

# Korištenje podataka iz sustava naprednih mjerenja

---

**Bašić, Goran**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:190:747311>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-05**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike

Diplomski rad

**KORIŠTENJE PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH  
MJERENJA**

Rijeka, rujan 2023.

Goran Bašić

0069081084

SVEUČILIŠTE U RIJECI

TEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike

Diplomski rad

**KORIŠTENJE PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH  
MJERENJA**

Mentor: Prof. dr. sc. Vitomir Komen

Rijeka, rujan 2023.

Goran Bašić

0069081084

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
**POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKE ISPITE**

Rijeka, 15. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za elektroenergetiku**  
Predmet: **Prijenos i distribucija električne energije**  
Grana: **2.03.01 elektroenergetika**

## ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Pristupnik: **Goran Bašić (0069081084)**  
Studij: **Sveučilišni diplomski studij elektrotehnike**  
Modul: **Elektroenergetika**

Zadatak: **KORIŠTENJE PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA**

Opis zadatka:

Struktura i elementi AMR sustava naprednih mjerenja. Zahtjevi i tehničke specifikacije za sustave naprednih mjerenja. Struktura podataka u sustavima naprednih mjerenja. Razrada korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja za uspostavu naprednih funkcija mreža.

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

Zadatak uručen pristupniku: 20. ožujka 2023.

Mentor:

Prof. dr. sc. Vitomir Komen

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

Prof. dr. sc. Dubravko Franković

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i strpljenju kroz godine studiranja. Također zahvaljujem svojim prijateljima na potpori i studentskim kolegama koji su ovaj studiji učinili ugodnijim.

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Vitomiru Komenu na ukazanoj povjerenju i upućenim uputama koje su pridonijele izradi ovoga rada.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. NAPREDNA MJERNA INFRASTRUKTURA (AMI SUSTAV)</b>                        | <b>3</b>  |
| 2.1. Napredni mjerni uređaji   | 4         |
| 2.2. PLC-G3 tehnologija i napredna mjerna infrastruktura                     | 5         |
| 2.3. Koncentrator podataka – topologija PLC G3 mreže                         | 8         |
| 2.4. Sumarna napredna brojila u TS SN/NN                                     | 9         |
| 2.5. Sustav za daljinsko očitavanje  | 10        |
| <b>3. SUSTAVI AUTOMATSKOG DALJINSKOG OČITANJA</b>                            | <b>11</b> |
| 3.1. AMR baziran na GSM-u  | 11        |
| 3.2. AMR baziran na ZigBee-u   | 12        |
| 3.3. AMR baziran na SCADA sustavu  | 13        |
| 3.4. AMR baziran na PLC-u  | 14        |
| 3.5. AMR baziran na WiMAX tehnologiji  | 16        |
| 3.6. Mješoviti tip AMR-a   | 17        |
| <b>4. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA</b>                          | <b>19</b> |
| <b>5. PRIKUPLJANE I POHRANA PODATAKA U SUSTAVIMA NAPREDNIH MJERENJA</b>      | <b>21</b> |
| 5.1. Metode prikupljanja podataka  | 21        |
| 5.2. Očitavanje i prijenos podataka  | 22        |
| 5.3. Kvaliteta podataka i metode provjere valjanosti                         | 22        |
| 5.4. Pohrana podataka  | 23        |
| 5.4.1. NoSQL   | 24        |
| 5.4.2. NewSQL  | 24        |
| 5.4.3. Baza podataka sustava pametnih brojila                                | 25        |
| 5.5. Prednosti i nedostaci korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja | 26        |
| 5.5.1. Prednosti korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja           | 26        |
| 5.5.2. Nedostaci korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja           | 26        |
| <b>6. KORIŠTENJE PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA U SVIJETU</b>        | <b>28</b> |
| 6.1. Azija   | 29        |
| 6.1.1. Dodatne funkcionalnosti   | 29        |
| 6.2. Sjeverozapadna Europa   | 30        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| 6.2.1.      | Dodatne funkcionalnosti   | 31        |
| <b>6.3.</b> | <b>Jugoistočna Europa</b>   | <b>31</b> |
| 6.3.1.      | Dodatne funkcionalnosti   | 32        |
| <b>6.4.</b> | <b>Ostale regije</b>  | <b>33</b> |
| 6.4.1.      | Dodatne funkcionalnosti   | 34        |
| <b>7.</b>   | <b>SLUČAJEVI I IDEJE KORIŠTENJA PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA</b>                                      | <b>35</b> |
| <b>7.1.</b> | <b>Ideje korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja</b>  | <b>35</b> |
| <b>7.2.</b> | <b>Analiza prikupljenih slučajeva i ideja</b>   | <b>36</b> |
| <b>7.3.</b> | <b>Grupirani slučajevi upotrebe</b>   | <b>37</b> |
| 7.3.1.      | Pružanje podataka kupcima   | 37        |
| 7.3.2.      | Podaci o profilu opterećenja za kupce   | 37        |
| 7.3.3.      | Otkrivanje događaja za kupce kao što je prekomjerno opterećenje   | 38        |
| 7.3.4.      | Pružanje izmjerenih podataka ODS-u  | 38        |
| 7.3.6.      | Analiza mjernih podataka za ODS   | 40        |
| 7.3.7.      | Detekcija nestanka struje za ODS  | 40        |
| 7.3.8.      | Pružanje analize podataka   | 41        |
| 7.3.9.      | Obrada podataka za dobivanje podataka o potrošnji i/ili naplati za trgovca                                      | 42        |
| 7.3.10.     | Obrada podataka za trgovca kao što je profil opterećenja  | 42        |
| 7.3.11.     | Analiza izmjerenih podataka za trgovca kao što je prognoza opterećenja  | 43        |
| 7.3.12.     | Otkrivanje događaja za trgovca kao što je prekomjerno opterećenje   | 43        |
| 7.3.13.     | Obrada podataka za rad  | 43        |
| 7.3.14.     | Otkrivanje događaja za nove poslove/usluge  | 44        |
| <b>8.</b>   | <b>PRIMJERI KORIŠTENJA PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA</b>   | <b>45</b> |
| <b>8.1.</b> | <b>Uvođenje sustava naprednih mjerenja operatora distribucijskog sustava</b>                                    | <b>45</b> |
| 8.1.1.      | Analiza brojila u mreži   | 47        |
| <b>8.2.</b> | <b>Uvođenje sustava naprednih mjerenja u distribucijska područja</b>  | <b>49</b> |
| 8.2.1.      | Elektrodalmacija Split  | 49        |
| 8.2.2.      | Elektroslavonija Osijek   | 53        |
| <b>8.3.</b> | <b>Sustav daljinskih očitavanja Elektroistra Pula</b>   | <b>55</b> |
| 8.3.1.      | Mjerni podaci   | 56        |
| 8.3.2.      | Aplikacije daljinskog očitavanja  | 57        |
| <b>8.4.</b> | <b>Korištenje podataka iz naprednih sumarnih mjerenja u TS SN/NN za nadzor kvalitete električne energije 61</b> |           |
| 8.4.1.      | Obračunsko-kontrolna mjerenja   | 61        |
| 8.4.2.      | Opis sustava  | 61        |
| <b>9.</b>   | <b>ZAKLJUČAK</b>  | <b>63</b> |
|             | <b>LITERATURA</b>   | <b>64</b> |
|             | <b>POPIS SLIKA</b>  | <b>65</b> |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>POPIS TABLICA</b> | <b>67</b> |
| <b>SAŽETAK</b>       | <b>68</b> |
| <b>SUMMARY</b>       | <b>69</b> |



## 1. UVOD

Električna energija postala je neophodna za ljudski opstanak i napredak koji vodi ka poboljšanju životnog standarda uvođenjem automatizacije u distribuciju i upravljanje energijom. Uz stalni razvoj tehnologije, povećava se potreba za automatiziranim sustavima očitavanja stanja mreže (AMR – Automated Meter Reading). Tehnologija elektronskog mjerenja prošla je kroz brz tehnološki napredak i potražnja za pouzdanim i učinkovitim sustavom automatskog očitavanja stanja mreže je porasla.

Tradicionalni proces očitavanja stanja mreže odnosno očitavanja brojila uključuje korištenje analognih mjerača za prikupljanje podataka o potrošenoj energiji i njihovo prikazivanje na brojčaniku ili digitalnom zaslonu. Pružatelj usluge dolazi na mjesto brojila i bilježi očitavanje na kraju svakog obračunskog ciklusa. Taj tradicionalni proces očitavanja brojila ne samo da troši ljudsku snagu, već je i sklon pogreškama. Također, postupci slanja računa kupcu su vrlo naporni i glomazni. Sve ovo čini ovaj proces dugotrajnim. Drugi veliki problem ovog načina očitavanja je taj da se očitavanje ne može izvršiti ako nitko nije dostupan na mjestu gdje se brojilo nalazi.

Sustav automatskog očitavanja brojila je tehnologija koja se koristi za prikupljanje podataka s uređaja za mjerenje energije i prijenos tih podataka u centralu. Sustav automatskog očitavanja brojila pomaže kupcu i dobavljaču energije da pristupe točnim i ažurnim podacima s brojila, AMR sustav može dohvatiti podatke o potrošnji energije po satu, mjesečno, godišnje ili čak u stvarnom vremenu. Ovu potrošnju energije u stvarnom vremenu korisnici mogu vidjeti kako bi kontrolirali korištenje energije i bili ekonomičniji. Uz pomoć prikupljenih podataka davatelj usluga korisnicima može slati ideje za uštedu energije.

U ovom radu istražena je važnost implementacije sustava naprednih mjerenja te kako se podaci prikupljeni putem tih sustava koriste u različite svrhe. Kroz ovaj rad razmotrit ćemo ključne aspekte ovog područja, uključujući naprednu mjernu infrastrukturu te izvedbe sustava daljinskog očitavanja. Detaljno ćemo istražiti kako se podaci prikupljeni iz sustava naprednih mjerenja prikupljaju, pohranjuju i analiziraju, nudeći uvid u tehničke izazove i rješenja koja prate ovaj kompleksni sustav. Proučit ćemo primjere korištenja podataka sustava naprednih mjerenja kako bismo bolje razumjeli njihovu široku primjenu.

Cilj ovog rada je pružiti dublje razumijevanje kako tehnologija naprednih mjerenja mijenja način na koji prikupljamo i koristimo podatke, otvarajući put prema optimizaciji procesa, efikasnosti i inovacijama u različitim industrijama.

## 2. NAPREDNA MJERNA INFRASTRUKTURA (AMI sustav)

Napredna mjerna infrastruktura (AMI) je sustav koji se koristi za prikupljanje podataka o potrošnji energije kod krajnjih korisnika, koristeći napredna brojila. AMI omogućuje dvosmjernu komunikaciju između naprednih brojila i daljinskih sustava za upravljanje potrošnjom, što korisnicima omogućuje bolje razumijevanje i upravljanje svojom potrošnjom energije, a pružateljima usluga omogućuje bolju kontrolu i upravljanje distribucijskom mrežom.

Napredna mjerna infrastruktura donosi niz koristi, među kojima su:

- Smanjenje troškova očitavanja – omogućava automatsko očitavanje potrošnje električne energije, što značajno smanjuje troškove očitavanja i povećava učinkovitost procesa očitavanja.
- Smanjenje troškova isključenja i uključenja – omogućava daljinsko isključenje i uključenje potrošača, što značajno smanjuje troškove i povećava učinkovitost procesa isključenja i uključenja.
- Povećanje naplate daljinskim isključenjem – omogućava efikasnije upravljanje naplatom i smanjuje gubitke zbog neplaćenih računa. Daljinsko isključenje također može pomoći u smanjenju neplaćanja računa.
- Pобољшanje podrške tržištu električne energije – omogućava bolje upravljanje potražnjom i ponudom, čime se poboljšava učinkovitost tržišta električne energije i pomaže u optimizaciji proizvodnje i potrošnje.
- Smanjenje troškova kontaktnog centra za kupce i pritužbi vezanih uz konvencionalna brojila – omogućava učinkovitije rješavanje problema vezanih uz potrošnju električne energije, što smanjuje potrebu za kontaktom s korisnicima i smanjuje pritužbe vezane uz konvencionalna brojila.
- Izbjegavanje troška zasebne ugradnje, održavanja i zamjene limitatora, MTU-a, UKS – uključuje u sebi ugrađene funkcije kao što su limitatori, što omogućuje izbjegavanje troškova zasebne ugradnje, održavanja i zamjene tih uređaja.
- Kontrola snage i dokup snage – omogućava kontrolu snage i dokup snage, što omogućuje potrošačima da optimiziraju svoju potrošnju električne energije i smanje troškove.

Kako energetika napreduje i s njom distribucijski sustav, potrebno je odgovoriti na napredne zahtjeve uspostavom naprednih rješenja u naprednom mjernom sustavu.

Povezujući mnoga tehnička rješenja (mjerenje, upravljanje, komunikacija,...) napredna mjerna infrastruktura postaje kamen temeljac ne samo opskrbe električnom energijom nego i distribucijskog sustava.[1]

Ugradnjom naprednih mjernih sustava u NN distribucijsku mrežu stvaraju se preduvjeti za:

- Otkrivanje neovlaštene potrošnje i praćenje opterećenja TS SN/NN radi učinkovitijeg planiranja razvoja NN distribucijske mreže.
- Otkrivanje područja s velikim gubicima usporedbom izmjerene ukupne potrošnje električne energije u TS SN/NN i zbroja potrošnje na pojedinim obračunskim mjernim mjestima koja se napajaju iz predmetne TS.
- Povećanje pouzdanosti napajanja električnom energijom, kroz prikupljanje podataka o broju krajnjih kupaca obuhvaćenih prekidom te trajanju prekida isporuke električne energije.

- Ugradnjom naprednih brojila kod krajnjih kupaca povećat će se uključenost kupaca u upravljanje potrošnjom električne energije.

Ciljevi uvođenja projekta napredna mjerna infrastruktura:

- Smanjenje troškova očitavanja brojila električne energije
- Smanjenje tehničkih i ne tehničkih gubitaka
- Smanjenje troškova kontaktnog centra za kupce i posljedično smanjenje pritužbi kupaca vezanih za konvencionalna brojila
- Dokup snage prema elektroenergetskoj suglasnosti
- Povećanje ukupnog broja kupaca na daljinskom očitavanju za 2%
- Smanjenje troškova isključenja i uključanja
- Upravljanje vršnim opterećenjem

## 2.1. Napredni mjerni uređaji

Napredna brojila opremljena su tehnologijom koja omogućuje automatsko očitavanje potrošnje električne energije i slanje podataka u bazu daljinskog sustava za očitavanje i korisnicima. Napredna mjerna infrastruktura omogućuje pružateljima usluga da prikupljaju i analiziraju podatke o potrošnji energije u realnom vremenu, što im omogućuje da bolje planiraju i upravljaju distribucijskom mrežom.

Brojila proizvođača Landys&Gyr i Iskra su najčešći primjeri naprednih brojila koja se koriste za mjerenje potrošnje električne energije.



*Slika 2.1 Primjeri PLC brojila [1]*

G3-PLC je tehnologija koja se koristi za prijenos podataka preko mreže niskog napona i temelji se na OFDM modulaciji (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), koja omogućuje prijenos podataka preko šireg frekvencijskog raspona sa velikom otpornošću na šum i smetnje. Djeluje u frekvencijskom rasponu od 10 kHz do 490 kHz i koristi postojeću infrastrukturu elektroenergetske mreže za komunikaciju, čime se eliminira potreba za dodatnim žičanim ili komunikacijskim uređajima. G3-PLC koristi nekoliko različitih pojaseva koji se mogu koristiti u različitim zemljama i regijama, ovisno o lokalnim propisima i uvjetima. Neke od uobičajenih frekvencijskih pojaseva prikazani su u tablici 2.1. [1]

Tablica 2.1. *Frekvencijski pojasevi korišteni u pametnim mrežama [1]*

| FREKVENCIJSKI POJAS | RASPON            | BROJ NOSIOCA |
|---------------------|-------------------|--------------|
| CENELEC-A           | 35,9 – 90,6 kHz   | 36           |
| CENELEC-B           | 98,4 – 121,9 kHz  | 16           |
| ARIB                | 154,7 – 403,1 kHz | 72           |
| FCC                 | 154,7 – 487,5 kHz | 54           |

Koncentrator podataka namijenjen je za daljinsko očitavanje brojila putem G3 PLC komunikacije. Ovaj uređaj se ugrađuje u trafostanicu, te na taj način putem energetskih vodova G3 PLC komunikacijom kontinuirano vrši prikupljanje podataka sa brojila na tom trafo području, podaci se dalje putem GPRS/ UMTS/ LTE mreže prenose u sustav za daljinsko očitavanje odnosno AMR (Automated Meter Reading).

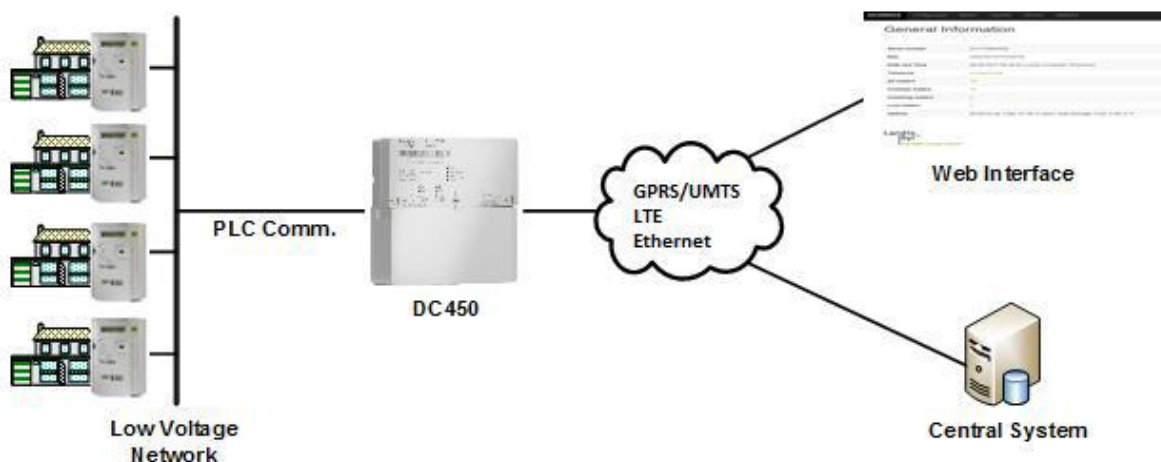


Slika 2.2. *Koncentrator podataka iz EU projekta [1]*

## 2.2. PLC-G3 tehnologija i napredna mjerna infrastruktura

PLC komunikacijska tehnologija najzastupljenija je u očitavanju naprednih brojila u Europi. Ova vrsta komunikacije omogućuje brži i ekonomičniji prijenos podataka preko postojećih vodova.

Korištenjem NN distribucijske mreže za očitavanje brojila i komunikaciju s pametnim brojlilima smanjuju se troškovi mobilnih operatera.



Slika 2.3. Blok shema PLC komunikacije [2]

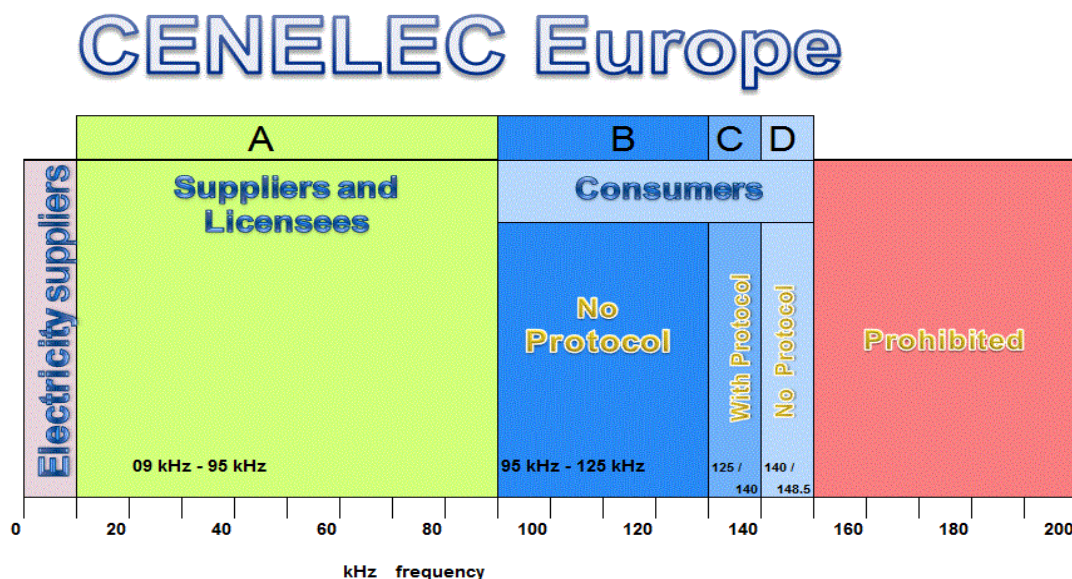
PLC-G3 komunikacija se temelji na ortogonalnoj modulaciji signala (OFDM). Komunikacija može funkcionirati na nisko frekvencijskom pojasu CENELEC A (od 30 kHz do 95 kHz) ili visoko frekvencijskom pojasu G3-FCC band (od 150 kHz do 500 kHz).

OFDM je tehnika modulacije koja učinkovito iskorištava dodijeljenu propusnost, dopuštajući korištenje naprednih tehnika kodiranja kanala.

Takva kombinacija omogućuje vrlo robusnu komunikaciju u prisutnosti uskopojasnih smetnji, impulzivnog šuma i frekvencijski selektivnog prigušenja. Napredna brojila koja su povezana sa G3-PLC komunikacijom moraju zadovoljiti standard ITU-T G.9903.

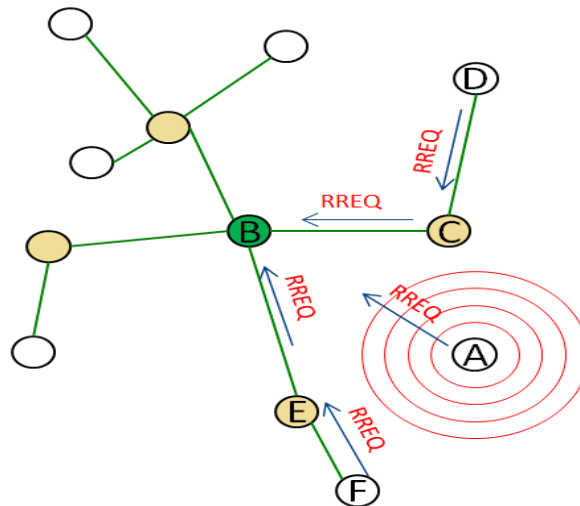
Cenelec A je pojasna širina koja se koristi za komunikaciju u elektrodistribucijskoj mreži Hrvatske, frekventno područje od 35 kHz do 96 kHz.

Za korištenje drugih pojasnih širina kao primjer PLC-500 koja nije dozvoljena u EU već u SAD-u, potrebno je ishoditi odobrenje HAKOM-a, što trenutno HEP nema.



Slika 2.4. Frekvencijska područja PLC-G3 signala [2]

PLC koncentrador podataka ponaša se kao PAN (Private Area Network) koordinator. Nova brojila prilikom priključenja na mrežu aktivno traže PAN koordinatora šaljući zahtjeve za priključenje. Svako pametno PLC-G3 brojilo ima svoju MAC adresu koja služi za identifikaciju uređaja. U PLC-G3 mreži komunikacija radi na principu hopping (routing). [2]



Slika 2.5. PAN koordinator [2]

PLC-G3 mreže su organizirane kao PAN-ovi. Koncentrador podataka odlučuje hoće li se pametno brojilo pridružiti PAN-u. Svako pametno brojilo u PLC-G3 mreži djeluje kao usmjerivač i istovremeno se može pridružiti samo jednom PAN-u.

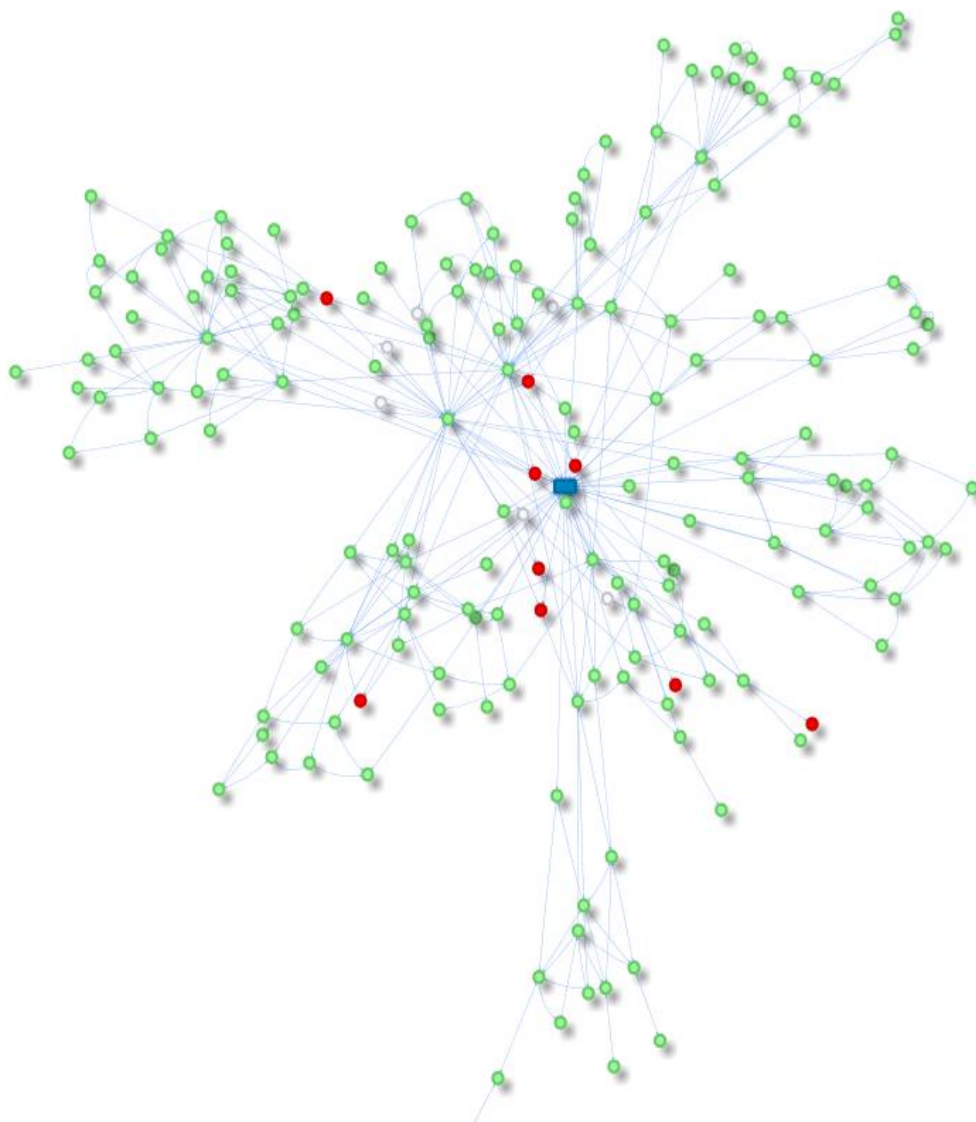
Prema definiranoj MAC adresi koncentrador podataka odlučuje hoće li se brojilo spojiti na mrežu i samo tada brojilo može postati aktivno na mreži. Postoji mogućnost ugradnje dva ili više koncentratora po jednom trafo području kako bi se organizirale dvije ili više logičkih odvojenih mreža unutar jednog trafo područja. U sustavu daljinskog očitavanja brojila moguće je pratiti stanje registracije brojila to jest vrijeme prve registracije na koncentrador podataka. U Elektroslavoniji Osijek koristi se sustav ADVANCE ENTERPRISE za praćenje naprednih brojila u mreži. U slučaju potrebe detaljnijih podataka potrebnih za analizu moguća je prijava na koncentrador podataka. Iz njega je vidljivo koliko se ukupno brojila prijavilo, koliko brojila čeka na prijavu, koliko je brojila izgubilo komunikaciju i slično.



Slika 2.6. Koncentrator podataka DC450 G3 i AC750 [2]

### 2.3. Koncentrator podataka – topologija PLC G3 mreže

Koncentrator podataka nudi velike mogućnosti praćenja statistike i mnoge funkcionalnosti koje se mogu iskoristiti za detaljnu analizu nisko naponske mreže. Na slici 2.7. prikazana je topologija mreže na TS Osijek KTS-220 kako je vidi sam koncentrator iz trafostanice. Koncentrator podataka nalazi se u sredini i označen je plavom bojom. Zelenom bojom su označena brojila koja su prijavljena na koncentrator podataka. Crvenom bojom su označena brojila koja se nisu prijavila na koncentrator podataka ili je izgubljena komunikacija zbog smetnji. Plave linije pokazuju putanju od brojila do koncentratora i nazad.



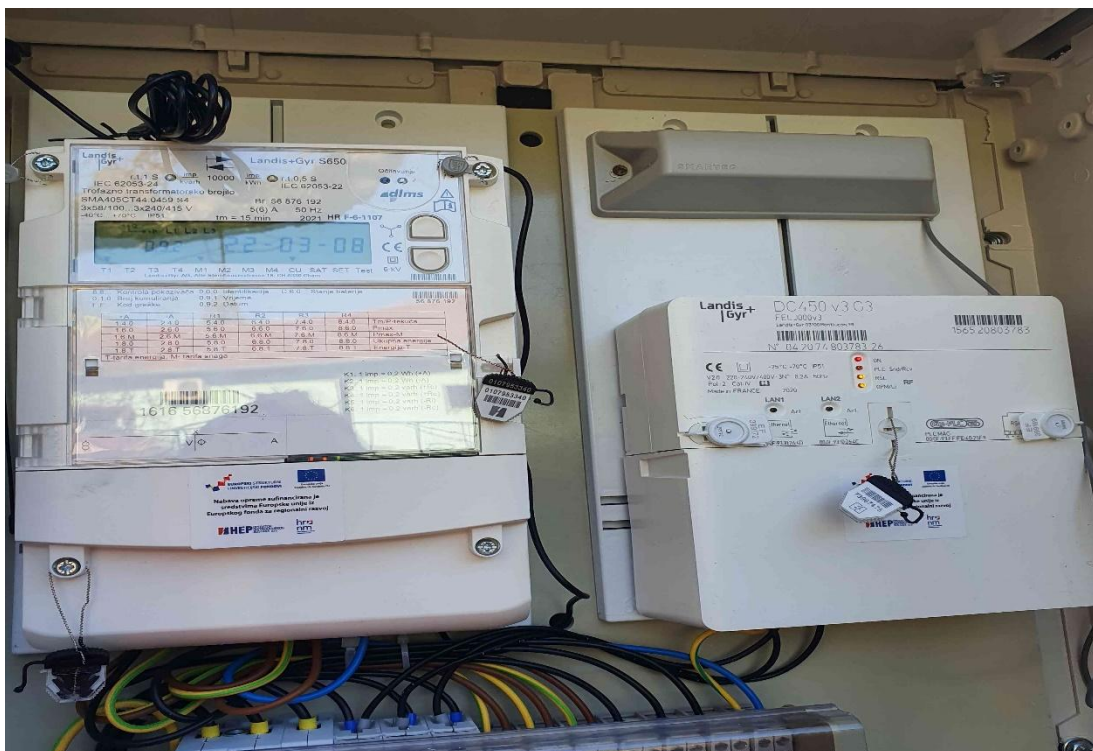
*Slika 2.7. Topologija mreže TS Osijek KTS-220 [2]*

### **2.3. Sumarna napredna brojila u TS SN/NN**

Sumarno brojilo je brojilo koje je ugrađeno na niskonaponskom razvodu trafostanice, a mjeri ukupnu potrošnju trafostanice.

Realizacijom pilot projekta ugrađeno je 612 sumarnih mjerenja u TS 10(20)/0,4 kV.





Slika 2.8. Sumarno mjerenje i konzentator [2]

Ugradnjom sumarnih brojila na niskonaponske razvođe u trafostanicama stvoreni su preduvjeti za ugradnju konzentatora podataka. Time se misli na ugradnju konzentatora u ormar bez prethodnog iskapčanja trafostanice. Svaki ormar je opremljen MPK kutijom na koju su prema shemi spajanja poluizravnog mjerenja dovode naponi i struje. MPK kutija je opremljena automatskim osiguračima i odvodnicima prenapona koji služe za zaštitu komunikacijskih uređaja, u ovom slučaju konzentatora podataka. Na više od 95% sumarnih mjerenja ugrađeni su novi NN SMT prema snagama energetskih transformatora. U budućnosti, kada se ugrade pametna brojila na trafo područja to jest zbroje LP:+T0 pojedinih brojila i ukupna potrošnja sumarnog brojila moći će se pratiti gubitci, nepovlaštena potrošnja i drugi podaci za planiranje niskonaponske mreže.

## 2.4. Sustav za daljinsko očitavanje

Sustav za daljinsko očitavanje ili AMR (Automatic Meter Reading) je dizajniran za prikupljanje informacija o potrošnji električne energije te primanje podataka putem radio mreže, Ethernet mreže ili naponske distribucijske mreže od konzentatora. AMR donosi značajne prednosti kupcima tako što omogućava veću preciznost očitavanja brojila, manje procijenjenih računa, brzi odgovor na zahtjeve za očitanjem, otkrivanje neovlaštene potrošnje, daljinsko ukapčanje i iskapčanje brojila i drugo.

Za pilot projekte koriste se dva AMR sustava:

- Landis&Gyr Advance Enterprise
- Iskraemeco SEP2W System

### 3. SUSTAVI AUTOMATSKOG DALJINSKOG OČITANJA

Automatizirani sustavi implementirani su korištenjem različitih tehnologija. Korištene tehnologije su: GSM, ZigBee, PLC, D-SCADA, WiMAX te hibridne tehnologije koje su mješavina navedeni. U tablici 3.1. mogu se vidjeti usporedbe navedenih tehnologija te se u nastavku ovog poglavlja nalaze opisi pojedinih tehnologija.

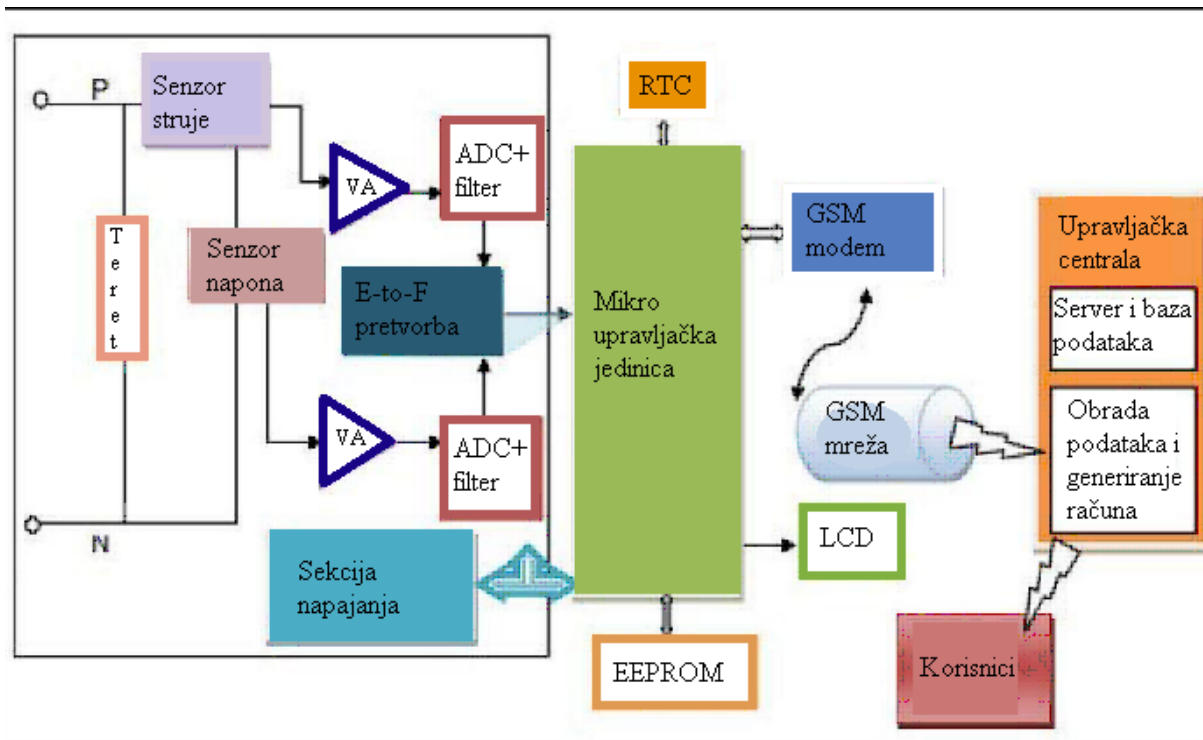
Tablica 3.1. Tipovi AMR-a

| Tehnologija | Cijena  | Izvedivost                   | Pouzdanost | Pokrivenost                | Komunikacijski protokol |
|-------------|---------|------------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|
| GSM         | Niska   | Najviše izvedivo             | Visoka     | Visoka                     | Stabilan                |
| ZigBee      | Srednja | U sitnoj mjeri               | Niska      | Niska                      | Najmanje stabilan       |
| SCADA       | Visoka  | Nije izvedivo                | Visoka     | Niska                      | Stabilan                |
| PLC         | Niska   | Najmanje izvedivo            | Niska      | Jako visoka                | Jako stabilan           |
| WiMAX       | Srednja | U sitnoj mjeri               | Srednja    | Niska                      | Stabilan                |
| Mješoviti   | Varira  | Izvedivo ako je GSM dio toga | Varira     | Visoka ako je GSM dio toga | Varira                  |

#### 3.1. AMR baziran na GSM-u

Među različitim implementacijama automatiziranog sustava očitavanja brojila glavni moduli koji čine razliku su modul za automatsko očitavanje brojila i komunikacijski modul. Ovaj AMR sustav koristi GSM mrežu u komunikacijske svrhe. GSM mreža osigurava globalnu pokrivenost u svim zemljama, čime se omogućuje komunikacija bez potrebe za implementacijom nove komunikacijske infrastrukture. Osim besprijekorne pokrivenosti, GSM mreža također pruža usluge poput SMS-a (Short Message Service) i GPRS-a (General Packet Radio Service) za bežično dohvaćanje očitavanja brojila iz pojedinačnih kuća. GSM mreža je učinkovitiji, pouzdaniji i sigurniji komunikacijski standard koji se koristi već nekoliko godina bez ikakvih tehničkih problema. Niska cijena, jednostavno postavljanje, velika radna udaljenost, manje ljudske intervencije samo su neke od istaknutih značajki GSM sustava.

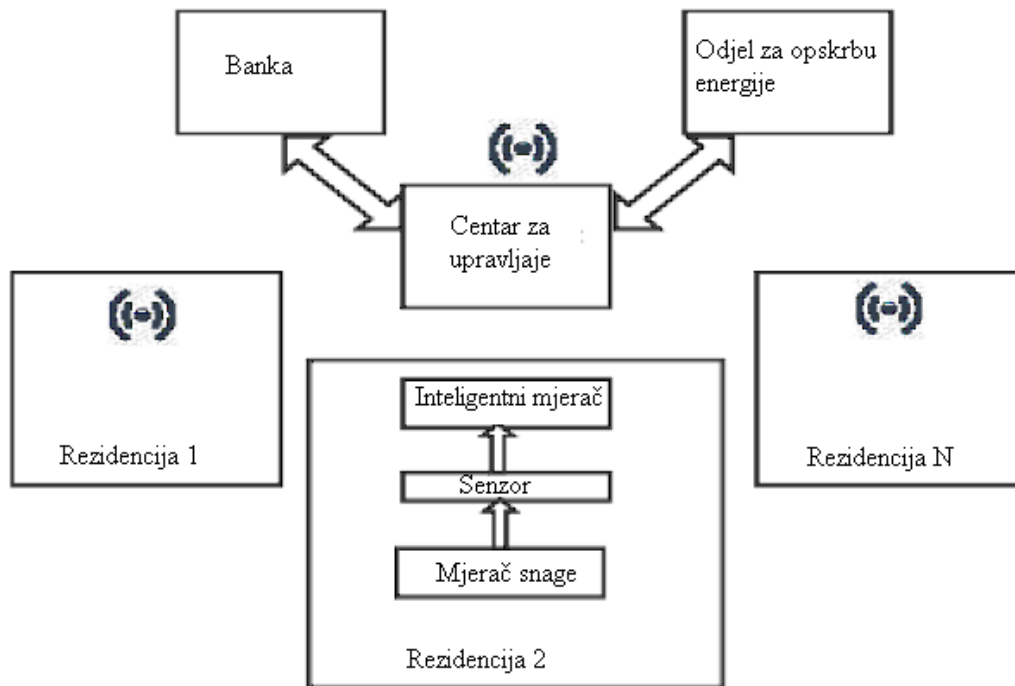
Jedna od implementacija ovog sustava ima GSM modem i P2C (Power to Communication) karticu instaliranu unutra, povezan preko RS232 s kojeg se dobivaju očitavanja brojila. Ova metoda predlaže neovlašteno mijenjanje postojećeg mjerača energije i integraciju kartice P2C sučelja u njega, međutim neovlašteno mijenjanje mjerača energije protivno je državnom zakonu u većini zemalja i moglo bi se široko primijeniti ako i samo ako postojeća brojila zamijeni vlada. SMS sustav služi za traženje i dohvaćanje stanja brojila iz svake kuće u bilo koje vrijeme, pa čak i za vrijeme prekida napajanja ako račun ostane neplaćen. Korisnik je također obaviješten, dobiva povratnu informaciju i može provjeriti svoj status brojila s bilo kojeg mjesta u svijetu korištenjem SMS sustava. Druga implementacija ovog AMR-a je vrlo slična prethodnoj, ali se na nju priključuje RTC (Real Time Clock) za bilježenje 24 satnog vremena čak i pri kvaru. RTC je napajan putem 3V CMOS baterije. Također se priključuje i EEPROM za pohranu povijesti očitavanja. Takav sustav ima i svoje vlastito računalo s GSM modemom. Oba ova primjera sustava pružaju značajke elektronske trgovine kao što su naplata, ispis i drugo, te sučelje za pregled i analizu povijesti svih naplata.[3]



Slika 3.1. Dizajn AMR sustava s GSM-om [4]

### 3.2. AMR baziran na ZigBee-u

ZigBee je zbirka komunikacijskih protokola koji se koriste za izgradnju malih osobnih mreža korištenjem digitalnih radija malih snaga i temelje se na standardu IEEE 802.15.4. Domet prosječnog ZigBee uređaja ograničen je na 10 do 100 metara te se može dodatno proširiti korištenjem isprepletene mreže ZigBee uređaja. Niska cijena omogućuje široku primjenu tehnologije bežičnog upravljanja i nadzora putem aplikacija. ZigBee je dizajniran za pružanje velike propusnosti podataka u aplikacijama u kojima je radni ciklus nizak, a niska potrošnja energije je važna za razmatranje. Brzina ZigBee-a je definirana s 250 kbit/s, što je najprikladnije za isprekidani prijenos podataka sa senzora ili ulaznog uređaja. Struktura WARMS-a koji koristi ZigBee prikazana je na slici 3.2.



Slika 3.2. Struktura AMR-a koji koristi ZigBee [5]

ZigBee digitalni mjerac snage ugrađen je u svaku potrošačku jedinicu i sustav elektroničke naplate električne energije na strani dobavljača energije. ZigBee digitalni mjerac snage je jednofazni digitalni mjerac snage s ugrađenim ZigBee modemom koji bežično šalje očitavanje potrošene energije. Na strani dobavljača električne energije, koristi se sustav e-naplate za upravljanje svih primljenih očitavanja brojala, izračunavanja troškova naplate, ažuriranje baze podataka i obavještanje o naplati putem bežične mreže.

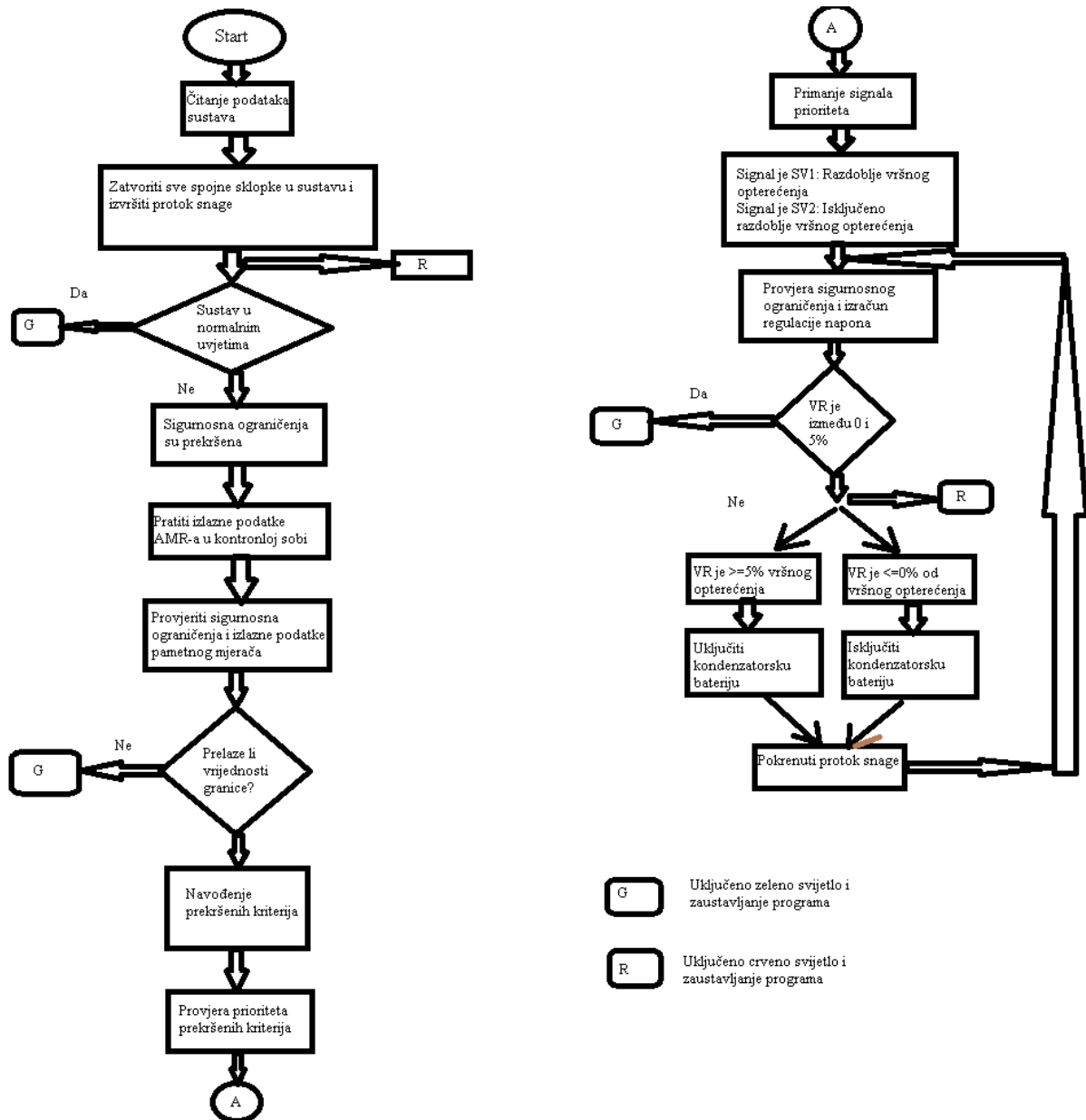
Drugi način korištenja ZigBee-a u sustavu za automatsko očitavanje brojala je sustav koji se sastoji od kontrolnog terminala, GPRS modula i korisničkog mjernog modula. ZigBee mreža je za komunikaciju na kratke udaljenosti, a GPRS je mreža za komunikaciju na daljinu. Softver je dizajniran s ciljem uštede energije sa svakim komunikacijskim protokolom. ZigBee uređaji su jeftini, jednostavni za rukovanje i troše manje energije. Mana im je ograničena obrada, memorija i snaga, te kratki domet.[5]

### 3.3. AMR baziran na SCADA sustavu

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) je sustav koji radi s kodiranim signalima preko komunikacijskih kanala kako bi se omogućilo daljinsko upravljanje. SCADA je kategorija softverskog aplikacijskog programa koji prikuplja podatke u stvarnom vremenu s udaljenih lokacija.

SCADA je kombinacija telemetrije i prikupljanja podataka. SCADA uključuje prikupljanje podataka putem RTU-a (Remote Terminal Unit), PLC-a (Programmable Logic Controllers) i IED-a (Intelligent Electronic Devices), prenosi te podatke do centrale, provodi sve potrebne analize i kontrole, te zatim prikazuje te informacije na zaslonima. Algoritam

upravljanja D-SCADA i nadzor sigurnosti distribucije prikazan je na slici 3.3. Sustav koji koristi SCADA precizno locira i izolira greške, te optimizira uštedu energije. Moguća je centralizirana kontrola i kontrola više objekata s jedne lokacije, te daljinska kontrola. Mana SCADA sustava je ta što je takav sustav sklon mrežnim napadima.[6]



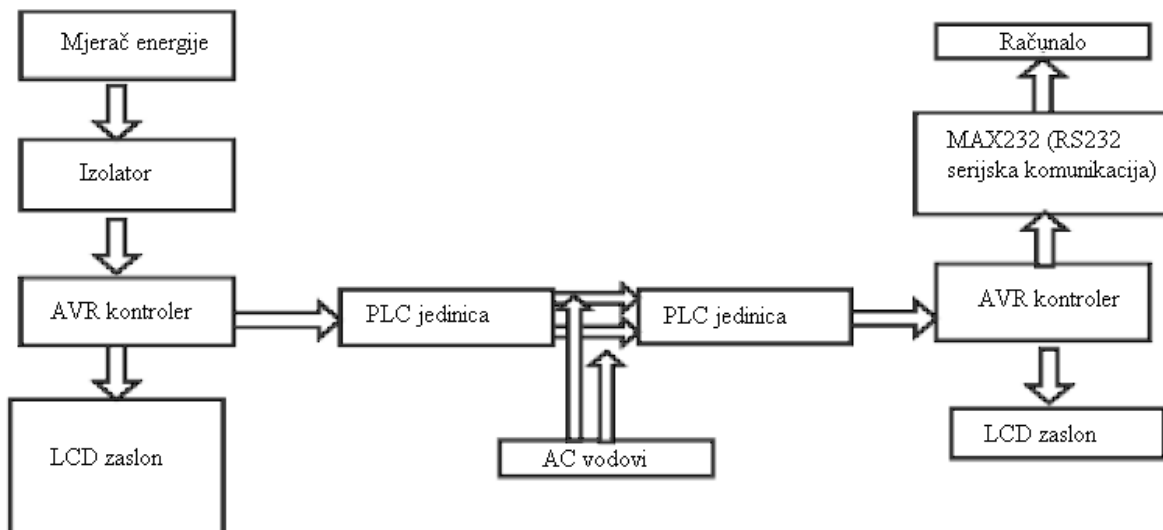
Slika 3.3. AMR distribuiran D-SCADA algoritmom upravljanja [6]

### 3.4. AMR baziran na PLC-u

Power Line Communication (Komunikacija putem električne mreže) sistemi koriste već postojeće kabele za napajanje kao komunikacijski medij. To u konačnici omogućuje daljinsko kontroliranje uređaja i preuzimanje podataka. PLC je kao i svaka druga

komunikacijska tehnologija u kojoj pošiljatelj modulira podatke koji se šalju i ubrizgava ih u medij, a primatelj modulira podatke kako bi ih pročitao. Glavna prednost PLC-a je da se postojeće ožičenje može ponovno koristiti. Stoga se PLC sistem može koristiti za prijenos podataka očitavanja brojila na centralni server putem GSM/GPRS-a. Podaci sa svakog brojila se prikupljaju pomoću PLC-a. Ti se podaci zatim prenose u centralu pomoću GPRS veze. Server dostavlja podatke poslužiteljima za naplatu.

Komunikacija između koncentratora i kolektora obavlja se pomoću Power Line Carrier-a (PLC) kao što je prikazano na slici 3.4. Kolektor se koristi za pohranu i obradu podataka s različitih brojila uz nadzor koncentratora. Koncentrator šalje naredbe kolektoru za periodično primanje očitavanja mreže.



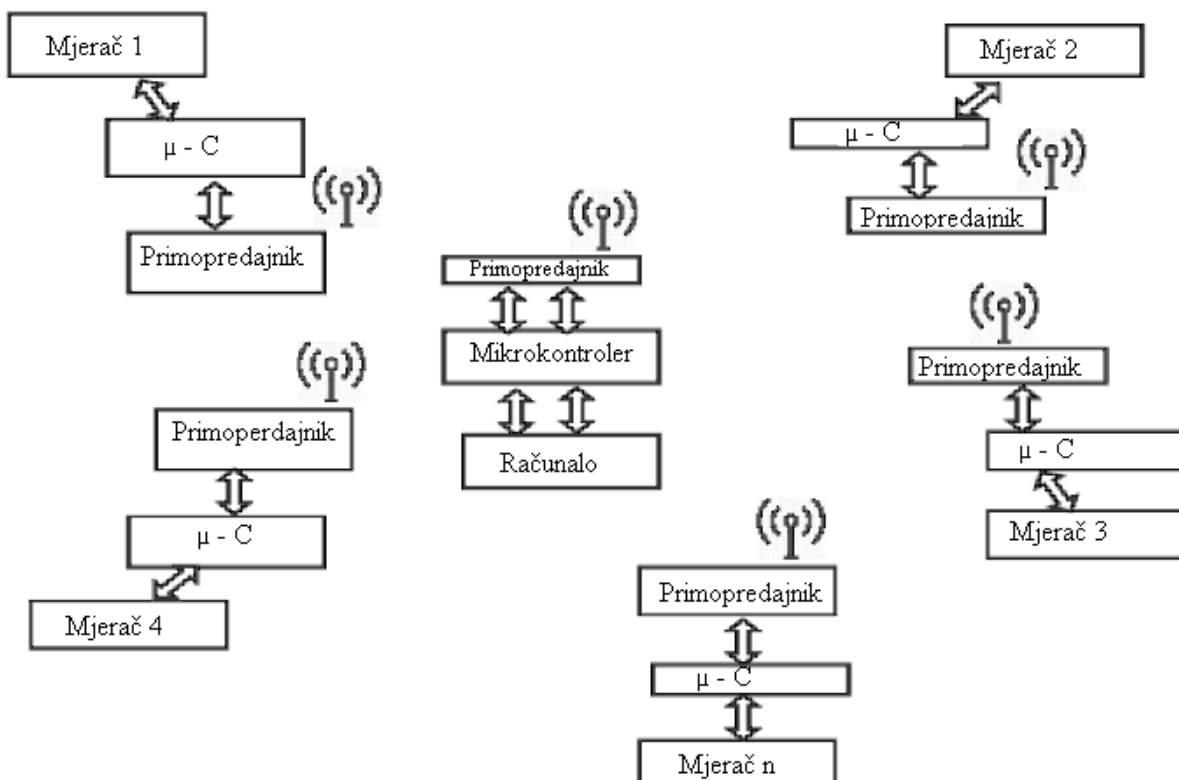
Slika 3.4. Blok dijagram AMR-a koji koristi PLC sistem komunikacije [7]

Dva glavna čimbenika koji uzrokuju nestabilna očitavanja PLC mjerača su slabljenje signala električne mreže i nasumične smetnje. Zbog slabljenja signala, sustav za očitavanje ne može pouzdano očitati brojila ako ne postoje relejne zaštite. Postojanje slučajnih smetnji jednako je povećanju prigušenja električne mreže i smanjenju osjetljivosti prijema. Sustav koji koristi PLC može koristiti već postojeće električne žice, te ima bolji komunikacijski domet od bežične komunikacije. PLC sistemi su jednostavni za instalaciju i održavanje, ali ne mogu konstantno očitavati podatke. Dugotrajne smetnje u električnoj mreži uzrokuju pregrijavanje kućanskih aparata, smanjenje snage motora, i drugo.[7]

### 3.5. AMR baziran na WiMAX tehnologiji

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je bežični komunikacijski standard dizajniran za pružanje 30 do 40 megabita u sekundi. WiMAX podržava mobilne i fiksne bežične aplikacije. WiMAX sa sobom donosi mogućnost prijenosa na daleko veće udaljenosti i mogućnost rukovanja s mnogo više podataka.

Jedinica za očitavanje identificira rotaciju diska mjerača energije i podaci se pohranjuju u mikrokontroler. Dakle, nije potrebno mijenjati trenutni analogni mjerač energije. Vanjski modul se dodaje na trenutni mjerač energije. U komunikacijskoj jedinici WiMAX primopredajnik se koristi za bežičnu komunikaciju između brojila i poslužitelja. U jedinici za prijem i obradu podataka očitavanje brojila se prikuplja od primopredajnika kojim upravlja drugi mikrokontroler. Postoji računalna aplikacija koja uzima podatke iz mikrokontrolera. To će također pomoći da se izbjegne bilo kakvo neovlašteno korištenje ili kvar na mjeraču energije. Konceptualni dijagram predloženog sustava prikazan je na slici 3.5. Ovaj sustav je jeftin, fleksibilan i podržava prijenos podataka velikom brzinom na velike udaljenosti. WiMAX ima sigurnosne ranjivosti na PHY i MAC slojevima, gdje je izložen bežičnim napadima kao što su presretanja, modifikacije i ponovne reprodukcije. Vremenski uvjeti poput kiše mogu prekinuti signal. Druga bežična oprema može uzrokovati smetnje.[8]



Slika 3.5. Konceptualni dijagram AMR-a baziranog na WiMAX tehnologiji [8]

### 3.6. Mješoviti tip AMR-a

Ovaj sustav automatizira proces očitavanja brojila hvatanjem slika mjerača energije i prenosi ih do kupaca putem ZigBee tehnologije. Generira račun i šalje trenutno i prethodno očitavanje brojila kupcu putem SMS-a. Matlab se koristi za obradu slike. VGA kamera se postavlja ispred mjerača energije za snimanje slika koje se prenose na server gdje se prepoznaju znakovi i brojevi. Time se izbjegava neovlašteno korištenje mjerača energije. Za izdvajanje znamenki iz cijele slike izrezuje se samo ploča sa znamenkama. Slika prolazi kroz obradu iz RGB u sivo, crno, bijelu sliku, a zatim se svaka znamenka segmentira. Nakon toga, svaka znamenka prolazi kroz proces mrežne tehnike kako bi se pronašla vrijednost ove znamenke s prethodno pohranjenim znamenkama u bazi podataka. Ovo očitavanje daje trenutno očitavanje brojila. Korištenje Matlab-a čini sustav skupim. Sustav troši manje energije, ali ima kratak domet i nisku brzinu podataka.[9]

Ovaj sustav pruža dvije varijante sustava automatskog očitavanja mjerača koji koristi ZigBee i GSM:

- PIC mikrokontroler za brojanje impulsa koje generira IC mjerenje
- Bežične senzorske mreže (WSN) za otkrivanje, obradu i pohranu iz izlaza senzora

U prvom sustavu, IC za mjerenje stvara izlaz u obliku impulsa koji se broje mjeračem vremena PIC mikrokontrolerske jedinice. PIC mikrokontroler je programiran korištenjem softverskog sučelja za očitavanje podataka iz mjernog IC-a. Tehnologija koja se koristi za slanje podataka baznoj stanici je ZigBee koji se koristi GSM modemom za komunikaciju s glavnom stanicom.

U drugom sustavu, senzorska mreža se sastoji od više detekcijskih stanica koje se nazivaju senzorski čvorovi od kojih je svaka mala, lagana i prenosiva. Senzorski čvorovi sadrže pretvornik, mikroračunalo i primopredajnik. Pretvornik generira električne signale na temelju fizičkih efekata i pojava. Mikroračunalo obrađuje i pohranjuje izlaze iz senzora. Primopredajnik prima naredbe od središnjeg računala i prenosi podatke tom računalu. Na kraju se svi podaci šalju glavnoj postaji koja emitira račune pojedinih kuća, dospjeća plaćanja, potvrde plaćanja računa.

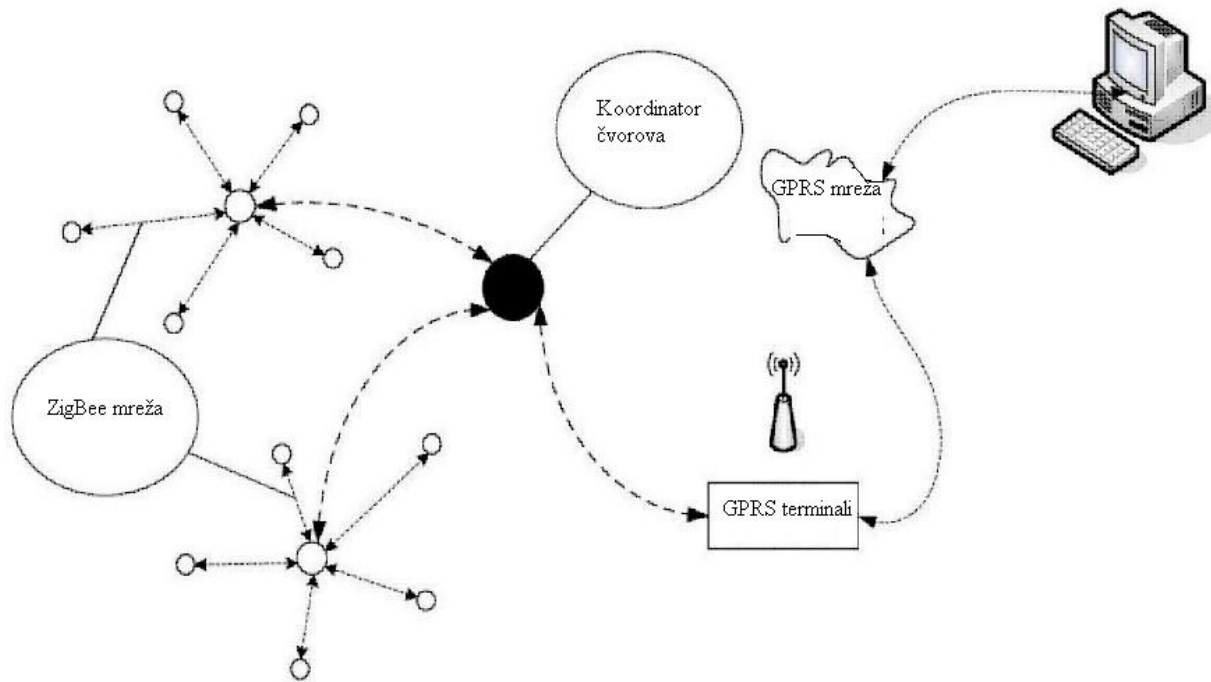
WSN eliminira puno ožičenja što nije u slučaju PIC mikrokontrolera koji zahtjeva puno žica. Bežične senzorske mreže su vrlo skupe u usporedbi s PIC mikrokontrolerima. WSN nije siguran, ali ima jednostavniju arhitekturu od PIC mikrokontrolera.

Automatizacija očitavanja brojila postiže se korištenjem GSM i ARM kontrolera. Sustav koristi ARM procesor za obradu ulaznih podataka, izračunavanje računa i UART za razmjenu podataka s GSM modemom. Sastoji se od jedinice za mjerenje energije za detekciju neovlaštenog pristupa, relejne upravljačke stanice za daljinsko upravljanje sustava, bežičnog komunikacijskog modula za prijenos podataka i komunalnog kontrolnog centra na strani poslužitelja za prikupljanje podataka, obradu i slanje SMS-a korisniku. Sustav čita ulazne impulse i nakon brojanja određenog broja impulsa povećava interni brojač za jedan što pokazuje broj potrošenih jedinica. ARM kontroler šalje broj jedinica UART-u, koji se zatim šalje na GSM modem. GSM modem šalje podatke davatelju usluga putem SMS-a. Opskrba korisnika se može isključiti daljinski u slučaju neplaćenih računa. Zadatak prikupljanja podatak i manipulacija podacima je brža i lakša.

Konačni sustav mješovitog tipa sastoji se od terminala za daljinsko upravljanje, GPRS modula i modula za mjerenje korisničkog brojila. Modul za očitavanje korisničkog brojila sastoji se od tri dijela i to modula za prikupljanje podataka instrumenata, modula za pohranu podataka i modula za prijenos podataka. Prikupljeni podaci se spremaju u međuspremnik i šalju na udaljeni terminal putem bežične mreže. Mrežna struktura udaljenog AMR-a



prikazana je na slici 3.6. Funkcija komunikacije GPRS modula na kratkoj udaljenosti koristi CC2430 čip, a daljinska komunikacija koristi SIM300 čip. Kako bi se smanjila zaliha podataka, koristi se struktura grupiranja podataka. Za komunikaciju na kratkim udaljenostima koristi se ZigBee mreža, a za udaljenu komunikaciju GPRS. Ovaj softver je dizajniran s ciljem uštede energije sa svakim komunikacijskim protokolom. Ovaj sustav je jeftin i vrlo siguran.[10]



Slika 3.6. Struktura mreže [10]

## 4. IMPLEMENTACIJA SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA

Napredni sustavi mjerenja su revolucionirali način na koji javni servisi prikupljaju, upravljaju i analiziraju podatke o potrošnji energije, omogućujući preciznije fakturiranje, poboljšanu operativnu učinkovitost i unaprijeđeni angažman korisnika. Kako bi AMR sustav bio uspješno implementiran potrebno je:

- Razumijevanje AMR sustava
  - Definicija i obuhvat AMR sustava: Pregled AMR sustava i njihove uloge u automatizaciji prikupljanja i dobivanja podataka o potrošnji putem mjerača, što eliminira potrebu za ručnim očitajima.
  - Prednosti implementacije AMR sustava: Istraživanje prednosti AMR-a, kao što su točna i pravovremena očitavanja mjerača, smanjenje operativnih troškova, poboljšano zadovoljstvo korisnika i napredne mogućnosti analize podataka.
- Planiranje i priprema za implementaciju AMR sustava
  - Procjena potreba: Procjena postojeće infrastrukture mjerenja, prepoznavanje problema i postavljanje jasnih ciljeva i svrhe projekta implementacije AMR sustava.
  - Uključivanje zainteresiranih strana: Uključivanje ključnih dionika, uključujući upravu javnih servisa, IT timove, terensko osoblje i korisnike, kako bi se osigurala podrška i suradnja.
  - Usklađenost s regulativom: Razumijevanje regulatornih zahtjeva i standarda vezanih uz implementaciju AMR sustava i osiguravanje usklađenosti tijekom cijelog procesa.
- Odabir i nabava AMR sustava
  - Evaluacija AMR tehnologija: Istraživanje različitih AMR tehnologija, poput radio frekvencijskih sustava, komunikacije putem elektroenergetskih mreža i mobilnih mreža, te odabir najprikladnije opcije temeljene na infrastrukturi, proračunu i operativnim potrebama.
  - Odabir dobavljača: Provođenje sveobuhvatne evaluacije dobavljača AMR sustava, uzimajući u obzir pouzdanost, skalabilnost, korisničku podršku i usklađenost s industrijskim standardima.
  - Pregovaranje o ugovoru: Pregovaranje povoljnih uvjeta s odabranim dobavljačem, uključujući cijenu, ugovore o razini usluga i održavanje sustava.
- Priprema infrastrukture i mreže
  - Komunikacijska infrastruktura: Procjena postojeće komunikacijske infrastrukture i određivanje potrebnih nadogradnji ili modifikacija kako bi se podržao AMR sustav.
  - Topologija mreže: Projektiranje pouzdane i sigurne topologije mreže koja osigurava pouzdan prijenos podataka između mjerača i centralnog sustava upravljanja podacima.
  - Strategija implementacije mjerača: Izrada plana za instalaciju mjerača s podrškom za AMR, uzimajući u obzir kompatibilnost mjerača, geografsko pokrivanje i komunikaciju s korisnicima.
- Upravljanje podacima i integracija
  - Prikupljanje i pohrana podataka: Uspostavljanje centraliziranog sustava za upravljanje podacima, poput sustava za upravljanje podacima mjerača, za prikupljanje, pohranu i upravljanje velikom količinom podataka generiranih putem AMR sustava.

- Integracija sustava: Integracija AMR sustava s drugim sustavima javnih servisa, poput sustava za upravljanje informacijama o korisnicima i sustava za fakturiranje, kako bi se osiguralo glatko protjecanje podataka i točni procesi fakturiranja.
- Validacija podataka i kontrola kvalitete: Implementacija procesa za provjeru i osiguravanje točnosti, integriteta i konzistentnosti podataka prikupljenih putem AMR sustava.
- Obuka i upravljanje promjenama
  - Obuka zaposlenika: Pružanje sveobuhvatnih programa obuke za osoblje javnih servisa koje sudjeluju u radu i održavanju AMR sustava, kako bi imali potrebne vještine i znanje za učinkovitu upotrebu sustava.
  - Edukacija i angažman korisnika: Razvoj strategija komunikacije kako bi se educirali korisnici o prednostima AMR sustava, adresirale eventualne zabrinutosti i nesporazumi te potaknuo aktivan angažman s novom tehnologijom mjerenja.
- Praćenje, održavanje i nadogradnje
  - Praćenje performansi sustava: Implementacija alata i procesa za praćenje performansi AMR sustava, identifikaciju problema ili anomalija te osiguranje optimalnog rada sustava.
  - Redovito održavanje: Uspostava rasporeda redovitog održavanja radi rješavanja hardverskih ili softverskih problema, izvođenje ažuriranja firmwarea i rutinskog pregleda mjerača.
  - Skalabilnost i nadogradnje u budućnosti: Razmatranje skalabilnosti AMR sustava radi prilagodbe budućem rastu i tehnološkim napredcima te planiranje budućih nadogradnji prema potrebi.

Uspješna implementacija AMR sustava zahtijeva pažljivo planiranje, angažman zainteresiranih strana i poštivanje najboljih praksi. Razumijevanje ključnih aspekata, izazova i navedenih praksi, javni servisi mogu osigurati besprijekoran i učinkovit proces implementacije AMR sustava. Kroz automatizaciju procesa očitavanja mjerača, točno prikupljanje podataka i poboljšanu operativnu učinkovitost, AMR sustavi pružaju značajne prednosti kako javnim servisima tako i korisnicima, otvarajući put prema održivoj i učinkovitoj energetskej budućnosti.

## 5. PRIKUPLJANE I POHRANA PODATAKA U SUSTAVIMA NAPREDNIH MJERENJA

Prikupljanje podataka je ključna faza u sustavima naprednih mjerenja, jer omogućuje prikupljanje informacija o potrošnji energije i drugim relevantnim parametrima. Metode prikupljanja, očitavanja i prijenosa podataka moraju biti pouzdane i učinkovite. Također, provjera valjanosti podataka osigurava njihovu kvalitetu i pouzdanost. Razumijevanje ovih aspekata pomaže u osiguravanju točnih i pouzdanih podataka koji se koriste u analizi i upravljanju potrošnje energije.

### 5.1. Metode prikupljanja podataka

U sustavima naprednih mjerenja razlikujemo automatsko očitavanje podataka, ručno očitavanje te daljinsko očitavanje.

Automatsko očitavanje koristi napredne mjerne uređaje koji automatski prikupljaju i bilježe podatke o potrošnji energije. Ti podaci se pohranjuju u samom mjerачu ili se prenose na centralni sustav putem različitih komunikacijskih tehnologija poput bežičnih, PLC ili mobilnih mreža. Na slici 5.1. je primjer naprednog brojila koje danas sve češće možemo vidjeti postavljeno u novijim stambenim zgradama.



Slika 5.1. Napredno brojilo [11]

Ručno očitavanje je tradicionalna metoda koja uključuje fizičko očitavanje mjerачa od strane zaposlenika koji posjećuju kućanstva ili poslovne objekte kako bi zabilježili potrošnju energije. Ručno očitavanje može biti periodično ili se može provoditi prema rasporedu ili potrebi. Iako danas sve više težimo naprednim brojilima, u kućanstvima i dalje možemo pronaći mehaničko brojilo kao na slici 5.2.



Slika 5.2. Mehaničko brojilo [12]

Posljednja metoda očitavanja je daljinsko očitavanje. Ova metoda koristi daljinsku telemetriju ili senzore koji omogućuju prijenos podataka o potrošnji energije putem bežičnih ili drugih komunikacijskih tehnologija. Podaci se prikupljaju na daljinu, često s visokom frekvencijom, bez potrebe za fizičkim pristupom mjeračima. Razlika daljinskog očitavanja podataka od automatskog je u tome što se automatsko očitavanje odnosi na prikupljanje podataka putem senzora i komunikacijskih sučelja u samim mjeračima, dok se daljinsko očitavanje odnosi na prikupljanje podataka putem daljinske telemetrije ili senzora koji omogućuju prijenos podataka na daljinu.

## 5.2. Očitavanje i prijenos podataka

Proces očitavanja i prijenosa podataka iz sustava naprednih mjerenja može se odvijati na različite načine. Nakon što se prikupe podaci putem automatskog, ručnog ili daljinskog očitavanja, oni se prenose na centralni sustav za upravljanje podacima. Prijenos podataka može se ostvariti putem različitih komunikacijskih tehnologija, uključujući bežične, komunikaciju putem elektroenergetske mreže (PLC) ili mobilne mreže.

Bežične tehnologije omogućuju brz i praktičan prijenos podataka, dok PLC koristi elektroenergetske mreže za komunikaciju podataka, što rezultira širom pokrivenošću. Mobilne mreže, s druge strane, omogućuju prijenos podataka putem mobilnih telefonskih mreža, što može biti pogodno za udaljena područja.

## 5.3. Kvaliteta podataka i metode provjere valjanosti

Važno je osigurati kvalitetu podataka prikupljenih u sustavima naprednih mjerenja. Nevaljani ili netočni podaci mogu dovesti do pogrešnih izračuna potrošnje energije ili

donošenja neispravnih odluka. Stoga se provode različite metode provjere valjanosti podataka kako bi se osigurala njihova pouzdanost.

Metode provjere valjanosti podataka uključuju:

- **Provjera raspona**  
Provjerava se jesu li izmjerene vrijednosti unutar očekivanog raspona vrijednosti za određeni tip potrošača.
- **Provjera nagle promjene**  
Otkriva iznimno velike promjene u potrošnji energije između uzastopnih očitavanja koje bi mogle ukazivati na neispravnost ili probleme.
- **Provjera dosljednosti**  
Uspoređuje se slijed očitavanja s prethodnim podacima kako bi se utvrdila dosljednost i identificirale eventualne nelogičnosti.
- **Provjera podudarnosti**  
Podaci se uspoređuju s drugim relevantnim izvorima podataka kako bi se provjerila njihova usklađenost.

#### **5.4. Pohrana podataka**

Prikupljene podatke iz sustava naprednih mjerenja je potrebno pohraniti. Za učinkovito korištenje prikupljenih podataka bitne su i odgovarajuće tehnologije pohrane i pretraživanja. Sustav upravljanja relacijskom bazom podataka (RDBMS) ima mnogo jakih strana pogodnih za financijske sustave, poput visoke konzistentnosti i brze transakcije podataka zbog svojih karakteristike integrirane transakcije, online obrade transakcija ili višestrukih zadataka temeljenih na raznovrsnoj strukturi podataka. Dobro poznati skup svojstva transakcija baze podataka obično je poznat pod akronimom ACID (Atomicity, Consistency, Isolation and Durability). Svaki slijed operacija baze podataka koji zadovoljava ACID može se promatrati kao jedna logička operacija na podacima, te se stoga nazivaju transakcijom. U ovom kontekstu ACID znači:

- **Atomski:** transakcije su sve ili ništa
- **Dosljednost:** pohranjuju se samo valjani podaci
- **Izolacija:** transakcije ne utječu jedna na drugu, nema nuspojava
- **Trajnost:** zapisani podaci neće biti izgubljeni

Kako bi ispunili ACID zahtjeve, RDBMS je ograničen u smislu količine podataka. Usluge temeljene na webu su raznolike kako bi se omogućila potreba za obradom nestrukturiranih podataka, kao što su rečenice, nepokretne slike, pokretne slike i drugo. Kako bi se nosilo s ovom situacijom, razvijen je NoSQL koji kombinira SQL s drugim jezicima za obradu. SQL se koristi za stvaranje strukturiranih podataka. [13]

NoSQL ima značajke skaliranja i prikladan je za dodavanje, skeniranje i upućivanje dramatično rastućih podataka uz visoku učinkovitost. Međutim NoSQL nije tako dobar kao RDBMS za osvježavanje podataka i nije prikladan za transakcijske procese koji zahtijevaju visoku konzistentnost podataka. NoSQL ne koristi standardiziranu metodu opisa, i kao rezultat toga konvencionalni i postojeći sustav za razvoj nije mogao biti iskorišten za NoSQL. Stoga je teško poboljšati učinkovitost razvoja sustava i osigurati ljudske resurse za

istraživanje i razvoj NoSQL-a. Budući da NoSQL baze podataka nisu mogle uključivati logičke funkcije izravno u bazu podataka, implementirana je vlastita logika aplikacije. Temeljem ovih pozadina kreiran je NewSQL koji može podnijeti brze transakcijske procese, dok se nosi s povećanom količinom podataka i održava niske troškove razvoja.

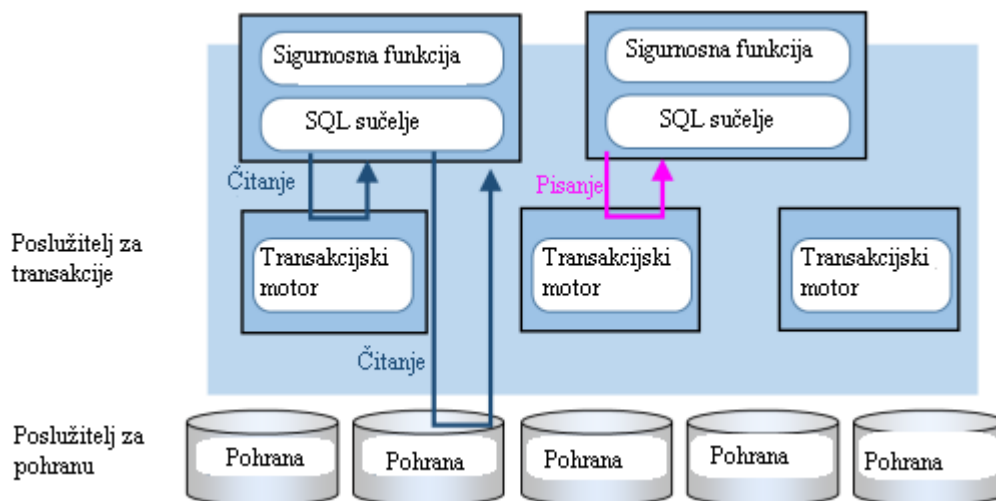
#### 5.4.1. NoSQL

NoSQL je generički naziv nerelacijske baze podataka ili ne samo relacijske. Tipične značajke NoSQL-a su mogućnost brzog čitanja i pisanja za jednostavne informacije i mogućnost jednostavnog poboljšanja performansi skaliranjem. Međutim, prikladan je samo za jednostavnu strukturu podataka i nedostaju mu funkcionalnosti kao što je odnos između različitih baza podataka i zajedničkih operacija. Dok su prve NoSQL baze podataka bile samo pohrane ključeva i vrijednosti za jednostavne podatkovne strukture, stvarne NoSQL baze podataka također omogućuju pohranjivanje složenijih struktura podataka. Vrste baza podataka koje se smatraju NoSQL-om su:

- Baza podataka tipa ključ-vrijednost
  - Baze podataka tipa ključ-vrijednost sastoje se od dvije strukture podataka, ključa kao indeksa i vrijednosti kao podatka. Lako je postići brzu obradu paralelno obradom zbog svoje strukture bez sheme.
- Baza podataka u stupcima
  - Baza podataka u stupcima specificirana je i optimizirana za čitanje podataka, pisanje, skeniranje i obradu za stupce podataka, što omogućuje bržu obradu za izračune usmjerene na stupce, kao što je prosječna vrijednost specifičnih stavki svih prikazanih podataka.
- Baza podataka orijentirana na dokumente
  - Baza podataka orijentirana na dokumente temelji se na proširenoj bazi podataka tipa ključ-vrijednost. Svaka je podatkovna stavka sastavljena kao dokument na različitoj podatkovnoj strukturi, koja se naziva „bez sheme“. Ova vrsta baze podataka ima visoku skalabilnost jer se struktura podataka može lako mijenjati, čak i nakon početka operacije.
- Baza podataka orijentirana grafom

#### 5.4.2. NewSQL

NewSQL je razvijen sa zahtjevom da transakcijski procesi trebaju biti jako precizni, a razvoj baza podataka treba biti učinkovit u odgovoru na povećane količine podataka. NewSQL je opisan na slici 5.3.



Slika 5.3. Konfiguracija sustava NewSQL [13]

Slika 5.3. prikazuje bazu podataka koja se sastoji od tri različita poslužitelja. Za pristup podacima zaduženo je SQL sučelje. Poslužitelj za transakcije zadužen je za proces transakcije, a poslužitelj za pohranu zadužen je za pohranjivanje podataka. U ovom primjeru, poslužitelj za pohranu je tipičan ključ-vrijednost vrsta pohrane. Ima jednostavnu strukturu pohrane podataka i pohranjuje podatkovnu stavku s parom ključa s vrijednošću. Ova vrsta pohrane omogućuje dupliciranje određenih podataka na distribuiranim poslužiteljima, ali nije dobra u procesu transakcija. Stoga gornji primjer pokazuje da sustav prikuplja podatke za proces transakcije i obrađuje ih u memoriji.

Problem može nastati kada sustav blokira pristup korisniku za ažuriranje vrijednosti tijekom određene transakcije. U ovom primjeru prikuplja stavke podataka u specifičnu memoriju, s rezultatom da se proces transakcije može koncentrirati samo na jedan proces čime se lako omogućuje pristup drugim korisnicima.

#### 5.4.3. Baza podataka sustava pametnih brojlila

NoSQL prikladan je za obradu velikih podataka u usporedbi s RDBMS-om. Podaci o pametnim brojilima akumuliraju se svakodnevno, tako da bi podaci o pametnim brojilima trebali biti dizajnirani kao podatkovna struktura koju predstavlja NoSQL, koja se može lako skalirati kako bi održavala analitičke zahtjeve podataka. Struktura podataka i tipovi baza podataka također bi trebali biti odabrani i dizajnirani imajući na umu vrstu izvedbe. Na primjer, ako se želi naglasiti operativna svrha, tada bi vrijeme odgovora trebalo imati prioritet. Ako je analitička sposobnost važna, tada treba istaknuti sposobnost protoka. NoSQL je dizajniran za dobro vrijeme odgovora.

Smatra se da se baza podataka koja može obavljati distribuiranu obradu koristi za potrebe vezane uz podatke o brojilima, jer bi struktura podataka pametnih brojila bila relativno manje složena i mogla bi se distribuirati kroz nekoliko podataka na nekoliko poslužitelja. Međutim, baza podataka naglašava propusnost kako bi ispunila zahtjeve prikupljanja podataka pametnog brojila unutar 30 minuta, prikupljanje i analiziranje takvih podataka i suočavanje s pristupom korisnika. Za ove svrhe NewSQL se smatra prikladnijim.



## **5.5. Prednosti i nedostaci korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja**

Sustav naprednih mjerenja ugrađuje se diljem svijeta, koristi se, ili se očekuje da će se koristiti u različite svrhe. Podaci iz sustava pametnih brojila predstavljaju stvarno stanje potrošnje energije na strani korisnika, stoga imaju veliki potencijal za pružanje ne samo vrijednih informacija za upravljanje elektroenergetskom mrežom, već i dodatnih vrijednosti za naše društvo. Za korištenje podataka iz sustava naprednih mjerenja potrebne su razne tehnologije. One nisu jednostavno određene jer ovise o komunikacijskoj tehnologiji u sustavu.

Pametna brojila se sve više instaliraju diljem svijeta i u skladu s tim prikupljaju veliku količinu mjernih podataka. Ovi podaci ne samo da predstavljaju stvarnu potrošnju energije na strani kupca, već također imaju potencijal za pružanje vrijednih informacija za upravljanje mnogim problemima povezanim s radom mreže za distribuciju električne energije kao što su prenapon, status opskrbe, reverzibilne struje, nove usluge povezane energijom na strani korisnika i mjerne usluge koje pružaju druge stranke. Korištenjem komunikacijske tehnologije, ova ogromna količina podataka iz sustava pametnih brojila mogla bi se ekstenzivno iskoristiti pomoću alata kao što su analitika podataka i metode strojnog učenja. Koordinacija s drugim sustavim, kao što je sustav automatizacije distribucije, ima daljnji potencijal za poboljšanje operativne učinkovitosti za pružanje usluga.

### **5.5.1. Prednosti korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja**

Korištenje podataka iz sustava naprednih mjerenja mogu pružiti korist za komunalna poduzeća, prodavače i kupce. Prednosti naprednih sustava mjerenja su većinski prepoznate sa strane prodavača, a to su:

- Točno očitavanje brojila, nema više procjena,
- Poboljšana naplata,
- Točne klase mjerenja, primijenjeni su stvarni troškovi,
- Poboljšana sigurnost i otkrivanje neovlaštenog otvaranja opreme,
- Upravljanje energijom putem prijašnjih podataka,
- Manji financijski teret ispravljanja pogrešaka,
- Umanjeni obračunati izdaci,
- Transparentnost „troškova očitavanja mjerenja“,
- Poboljšana moć nabave,
- U slučaju manjka, komunalno će poduzeće moći upravljati opskrbom.

Prednosti naprednih mjerenja za kupce:

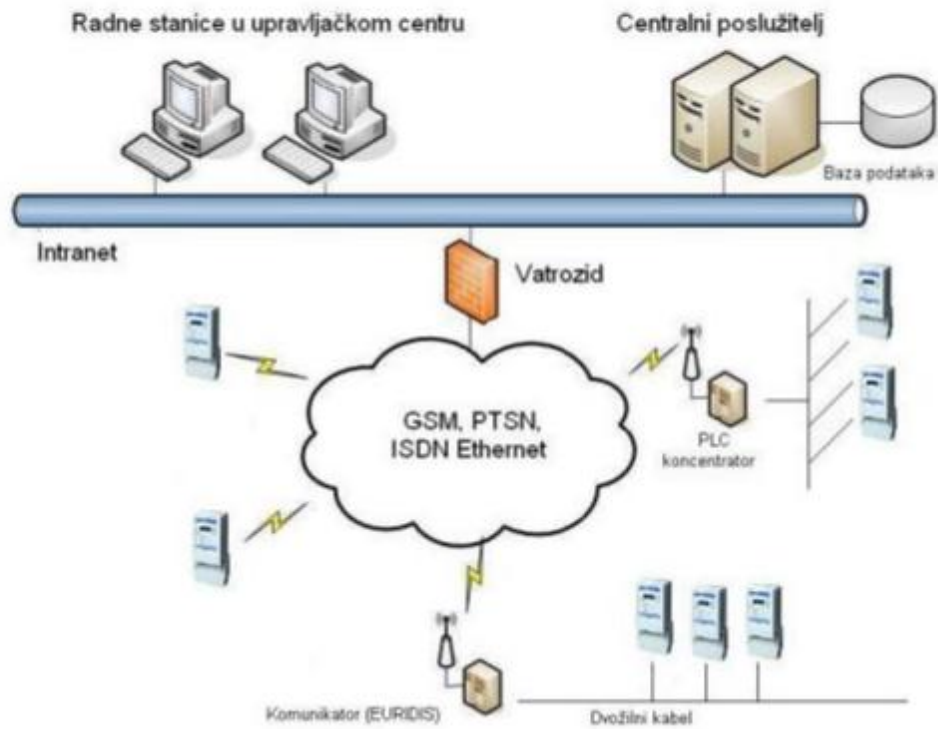
- Poboljšana naplata,
- Praćenje upotrebe.

### **5.5.2. Nedostaci korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja**

Naravno, sustav naprednih mjerenja ima i svoje nedostatke, koji jednako utječu i na prodavače i na kupce:

- Rizik od gubitka privatnosti – detalji korištenja otkrivaju informacije o aktivnim korisnicima,

- Veći potencijal za nadzor od strane drugih/neovlašćenih osoba,
- Potencijalno smanjena pouzdanost (složenija brojila, veća mogućnost smetnji),
- Povećani sigurnosni rizici od mreže ili daljinskog pristupa.



Slika 5.4. AMR sustav [14]

## 6. KORIŠTENJE PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA U SVIJETU

Tvrtka JWG obavila je ispitivanje distributera u nekoliko država kako bi prikupili podatke o razvoju naprednih sustava mjerenja i razloge korištenja. Popis ispitanih država prikazan je u tablici 6.1.

Tablica 6.1. Ispitanici po državama[13]

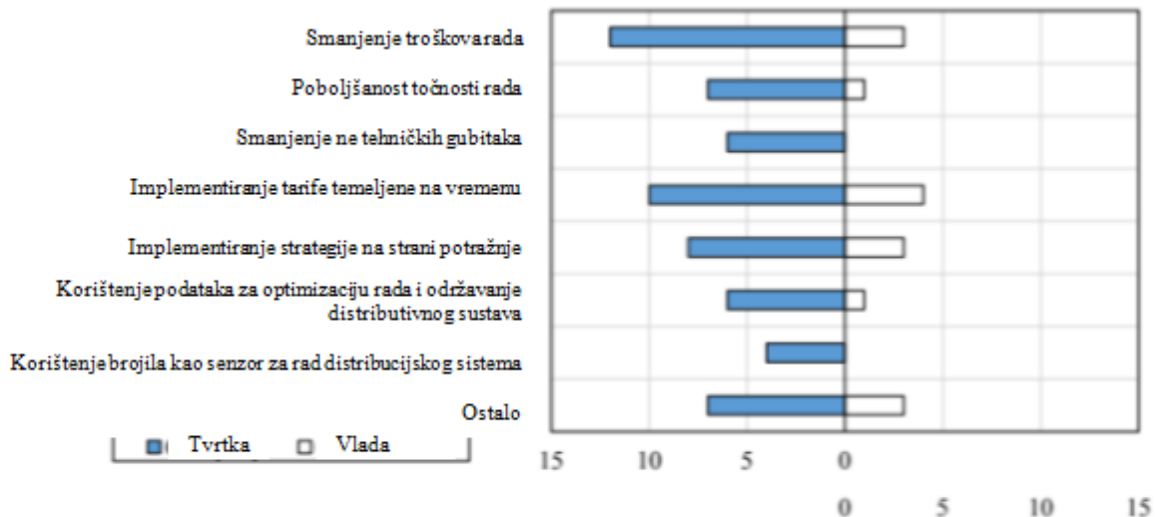
| Država              | Broj ispitanika |
|---------------------|-----------------|
| Austrija            | 1               |
| Bosna i Hercegovina | 3               |
| Brazil              | 1               |
| Kina                | 2               |
| Njemačka            | 1               |
| Italija             | 1               |
| Japan               | 18              |
| Poljska             | 1               |
| Rumunjska           | 1               |
| Rusija              | 1               |
| Južna Afrika        | 2               |
| Južna Koreja        | 1               |
| Španjolska          | 1               |
| Švedska             | 1               |
| <b>UKUPNO</b>       | <b>35</b>       |

U nastavku su prikazani grafovi korištenja podataka naprednih sustava mjerenja. Razlozi korištenja su:

- Smanjenje troškova rada,
- Poboľššanost toĉnosti rada,
- Smanjenje ne tehniĉkih gubitaka,
- Implementiranje tarife temeljene na vremenu,
- Implementiranje strategije na strani potražnje,
- Korištenje podataka za optimizaciju rada i održavanje distributivnog sustava,
- Korištenje brojila kao senzor za rad distribucijskog sistema,
- Ostalo.

## 6.1. Azija

Kao što je prikazano na slici 6.1., postoje različite svrhe za implementaciju pametnih brojila. Vlada se više usredotočuje na korištenje na strani korisnika. Tipični odgovori za „Ostalo“ su osiguranje sigurnosti terenskog rada povezanog s mjerenjem.



Slika 6.1. Svrha implementacije pametnih brojila (Azija) [13]

Tipičan sustav sastoji se od pametnih brojila, koncentratora podataka i centralnih sustava. Mediji između pametnih brojila i koncentratora su bežični, PLC ili putem mobilne telefonske mreže. U nekim posebnim slučajevima u Kini, primjenjuje se optička mreža kao mediji. Osim toga mreže mobilne telefonije koriste se za izravnu komunikaciju između pametnih brojila i centralnih sustava. Pretpostavlja se da su odgovarajući mediji odabrani ovisno o prevladavajućem okruženju. Mediji između koncentratora i centralnih sustava su pretežno optičke mreže, a dijelom i mreže mobilne telefonije. Bežična ili PLC komunikacija primjenjuje se između pametnih brojila i sustava upravljanja energijom (EMS), za upravljanje električnim uređajima. [13]

Od azijskih država ispitane su Kina, Japan i Južna Koreja. U Japanu je tipično da je potrošnja aktivne energije u intervalima od 30 minuta jedini mjereni podatak. U drugim je zemljama uobičajeno da se aktivna snaga, jalova snaga, napon i struja također mjere i prenose u centralu. U Južnoj Koreji se čak mjeri i unutarnja temperatura brojila. Vremenski intervali mjerenja i prijenosa podatak su 15 minuta za Kinu i Južnu Koreju, odnosno 30 minuta za Japan.[13]

### 6.1.1. Dodatne funkcionalnosti

Komunikacija od pametnih brojila do centralnih sustava:

- Kina: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Japan: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Južna Koreja: Praćenje statusa komunikacija, otkrivanje neovlaštenog pristupa

Komunikacija od centralnih sustava do pametnih brojila:

- Kina: Očitavanje na zahtjev
- Japan: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev, smanjenje opterećenja
- Južna Koreja: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev

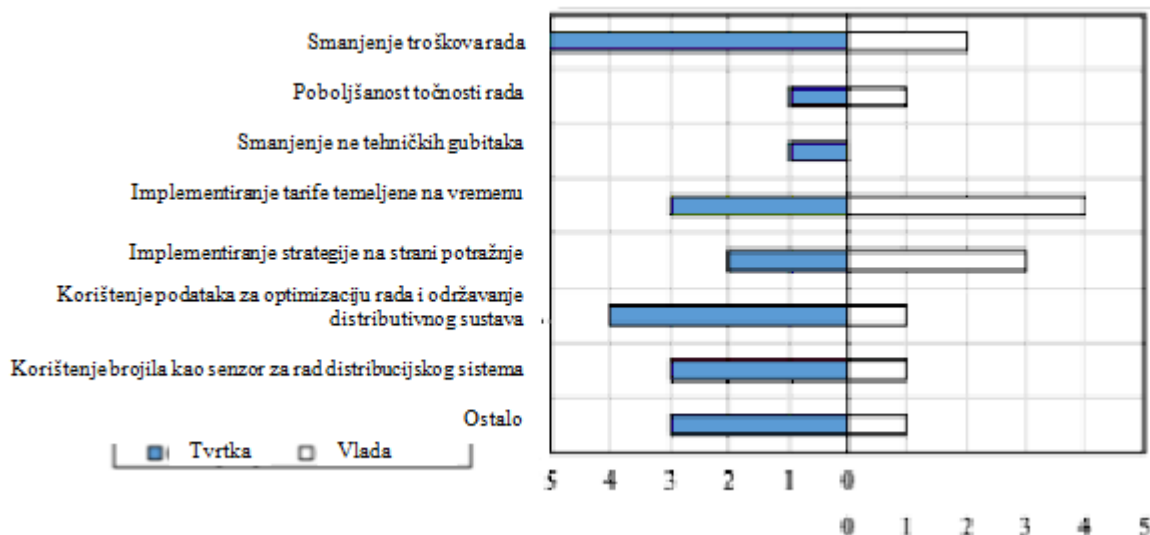
Snimanje događaja:

- Kina: Gubitak napona, kvar faze, pružanje podataka
- Japan: Ispad, gubitak napona, spajanje/isključivanje
- Južna Koreja: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje, pružanje podataka

U većini zemalja pametna brojila opremljena su baterijama za održavanje internih satova.

## 6.2. Sjeverozapadna Europa

Kao što je prikazano na slici 6.2., svrhe uvođenja pametnih brojila su uglavnom za smanjenje troškova rada i optimizaciju njihovog rada i održavanja. Tipičan odgovor za „Ostalo“ je uvođenje pametnih brojila kao regulatornog zahtjeva. S vladinog stajališta, čini se da je implementacija pametnih brojila uglavnom usmjerena na upotrebu na strani korisnika, kao što je implementacija cijena temeljenih na vremenu i integracija na strani potražnje.



Slika 6.2. Svrha implementacije pametnih brojila (Sjeverozapadna Europa) [13]

Tipični sustav sastoji se od pametnih brojila, koncentratora podataka i centralnih sustava. Komunikacijski mediji između pametnih brojila i koncentratora je pretežno PLC te dijelom bežična ili mobilna mreža. Komunikacijski mediji između koncentratora i centralnih sustava temeljeni su na žici, putem mreže optičkih vlakana ili mreže mobilne telefonije. Infracrvena sučelja primjenjuju se za komunikaciju između pametnih brojila i sustava upravljanja energijom za upravljanje pametnim elektroničkim uređajima.[13]

Od zemalja Sjeverozapadne Europe ispitane su Austrija, Njemačka i Švedska. U ovoj regiji, osim aktivne potrošnje energije, mogu se mjeriti i prenositi u centralu aktivna snaga, jalova snaga, napon i struja. Međutim, to možda nije zadana funkcija, već izborna. To može značiti da su očekivanja i potreba za korištenjem pametnih brojila kao senzor u porastu u regiji. Vremenski interval mjerenja je uglavnom 15 minuta. Međutim, intervali prijenosa variraju od satnih, pa do dnevnih.[13]

#### 6.2.1. Dodatne funkcionalnosti

Komunikacija od pametnih brojila do centralnih sustava:

- Austrija: Nadzor statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Njemačka: Nadzor statusa komunikacije
- Švedska: Nadzor statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa

Komunikacija od centralnih sustava do pametnih brojila:

- Austrija: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev
- Njemačka: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev
- Švedska: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev

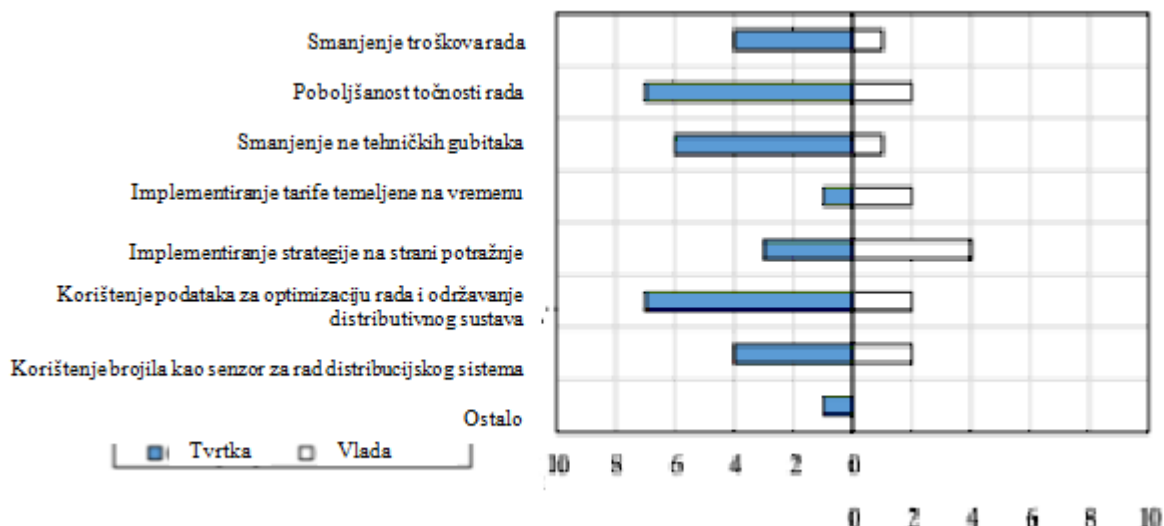
Snimanje događaja:

- Austrija: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje
- Njemačka: Spajanje/isključivanje, pružanje podataka
- Švedska: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje

Niti jedna država u ovoj regiji nema baterije postavljene na pametna brojila. Umjesto toga koriste se kondenzatori.

### 6.3. Jugoistočna Europa

Implementacija pametnih brojila je uglavnom usmjerena na optimizaciju rada i održavanja distribucijskog sustava, poboljšanje točnosti očitavanja brojila i smanjenje ne tehničkih gubitaka. Stope zasnovane na vremenu i integraciji na strani potražnje nisu toliko privlačne za tvrtke, dok je vladi to primarni interes.



Slika 6.3. Svrha implementacije pametnih brojila (Jugoistočna Europa) [13]

Tipičan sustav sastoji se od pametnih brojila, koncentratora i centralnih sustava. Komunikacija između pametnih brojila i koncentratora se uglavnom odvija putem PLC-a. Neka područja koriste mrežu mobilne telefonije i bežičnu tehnologiju. Komunikacija između koncentratora i centralnog sustava većinom se odvija putem mobilne telefonije, dok se u nekim područjima koristi bežična tehnologija. PLC se primjenjuje za komunikaciju između pametnih brojila i EMS-a.[13]

Od zemalja Jugoistočne Europe ispitane su Bosna i Hercegovina, Italija, Poljska, Rumunjska, Španjolska te Rusija. Stavke mjerenja su gotovo iste u svakoj državi; potrošnja energije, jalova snaga, napon i struja. Intervali mjerenja variraju među zemljama, od satnih do dnevnih, pa čak i mjesečnih rasporeda.[13]

### 6.3.1. Dodatne funkcionalnosti

Komunikacija od pametnih brojila do centralnih sustava:

- Bosna i Hercegovina: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Italija: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Poljska: Nema
- Rumunjska: Nema
- Španjolska: Otkrivanje neovlaštenog pristupa
- Rusija: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa

Komunikacija od centralnih sustava do pametnih brojila:

- Bosna i Hercegovina: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev
- Italija: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev
- Poljska: Nema
- Rumunjska: Nema
- Španjolska: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev
- Rusija: Daljinsko upravljanje prekidačem, ažuriranje firmware-a, očitavanje na zahtjev, sinkronizacija vremena

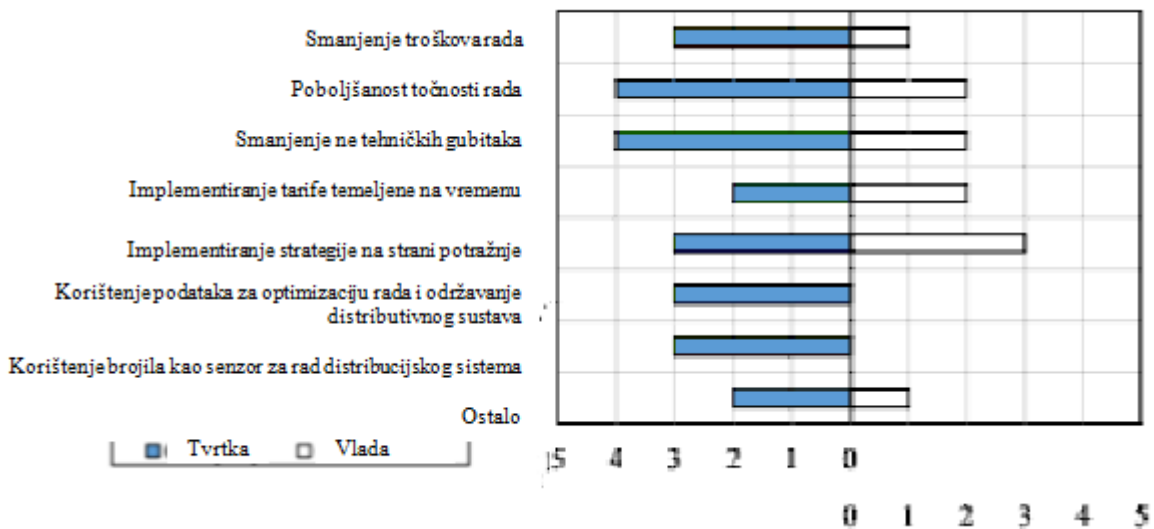
Snimanje događaja:

- Bosna i Hercegovina: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje, pružanje podataka
- Italija: Ispad, gubitak napona, preopterećenje, spajanje/isključivanje, pružanje podataka
- Poljska: Nema
- Rumunjska: Nema
- Španjolska: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje, pružanje podataka
- Rusija: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje, pružanje podataka

U ovoj regiji baterija nije ugrađena u pametna brojila osim u Bosni i Hercegovini, gdje je baterija koja može opskrbljivati brojila od 8 sati pa i do 5 dana u slučaju prekida.

#### 6.4. Ostale regije

Kao što je prikazano na slici 6.4., postoje različite svrhe za uvođenje pametnih brojila na strani tvrtki, prvenstveno za poboljšanje točnosti očitavanja brojila i smanjenje ne tehničkih gubitaka. S vladinog gledišta, provedba integracije na strani potražnje najvažnija je namjera. Tipični odgovori za „Ostalo“ su primjena i pre-paid i post-paid sustav naplate.



Slika 6.4. Svrha implementacije pametnih brojila (Ostale regije) [13]

Tipični sustav se sastoji od pametnih brojila, koncentratora i centralnih sustava kao i u drugim regijama. Komunikacija između pametnih brojila i koncentratora odvija se putem PLC-a ili bežične tehnologije, a komunikacija između koncentratora i centralnih sustava



bazirana je na mobilnim mrežama. Obično je u Južnoj Africi mreža mobilne telefonije jedini komunikacijski medij između koncentratora i centralnih sustava. Budući da su u probnoj fazi implementacije pametnog brojila, javne mobilne telefonske mreže jedini su trenutno održivi komunikacijski medij koji zadovoljava i ekonomsku i tehničku dostupnost tijekom početnih faza uvođenja pametnog brojila. U tijeku je istraživanje hoće li se optička mreža proširiti na trafostanice za prikupljanje podataka do centralnih sustava u Južnoj Africi.[13]

Preostali su još ispitanici Brazila i Južne Afrike. Kao i u mnogim drugim regijama, 15 minuta i 30 minuta je standardni interval mjerenja, dok intervali prijenosa variraju od satnih do dnevnih rasporeda.[13]

#### 6.4.1. Dodatne funkcionalnosti

Komunikacija od pametnih brojila do centralnih sustava:

- Brazil: Nema
- Južnoafrička Republika: Praćenje statusa komunikacije, otkrivanje neovlaštenog pristupa

Komunikacija od centralnih sustava do pametnih brojila:

- Brazil: Daljinsko upravljanje prekidačem, očitavanje na zahtjev
- Južnoafrička Republika: Daljinsko upravljanje prekidačem, očitavanje na zahtjev

Snimanje događaja:

- Brazil: Gubitak napona, kvar faze, spajanje/isključivanje, pružanje podataka
- Južnoafrička Republika: Ispad, gubitak napona, kvar faze, preopterećenje, spajanje/isključivanje

Baterije se koriste za održavanje internih satova.

## **7. SLUČAJEVI I IDEJE KORIŠTENJA PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA**

U doba brzog napretka tehnologije i sve većih energetske zahtjeva, AMR sustavi su postali moćan alat za operatore mreža i srodne tvrtke kako bi optimizirali svoje operacije, poboljšali korisničko iskustvo i poticali održivost. Bogatstvo podataka prikupljenih ovim sustavima pruža raznovrsne usluge:

- Power Snap Shot analiza
- Naponska zaštita
- Ekspresni pristup mreži
- Dodjela topologije
- Predviđanje potrošnje električne energije potrošača modeliranjem krivulje električnog opterećenja
- Sinkronizacija matičnih podataka: očitavanje brojila, prikupljanje i obrada događaja
- Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka
- Upravljanje naplatom
- DMS napredne aplikacije
- Ningxia sustav prikupljanja informacija o električnoj energiji
- Predviđanje ponašanja potrošača u potrošnji električne energije
- Aktivacija kontrole snage
- Naplata
- Prikupljanje i obrada profila opterećenja za NN pametna brojila
- Detekcija ispada u distribucijskom sustavu
- Sustav nadzora za starije osobe koje žive same
- Revizija standarda projektiranja distribucijskih objekata
- Upit o potrošnji električne energije potrošača
- Povećanje točnosti upravljanja opterećenjem u distribucijskom sustavu korištenjem podataka pametnih brojila
- „Ograničenje opterećenja“ i „krađa energije“
- Projekt UPGRID
- Pametno mjerenje
- Upravljanje ispadom
- Budućnost upravljanja prekidima
- Isporuka podataka kupcu

### **7.1. Ideje korištenja podataka iz sustava naprednih mjerenja**

Osim već navedenih usluga koje se pružaju korištenjem podataka iz sustava naprednih mjerenja, u budućnosti će proizvođači i distributeri pružati još više korisnih usluga. Usluge koje su trenutno u fazi testiranja su:

- Validacija karakteristike kontrole napona pretvarača
- Analiza velikih količina podataka
- Detekcija prekinutih vodova u distribucijskom sustavu
- Prognoza opterećenja
- Sustav izračuna odziva na potražnju

- Sustav povratne informacije za predviđanje potražnje
- Otkrivanje ispada korištenjem komunikacije između brojila
- Učinkovito korištenje spojenog spremnika topline sa sustavom vremenske prognoze
- Funkcija sustava upravljanja električnom energijom u pametnim brojilima za kontrolu kupca[13]

## 7.2. Analiza prikupljenih slučajeva i ideja

Analizirani slučajevi upotrebe predstavljeni su iz različitih zemalja. Kako imamo veliki broj slučajeva, potrebna je kategorizacija radi lakšeg razumijevanja i procjene slučajeva upotrebe. Slučajevi upotrebe se odnose na korištenje podataka od sustava pametnih brojila, ali postoje razlike u pogledu toga koriste li se ti podaci takvi kakvi jesu ili se koriste nakon obrade i/ili analize. Prva stavka odnosi se na ono što treba iskoristiti ili osigurati. Druga se odnosi na korisnike podataka, to jest kupca.

Prva stavka sastoji se od četiri elementa:

- Podaci takvi kakvi jesu
- Obrađeni podaci
- Analizirani podaci
- Događaj ili nešto otkriveno podacima

Obraditi nešto znači izračun, a analizirati nešto znači statistički proces kao jednostavna definicija. Na primjer, crtanje krivulje opterećenja na temelju podataka iz sustava pametnih brojila je samo izračun, koji je kategoriziran kao obrada. Uz crtanje krivulje opterećenja, čitanje njezinih povijesnih podataka i izračuna kako bi se došlo do predviđanja, kategorizirano je kao analiza.

Druga stavka sastoji se od pet elemenata:

- Kupci/potrošači
- Distributeri
- Energetski subjekti uključujući ODS
- Trgovci
- Bilo tko

Ovi se elementi mogu kombinirati kako bi se sortirali slučajevi i ideje upotrebe. Budući da funkcije i/ili sadržaji nekih slučajeva upotrebe do neke mjere imaju široko značenje, neki slučajevi upotrebe mogu biti definirani s više elemenata. Nakon sortiranja prikupljenih slučajeva i ideja, ustanovljeno je da je samo 14 slučajeva upotrebe valjano. Analizom svih slučajeva dobivaju se ponovno definirane funkcije koje predstavljaju opći pregled cilja svake od kategorija kako je definirano raznovrsnim slučajevima upotrebe. Imenovane funkcije su:

- Pružanje podataka kupcima
- Podaci o profilu opterećenja za kupce
- Otkrivanje događaja za kupce kao što je prekomjerno opterećenje
- Pružanje izmjerenih podataka ODS-u
- Dostava obrađenih podataka ODS-u
- Analiza mjernih podataka za ODS
- Detekcija nestanka struje za ODS
- Pružanje analize podataka

- Obrada podataka za dobivanje podataka o potrošnji i/ili naplati za trgovca
- Obrada podataka za trgovca kao što je profil opterećenja
- Analiza izmjerenih podataka za trgovca kao što je prognoza opterećenja
- Otkrivanje događaja za trgovca kao što je prekomjerno opterećenje
- Obrada podataka za rad
- Otkrivanje događaja za nove poslove/usluge[13]

### 7.3. Grupirani slučajevi upotrebe

Prije navedenih 14 funkcija su zapravo grupirani slučajevi i ideje upotrebe podataka iz sustava naprednih mjerenja. U nastavku su prikazani potrebni slučajevi za realizaciju funkcije, kao i tehnološki zahtjevi, količina podataka, brzina obrade podataka te implementacija.[13]

#### 7.3.1. Pružanje podataka kupcima

Ova funkcija pruža izmjerene podatke korisnicima radi lakšeg postignuća ekonomske učinkovitosti. Predstavljena su dva slučaja upotrebe:

- Učinkovito korištenje spojenog spremnika topline sa sustavom vremenske prognoze
- Isporuka podataka kupcu

Implementacija prvog slučaja je još u fazi testiranja, dok je isporuka podataka kupcu u upotrebi. Pružanje podataka iz sustava pametnih brojlara trenutno je dostupno i stoga se može implementirati, dok je povezivanje podataka s drugim sustavima, poput meteoroloških sustava, nešto složenije.

Tehnički zahtjevi:

- Podaci bi bili potrebni samo za primijenjene kupce i takvi primijenjeni korisnici ne bi zahtijevali podatke drugih kupaca. Dakle, u ovoj kategoriji, jedno pametno brojilo po kupcu je dovoljno
- Prijave se gledaju do 1 dan unaprijed. Dakle, vrijeme obrade podataka je u satima

Ograničenja:

- Podatke treba obrađivati na dnevnoj bazi

#### 7.3.2. Podaci o profilu opterećenja za kupce

Ovi slučajevi upotrebe uključuju prikupljanje podataka o korisničkom profilu s pametnih brojlara, općenito u intervalima od 30 minuta, putem glavnog sustava, a zatim putem dnevne skupine obrade podataka. Predstavljena su tri slučaja upotrebe:

- Sustav izračuna osnovne linije odgovora na potražnju
- „Ograničenje opterećenja“ i „krađa energije“
- Isporuka podataka kupcu

Prvi slučaj je u fazi implementacije, drugi slučaj je u fazi testiranja na terenu, a treći slučaj je u potpunosti implementiran i u upotrebi je. Pružanje profila opterećenja bila bi jednostavna aplikacija za obračun obračuna što je jedna od primarnih funkcija sustava pametnih brojlara.

Tehnički zahtjevi:

- Podaci bi bili potrebni samo za prijavljene klijente i ne bi zahtijevali podatke drugih kupaca. U ovoj kategoriji jedno pametno brojilo po korisniku je norma.
- Ove aplikacije koriste dnevnu skupnu obradu svih podataka, serijska obrada provodi se svakodnevno.

Ograničenja:

- Potrebna je sposobnost integracije s drugim poslovnim sustavima.
- Sposobnost za prikupljanje podataka, ovisno o kvaliteti komunikacije zahtijeva da pametna brojila budu određene razine.
- Problemi s integracijom sustava, uključujući nedostatak standardizacije protokola.

### 7.3.3. Otkrivanje događaja za kupce kao što je prekomjerno opterećenje

Ova kategorija koristi pametno brojilo kao neku vrstu senzora. Sustav bi mogao pružiti otkriven događaj korisniku bilo putem statusa same informacije ili putem signala do odgovarajućeg uređaja kao što je prekidač strujnog kruga.

Jedan je slučaj upotrebe predstavljen kao „Ograničenje opterećenja“ i „Krađa energije“ koji je trenutno u fazi testiranja na terenu.

Tehnički zahtjevi:

- Podaci bi bili potrebni samo za prijavljene klijente i ne bi zahtijevali podatke drugih kupaca. Jedno pametno brojilo po korisniku je norma.
- Vrijeme obrade podataka nije jasno navedeno, ali pokazatelji govore da bi takav odgovor trebao biti odraz trenutnog statusa i stoga bi trebao biti nekoliko minuta.

Ograničenja:

- Sposobnost komunikacije s uređajima trećih strana kao što je prekidač.
- Ova aplikacija će možda morati omogućiti dodatni promet na strani komunikacijske mreže pametnog brojila.

### 7.3.4. Pružanje izmjerenih podataka ODS-u

Ovaj slučaj upotrebe pruža sve trenutno izmjerene podatke ODS-u. Podržava upravljanje električnom mrežom korištenjem takvih integriranih podataka. Podaci iz sustava pametnih brojila, SCADA podaci i podaci o distribucijskoj mreži koriste se zajedno za procjenu stanja, izračun protoka snage, predviđanje opterećenja, mjerenje napona i drugo. Predstavljeno je šest slučajeva upotrebe:

- Power Snap Shot analiza
- Sustav povratne informacije za predviđanje potražnje
- Projekt UPGRID
- Pametno mjerenje
- Instaliranih 3000 AMI mjerača
- Ugrađenih 33000 pametnih pretplatnih brojila

Power Snap Shot analiza je u fazi implementacije, sustav povratne informacije za predviđanje potražnje se trenutno proučava i istražuje, projekt UPGRID i pametno mjerenje su u upotrebi. Faza implementacije aplikacije uvijek bi ovisila o implementaciji stupnja sustava pametnih brojila.

Tehnički zahtjevi:

- Podaci su potrebi iz velikog udjela pametnih brojila.
- Interval pružanja podataka ovisi o sustavu i cilju svakog slučaja upotrebe, vrijeme obrade podataka nije veliki problem. Količina godišnjih podataka bila bi velika i bila bi potrebna sposobnost upravljanja velikim količinama podataka.

Ograničenja:

- Rukovanje velikom količinom podataka.
- Integracija podataka iz raznih sustava.

### 7.3.5. Dostava obrađenih podataka ODS-u

Za operatore distribucijske mreže bitno je razumjeti stanje distribucijske električne mreže za različite primjene poput zaštite, procjene stanja ili lokacije kvara. Što su detalji veći, to je bolja mogućnost analize takvih informacija. Pametna brojila raspoređena su na sve kupce, za koje se podrazumijeva da su krajnji čvorovi potrošnje energije. Mjerni podaci iz pametnih brojila tada bi se mogli koristiti za analizu trenutnih protoka energije, izračun napona ili praćenje bilo koje promjene topologije mreže. Predstavljeno je sedam slučajeva uporabe:

- Naponska zaštita
- Trenutni pristup mreži
- Dodjela topologije
- Sinkronizacija matičnih podataka: očitavanje brojila, prikupljanje i obrada događaja
- Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka
- Povećanje točnosti upravljanja opterećenjem u distribucijskom sustavu korištenjem podataka pametnih brojila
- „Ograničenje opterećenja“ i „Krađa energije“

Naponska zaštita i ekspresni pristup mreži su u fazi implementacije, dodjela topologije i sinkronizacija matičnih podataka prolaze kroz testove na terenu, smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka još nije instalirano, povećanje točnosti upravljanja opterećenjem u distribucijskom sustavu korištenjem podataka pametnih brojila se još istražuje, a „Ograničenje opterećenja“ i „Krađa energije“ je u fazi testiranja na terenu. ODS zahtijeva obrađene podatke za svoj rad i/ili planiranje sustava. Faze implementacije slučajeva upotrebe su stoga relativno napredne.

Tehnički zahtjevi:

- Mjerni podaci moraju se obraditi kako bi održavali transformator ili napajanje, te kako bi se uzela u obzir prosječna vrijednost za određeno vremensko razdoblje.
- Povijesni podaci kao vremenske serije su neophodni.
- Podaci se mogu obrađivati izvan mreže, međutim, u slučaju brzog izračuna kao što je izračun napona, vrijeme obrade podataka trebalo bi održavati trenutni status s ažuriranjem unutar nekoliko sekundi.

Ograničenja:

- Potrebna su sučelja sustava s drugim srodnim sustavima. Oni bi trebali biti standardizirani za masovnu primjenu.

### 7.3.6. Analiza mjernih podataka za ODS

Tipični procesi planiranja su za nove kupce ili za priključke sustava nove generacije. Planiranje rezerve također se može poboljšati ako informacije prikazuju trenutno stanje mreže u stvarnom vremenu. U tu svrhu mogu biti korisni podaci iz sustava pametnih brojila, ako se primjeni odgovarajuća i učinkovita analiza takvih podataka. Funkcionalnosti temeljene na off-line analizi podataka također bi mogle biti od koristi. Predstavljeno je šest slučajeva upotrebe koji održavaju ovaj zahtjev:

- Sinkronizacija matičnih podataka: očitavanje brojila, prikupljanje i obrada događaja
- Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka
- DMS napredne aplikacije
- Ningxia sustav prikupljanja informacija o električnoj energiji
- Prognoza opterećenja
- Revizija standarda projektiranja distribucijskih objekata

Sinkronizacija matičnih podataka je u fazi testiranja na terenu, smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka još nije instalirano, dok su ostali slučajevi u upotrebi. ODS zahtijeva sposobnost analize podataka za rad i/ili planiranje svog sustava. Faza implementacije ovih slučajeva upotrebe je stoga prilično napredna u usporedbi s drugim slučajevima upotrebe.

Tehnički zahtjevi:

- Mogućnosti pohrane i analize podataka za velik broj pametnih brojila, kao i velika sposobnost obrade podataka.
- Potrebni su podaci intervala pametnog mjerača, dok vrijeme obrade nije presudno.

Ograničenja:

- Pohranjivanje, analiza i obrada velikih podataka.

### 7.3.7. Detekcija nestanka struje za ODS

Detekcija ispada je sustav koji identificira kada je kupac ili dio distribucijske mreže isključen iz mreže općenito zbog neočekivanog kvara. Ovo je funkcija operatora distribucijskog sustava čiji je cilj minimizirati utjecaj kvarova na mreži na potrošače i smanjiti troškove. Općenito, komunalna poduzeća već imaju aktivan sustav za upravljanje prekidima napajanja, koristeći druge informacije za prepoznavanje prekida, a to je zrela tehnologija. Tehnologija pametnog mjerenja koristi se za povećanje brzine i točnosti sustava za upravljanje prekidima upotrebom dva različita pristupa:

- Za prekide utvrđene drugim sredstvima, korištenje jednog ili višestrukih „pingova“ prema pametnim brojilima povezanim s potencijalnim prekidom koristi se za određivanje komuniciraju li ispravno ili imaju li abnormalne napone, kako bi se utvrdio opseg i priroda kvara.
- Detekcija događaja greške, analizom podataka o alarmu i događaju iz pametnih brojila ili sekundarne podstanice.

Predstavljeno je sedam slučajeva upotrebe:

- Aktivacija kontrole snage
- Detekcija prekinutih žica u distribucijskom sustavu
- Detekcija ispada u distribucijskom sustavu
- Otkrivanje ispada korištenjem komunikacije između brojila

- „Ograničenje opterećenja“ i „Krađa energije“
- Upravljanje ispadom
- Budućnost upravljanja prekidima

Aktivacija kontrole snage je u upotrebi, detekcija prekinutih žica u distribucijskom sustavu još nije instalirana, detekcija ispada u distribucijskom sustavu je u fazi testiranja na terenu, otkrivanje ispada korištenjem komunikacije između brojila je u fazi istraživanja, „Ograničenje opterećenja“ i „Krađa energije“ je u fazi testiranja na terenu, upravljanje ispadom je u upotrebi, budućnost upravljanja prekidima još nije instalirano. ODS ima visok prioritet u otkrivanju ispada, i kao takva faza implementacije je u relativno naprednoj razini.

Tehnički zahtjevi:

- Sposobnost „pinganja“ pojedinačnih ili grupa pametnih brojila iz sustava upravljanja prekidima sustava.
- Sposobnost obrade podataka o alarmu i događaju iz pojedinačnih pametnih brojila i povezivanja svakog pametnog brojila koje prijavljuje nenormalne uvjete s fizičkom lokacijom na topologiji električne mreže i utvrđivanje fizičke lokacije kvara na električnoj mreži. Zahtjevi odgovora za ovu razmjenu podataka smatraju se gotovo stvarnim vremenom.

Ograničenja:

- Funkcionalnost u samom pametnom mjeraču za pružanje potrebnih podataka o alarmu i događaju.
- Potrebno je brže vrijeme obrade komunikacijske mreže.

#### 7.3.8. Pružanje analize podataka

Pametna brojila izravno mjere potrošnju električne energije korisnika. To bi potencijalno moglo dodati razne pogodnosti i vrijednosti klijentu i povezanim poslovnim subjektima. Predviđanje opterećenja i proizvodnje za buduće planiranje, i/ili pregled tarifnih struktura, profila opterećenja i/ili proizvodnje za operacije distribucijske mreže, mogu se omogućiti za takve analize podataka. Prikazana su dva slučaja upotrebe:

- Predviđanje potrošnje električne energije potrošača modeliranjem krivulje električnog opterećenja
- Analiza velikih podataka

Oba slučaja su trenutno u službi.

Tehnički zahtjevi:

- Korisnici koji provode ovaj slučaj upotrebe trebaju pripremiti vlastiti skup podataka za snimanje i obradu svih povijesnih podataka kupaca, jer su svrhe ovog slučaja upotrebe specifične i mogu biti izvan izvorne svrhe sustava pametnih brojila.
- Potrebni su podaci intervala pametnog mjerača, međutim brzo vrijeme obrade nije presudno za ovaj zahtjev. U slučajevima kada nedostaju mjerni podaci, potrebne su komplementarne metode.

Ograničenja:

- Pohrana, analiza i obrada velikih količina podataka.



### 7.3.9. Obrada podataka za dobivanje podataka o potrošnji i/ili naplati za opskrbljivača

Pametno brojilo izvorno je zamišljeno kao AMR, automatizirano očitavanje brojila, kojim se periodična očitavanja brojila automatski učitavaju u sustav. AMR je naknadno nadograđen kako bi se priključila dodatna i najsuvremenija tehnologija, kao što su dvosmjerna komunikacija, mjerenje u kratkim intervalima i prijenos podataka što nazivamo AMI (Advanced Metering Infrastructure). AMI, ili sustav pametnih brojila, pruža mjerne podatke za naplatu i obavještava kupce o njihovoj potrošnji električne energije kao svojoj primarnoj funkciji. Prikazana su tri slučaja upotrebe:

- Naplata
- Sustav povratne informacije za predviđanje potražnje
- Upit o potrošnji električne energije potrošača

Naplata i upit o potrošnji električne energije potrošača su u službi, dok se sustav povratne informacije za predviđanje potražnje trenutno istražuje.

Tehnički zahtjevi:

- Potrebni su podaci intervala pametnog mjerača. U slučaju nedostatka mjernih podataka bila bi potrebna neka komplementarna metoda.
- Vrijeme obrade podataka bilo bi od 1 dan do mjesec dana ovisno o sustavu naplate i/ili savjetodavne usluge za kupce u ponudi.

Ograničenja:

- U trenutku obračuna računa za električnu energiju, svi mjerni podaci u obračunskom razdoblju moraju biti dostupni.

### 7.3.10. Obrada podataka za opskrbljivača kao što je profil opterećenja

Mjerni podaci pametnih brojila predstavljaju potrošnju električne energije kupca. To se može vizualizirati kao krivulja opterećenja ili profil opterećenja putem odgovarajuće obrade podataka. Potrošače električne energije moguće je dodatno razvrstati u nekoliko tarifnih skupina na temelju profila opterećenja. Profili opterećenja također se mogu koristiti za druge funkcije. Predstavljeno je pet slučajeva upotrebe:

- Sinkronizacija matičnih podataka: očitavanje brojila, prikupljanje i obrada događaja
- Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka
- Upravljanje naplatom
- Prikupljanje i obrada profila opterećenja za LV pametna brojila
- Sustav izračuna osnovne linije odgovora na potražnju

Sinkronizacija matičnih podataka i sustav izračuna osnovne linije odgovora na potražnju su u fazi testiranja na terenu, smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka još nije instalirano, upravljanje naplatom i prikupljanje i obrada profila opterećenja je u upotrebi.

Tehnički zahtjevi:

- Sustavi za pohranu podataka su potrebni kako bi se zabilježili i obradili svi podaci o kupcima i njihovi povijesni podaci, tako da trgovac ili ODS može klasificirati takve podatke u definirane grupe.
- Potrebni su podaci mjerenja u intervalima iz pametnih brojila, no vrijeme obrade u ovom slučaju nije presudno. Tamo gdje nedostaju mjerni podaci, potrebne su alternativne metode.

Ograničenja:

- Kvaliteta i količina podataka koji se čuvaju u bazama podataka.
- Sve promjene u referencama podataka.
- Potrebno je obraditi veliku količinu podataka. Mogućnost potrebe čuvanja dodatnih izvora, stavke poput vremena, vremenske prognoze i mrežnih parametara.

#### 7.3.11. Analiza izmjerenih podataka za opskrbljivača kao što je prognoza opterećenja

Metode predviđanja kao što su regresijske metode koriste se na povijesnim podacima za predviđanje opterećenja. Kratkoročno i dugoročno predviđanje ima različite skupove zahtjeva. Prikazana su tri slučaja upotrebe:

- Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka
- Ningxia sustav prikupljanja informacija o električnoj energiji
- Predviđanje ponašanja potrošača u potrošnji električne energije

Smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka još nije instalirano, dok su Ningxia sustav prikupljanja informacija o električnoj energiji i predviđanje ponašanja potrošača u potrošnji električne energije u upotrebi.

Tehnički zahtjevi:

- Pohrana podataka, analiza i obrada velikih podataka.
- Intervalni podaci su potrebni za sva pametna brojila, za velika vremenska razdoblja.
- Stope uzrokovanja ovisile bi o stupnju i razini točnosti prognoze.
- Podaci se obrađuju izvan mreže. Vrijeme osvježavanja u ovom slučaju nije važno.

Ograničenja:

- Dodatni izvori mogu biti potrebni za predviđanje potrošnje električne energije, poput vremena, razine tarifa i društvenih događaja.

#### 7.3.12. Otkrivanje događaja za opskrbljivača kao što je prekomjerno opterećenje

Sustav pametnog mjerača može detektirati stanje preopterećenja, kada je potražnja za snagom veća od programabilnog praga koji je postavljen. Sustav odašilje signal za otvaranje strujnog prekidača na strani kupca i prekida napajanje. Prikazan je jedan slučaj upotrebe a to je Aktivacija kontrole snage koji je trenutno u službi.

Tehnički zahtjevi:

- Vrijeme za otkrivanje događaja bilo bi vrlo kratko, obično manje od jedne minute.
- Sučelje s prekidačem treba biti standardizirano.

Ograničenja:

- U slučaju kvara komunikacije, bit će potrebne neke protumjere.

#### 7.3.13. Obrada podataka za rad

Pametna brojila raspoređena su svim kupcima i podrazumijeva se da su na krajnjem čvoru opterećenja ili proizvodnje električne energije. U slučaju kupaca s disperziranom proizvodnjom, podaci pametnog brojila mogu biti informativni za status disperzirane

proizvodnje i/ili njezine učinke na distribucijsku mrežu. Informacije s pametnih brojila zbog disperzirane proizvodnje važne su za planiranje i poslovanje. Prikazana su dva slučaja upotrebe:

- Validacija karakteristike kontrole napona pretvarača
- Funkcija sustava upravljanja električnom energijom u pametnim brojlama za kontrolu kupca

Oba slučaja su u fazi istraživanja i trenutno se istražuju.

Tehnički zahtjevi:

- Podaci bi bili potrebni samo za odgovarajuće kupce. Potrebni su dodatni sustavi za izdvajanje podataka iz pametnih brojila.
- U slučaju da se obrađeni podaci trebaju primijeniti u operativne svrhe, vrijeme obrade treba biti dovoljno kratko da se ostvare operativni ciljevi.
- Potrebna su sučelja sustava s drugim sustavima. Druge funkcije, poput procjene napona, također bi bile potrebne.

Ograničenja:

- Nema.

#### 7.3.14. Otkrivanje događaja za nove poslove/usluge

Pametna brojila raspoređena su na sve kupce, za koje se podrazumijeva da su na krajnjem čvoru opterećenja ili proizvodnje električne energije. Podaci iz pametnog brojila bi tako mogli sadržavati informacije o kupcima, koje ne mogu uključivati samo potrošnju energije, već također oslikavati obrasce načina života. Moglo bi se pratiti i stanje opskrbe kupaca. Prikazana su dva slučaja upotrebe:

- Sustav nadzora za starije osobe koje žive same
- Funkcija sustava upravljanja električnom energijom u pametnim brojlama za kontrolu kupca

Oba slučaja su u fazi istraživanja.

Tehnički zahtjevi:

- U slučaju iznimne hitnosti, vrijeme obrade podataka bilo bi vrlo kratko, do nekoliko minuta. Status mjerenja, prijenosa podataka, obrade podataka, otkrivanja događaja, izdavanja alarma i prijenosa alarma ili signala za aktiviranje povezanih alata, mora se obaviti unutar navedenog vremenskog ograničenja.
- Podaci bi bili potrebni samo prijavljenim kupcima. Takvi primijenjeni kupci ne bi zahtijevali podatke drugih kupaca. Stoga je u ovoj kategoriji navedeno jedno pametno brojilo po kupcu.

Ograničenja:

- Sučelja sustava s drugim povezanim sustavima, kao što je sustav e-pošte za slanje alarma ili aktivacija za upravljanje izlaznom snagom, trebaju biti standardizirana.

## 8. PRIMJERI KORIŠTENJA PODATAKA IZ SUSTAVA NAPREDNIH MJERENJA

### 8.1. Uvođenje sustava naprednih mjerenja operatora distribucijskog sustava

Elektromehaničko brojilo je dominantno zastupljeno u mreži ODS-a te pokriva 57,05% svih brojila. 26,43% je zastupljeno elektroničko brojilo (digitalno), dok preostalih 16,52% pokrivaju napredna brojila. U tablicama 8.1., 8.2. i 8.3. prikazana su sva instalirana brojila u mreži prema izvedbi, starosti i godini iduće ovjere.

Tablica 8.1. Brojila električne energije u mreži [14]

| Tip brojila                                  | Prosječna godina proizvodnje | Prosječna godina iduće ovjere | Ukupna količina brojila | Količina postotno |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Elektromehaničko brojilo (jednofazno)        | 1993                         | 2026                          | 642 599                 | 25.45%            |
| Elektromehaničko brojilo (trofazno)          | 1989                         | 2026                          | 797 918                 | 31.60%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, jednofazno) | 2011                         | 2026                          | 422 667                 | 16.74%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, trofazno)   | 2013                         | 2027                          | 244 703                 | 9.69%             |
| Napredno brojilo (jednofazno)                | 2019                         | 2031                          | 203 038                 | 8.04%             |
| Napredno brojilo (trofazno)                  | 2017                         | 2030                          | 214 177                 | 8.48%             |
| Sva brojila:                                 | 2001                         | 2027                          | 2 525 102               | 100.00%           |

Tablica 8.2. Brojila električne energije u mreži – kategorija poduzetništvo [14]

| Tip brojila                                  | Prosječna godina proizvodnje | Prosječna godina iduće ovjere | Ukupna količina brojila | Količina postotno |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Elektromehaničko brojilo (jednofazno)        | 1992                         | 2024                          | 15 319                  | 6.58%             |
| Elektromehaničko brojilo (trofazno)          | 1989                         | 2024                          | 31 265                  | 13.43%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, jednofazno) | 2012                         | 2025                          | 24 132                  | 10.37%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, trofazno)   | 2012                         | 2025                          | 44 069                  | 18.93%            |
| Napredno brojilo (jednofazno)                | 2018                         | 2030                          | 23 827                  | 10.23%            |
| Napredno brojilo (trofazno)                  | 2016                         | 2028                          | 94 193                  | 40.46%            |
| Sva brojila – poduzetništvo:                 | 2010                         | 2026                          | 232 805                 | 100.00%           |

Tablica 8.3. Brojila električne energije u mreži – kategorija kućanstvo [14]

| Tip brojila                                  | Prosječna godina proizvodnje | Prosječna godina iduće ovjere | Ukupna količina brojila | Količina postotno |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Elektromehaničko brojilo (jednofazno)        | 1993                         | 2026                          | 627 280                 | 27.36%            |
| Elektromehaničko brojilo (trofazno)          | 1989                         | 2026                          | 766 653                 | 33.44%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, jednofazno) | 2011                         | 2026                          | 398 535                 | 17.39%            |
| Elektroničko brojilo (digitalno, trofazno)   | 2013                         | 2027                          | 200 634                 | 8.75%             |
| Napredno brojilo (jednofazno)                | 2019                         | 2031                          | 179 211                 | 7.82%             |
| Napredno brojilo (trofazno)                  | 2019                         | 2031                          | 119 984                 | 5.23%             |
| Sva brojila - kućanstvo:                     | 2000                         | 2027                          | 2 292 297               | 100.00%           |

Postojeća napredna mjerna infrastruktura HEP ODS-a sastoji se od 25 različitih tipova brojila u sustavu daljinskog očitavanja, od čega je 15 tipova komunikacije putem mobilnih mreža i 10 tipova PLC komunikacije. Dominantno prisutni proizvođači brojila su Iskraemeco i Landis&Gyr. Od komunikacijskih protokola dominantno je prisutan DLMS za brojila koja komuniciraju mobilnim mrežama, a G3-PLC za PLC brojila. Zbog velikog broja različitih tipova brojila namjera je samo nove tipove brojila sa DLMS/COSEM strukturom i konsolidarnim skupovima podataka implementirati u sustav za upravljanje mjernim podacima.

#### 8.1.1. Analiza brojila u mreži

Analiza u odnosu na korišteni komunikacijski protokol - razlikujemo sljedeće komunikacijske protokole:

- U skladu sa HRN EN 62056-3-1 (EURIDIS)
  - Nije prilagođen prijenosu podataka pomoću Internet protokola (TCP-UDP/P)
  - Vrlo sužen skup funkcionalnosti EURIDIS brojila u mreži (jedina mogućnost daljinskog očitavanja obračunskih registara je ukoliko je ugrađen vanjski komunikator)
  - Tehnološki zastarjela brojila
  - Dodatna investicija u vanjski komunikator, uz ovako uzak skup funkcionalnosti, nije isplativa
- U skladu sa HRN EN 62056-21 (IEC)
  - IEC protokol osmišljen za lokalno i daljinsko očitavanje prvenstveno za CSD tehnologiju (Circuit Switched Dana – prijenos podataka kroz govorne kanale – iznimno se još koristi) i nije bio predviđen svojom podatkovnom strukturom za PSD prijenos podataka (Packet Switched Dana – prijenos podataka u podatkovnim paketima) pomoću TCP-UDP/IP protokola
  - Pojavio se prije DLMS protokola – većina naprednih IEC brojila je instalirana na OMM industrije i sitno poduzetništvo (>22kW) – za tu skupinu OMM brojila sa IEC protokolom su funkcionalno zastarjela
- U skladu sa HRN EN 62056-5-3, u skladu sa HRN EN 62056-6-1 i u skladu sa HRN EN 62056-6-2 (DLMS)
  - Prilagođena modernom načinu prijenosa podataka i funkcionalno zadovoljavaju sve kriterije za napredna brojila[14]

Analiza u odnosu na komunikacijsku tehnologiju – u mreži HEP ODS-a koriste se sljedeće komunikacijske tehnologije:

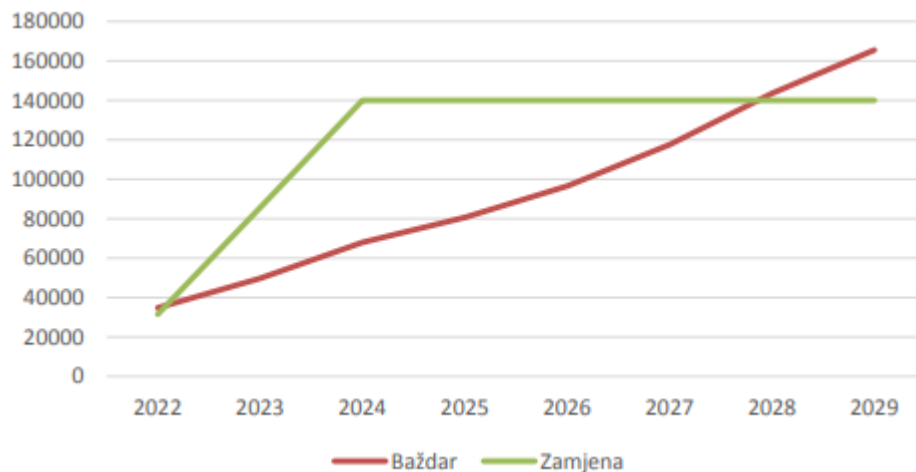
- Ethernet – najbolja tehnologija, ali zahtijeva optičko vlakno i iznimno se koristi
- GPRS/EDGE/UMTS/LTE servisi javnih mobilnih mreža se danas dominantno koriste, najčešće za P2P (point-to-point) izravnu komunikaciju HES-brojilo, a rjeđe za očitavanje lokalnih sabirnica prema HES-u
- PLC tehnologije – G3-PLC i vrlo rijetko SFSK-PLC (u povlačenju iz mreže po isteku ovjerenog roka)[14]

Kod odabira komunikacijskih tehnologija potrebno je odvagnuti kapitalne i operativne troškove, ali i mogućnosti pojedinih tehnologija s obzirom na isporuku podataka u što bliže stvarnom vremenu, podršku push očitavanja (brojilo samostalno šalje podatke izravno u HES) i mogućnostima zadovoljenja zahtjeva koje će postavljati aktivni kupci i agregatori.

Sve navedene komunikacijske tehnologije koriste za prijenos IP protokol. Najbolji rezultati očitavanja se postižu Ethernetom i LTE servisima, ali se radi o skupim rješenjima za veliki broj mjernih mjesta sa malom količinom mjernih podataka. G3-PLC je trenutno optimalan odabir i predstavlja glavnu struju u mjeriteljstvu za kategoriju kućanstva, a postupno će ga sljedećih godina početi potiskivati LTE Cat M1 i/ili NB1-IoT tehnologije koje su jeftinije inačice P2P komunikacijske tehnologije. Za sitno poduzetništvo i mjerna mjesta proizvodnje ili skladištenja energije koristi se bazna G3-PLC komunikacija sa mogućnošću nadogradnje na P2P komunikaciju.

### 8.2.2. Scenariji izgradnje sustava naprednog mjerenja

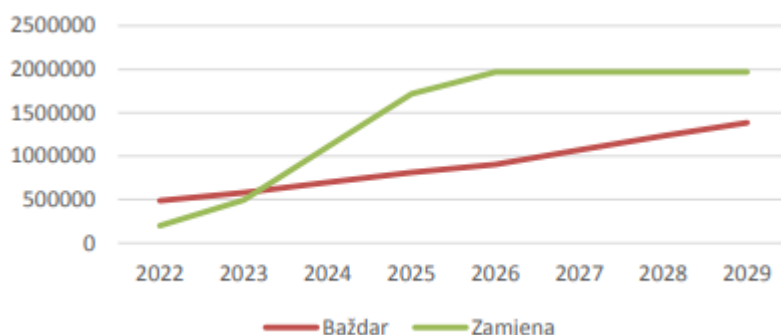
Predviđena je zamjena svih nenaprednih brojila na OMM kupaca kategorije poduzetništvo do kraja 2024. godine. Planirana je nabava 140 000 brojila, od čega je 130 019 potrebno za zamjenu, a 9981 je planirano za ugradnju na nova OMM-a.



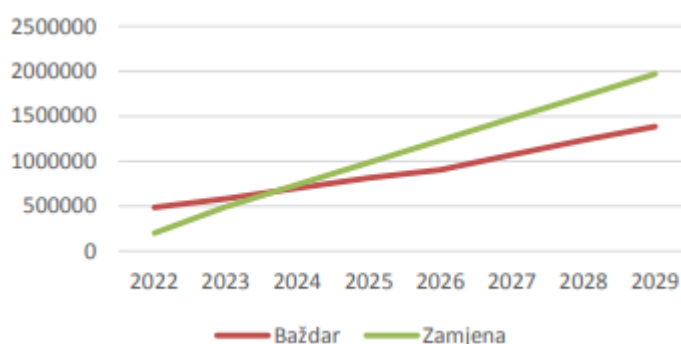
Slika 8.1. Rollout Poduzetništvo [14]

Za kategoriju kućanstvo razlikuju se dva moguća scenarija:

- Scenariji potpune zamjene do kraja lipnja 2026. godine kojim bi se maksimalno iskoristila sredstva iz NPOO.
- Scenariji potpune zamjene do kraja 2029. godine. 2029. ističe prvi ovjereni rok za izravna napredna brojila (12 godina) koja su nabavljena u 2017. godini, čime se postiže ravnomjerna raspodjela opterećenja za ovjeravanje.



Slika 8.2. Rollout kućanstva do lipnja 2026. godine [14]



Slika 8.3. Rollout kućanstva do kraja 2029. godine [14]

## 8.2. Uvođenje sustava naprednih mjerenja u distribucijska područja

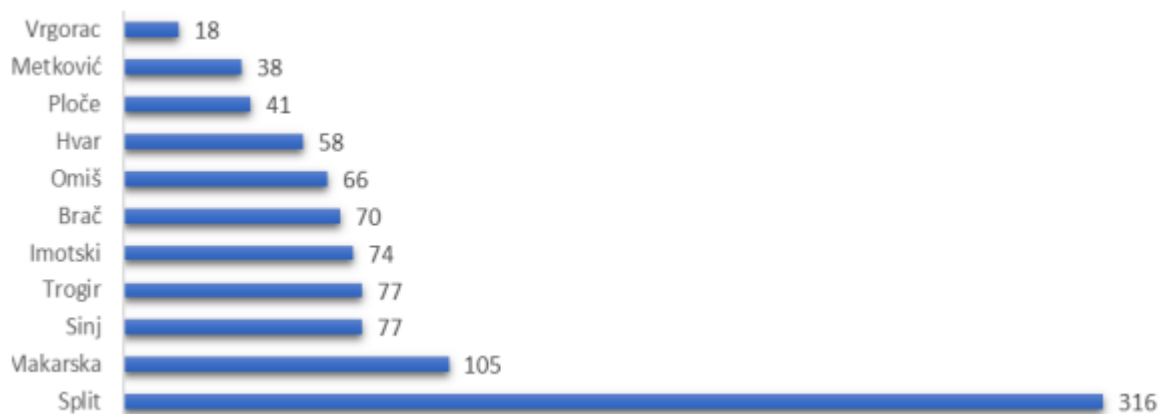
Ugradnja pametnih brojila omogućuje smanjenje troškova očitavanja, otkrivanje područja s visokim gubicima energije, bolju integraciju obnovljivih izvora energije i praćenje proizvedene energije. Kontrolna brojila imaju mogućnost otkrivanja prekida u napajanju i s tim omogućuju i brzu reakciju na prekid. Pametna brojila pružaju potrošačima stvarne informacije o njihovoj potrošnji energije, što im omogućuje da donose bolje odluke o potrošnji energije kako bi smanjili svoje račune za energiju.[1]

### 8.2.1. Elektrodalmacija Split

Od samog početka ugradnje naprednih brojila kod krajnjih kupaca bila je primarni cilj, jer je nominiran veliki broj obračunskih mjernih mjesta. Ugradnju provode monter DP Elektrodalmacije Split, a terenske jedinice koje su uključene u ovaj proces su TJ Split, TJ Metković, TJ Ploče, TJ Omiš i TJ Hvar. Ugradnja naprednih brojila kod krajnjih kupaca započela je u veljači 2021. godine i do kraja 2022. ugrađeno je 5285 od planiranih 5900 brojila. Preostalih 615 brojila planira se ugraditi u TJ Splitu 2023. godine.[1]

Monteri su uspješno obavili ugradnju koncentratora i kontrolnih brojila na lokacijama u Splitu te terenskim jedinicama Metković, Ploče, Omiš i Hvar kao dio EU projekta, s planiranim rokovima. Međutim, isporuka krivih količina brojila kategorije poduzetništvo stvorila je problem u fazi nominiranja mjernih mjesta na koja će se ta brojila ugraditi.





*Slika 8.4. Opremljenost trafostanica po TJ sa kontrolnim brojilima na dan 31.12.2022. godine [1]*

U tablici 8.4. prikazana je uspješnost očitavanja svih PLC brojila iz cijelog EU projekta, a u tablici 8.5. uspješnost očitavanja za otok Šoltu u mjesecu ožujku 2023. godine. Ugrađena su 23 od 26 planiranih konzentatora. Na trafo području gdje je postotak očitavanja 0% problem je LTE signala ili neuspješne nadogradnje firmwera u konzentatoru.

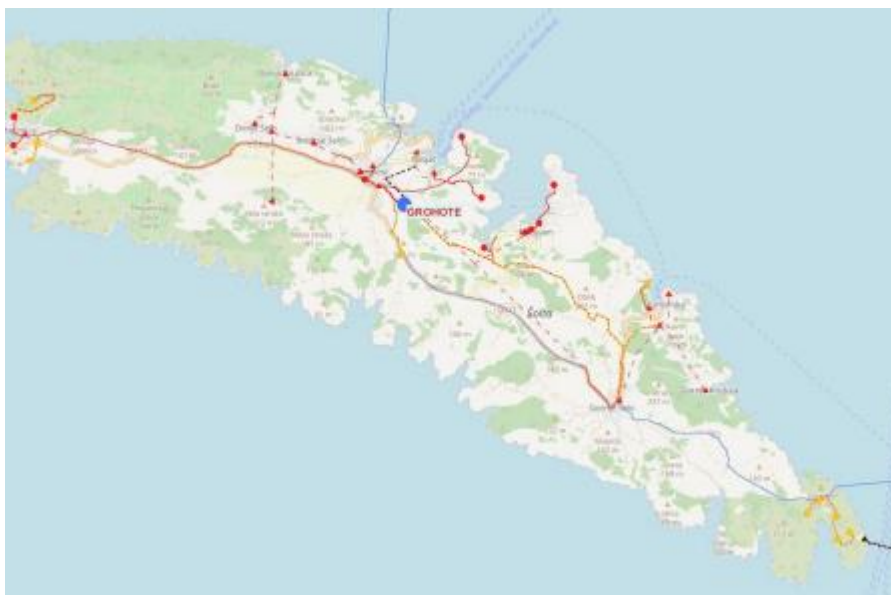
*Tablica 8.4. Uspješnost očitavanja svih PLC brojila kod krajnjih kupaca iz EU projekta [1]*

|        | -1DAN% | -2DAN% | -3DAN% |
|--------|--------|--------|--------|
| UKUPNO | 85.15% | 86.05% | 87.40% |

Tablica 8.5. Uspješnost očitavanja PLC brojila na otoku Šolta [1]

| -1DAN%  | -2DAN%  | -3DAN%  | UKUPNO BROJILA |
|---------|---------|---------|----------------|
| 91.82%  | 91.82%  | 91.82%  | 110            |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 4              |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 39             |
| 97.30%  | 97.30%  | 97.30%  | 37             |
| 66.67%  | 66.67%  | 66.67%  | 54             |
| 98.81%  | 98.81%  | 98.81%  | 168            |
| 97.79%  | 98.89%  | 98.89%  | 271            |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 11             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 5              |
| 99.35%  | 99.35%  | 99.35%  | 153            |
| 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 2              |
| 53.23%  | 53.23%  | 53.23%  | 62             |
| 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 75             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 35             |
| 94.12%  | 94.12%  | 94.12%  | 68             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 13             |
| 94.87%  | 100.00% | 100.00% | 78             |
| 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 224            |
| 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 16             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 68             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 13             |
| 100.00% | 100.00% | 100.00% | 7              |
| 84.21%  | 94.74%  | 94.74%  | 19             |

Opremanje otoka Šolte jedna je od glavnih ideja projekta kako bi se smanjili troškovi očitavanja, te omogućili daljinsko očitavanje na teže dostupnim mjestima kao što su vikend naselja koja su zatvorena tokom zime. Na nekoliko trafostanica pojavili su se problemi u PLC komunikaciji i lošem LTE signalu što je utjecalo na očitavanje brojila.



Slika 8.5. Prikaz mreže otoka Šolte iz GIS-a [1]

DP Elektrodalmacija bez brojila iz EU projekta ima ugrađenih oko 27000 PLC brojila, a zajedno sa EU projektom preko 31000 PLC brojila.

Tablica 8.6. Količina prijavljenih PLC brojila u AMR sustavu bez EU projekta [1]

| TJ       | Koncentratori | PLC brojila prijavljena na koncentratorima |
|----------|---------------|--|
| SPLIT    | 162           | 12592                                      |
| TROGIR   | 7             | 706  |
| SINJ     | 4             | 305  |
| OMIŠ     | 17            | 1625                                       |
| MAKARSKA | 34            | 2624                                       |
| METKOVIĆ | 40            | 3499                                       |
| PLOČE    | 54            | 2838                                       |
| IMOTSKI  | 4             | 431  |
| BRAČ     | 18            | 879  |
| HVAR     | 23            | 1421                                       |
| VIS      | 0             | 0  |
| UKUPNO   | 364           | 26920                                      |

U nekoliko slučajeva u gusto naseljenim sredinama, turističkim zonama, posebno blizu pošte i ugostiteljskih objekata, mjestima gdje ima telekomunikacijske opreme i videonadzora dolazi do smetnji u PLC komunikaciji. Neki od uređaja koji također stvaraju smetnje su frekventni pretvarači i led rasvjeta bez CE oznake. Smetnje se mogu sanirati ugradnjom filtra. Isto tako je potrebno oformiti bar jednu ekipu ili jednog tehničara po terenskoj jedinici za analize na terenu i otklanjanje smetnji u komunikaciji.

## 8.2.2. Elektroslavonija Osijek

Poboljšanje kvalitete života i životnog standarda praćeno je stalnim rastom potrošnje električne energije, što dovodi do potrebe za stalnim rastom elektroenergetskog sustava. Realizacijom pilot projekta „Napredna mjerna infrastruktura“ u Elektroslavoniji Osijek stvoreni su preduvjeti za povećanje učinkovitosti distribucijske NN mreže. Primjena napredne mjerne infrastrukture, odnosno naprednih brojila kod krajnjih kupaca i sumarnih brojila u TS 10(20)/0,4 kV od posebnog su značaja jer se prikupljanjem mjernih podataka dolazi do izračuna gubitaka u NN distribucijskoj mreži, te su stvoreni preduvjeti za otkrivanje područja s velikim gubitcima energije. Realizacijom pilot projekta ugrađeno je 612 sumarnih brojila u TS 10(20)/0,4 kV, 24 koncentratora podataka i 3200 naprednih brojila raspoređenih na 24 trafostanice.[16]

Tablica 8.7. Obuhvat i vrijednost ulaganja [2]

| Opis ulaganja  | Količina    | Vrijednost(€) | Izvor financiranja  |
|--|-------------|---------------|---|
| Napredna brojila   | 3200 komada | 334 038,00    | 85% bespovratna sredstva iz EU fonda<br>15% vlastita sredstva HEP ODS-a |
| Sumarna brojila  | 612 komada  | 372 829,00    | 85% bespovratna sredstva iz EU fonda<br>15% vlastita sredstva HEP ODS-a |
| PLC koncentratori  | 24 komada   | 20 195,00     | 85% bespovratna sredstva iz EU fonda<br>15% vlastita sredstva HEP ODS-a |
| Ugradnja naprednih brojila, sumarnih brojila i PLC koncentratora | -           | -             | Vlastita sredstva HEP ODS-a   |
| Izgradnja sumarnih mjernih mjesta                                | -           | -             | Vlastita sredstva HEP ODS-a   |
| UKUPNO   |             | 727 062,00    |   |

Uvođenje naprednih brojila prvi je korak u uspostavljanju pametne energetske mreže SMART GRID na razini Republike Hrvatske i Europske unije s ciljem postizanja racionalnijeg pristupa proizvodnji, potrošnji i distribuciji električne energije. Realizacijom pilot projekta ugrađeno je 3200 pametnih brojila. Predviđena količina brojila raspoređena je na 24 trafo područja na kojima su ugrađeni koncentratori podataka. Klasifikacija brojila prikazana je u tablici 8.7.

Tablica 8.8. Količina isporučениh brojila [2]

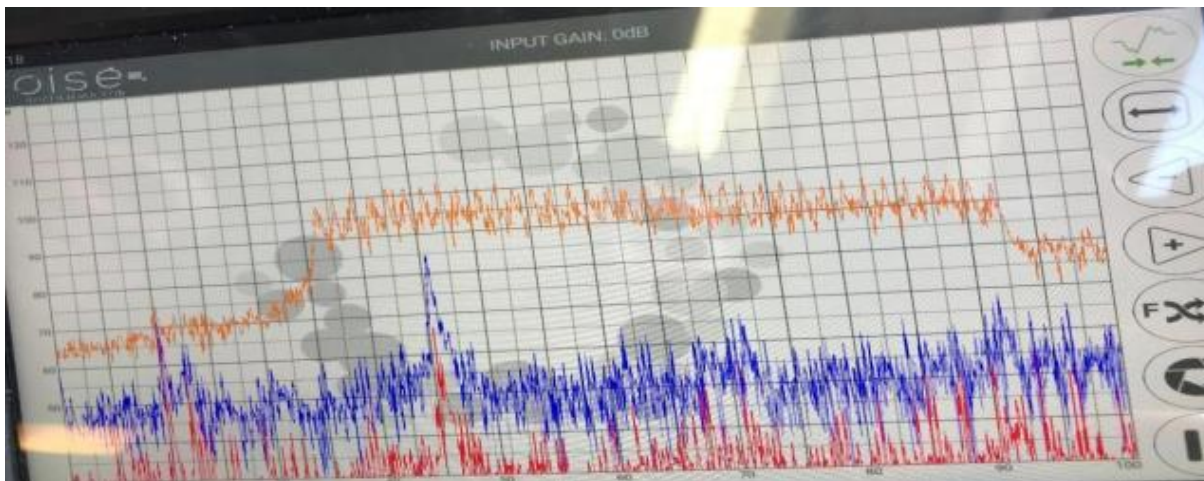
| Šifra  | Naziv  | Ukupno OMM | Kategorija    | Udio OMM | Tehnologija | Udio OMM | Faznost | Udio OMM |
|--------|--------|------------|---------------|----------|-------------|----------|---------|----------|
| 4008   | Osijek | 3200       | Kućanstvo     | 2956     | PLC         | 2602     | 1F      | 1821     |
|        |        |            |               |          |             |          | 3F      | 780      |
|        |        |            |               |          | GPRS        | 355      | 1F      | 248      |
|        |        |            |               |          |             |          | 3F      | 106      |
|        |        |            | Poduzetništvo | 244      | PLC         | 214      | 1F      | 150      |
|        |        |            |               |          |             |          | 3F      | 64       |
|        |        |            |               |          | GPRS        | 29       | 1F      | 20       |
|        |        |            |               |          |             |          | 3F      | 9        |
| UKUPNO |        |            |               |          |             |          |         | 3200     |

Iz tablice 8.8. je vidljivo kako su brojila klasificirana prema kategorijama kupaca. Za kategoriju kućanstvo bijeli tarifni model ispod 22 kW korištena su PLC-G3 radna brojila. Za kategoriju poduzetništvo bijeli tarifni model korištena su PLC G3 kombi brojila (mjerenje jalove snage). Brojila GPRS/LTE korištena su kod kupaca obje kategorije crveni tarifni model jer je za te kupce potrebno očitavanje 15 minutne krivulje opterećenja. GPRS/LTE brojila u sebi imaju integrirani isklopnik pa su ta brojila korištena kod kupaca koji nemaju redovita očitavanja, redovna plaćanja računa ili postoji osnovana sumnja neovlaštene potrošnje.

U niskonaponskoj PLC G3 mreži u nisko frekvencijskom pojasu CENELEC A (od 0 kHz do 95 kHz) na nekim mjestima postoje smetnje koje onemogućuju komunikaciju između PLC G3 brojila i koncentratora. U Osijeku postoji problem u komunikaciji na stambenim zgradama prilikom paljenja grijanja (HEP Toplinarstvo). Svaka zgrada na vertikalama ima ugrađene pumpe za vodu koje „prljaju“ PLC G3 mrežu. Pumpe su malih snaga jednofazne izvedbe na koje se ugrađuju PLC filtri.

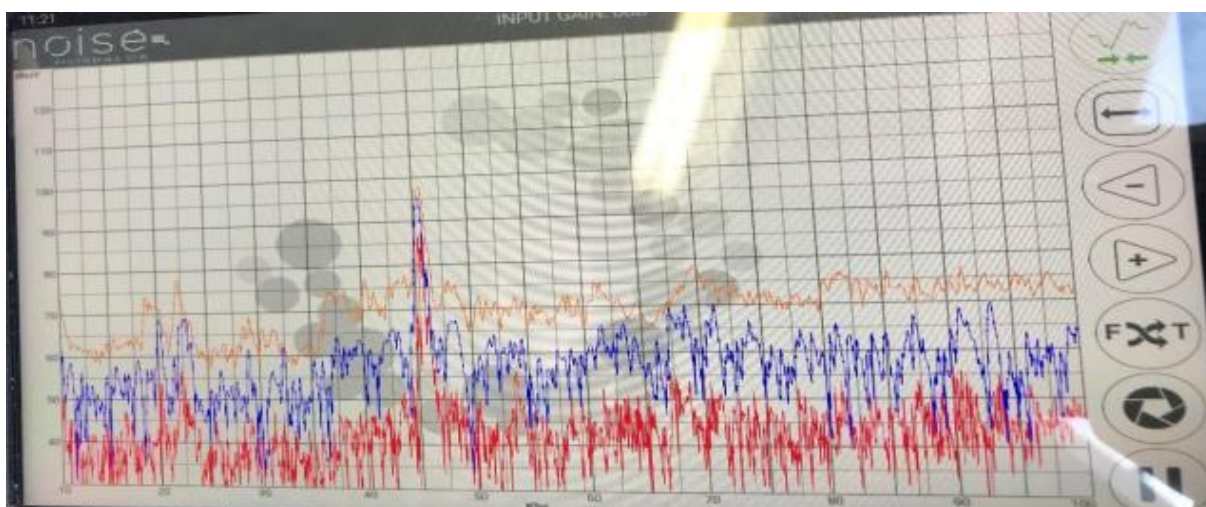
Prije ugradnje PLC filtra potrebno je ustanoviti u kojoj fazi se nalaze smetnje korištenjem spektralnog analizatora ARKOSSA NOISE.

Prvo mjerenje se obavlja u trafostanici na kojoj je došlo do problema u komunikaciji. PLC G3 signal u trafostanici kreće se od 100 dB $\mu$ V.



Slika 8.6. Spektar frekvencije u TS [2]

Drugo mjerenje se vrši na osiguračima s kojega se napaja pumpa za vodu. Smetnja koja je vidljiva na slici 8.7. je otklonjena ugradnjom PLC filtra. Preporuka je nastaviti s procedurom analize mjerenja i na drugim trafostanicama jer je jedino tako postotak daljinskog očitavanja moguće podići na visoku razinu.



Slika 8.7. Spektar frekvencije na osiguračima pumpe za vodu [2]

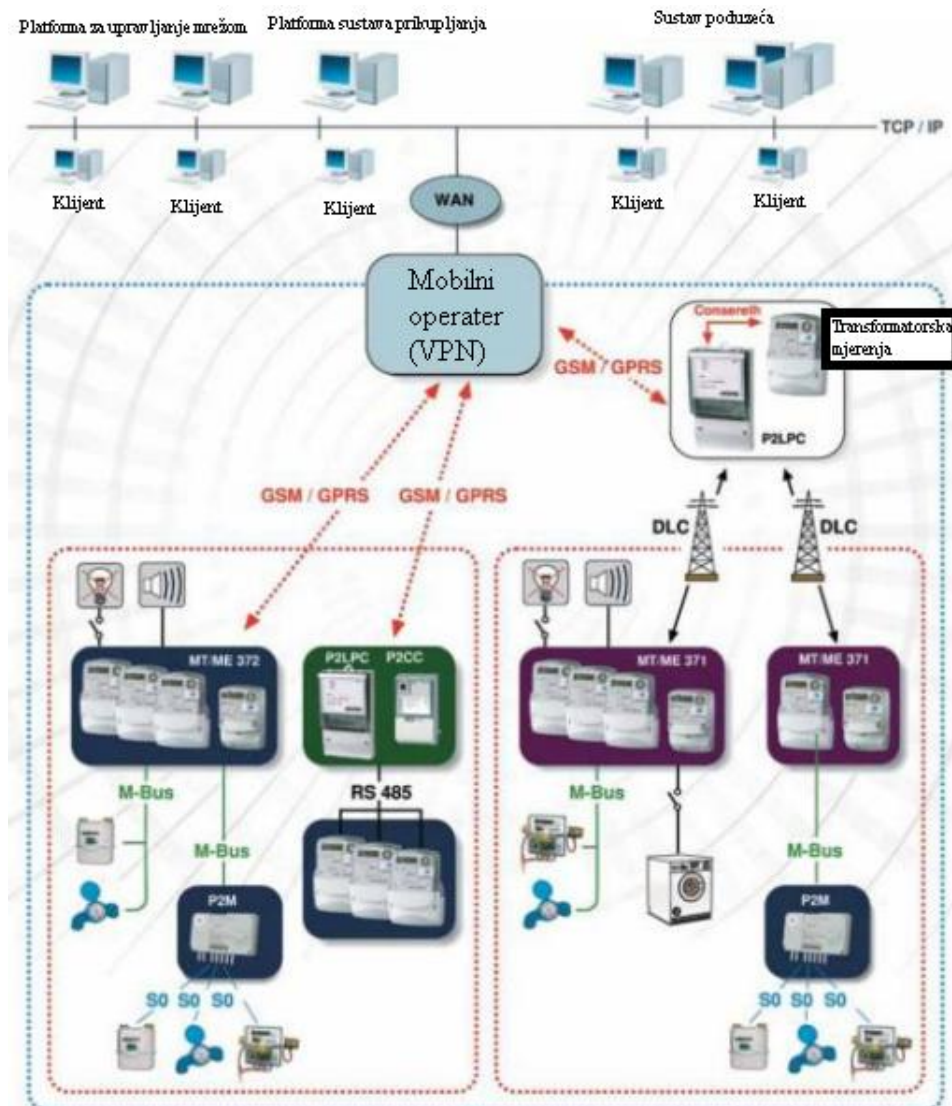
### 8.3. Sustav daljinskih očitavanja Elektroistra Pula

Ured za daljinska očitavanja Elektroistre Pula ima zastupljeno nekoliko proizvođača sa svojim modelima brojila i komunikacijskih uređaja, od kojih su neki predodređeni za određeni tip brojila, dok ih je veći broj kompatibilan s brojilima drugih proizvođača.

Daljinsko očitavanje i parametrisiranje brojila ostvaruje se preko:

- Analogne telefonske mreže (PSTN)
- Digitalne telefonske mreže (ISDN)
- Paketno orijentirane mobilne telefonske mreže (GPRS)
- Digitalne mreže (LAN/WAN)

Za uspostaviti kvalitetnu infrastrukturu naprednih mjerenja nužno je ostvariti zadovoljavajući stupanj unutarnje operativnosti i izmjenjivosti sustava. Unutarnja operativnost znači sposobnost sustava da razmjenjuje podatke s drugim sustavima različitog tipa, a izmjenjivost se definira kao sposobnost zamjene jednog uređaja drugim bez narušavanja izvorne funkcionalnosti.



Slika 8.8. Prikaz daljinskog sustava očitavanja [15]

### 8.3.1. Mjerni podaci

Pravila o mjerenim podacima utvrđuju okvir unutar kojega se moraju uklopiti poslovi prikupljanja, pohrane, obrade, dostavljanja i pristupa mjernim podacima pojedinih distribucijskih područja. Pravila su javni dokument dostupan svim korisnicima mjernih podataka: kupcima, proizvođačima, opskrbljivačima, Hrvatskom operatoru tržišta energije (HROTE), Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava (HOPS) i HEP Operatoru distribucijskog sustava (ODS).



Brojila se očitavaju unutar standardnog obračunskog razdoblja koje je za kupce kategorije poduzetništvo i proizvođače mjesečno, a za kupce kategorije kućanstvo šestomjesečno. Prikupljene podatke možemo podijeliti na mjerne podatke za potrebe obračuna i ostale neobračunske mjerne podatke i događaje. Mjerni podaci za potrebe obračuna sastoje se od mjerene veličine te datuma i vremena nastanka. Ostali podaci i događaji očitavaju se ovisno o tehničkim mogućnostima brojila, a služe za provjeru, procjenu, izračun i potvrdu mjernih podataka za potrebe obračuna i kontrolu mjernih mjesta. [17]

Obrada mjernih podataka obuhvaća provjeru i potvrdu valjanosti prikupljenih podataka, procjenu te izračun ako je potreban. Provjera mjernih podataka uključuje provjeru identifikacije mjernog mjesta, provjeru cjelovitosti prikupljenih podataka, usporedbu s prethodno pohranjenim podacima radi provjere prihvatljivosti, korištenje neobračunskih mjernih podataka i događaja iz brojila radi provjere prihvatljivosti.

Mjerni se podaci pohranjuju u jedinstvenu bazu mjernih podataka koja sadrži:

- Mjerne podatke
- Opće podatke obračunskog mjernog mjesta
- Podatke o mjernoj i komunikacijskoj opremi
- Podatke o ovlaštenim primateljima i korisnicima sustava za pristup mjernim podacima

Podaci su u bazi pohranjeni dvije godine, nakon čega se arhiviraju na barem pet godina.

Baza mjernih podataka omogućuje:

- Provjeru i potvrdu valjanosti podataka
- Označavanje procijenjenih, izračunatih i izmjerenih podataka
- Zbrajanje podataka
- Izračun krivulje opterećenja
- Izračun dijagrama ostvarenja po obračunskim mjernim mjestima
- Dostavu i pristup mjernim podacima

Svaki podatak u bazi ima odgovarajuću oznaku njegovog porijekla. Upis podataka u bazi radi se svakodnevno. Konačnim pohranjivanjem u jedinstvenu bazu mjernih podataka o potrošnji električne energije i ostvarenom vršnom opterećenju te dijagramu ostvarenja, ujedno se potvrđuje njihova valjanost za potrebe obračuna i oni postaju obračunski mjerni podaci.[18]

### 8.3.2. Aplikacije daljinskog očitavanja

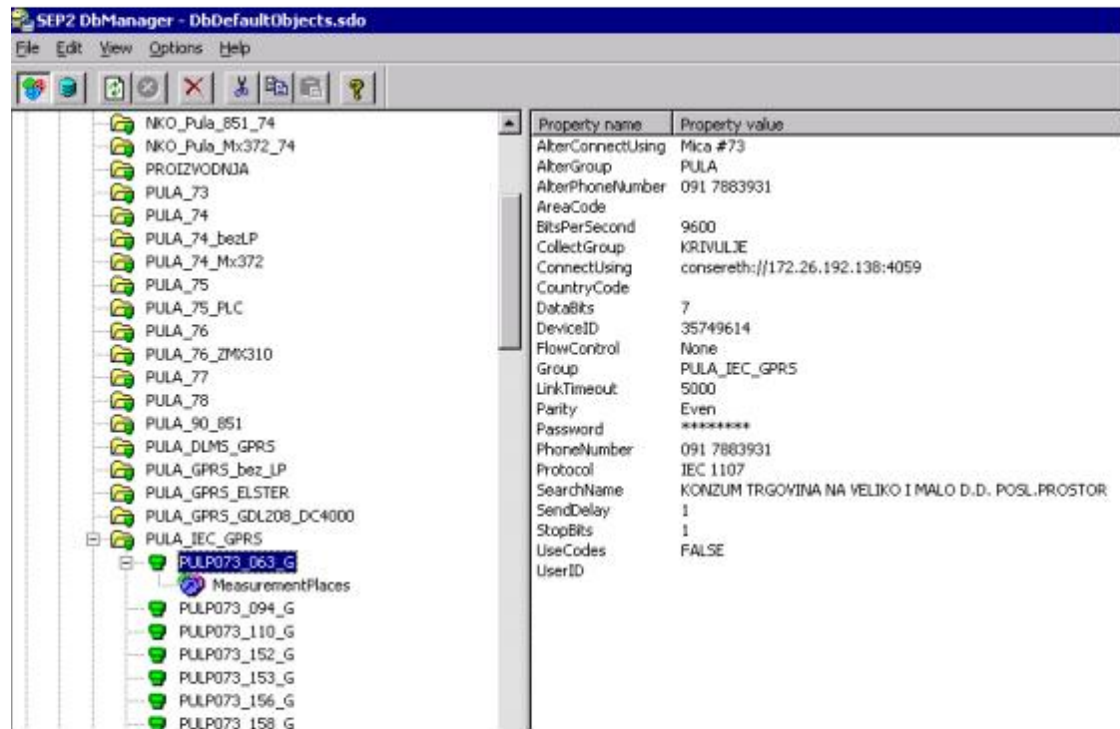
Aplikacijski poslužitelj sustava daljinskog očitavanja ima instaliran programski paket SEP2W Iskrameco za upravljanje, administriranje, očitavanje i generiranje izvještaja.

Kako je baza jedinstvena za cijeli ODS, postoje pravila organiziranja mjernih mjesta unutar baze. Grupiranje se vrši, u prvom redu, prema distribucijskom području i modemsom izlazu, a zatim prema protokolima za komunikaciju i prema tipovima brojila. Za kontrolu mjerenja, mjerenja za razmjenu i proizvodnju električne energije te iskopčana i demontirana brojila, oformljene su zasebne grupe za sva distribucijska područja.

Program dbManager se koristi za prijavljivanje MM, tu su OMM jednoznačno označena brojem brojila i šifrom mjernog mjesta. Naziv pozicije s koje se brojilo očitava slaže se tako da prvo idu dva slova DP-a, nakon toga tri znamenke modemsog izlaza, pa redni broj koji ide u slijedu. Šifra mjernog mjesta se obilježava 10-znamenkastim brojem od kojeg su prva dva predbroj DP-a iza kojih slijedi šifra MM s 8 znamenki.

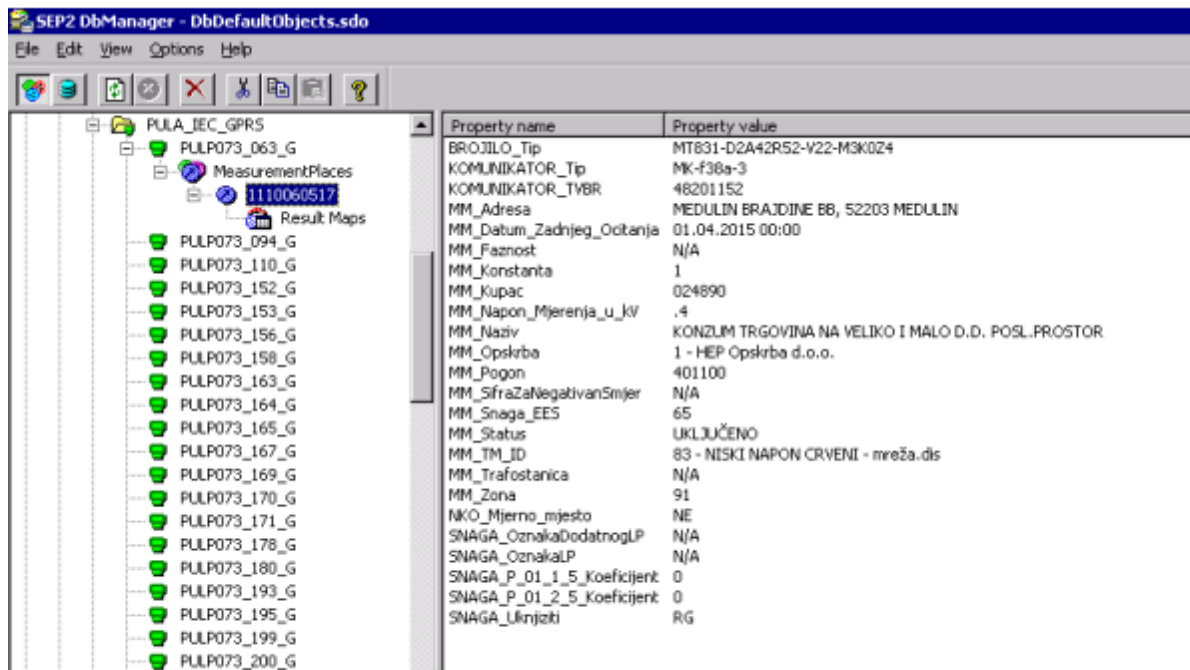


Polozicije za očitavanje, odnosno mjerna mjesta, grupirana su prema tipu brojila i načinu komunikacije. Iznimno je važno poštivati pravila davanja naziva grupa i stavljati MM u odgovarajuće grupe. Time je omogućeno jednostavno održavanje podataka i kontrola očitavanja. Iz naziva grupe je potpuno jasno kojem DP-u pripada, s kojeg modemskeg izlaza se očitava, prema kojem komunikacijskom protokolu i eventualno koji je tip brojila. Tako se lako mogu grupno očitavati istim komunikacijskim formulama. Baza se može pretraživati postavljanjem upita za lociranje mjernog mjesta prema nazivu, šifri mjernog mjesta i broju brojila.[17]



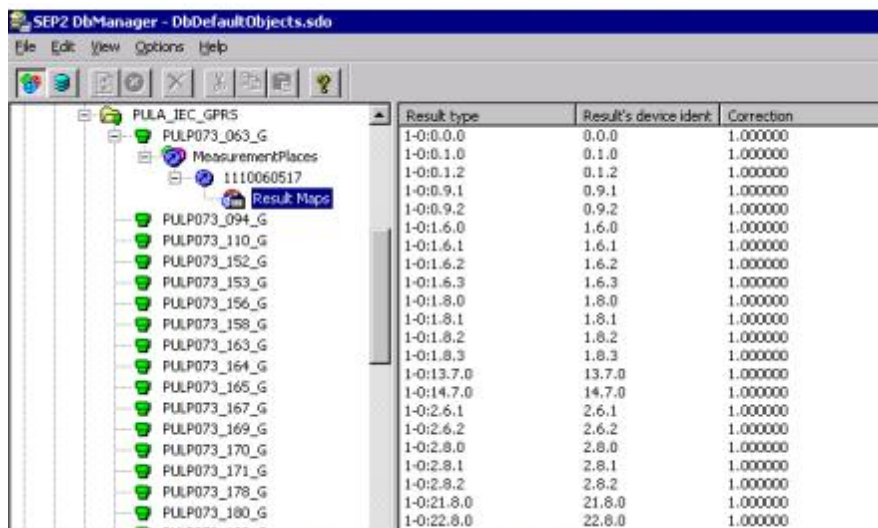
Slika 8.9. Polozicija u bazi s komunikacijskim postavkama [17]

Informacije o detaljima MM sadrže podatke iz HEP Billinga, te su informativne naravi i nisu ključne za očitavanje. Ovi podaci se dnevno ažuriraju podacima iz Billinga, a sadrže osim osnovnih podataka o kupcu, podatke o prijenosnom omjeru strujnih i naponskih mjernih transformatora, faktor korekcije zbog gubitaka u transformatoru i priključnom vodu, napon mjerenja u kV, te četiri parametra kojim se definira način izračuna snage iz zajedničkih krivulja opterećenja za mjerna mjesta koja pripadaju istom kupcu i koja spadaju u građevinsku cjelinu. [17]



Slika 8.10. Svojstva mjernog mjesta [17]

Mape mjernih rezultata pridjeljuju se pojedinom tipu brojila i ovisi o mogućnostima brojila i kodovima koje brojilo prilikom očitavanja šalje. Ako mapa mjernih rezultata nije usklađena s kodovima koje brojilo šalje, očitani podaci neće biti zapisani u bazu.



Slika 8.11. Mapa mjernih rezultata [17]

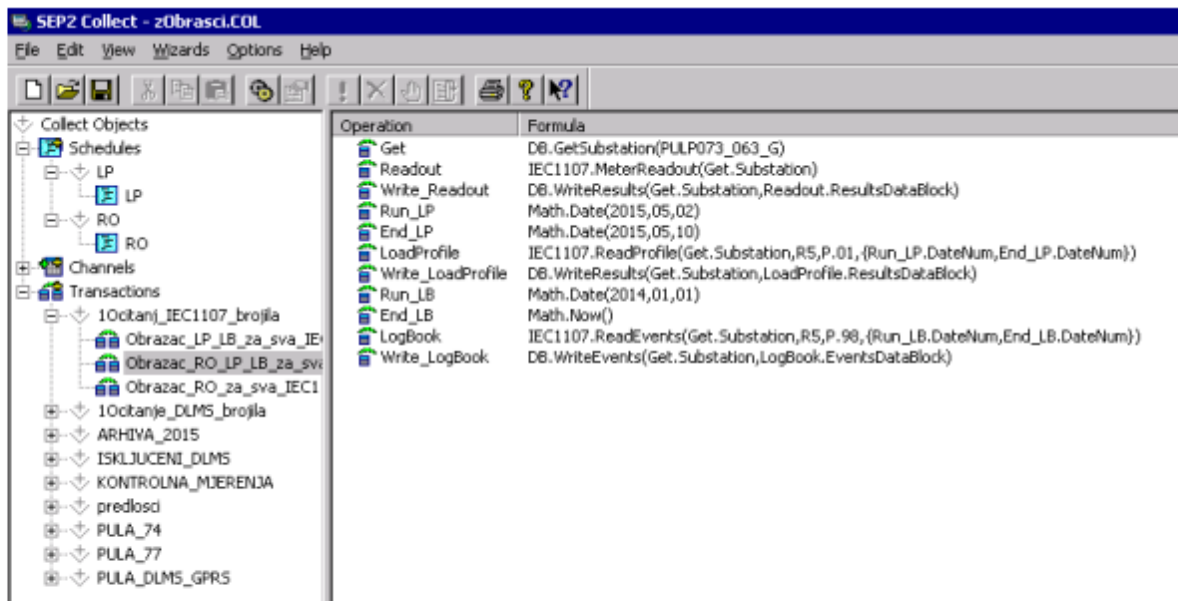
Prikupljanje podataka iz brojila i njihovo pohranjivanje u bazu podataka obavlja se aplikacijom Collect. Odgovarajućim transakcijama koje sadrže formule, odnosno naredbe, izvršavamo očitavanje mjernih i ostalih veličina. Svako brojilo, pozicija iz dbManagera, ima svoju transakciju za određeno očitavanje.

Postoje obrasci za očitavanje mjernih podataka iz registra brojila, krivulje opterećenja i knjige događaja. Primjenom odgovarajućih obrasca nad grupom mjernih mjesta u bazi smanjuje se mogućnost pogreške i trajanje cjelokupnog očitavanja.

Brojila se standardno očitavaju kada naprave obračunski reset na prijelazu mjeseca, i to u slijed registara potrebnih za obračun i krivulje opterećenja za mjerna mjesta koja spadaju u građevne cjeline. Tjedno se očitavaju krivulje opterećenja i knjiga događaja za mjerna mjesta zakupljene snage iznad 30 kW.

Očitavanje je organizirano tako da se sekvencijalno poziva jedno po jedno brojilo na svakom modemskom izlazu odnosno u svakoj grupi u bazi i to 10 puta, a za preostala neočitana dodatnih 10 puta. Ono se postavlja iza 19 sati zbog niže cijene. Višestrukim ponavljanjem očitavanja obično se uspiju očitati brojila kod kojih dolazi do pucanja veze tijekom prijenosa podataka.

Razlozi nemogućnosti očitavanja mogu biti u slabom signalu ili signalu koji se povremeno gubi, a to je slučaj u blizini slovenske granice. Ista situacija je gdje je mjerna oprema smještena u garažama i podrumima. Stoga je uputno pri projektiranju novih priključaka paziti na dostupnost GSM signala. Razlog nemogućnosti uspostavljanja veze može biti u slučaju iskopčanog mjernog mjesta, a time i mjerne opreme te kvar na komunikacijskom uređaju, koji ponekad zna biti prolazan i lako se rješava isključenjem i ponovnim uključenjem uređaja, a ponekad je potrebna zamjena zbog kvara. [17]



Slika 8.12. Primjer obrasca za očitavanje [17]

## 8.4. Korištenje podataka iz naprednih sumarnih mjerenja u TS SN/NN za nadzor kvalitete električne energije

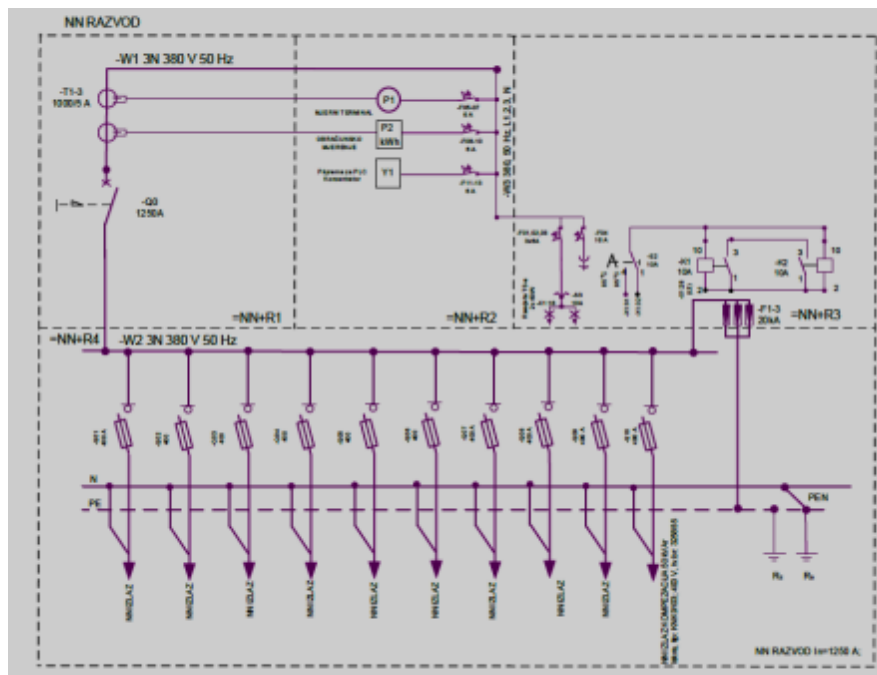
Kako se radi o velikom broju tipova mjernih uređaja, različitih komunikacijskih mogućnosti i mogućnosti pohrane podataka, analiza podataka ovisi o mogućnostima pojedinih uređaja. Najčešći zahtjevi koji se postavljaju na takve mjerne uređaje su oni za dugoročnim prikazom trendova opterećenja, kao i za kontrolu kvalitete električne energije na sabirnicama distribucijske stanice. Monitori kvalitete električne energije mogu pripremiti i pohraniti potrebna mjerenja, te su kao takvi logičan izbor obzirom na cijenu i mogućnosti uređaja.

### 8.4.1. Obračunsko-kontrolna mjerenja

Ugradnja obračunsko-kontrolnih mjerenja, paralelno monitorima kvalitete električne energije, ima za cilj usporedbu mogućnosti monitora kvalitete električne energije u praćenju i identificiranju mjesta nastanka gubitaka, u odnosu na klasična obračunsko-kontrolna mjesta.

Tehničko rješenje NN razvoda na razini tipske TS, osim uobičajenih karakteristika obuhvaća:

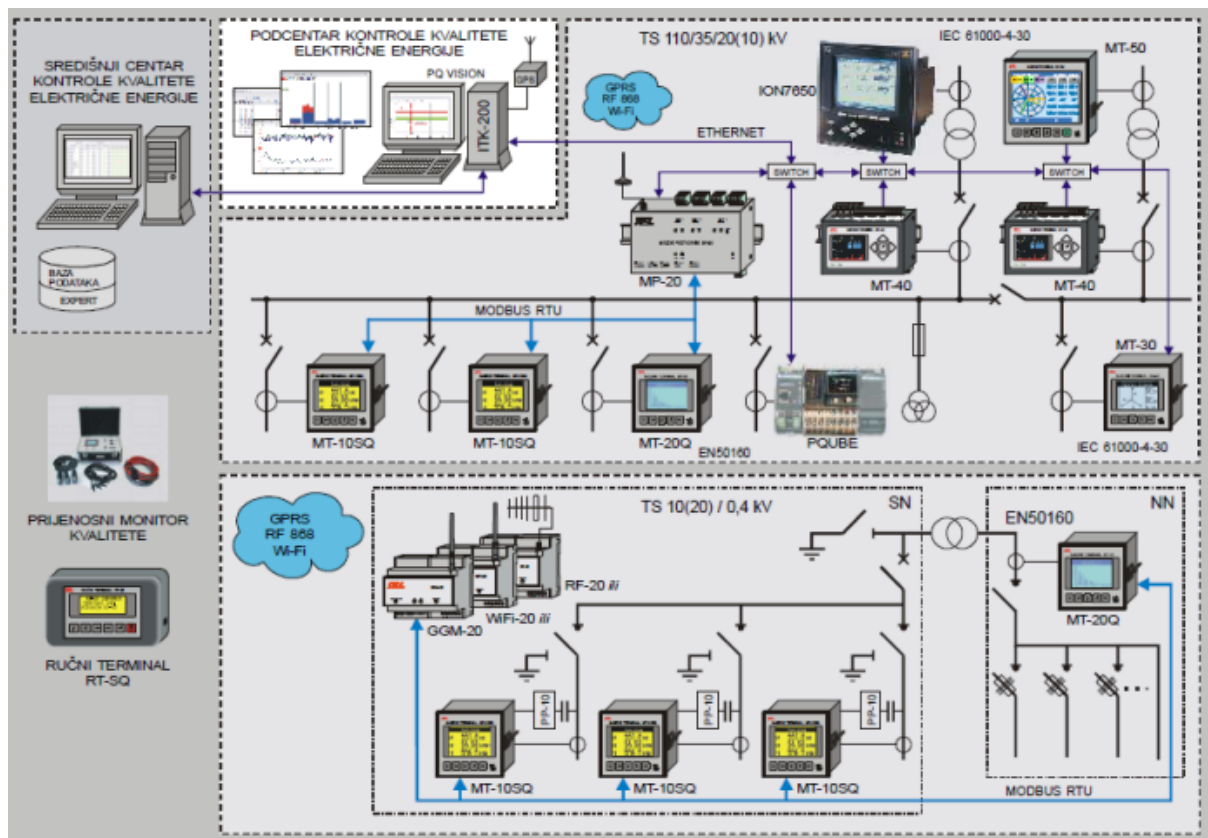
- Mjerenje izlazne energije TP 0,4 kV
- Mjerenje napona, struje i KEE
- Automatska kompenzacija jalove energije



Slika 8.13. Shema tipskog NN razvoda [19]

### 8.4.2. Opis sustava

Kontrola kvalitete električne energije važan je dio ukupnog nadzora elektroenergetskog sustava. Sustav kontrole kvalitete električne energije izgrađen je kao integrirani sustav kontrole kvalitete, a namijenjen je za nadzor kvalitete kompleksnih sustava proizvodnje, distribucije i prijenosa energije. Osnovni elementi sustava su monitori kvalitete komunikacijski povezani s terminalom kvalitete.



Slika 8.14. Sustav kontrole kvalitete električne energije IPQS [19]

Terminal kvalitete ima vrlo napredne funkcije prikupljanja i analize mjerenja te statističke obrade mjerenih rezultata. U terminalu kvalitete je implementirana programska oprema sa zadatkom prikupljanja informacija s monitora kvalitete, obrada podataka, pohrana u bazu podataka, te prilagodba za grafičku interpretaciju. U terminalu kvalitete implementirana je programska oprema za automatsko generiranje, arhiviranje i slanje izvještaja. Programska oprema sastoji se od poslužiteljskih i klijentskih aplikacije koje se mogu povezati s bazom podataka. Programsku opremu koristi već postojeći poslužitelj baze podataka u središnjem kontrolnom centru HEP-ODS-a.[19]

## 9. ZAKLJUČAK

Sustavi naprednih mjerenja odnosno AMR sustavi su tehnološki napredak koji može dovesti do boljeg životnog standarda. Rješava mnoge probleme tradicionalnog očitavanja stanja mreže kao što su potreba za ljudskim resursima, učinkovitost, točnost, odgođeni rad, nedostupnost korisnika u vrijeme posjeta zaposlenika za mjerenje i drugo. Štoviše, ekonomičnije je i pomaže u uštedi energije. Nadalje, ima prednost sposobnosti predviđanja energetske potreba u budućnosti. Sustavi naprednih mjerenja implementirani su korištenjem mnogih različitih tehnologija kao što su GSM, ZigBee, PLC, D-SCADA, WiMAX i hibridne tehnologije koje su mješavina navedenih.

Kroz istraživanje područja sustava naprednih mjerenja, može se zaključiti da je napredna mjerna infrastruktura temeljni stup modernih tehnoloških okruženja. Prikupljanje i pohrana podataka ključni su čimbenici u modernim energetske sustavima. Razvoj tehnologije prikupljanja i pohrane podataka glavni je čimbenik koji nam omogućuje korištenje tih podataka. Korištenje podataka iz sustava naprednih mjerenja širom svijeta svjedoči o globalnom interesu za optimizaciju energetske procesa, smanjenja gubitaka i povećanja učinkovitosti.

Kroz analizu slučajeva i ideja korištenja podataka sustava naprednih mjerenja, prikazan je neograničen potencijal primjene podataka. Ovi sustavi omogućuju optimizaciju procesa, bolje razumijevanje potreba korisnika te pružaju temelj za razvoj pametnih i održivih rješenja. Sustavi naprednih mjerenja i podaci koje generiraju predstavljaju ključnu komponentu modernog društva i gospodarstva. Njihova primjena omogućuje optimizaciju, inovaciju i održivost u različitim sektorima. Kroz daljnja istraživanja, primjenu najboljih praksi i kontinuirani razvoj tehnologije, možemo ostvariti potencijal ovih sustava i doprinijeti boljem i pametnijem svijetu.

## LITERATURA

- [1] E. Šehić, J. Merćep, A. Kujundžić, „Izazovi u Provedbi Pilot Projekta Uvođenja Naprednih Mreža u Elektrodaljaciji Split – Napredna Mjerna Infrastruktura“
- [2] S. Miletić, „Izazovi u Provedbi Pilot Projekta Uvođenja Naprednih mreža u Elektroslovaniji Osijek- PA.1. Napredna Mjerna Infrastruktura“
- [3] H. G. Rodney Tan, C. H. Lee, V.H. Mok, „Automatic Power Meter Reading System Using GSM Network“
- [4] Ashna K., Sudhish N George, „GSM Based Automatic Energy Meter Reading System with Instant Billing“
- [5] S. Arun, Dr. Sidappa Naidu, „Design and Implementation of Automatic Meter Reading System Using GSM,UIGBEE through GPRS“
- [6] T. Ananthapadmanabha, A. D. Kulkarni, Madhvaraja, A. P. Suma, „Automatic meter reading (AMR) based distribution security monitoring and distribution-supervisory control and data acquisition (D-SCADA) control“
- [7] Poonam Borle, Ankita Saswadkar, Deepali Hiwarkar, Rupali S. Kad, „Automatic Meter Reading For Electricity Using Power Line Communication“
- [8] Tanvir Ahmed, MD. Suzan Miah, MD. Manirul Islam, MD. Rakib Uddin, „Automatic Electric Meter Reading System: A Cost Feasible Alternative Approach In Meter Reading For Bangladesh Perspective Using Low-Cost Digital Watt Meter And WiMAX Technology“
- [9] Manisha V Shinde, Pradip W Kulkarni, „New Development in Energy Meter Reading System“
- [10] S. Arun, Dr. Sidappa Naidu, „Hybrid Automatic Meter Reading System“
- [11] S interneta: <https://pametni-gradovi.eu/pametne-tehnologije/pametna-rjesenja-i-tehnologije/pametna-elektricna-brojila-u-hrvatskoj/>
- [12] S interneta: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Brojilo\\_elektri%C4%8Dne\\_energije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Brojilo_elektri%C4%8Dne_energije)
- [13] C6/D2 Technical Brochure: Utilization of data from smart meter system
- [14] D. Žaja, „Razvoj i Izgradnja Sustava Naprednih Mjerenja Operatora Distribucijskog Sustava“
- [15] Z. Jadrijević, G. Majstorović, „Komunikacija putem elektroenergetske mreže“
- [16] Elaborat provedbe PROJEKTA AKTIVNOST 1:Napredna mjerna infrastruktura
- [17] D. Šćulac, Elektroistra Pula, „Ured za daljinska očitavanja“, Pripravnički rad
- [18] Z. Lipošćak, „Mjerni podaci i tržište električne energije“
- [19] M. Babić, D. Dobutović, M. Perišić, „Integrirani sustav kontrole kvalitete energije distribucijskog područja“



## POPIS SLIKA

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Slika 2.1   | Primjeri PLC brojila u DP Elektrodalmacija Split [1] .....                              | 4  |
| Slika 2.2.  | Koncentrator podataka iz EU projekta [1] .....  | 5  |
| Slika 2.3.  | Blok shema PLC komunikacije [2] .....   | 6  |
| Slika 2.4.  | Frekvencijska područja PLC-G3 signala [2] .....   | 6  |
| Slika 2.5.  | PAN koordinator [2].....  | 7  |
| Slika 2.6.  | Koncentrator podataka DC450 G3 i AC750 [2].....   | 8  |
| Slika 2.7.  | Topologija mreže TS Osijek KTS-220 [2] .....  | 9  |
| Slika 2.8.  | Sumarno mjerenje i koncentrator [2] .....   | 10 |
| Slika 3.1.  | Dizajn AMR sustava s GSM-om [4] .....   | 12 |
| Slika 3.2.  | Struktura AMR-a koji koristi ZigBee [5] .....   | 13 |
| Slika 3.3.  | AMR distribuiran D-SCADA algoritmom upravljanja [6] .....                               | 14 |
| Slika 3.4.  | Blok dijagram AMR-a koji koristi PLC sistem komunikacije [7] .....                      | 15 |
| Slika 3.5.  | Konceptualni dijagram AMR-a baziranog na WiMAX tehnologiji [8] .....                    | 16 |
| Slika 3.6.  | Struktura mreže [10].....   | 18 |
| Slika 5.1.  | Automatsko brojilo [11] .....   | 21 |
| Slika 5.2.  | Mehaničko brojilo [12].....   | 22 |
| Slika 5.3.  | Konfiguracija sustava NewSQL [13] .....   | 25 |
| Slika 5.4.  | AMR sustav [14] .....   | 27 |
| Slika 6.1.  | Svrha implementacije pametnih brojila (Azija) [13].....                                 | 29 |
| Slika 6.2.  | Svrha implementacije pametnih brojila (Sjeverozapadna Europa) [13] .....                | 30 |
| Slika 6.3.  | Svrha implementacije pametnih brojila (Jugoistočna Europa) [13].....                    | 32 |
| Slika 6.4.  | Svrha implementacije pametnih brojila (Ostale regije) [13] .....                        | 33 |
| Slika 8.1.  | Rollout Poduzetništvo [14].....   | 48 |
| Slika 8.2.  | Rollout kućanstva do lipnja 2026. godine [14] .....                                     | 49 |
| Slika 8.3.  | Rollout kućanstva do kraja 2029. godine [14] .....                                      | 49 |
| Slika 8.4.  | Opremljenost trafostanica po TJ sa kontrolnim brojlina na dan 31.12.2022. godine [1] 50 |    |
| Slika 8.5.  | Prikaz mreže otoka Šolte iz GIS-a [1].....  | 52 |
| Slika 8.6.  | Spektar frekvencije u TS [2] .....  | 55 |
| Slika 8.7.  | Spektar frekvencije na osiguračima pumpe za vodu [2] .....                              | 55 |
| Slika 8.8.  | Prikaz daljinskog sustava očitavanja [15] .....   | 56 |
| Slika 8.9.  | Pozicija u bazi s komunikacijskim postavkama [17] .....                                 | 58 |
| Slika 8.10. | Svojstva mjernog mjesta [17].....   | 59 |
| Slika 8.11. | Mapa mjernih rezultata [17] .....   | 59 |



|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Slika 8.12. | Primjer obrasca za očitavanje [17] .....                      | 60 |
| Slika 8.13. | Shema tipskog NN razvoda [19] .....                           | 61 |
| Slika 8.14. | Sustav kontrole kvalitete električne energije IPQS [19] ..... | 62 |

## POPIS TABLICA

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Tablica 2.1. | Frekvencijski pojasevi korišteni u pametnim mrežama [1] .....                       | 5  |
| Tablica 3.1. | Tipovi AMR-a .....  | 11 |
| Tablica 6.1. | Ispitanici po državama[13] .....  | 28 |
| Tablica 8.1. | Brojila električne energije u mreži [14] .....                                      | 45 |
| Tablica 8.2. | Brojila električne energije u mreži – kategorija poduzetništvo [14] .....           | 46 |
| Tablica 8.3. | Brojila električne energije u mreži – kategorija kućanstvo [14] .....               | 46 |
| Tablica 8.4. | Uspješnost očitavanja svih PLC brojila kod krajnjih kupaca iz EU projekta [1] ..... | 50 |
| Tablica 8.5. | Uspješnost očitavanja PLC brojila na otoku Šolta [1] .....                          | 51 |
| Tablica 8.6. | Količina prijavljenih PLC brojila u AMR sustavu bez EU projekta [1] .....           | 52 |
| Tablica 8.7. | Obuhvat i vrijednost ulaganja [2] .....   | 53 |
| Tablica 8.8. | Količina isporučenih brojila [2] .....  | 54 |

## SAŽETAK

U ovom radu opisane su izvedbe naprednih sustava mjerenja kao i korištenje podataka dobivenih iz takvih sustava. Napredna mjerna infrastruktura prikazana je kao temeljni stup izrade. Opisani su zahtjevi i tehničke specifikacije sustava naprednih mjerenja. Kroz mnoštvo slučajeva korištenja podataka dobivenih iz sustava naprednih mjerenja, prikazane su mogućnosti koje nam takvi sustavi danas nude. Uz detaljnu razradu sustava naprednih mjerenja i podataka dobivenih iz takvih sustava, u ovome radu su navedeni i primjeri korištenja tih podataka kako bi se prikazalo koliko su nam takvi sustavi olakšali način života. U doba napretka tehnologije, život bez naprednih sustava mjerenja je postao nezamisliv.

*Ključne riječi: Korištenje podataka iz sustava naprednih mjerenja, Sustavi naprednih mjerenja, AMR, Korištenje podataka, Struktura AMR-a, Korištenje AMR-a*

## **SUMMARY**

This paper describes the performance of advanced measuring systems as well as the use of data obtained from such systems. Advanced measuring infrastructure is presented as a fundamental pillar of the creation. The requirements and technical specifications of advanced measuring systems are described. Through many cases of using data obtained from advanced measuring systems, the possibilities that such systems offer us today are presented. Along with the detailed elaboration of advanced measuring systems and the data obtained from such systems, this paper also provides use examples of such data to show how much these systems have made our way of life easier. In the time of technological progress, life without advanced measuring systems has become unimaginable.

*Keywords: Use of data from advanced measuring system, Advanced measuring system, AMR, Data use, Structure of AMR, Use of AMR*