje općenite konfiguracije koje se mogu mijenjati i odnose se na svaki podatak na toj ploči:

- Mjerna jedinica (eng. *unit*)
- Min/Max: najmanje i najviše vrijednosti iz kojih se računaju granične vrijednosti po postotku za polja.
- Najmanje/najveća vrijednost polja: (eng. *field min/max*): označuje najmanje i najviše vrijednosti koji će se prikazivati na zadanoj ploči.
- Broj decimala (eng. *decimal*): odrediti broj decimala koje će se uvijek koristiti za to polje.

- Boja sheme (eng. *color scheme*): određuje hoće li se podaci prikazati u jednoj boji, više nasumičnih boja, gradijentom ili ovisno o graničnim vrijednostima.
- Bez vrijednosti (eng. *no value*): što će se ispisati na mjestu tog polja kada je polje prazno.

## 4.2. Mapa

S obzirom na to da su korišteni senzori postavljeni na različite lokacije, idealno bi bilo koristiti ploču geografske mape. Budući da su udaljenosti premale, korišten je ploča platna (eng. *canvas*) i ručno je napravljen tlocrt smještenih senzora te njihovi podaci, kao što je prikazano na slici 4.1.



**Slika 4.1.** Tlocrt stana

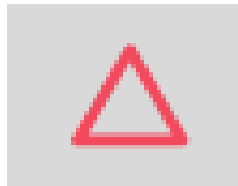
Zbog upotpunjenja prikaza, za obilježavanje prostorija korišteni su četvrtasti elementi i prema mjestu nalaženja, dani su im nazivi. Budući da se koriste četiri različita tipa senzora, koriste se drukčije ikone za svaku svrhu. Zbog ažurnosti podataka, svakom je senzoru, bez obzira na njegov tip, dodijeljen i element metričke vrijednosti (eng. *metric value*).



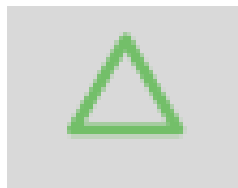
Uz pozicioniranje i mapiranje senzora, korištene su funkcije nadjačavanja osnovnih pravila (eng. *overrides*) s kojima su uz različite senzore, svrsishodno promijenjene i boje prikaza ovisno o značenju.

Kao ikonu senzora za mjerenje atmosfere, tj. temperature, tlaka i vlagu zraka, korišten je trokut, a boja kojom se prikazuje implementirana je u ovisnosti o temperaturi prostorije.

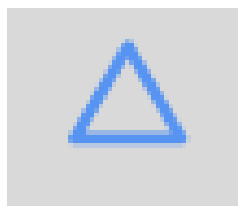
Slika 4.2. prikazuje stanje prostorije u gdje je temperatura previsoka, u ovom slučaju iznad 28°C. Na slici 4.3. vidljiv je trokut zelene boje koji prikazuje ugodnu temperaturu, u ovom slučaju između 20°C i 28°C, a zadnja slika 4.4. je trokut označen plavom bojom kada je temperatura preniska, odnosno ispod 20°C.



**Slika 4.2.** Visoka temperatura atmosfere



**Slika 4.3.** Ugodna temperatura atmosfere



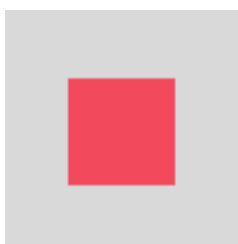
**Slika 4.4.** Niska temperatura atmosfere

Sljedeće se definirane ikone koje označuju vrata, a to su kvadrati. Ovi senzori koriste magnetne kako bi raspoznali jesu li vrata (ili prozori) otvoreni ili zatvoreni te šalju nulu ako magneti nisu u kontaktu, odnosno ako su vrata ili prozori otvoreni te šalju jedinicu ako su magneti u kontaktu što znači da su vrata ili prozori zatvoreni.

Na sljedećim slikama vidljiva je situacija 4.5. kada su vrata otvorena i situacija 4.6. kada su vrata zatvorena.

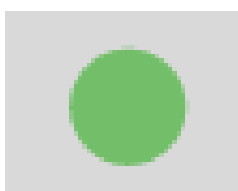


**Slika 4.5.** Otvorena vrata

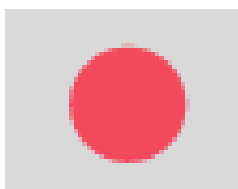


**Slika 4.6.** Zatvorena vrata

Nešto drukčiji su senzori osjetljivi na vodu. Okruglog su oblika te su iz tog razloga označeni takvim ikonama. Postavljeni su na područja gdje se često mogu dogoditi poplave ili prolijevanje vode. Na poledini, koja se nalazi na podu, nalaze se dva metalna vijka. Ako dođe do poplavljenosti, puštaju malu količinu struje te nastaje krug koji pošalje kao signal, odnosno binarnu vrijednost jedan koju označavamo crvenom bojom, kao na slici 4.8. Čim se osuši, tj. nije u vodi, ponovo šalje binarnu vrijednost nula te tada poprima zelenu boju (4.7.).



**Slika 4.7.** Nije prisutna poplava

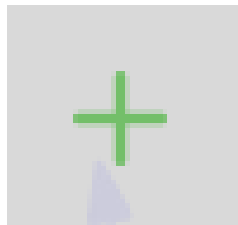


**Slika 4.8.** Prisutna poplava

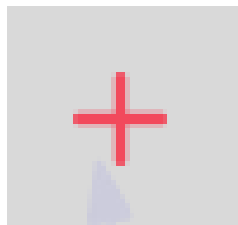
Zadnji preostali su senzori pokreta i svjetlosti. Oni u sebi zapravo sadrže senzore koji su osjetljivi na pokret te reagiraju na nečiji pokret, kao što je na primjer ulazak u

prostoriju, primijete promjenu i odašilju jedinicu kao oznaku prisutnosti koja je na slici 4.9.

Nakon što uređaj nije dvije minute zamijetio pokret, odnosno ako osoba izađe iz prostorije ili potpuno mirno sjedi, uređaj vraća stanje na nulu što rezultira zelenom bojom kao na slici 4.10. što govori kako je ta prostorija slobodna.



**Slika 4.9.** Nije primijećena prisutnost



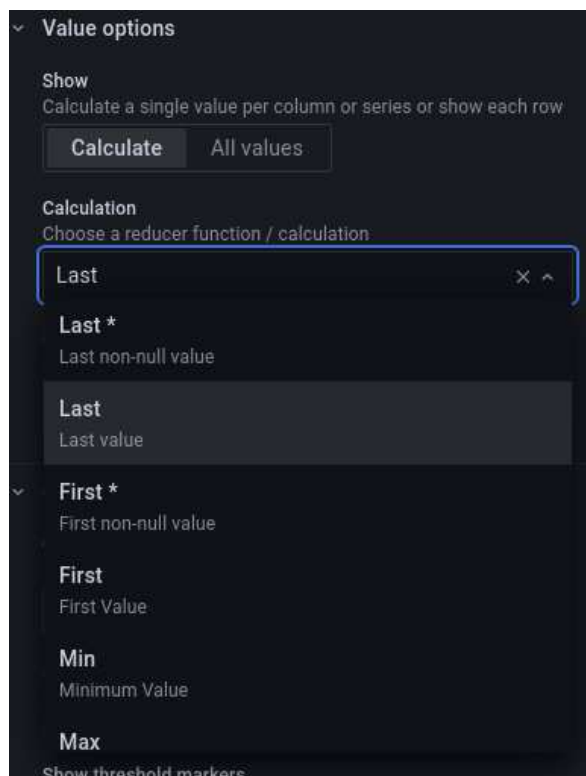
**Slika 4.10.** Primijećena prisutnost

### 4.3. Trenutni status

Od širokog spektra ponuđenih panela koje Grafana nudi, za jednostavne podatke za koje je trenutna vrijednost značajnija od povijesnih prikaza, idealni su gauge i status paneli kojima je zajednički odjeljak odabira vrijednosti.

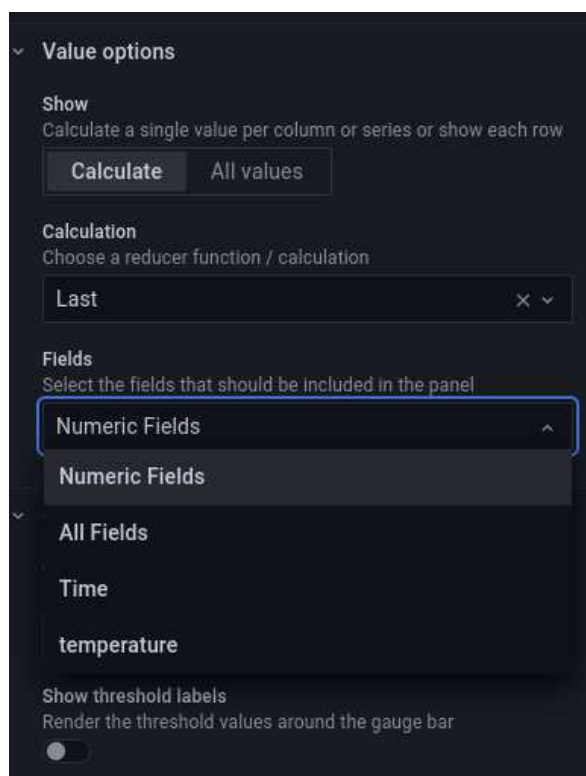
Jedan od odabira vrijednosti je način na koji se računa vrijednost (slika 4.11.) koja se prikazuje i pruža širok spektar mogućnosti kao što su: zadnja dohvaćena vrijednost, zadnja postojeća dohvaćena vrijednost, najveća ili najmanja vrijednost, srednja vrijednost, zbroj dobivenih vrijednosti, broj dohvaćenih vrijednosti, razlika između najmanje i najveće vrijednosti, najmanja razlika (tzv. "stepenica") dviju vrijednosti, razlika prvog i zadnjeg podatka i slično.

Slika 4.12. prikazuje odabir svih polja (eng. *fields*) koja mogu biti prikazana na ploči. Odabrati polja za prikaz moguće je samo ako je polje dohvaćeno SQL upitom. Sa slike se



**Slika 4.11.** Računanje vrijednosti

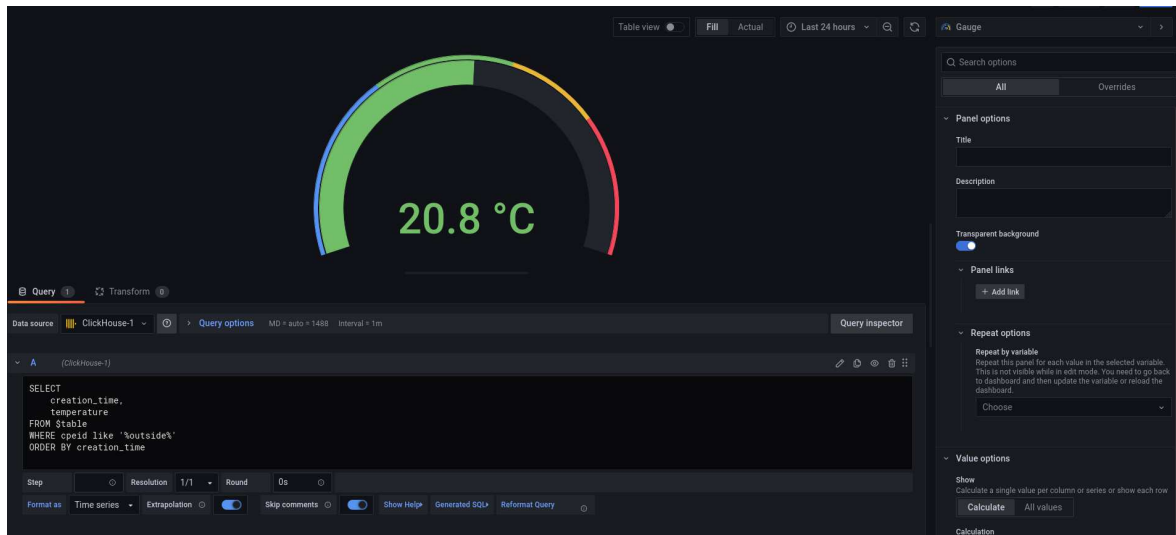
očituje mogućnost prikaza jednog od polja, svih dohvaćenih polja ili prikaz polja isključivo brojevanih vrijednosti.



**Slika 4.12.** Prikaz izračunatih vrijednosti

### 4.3.1. Gauge ploča

Gauge panel, prikazan na slici 4.13. idealan je za vizualizaciju podataka kojima ne treba razmatrati povijest, ali ima neki značajan raspon u kojem se naši podaci mogu kretati.



Slika 4.13. Primjer gauge panela u Grafani

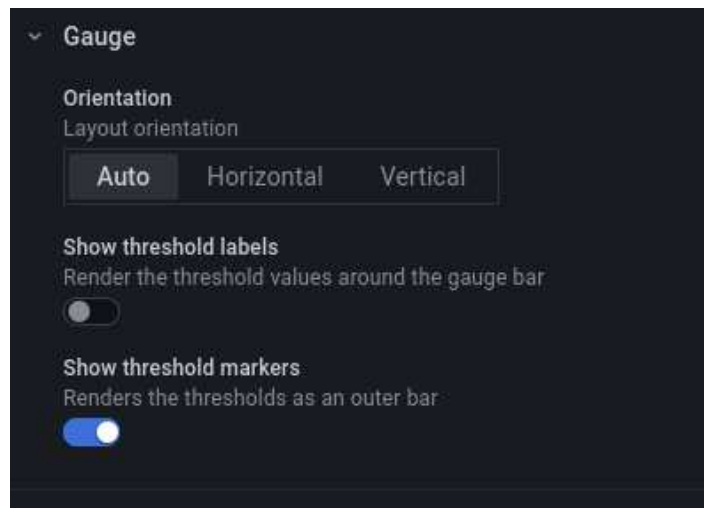
Znajući točan raspon, mogu se postaviti granične vrijednosti (eng. *thresholds*) s pomoću kojih je lako vizualno podijeliti podatke različitim bojama. Na prethodnoj slici 4.13., to je prikazano područjima plave, zelene, žute i crvene boje, a na slici 4.14. vidljivo je kao gumb za označavanje graničnih vrijednosti (eng. *show threshold markers*).

Na slici s dodatnim opcijama tipa *gauge* ploče vidljivi su i gumbi za orijentaciju (hoće li biti postavljeno automatski, horizontalno ili vertikalno) i gumb za prikaz vrijednosti graničnih vrijednosti (eng. *show threshold values*) te se njegovim uključivanjem, na mjestima (koje su na slici označene bojom) također prikazuju i njihovi iznosi.

### 4.3.2. Status ploča

S druge strane, status paneli prikazani na slici 4.15. koriste se kada raspon u kojem se kreću podaci nije previše značajan ili je suvišan. U slučaju sa slike, prikazuje se parametar *link quality* čiji je raspon ovdje nepoznat.

Iako nije pogodan za prikaz raspona, ploča statusa pruža različite opcije za prikaz trenutne vrijednosti, kao što je prikazano na slici 4.16. Na njoj je vidljivo da je unaprijed određenom bojom, jednoznačno ili korištenjem intervala granične vrijednosti, moguće



Slika 4.14. Opcije gauge panela

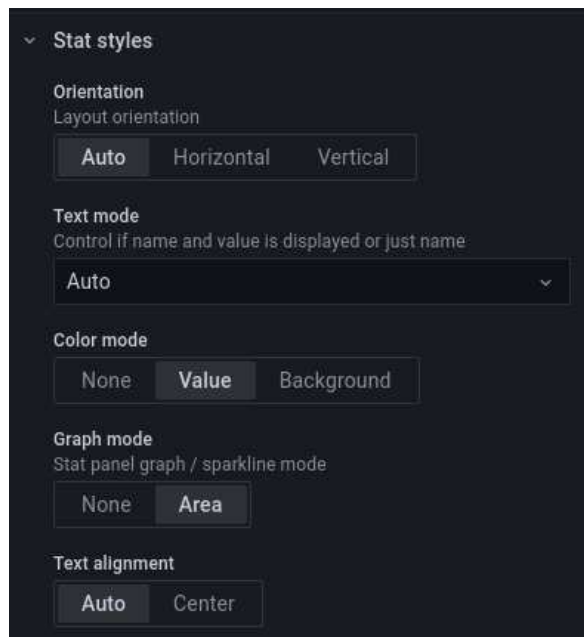


Slika 4.15. Primjer status panela u Grafani

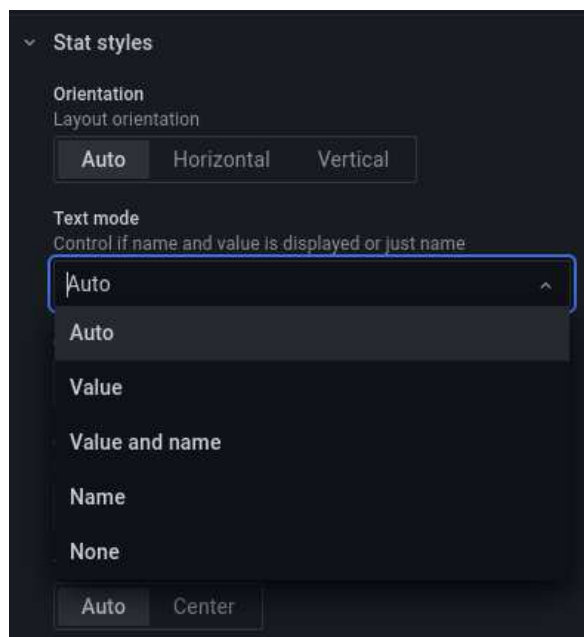
obojiti vrijednost samog podatka ili pozadinu, ovisno o tome koliko i što se želi istaknuti.

Prethodno je navedeno kako se status ploča ne koristi primarno za povijesni prikaz podataka, ali ova ploča ima tu funkcionalnost da se u pozadini prikazuju povijesni podaci na kojima je temeljeno zadano računanje vrijednosti. [33]

Sljedeća funkcionalnost sa slike 4.17. navodi sve opcije ispisa teksta na ploču, odnosno prikazuje kako uz vrijednost dohvaćenog podatka, moguće joj je također dodati i opis polja, na primjer, navesti kako se radi o najvećoj vrijednosti dobivenih podataka.



Slika 4.16. Opcije izgleda status ploče



Slika 4.17. Opcije teksta status ploče

## 4.4. Povijesni prikaz (vremenski graf)

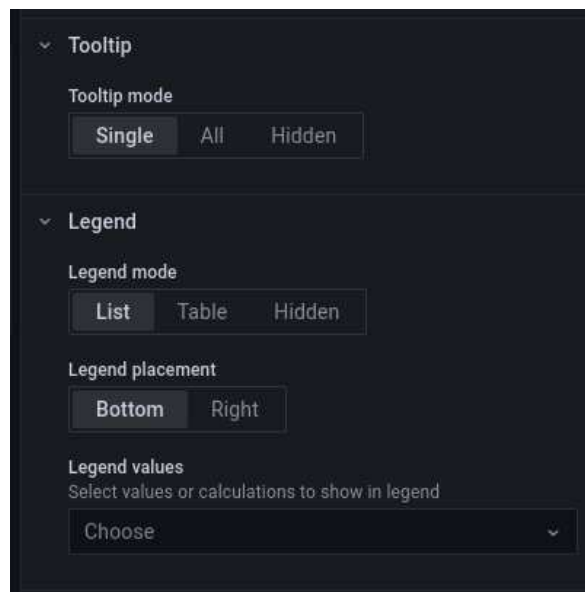
Vrlo često korišten graf je vremenski graf (eng. *time series*) koji prikazuje kretanje podataka dobivenih u nekom vremenskom rasponu.

U ovom povijesnom prikazu, dostupna su tri različita načina prikaza alata (eng. *tooltip mode*, što je vidljivo na slici 4.19. [34]:



Slika 4.18. Primjer vremenskog grafa u Grafani

- Jednostruki (eng. *single*): omogućuje prikaz vrijednosti u vremenu prelaskom miša preko podatka
- Prikaz svih: uvijek prikazuje "vrh", odnosno točku (eng. *point*) gdje se nalazi podatak.
- Skriveni (eng. *hidden*): ni u kojem slučaju ne označuje dodatno vrijednost dobivenog podatka.

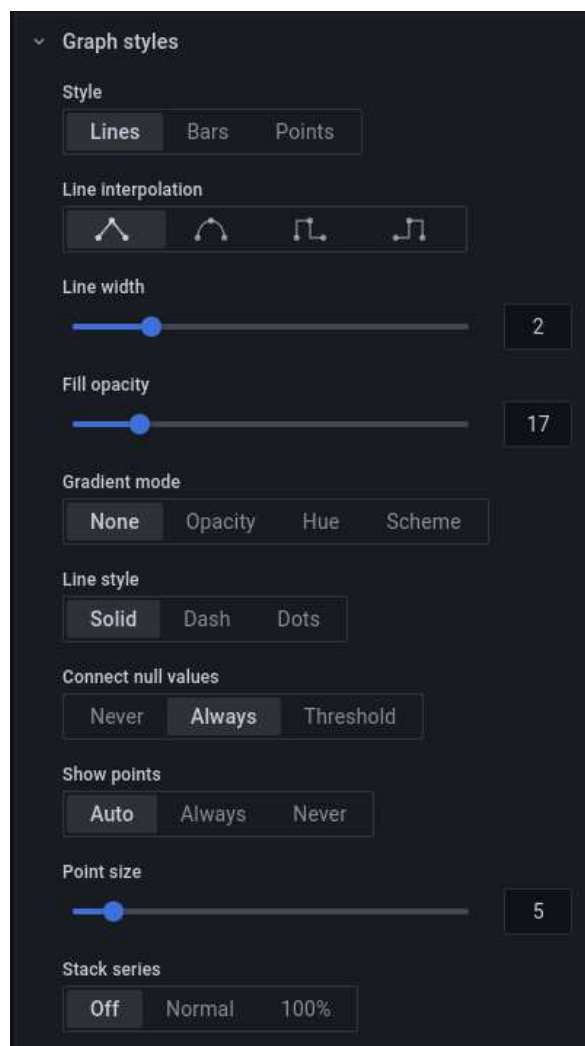


Slika 4.19. Opcije prikaza alata i legende grafa

Na slici 4.20. vidljive su ostale postavke kojima se definira izgled samog grafa:



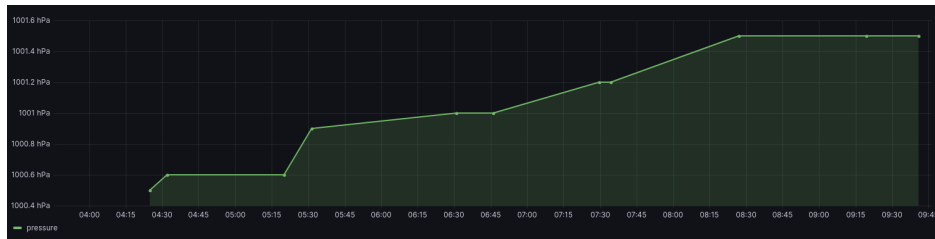
- Stil prikaza: može biti linija, stupci ili točke
- Interpolacija
- Širina linija (ili veličina točaka)
- Prozirnost/obojenost površine ispod linije, odnosno unutar stupaca
- Način obojenja prethodno spomenutih površina
- i druge ovisno o odabiru stila prikaza



**Slika 4.20.** Opcije prikaza alata i legende grafa

Ovaj povijesni graf omogućuje korisniku i da poreda podatke uzlazno (eng. *ascending*) ili silazno (eng. *descending*), ali i da aplikacija Grafana sama automatski odredi slijed i sortira podatke. [35]

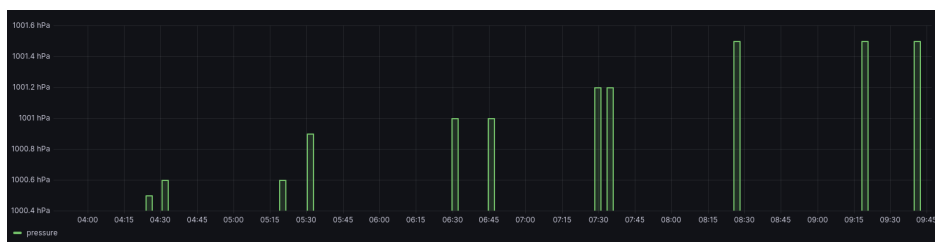
Vremenska linija grafa može biti prikazana punom linijom (4.21.), isprekidanom linijom (4.22.), točkama (4.23.) ili stupcima (4.24.).



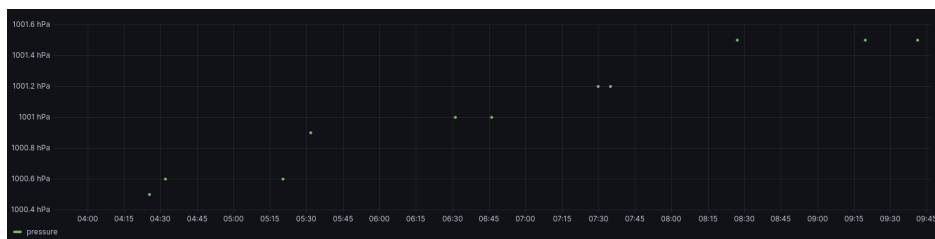
Slika 4.21. Vremenski graf s punom linijom



Slika 4.22. Vremenski graf s isprekidanom linijom



Slika 4.23. Primjer vremenskog grafa sa stupcima



Slika 4.24. Primjer vremenskog grafa s točkama

## 4.5. Kombinirani prikaz

Prethodno je u poglavlju 2.5. navedeno kako se svaka nadzorna ploča može sastojati od više ploča različitih tipova. U ovom radu su uglavnom korištena tri prethodno navedena i opisana tipa ploča za prikaz podataka, kao što je vidljivo na primjeru sa slike 4.25.



**Slika 4.25.** Nadzorna ploča kombiniranih prikaza

Na vrhu s lijeve strane je "Text" tip ploče koji podržava *markdown* i *html* upis u panel, a ovdje se koristi radi označavanja imena nadzorne ploče pripadajućeg senzora. Za prikaz statusa baterije, korišten je stupčasti dijagram dok su, ploče za posljednji primljeni podatak i kvalitetu povezanosti, prikazani pločom statusa.

Nadzorna ploča sa slike podijeljena je u tri okomita dijela jasno definirana prema glavnim karakteristikama ambijentalnog senzora, odnosno prema temperaturi, tlaku i vlažnosti zraka.

Najizraženije ploče su tipa *gauge* koje su postavljene tako da prikazuju zadnju primljenu vrijednost karakteristike. Za svaku karakteristiku označeni su granični intervali prilagođeni dogovorenim standardima.

Granične vrijednosti za temperaturu podijeljene su na 4 dijela

- Hladno (plavo): do 10°C
- Toplo (zeleno): između 10°C i 25°C
- Vruće (žuto): interval od 25°C do 35°C
- Kritične temperature (crveno): iznad 35°C

Tlak je zraka isto podijeljen u 4 kategorije, a to su:

- Prenizak tlak (plavo): do 900hPa
- Nizak tlak zraka (zeleno): između 900hPa i 1022hPA
- Umjeren tlak (žuto): između 1022hPa i 1050hPa
- Previsok tlak zraka (crveno): sve iznad 1050hPa

Vlaga zraka podijeljena je u 3 intervala:

- Niska vlažnost (žuto): ispod 20%H
- Umjerena vlažnost (zeleno): interval od 20%H do 80%H
- Visoka vlažnost: iznad 80%H

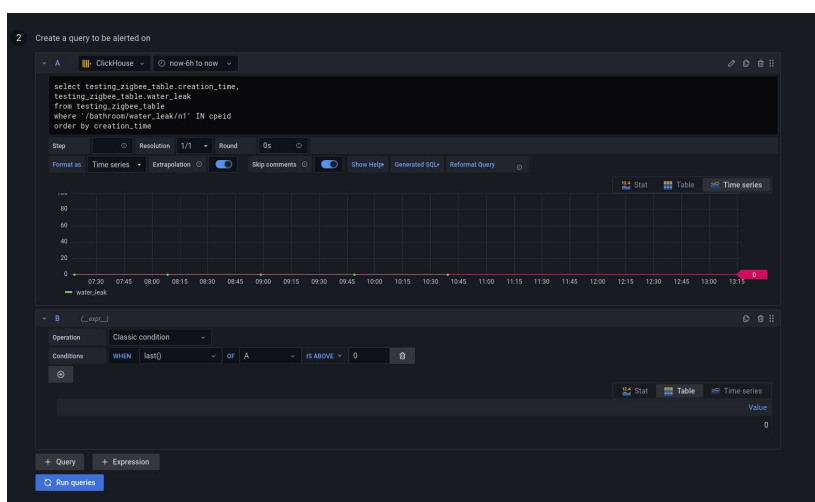
Uz svaku trenutnu vrijednost navedenih karakteristika, stoje najveća, srednja aritmetička i najniža vrijednost dobivenih podataka u zadanom vremenskom intervalu s jednakim prethodno objašnjenim graničnim intervalima, a na dnu su, zbog jednostavnijeg praćenja atmosferskih promjena, stavljeni vremenski grafovi.

## 5. Sustav upozorenja

Dio predloženog sustava za nadzor je i praćenje parametara te vrijednosti od kojih oni ne smiju odudarati. Često praćene vrijednosti su slobodan prostor memorije, brzina interneta i njegova potrošnja, postotak baterije uređaja i slično. Kako bi na vrijeme bile uočene anomalije i kako bi se pravovremeno reagiralo na uočena odstupanja, uvode se sustavi upozorenja (eng. *alerting systems*), a za to je korištena Grafanina implementacija.

Kako bi sustav upozorenja funkcionirao, treba se sastojati od nekoliko komponenti: pravila, instance upozorenja (eng. *alert*), police obavještanja, kontaktne točke, a potencijalna stavka je i utišavanje instanci na određen period.

Pravila upozorenja (eng. *alert rules*) sastoje se od jednog ili više upita (primjer na slici 5.1.) za koje se najprije odredi iz koje baze podataka povlači podatke te vremenskog perioda u kojem se razmatraju podaci, a kasnije se uspoređuju sa zadanim uvjetom (eng. *threshold*) ili graničnom vrijednošću. [36]



Slika 5.1. Prikaz SQL alerting upita u Grafani

Za zadani se uvjet može koristiti jedan od četiri tipa izraza: [37]

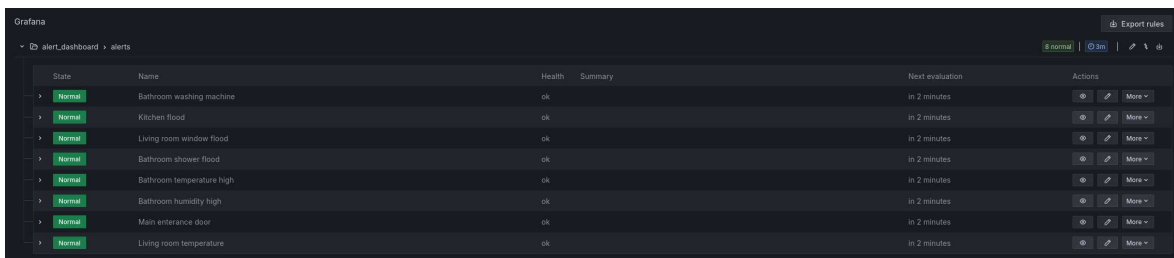
- **Math:** za matematičke formule slobodnog oblika na vremenskim serijama ili brojčanim podacima. Matematičke operacije uzimaju brojeve i vremenske serije kao ulaz i mijenjaju ih u različite brojeve i vremenske serije.
- **Reduce:** uzima jednu ili više vremenskih serija vraćenih iz upita ili izraza i svaku seriju pretvara u jedan broj. Oznake vremenske serije čuvaju se kao oznake na svakom izlaznom smanjenom broju.
- **Resample:** mijenja vremenske oznake u svakoj vremenskoj seriji kako bi imao dosljedan vremenski interval. Glavni slučaj upotrebe je ponovno uzorkovanje vremenskih serija koje ne dijele iste vremenske oznake kako bi se između njih mogla izvršiti matematika.
- **Classic condition:** uzima vrijednost dobivenu iz upita i uspoređuje ju sa zadanom brojčanom vrijednošću ili intervalom.

Sljedeća je stavka odabir dodatnih opcija (slika 5.2., među kojima su i dva intervala za evaluaciju: prvi koji označuje vremensku razliku između kojih se šalje upit upozorenja i uspoređuje s uvjetom i drugi, ako dobiveni podatak zadovoljava uvjet za slanje upozorenja, koji određuje koliko dugo podatak mora zadovoljavati uvjet kako bi se na kontaktnu točku poslao upozorenje. Ograničenje prilikom postavljanja ovih intervala jest da prvi interval usporedbe ne smije biti kraći od 10 sekundi te da drugi interval zadovoljavanja uvjeta mora biti veći od prvoga. [38] [39]

**Slika 5.2.** Prikaz definiranja upozorenja

U slučajevima kada za unaprijed određeni vremenski period upita nema podataka ili u slučaju kada instanca upozorenja nije dobro konfigurirana, Grafana nudi opciju za utvrđivanje kako će se instanca ponašati shodno ovim uvjetima, tj. hoće li poslati upozorenje na kontaktnu točku ili će "ignorirati" ta stanja. Uz to, pri slanju poruke na kontakt, mora se dodati oznaka koja kontrolna točka će se koristiti, a opcionalno se može dodati opis, sažetak alarma, identifikacijski broj ploče, nadzorne ploče, njihovi linkovi ili bilo koji drugi određeni podatak.

Popis definiranih upozorenja kao na slici 5.3. moguće je vidjeti na putanji *Home > Alert > Alert rules* gdje se kasnije na jednom mjestu mogu uređivati ili, po potrebi,brisati.



The screenshot shows the Grafana Alert Rules configuration page. The page title is 'Grafana' and the breadcrumb is 'alert\_dashboard > alerts'. There is a 'normal' status indicator and an 'Export rules' button. The main content is a table with the following columns: State, Name, Health, Summary, Next evaluation, and Actions. All alerts are in a 'Normal' state with a health of 'ok' and a next evaluation time of 'in 2 minutes'. Each row has a 'More' button in the Actions column.

State	Name	Health	Summary	Next evaluation	Actions
Normal	Bathroom washing machine	ok		in 2 minutes	More
Normal	Kitchen flood	ok		in 2 minutes	More
Normal	Living room window flood	ok		in 2 minutes	More
Normal	Bathroom shower flood	ok		in 2 minutes	More
Normal	Bathroom temperature high	ok		in 2 minutes	More
Normal	Bathroom humidity high	ok		in 2 minutes	More
Normal	Main entrance door	ok		in 2 minutes	More
Normal	Living room temperature	ok		in 2 minutes	More

**Slika 5.3.** Popis definiranih upozorenja

## 6. Zaključak

Raznolikost tehnologija, protokola i dostupnost raznih kodova otvorenog koda, omogućuje relativno jednostavno i lako stvaranje okruženja pametnog doma. Inženjeri se unazad nekoliko godina iznimno bave ovim temama i njihovim mogućim implementacijama, a u ovom je radu opisan cijeli put podataka koji je, u tu svrhu, izabran. S obzirom na to da se koristi protokol Zigbee, korišteni su Aqara senzori za temperaturu, tlak i vlagu zraka, vrata i prozore, poplavu te senzor pokreta. Putem protokola Zigbee, pomoću mosta protokola Zigbee2mqtt, preko protokola MQTT šalje podatke na Raspberry Pi na kojem je podignut i podržan Home Assistant. Home Assistant dobivene poruke sprema na bazu podataka Clickhouse. Korišten je Grafanin Clickhouse priključak te su podignute nadzorne ploče na kojima je prikaz podataka senzora. U radu su objašnjenje osnove aplikacije za vizualizaciju Grafana i opisane su često korištene ploče, odnosno ploča statusa, ploča gauge i ploča vremenskog prikaza. Za svaki od navedenih tipova ploča, navedene su dodatne opcije vizualizacije. Na kraju je opisan način alarma i opcije koje se za njega nude te koji, nakon konfiguracije kontaktne točke slanja podataka, može koristiti kao sustav za nadzor i može spriječiti potencijalne štete.



## Literatura

- [1] K. K. Patel i S. M. Patel, “Internet of things-iot: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges”, *International Journal of Engineering Science and Computing*, sv. 6, br. 5, svibanj 2016.
- [2] Z. Shouran, A. Ashari, i T. Priyambodo, “Internet of things (iot) of smart home: Privacy and security”, *International Journal of Computer Applications*, sv. 182, br. 39, veljača 2019.
- [3] K. A. Al-Dhlan, H. Alreshidi *et al.*, “Iot based smart home solution using wsn and mqtt for future smart cities”, *Telematique*, sv. 21, br. 1, kolovoz 2022.
- [4] M. Li, W. Gu, Y. He, Y. Wu, i Y. Zhang, “Smart home: Architecture, technologies and systems”, u *8th International Congress of Information and Communication Technology*, 2012., str. 393–400. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.219>
- [5] A. Chakraborty, M. Islam *et al.*, “Smart home system: A comprehensive review”, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, sv. 2023, ožujak 2023.
- [6] A. T. G. T. Centre, <https://community.element14.com/products/devtools/technicallibrary/m/files/9635>, srpanj 2011., *Introduction to Zigbee Technology*, Element14, 29.3.2024.
- [7] A. Ahmed, “Introduction to zigbee technology”, *Electronics and Communications Engineering Department The American University in Cairo*, travanj 2023., <https://www.researchgate.net/publication/370208966>.
- [8] M. Ramya.C, Shanmugaraj.M, i Prabakaran.R, “Study on zigbee technology”, 2011.

- [9] <https://engocontrols.com/en/zigbee-communication-protocol/>, studeni 2023., *ZigBee communication protocol*, ZigBee network – what is it and where is it used?, 6.4.2024.
- [10] <https://www.vesternet.com/en-eu/pages/what-is-zigbee>, 2024., *Everything You Need To Know About Zigbee*, Why Use Zigbee?, 24.3.2024.
- [11] A. T. G. T. Centre, [https://www.zigbee2mqtt.io/advanced/zigbee/01\\_zigbee\\_network.html#zigbee2mqtt](https://www.zigbee2mqtt.io/advanced/zigbee/01_zigbee_network.html#zigbee2mqtt), lipanj 2024., *Zigbee network*, Zigbee2MQTT, 6.4.2024.
- [12] S. Dr. Thavamani i U. Sinthuja, “Mqtt messages-an overview”, u *International Journal of Mathematics and Computer Research*, 2021., str. 2267–2270. <https://doi.org/10.47191/ijmcr/v9i4.07>
- [13] D. G. Neven Nikolov, Ognyan Nakov, “Research of mqtt versus lwm2m iot communication protocols for iot”, u *56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)*, 2021., str. 45–48. <https://doi.org/10.1109/ICEST52640.2021.9483477>
- [14] <https://www.hivemq.com/mqtt/>, *Stat*, Stat, 16.4.2024.
- [15] . MQTT, <https://mqtt.org/>.
- [16] [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://e2e.ti.com/cfs-file/\\_\\_key/communityserver-discussions-components-files/968/5658.CC32xx-MQTT-Client.pdf&ved=2ahUKEwit6\\_fJoNmGAXqhV0HHeTHC8EQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw0HRiTIVnJyy19kpeYpCORN](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://e2e.ti.com/cfs-file/__key/communityserver-discussions-components-files/968/5658.CC32xx-MQTT-Client.pdf&ved=2ahUKEwit6_fJoNmGAXqhV0HHeTHC8EQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw0HRiTIVnJyy19kpeYpCORN), *CC32xx MQTT Client*, Overview, 16.4.2024.
- [17] <https://www.home-assistant.io/getting-started/concepts-terminology/>, *Concepts and terminology*, Integrations, Devices, 8.5.2024.
- [18] <https://www.pocket-lint.com/what-is-home-assistant-how-does-it-work/>, *What is Home Assistant*, how does it work, and what do you need to get started?, What is Home Assistant?, 8.5.2024.

- [19] M. Christian Falkenberg-Andersen B.SC, B.Sc, *Home Assistant: Introduction and my initial experience*, 11.5.2024., <https://www.cuug.ab.ca/past-meetings/presentations/Home-Assistant.pdf>.
- [20] <https://clickhouse.com/docs/en/intro>, *What is Clickhouse?*, What is Clickhouse?, 7.5.2024.
- [21] <https://clickhouse.com/docs/en/intro#what-is-olap>, *What is Clickhouse?*, What is OLAP?, 7.5.2024.
- [22] <https://clickhouse.com/docs/en/concepts/why-clickhouse-is-so-fast#what-makes-clickhouse-so-fast>, *Why is Clickhouse so fast?*, What Makes ClickHouse so Fast?, 14.5.2024.
- [23] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/introduction/>, *About Grafana*, About Grafana, 17.5.2024.
- [24] A. S. E. a. A. S. Er. Singh, “A data visualization tool - grafana”, 2023.
- [25] <https://www.smartus.hr/xiaomi-aqara-senzor-temperatura-i-vlage-1150.html>, *Aqara senzor za temperatura i vlage*, Opis, 25.3.2024.
- [26] <https://www.aqara.com/us/product/temperature-humidity-sensor/>, *Aqara Temperature and Humidity Sensor*, User Manual, 23.3.2024.
- [27] <https://www.smartus.hr/aqara-motion-sensor-p1-senzor-pokreta-2841.html>, *Aqara senzor za pokret*, Opis, 25.3.2024.
- [28] <https://www.aqara.com/us/product/motion-sensor-p1/>, *Aqara motion sensor*, User Manual, 23.3.2024.
- [29] <https://www.smartus.hr/aqara-pametni-senzor-za-prozore-i-vrata-zigbee-1930.html>, *Aqara senzor za vrata i prozore*, Opis, 25.3.2024.
- [30] <https://www.aqara.com/en/product/door-and-window-sensor/>, *Aqara Door and Window Sensor*, User Manual, 23.3.2024.

- [31] <https://www.smartus.hr/xiaomi-aqara-senzor-za-vodu-1933.html>, *Aqara senzor za vodu*, Opis, 25.3.2024.
- [32] <https://www.aqara.com/eu/product/water-sensor/>, *Aqara water leak sensor*, User Manual, 23.3.2024.
- [33] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/stat/>, *About Grafana*, About Grafana, 17.5.2024.
- [34] [https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/time\\_series/#tooltip-option](https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/time_series/#tooltip-option), *Time series*, Tooltip options, 17.5.2024.
- [35] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/panels-visualizations/visualizations/time-series/#values-sort-order>, *Panel options*, Values sort order, 17.5.2024.
- [36] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/alerting/fundamentals/>, *Introduction to Alerting*, Introduction to Alerting, 22.5.2024.
- [37] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/alerting/fundamentals/alert-rules/>, *Alert rules*, Alert rules, 22.5.2024.
- [38] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/alerting/fundamentals/alert-rules/rule-evaluation/>, *Alert rule evaluation*, Evaluation group, 22.5.2024.
- [39] <https://grafana.com/docs/grafana/latest/alerting/fundamentals/alert-rules/queries-conditions/>, *Queries and conditions*, Data source queries, Expression queries, 22.5.2024.

# Sažetak

## Vizualizacija podataka u okružju pametnog doma

Josipa Ivezić

U ovom je radu istražena mogućnost vizualizacije senzora za temperaturu, tlak i vlagu te senzori za vrata/prozore, poplavu i prisustvo. Senzore se prikazalo u alatu Grafana i slanje alarma za unaprijed određene uvjete u stvarnom vremenu. Prvo je opisana arhitektura i objašnjeni protokoli Zigbee i MQTT, softver Home assistant i baza podataka Clickhouse. Zatim su navedeni upotrijebljeni senzori i njihove specifikacije nakon čega su opisane osnove korištenja Grafane, njenih nadzornih ploča (eng. *dashboard*), SQL naredbe te su na samom kraju sve komponente potrebne za stvaranje alarma.

**Ključne riječi:** IoT; MQTT; Zigbee; Zigbee2mqtt; Clickhouse; Grafana; Vizualizacija podataka; Alarmi

# Abstract

## Data visualization in Smart Home Environment

Josipa Ivezić

In this paper a smart home environment consisting of temperature, pressure and humidity sensors as well as sensors mounted on doors/windows, flooding and presence sensors was implemented. Collected data is visualized in the Grafana tool and alerts are sent for predetermined conditions in real time. Firstly, the system architecture is described as well as the Zigbee and MQTT protocols. Afterwards, the Home assistant software and the Clickhouse database were presented. Then, the used sensors and their specifications were listed. Finally, the basics of using Grafana, its dashboards and SQL commands were described, and at the very end, all components needed to create an alarm.

**Keywords:** IoT; MQTT; Zigbee; Zigbee2mqtt; Clickhouse; Grafana; Data monitoring; Visualisation of data; Alerting system