

# Poslovne primjene pametnih brojala za očitavanje plina

---

**Hofer, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:943581>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I**  
**INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Sveučilišni diplomski studij**

**Poslovne primjene pametnih brojala za očitavanje plina**

**Diplomski rad**

**Filip Hofer**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMATIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac D1: Obrazac za ocjenu diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju****Ocjena diplomskog rada na sveučilišnom diplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Filip Hofer
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	D-1447, 07.10.2022.
<b>JMBAG:</b>	0165082958
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Marinko Stojkov
<b>Sumentor:</b>	
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	dr. sc. Mario Mišić
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	izv. prof. dr. sc. Goran Knežević
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	prof. dr. sc. Marinko Stojkov
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	dr. sc. Matej Žnidarec
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Poslovne primjene pametnih brojila za očitavanje plina
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	Uvod; Energetski sustavi i gospodarenje energijom; Pametne mreže i praćenje podataka; Stanje implementacije pametnih brojila; Portfelj poslovnih primjena; Usklađivanje poslovnih primjena sa strategijom u RH; Opis različitih slučajeva s aspekta ušteda u energiji i troškovima očitavanja; Zaključak. Tema rezervirana za Filipa Hofera. Komentor dr. sc. Mario Mišić, Srednja škola Dugo Selo
<b>Datum ocjene pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	07.05.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela diplomskog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum obrane diplomskog rada:</b>	8.7.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela diplomskog rada (obrane):</b>	Izvrstan (5)
<b>Ukupna ocjena diplomskog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije diplomskog rada čime je pristupnik završio sveučilišni diplomski studij:</b>	10.07.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 10.07.2024.

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Filip Hofer
<b>Studij:</b>	Sveučilišni diplomski studij Elektrotehnika, Elektroenergetika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	D-1447, 07.10.2022.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	11

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Poslovne primjene pametnih brojila za očitavanje plina**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Marinko Stojkov

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

## Sadržaj

1.	UVOD.....	1
2.	PAMETNI PLINOMJERI.....	2
3.	VRSTE PLINOMJERA .....	3
3.1	Plinomjeri s mjehom (membranski plinomjeri) .....	3
3.2	Mikrotermalni plinomjer.....	3
3.3	Ultrazvučni Plinomjer.....	5
3.4	Plinomjer s rotacijskim klipovima .....	8
3.5	Plinomjeri s turbinom.....	8
3.6	Korektori volumena plina.....	9
4.	SIGFOX MREŽA.....	14
5.	KONTEKST.....	16
5.1	Energetski sustavi i gospodarenje energijom.....	16
5.2	Pametne mreže i praćenje podataka.....	17
5.3	Sustavi automatskog daljinskog očitavanja.....	18
5.4	Prikupljanje i pohrana podataka u sustavima naprednih mjerenja.....	27
5.5	Poslovno okruženje današnjeg sektora energetike.....	29
5.6	Nove mogućnosti.....	29
6.	STANJE IMPLEMENTACIJE PAMETNIH BROJILA U EU I REGIJI.....	30
6.1	Početak i trajanje implementacije.....	30
6.2	Implementacija pametnih brojila u EU i RH.....	31
7.	PORTFELJ POSLOVNIH PRIMJENA.....	33
7.1	Analiza performansa distribucijske mreže.....	33
7.2	Predviđanje potražnje.....	33
7.3	Balansiranje sustava.....	34
7.4	Detektiranje netehničkih gubitaka.....	34
7.5	Segmentacija kupaca.....	34
7.6	Sigurnost.....	35
7.7	Transparentnost podataka na tržištima.....	35

7.8	Omogućavanje korištenja vodika u distribucijskoj mreži.....	36
8.	USKLAĐIVANJE POSLOVNIH PRIMJENA SA STRATEGIJOM U RH.....	37
8.1	HEP ThingsTalk i SigFox platforme.....	40
9.	STUDIJE SLUČAJA.....	43
10.	ZAKLJUČAK.....	45
	LITERATURA.....	48
	SAŽETAK.....	50
	ABSTRACT.....	51
	ŽIVOTOPIS.....	52

## 1. UVOD

Pametna brojila za očitavanje plina predstavljaju tehnološko rješenje koje revolucionira način praćenja potrošnje plina u domaćinstvima i poslovnim okruženjima. Umjesto tradicionalnih mehaničkih brojila, pametna brojila koriste napredne senzore i tehnologiju daljinskog očitavanja kako bi omogućila preciznije praćenje potrošnje plina. Ta tehnološka inovacija donosi niz prednosti u smislu efikasnosti, točnosti očitavanja te mogućnosti daljinskog praćenja i upravljanja.

S obzirom na sve veću potrebu za efikasnim upravljanjem resursima, pametna brojila za očitavanje plina postaju ključna komponenta modernizacije infrastrukture plinskog sektora. Njihova sposobnost automatskog prijenosa podataka o potrošnji plina omogućava brže i preciznije očitavanje, čime se olakšava proces praćenja potrošnje i optimizira upravljanje distribucijom plina.

Osim toga, pametna brojila omogućavaju korisnicima da prate svoju potrošnju plina u stvarnom vremenu putem aplikacija i online platformi, što doprinosi većoj svijesti o potrošnji i potencijalnim uštedama. Također, ova tehnologija pruža mogućnosti za daljnje analize potrošnje i optimizaciju energetske sustava.

U daljnjem tekstu istražiti će poslovne primjene pametnih brojila za očitavanje plina, analizirati njihov utjecaj na poslovanje te istražiti mogućnosti implementacije u EU i RH. Ova tema zahtijeva pozornost zbog svoje važnosti za efikasnost poslovanja te potencijalnih ekonomskih i ekoloških koristi.

## 2. PAMETNI PLINOMJERI

U povijesti pametnih brojila za očitavanje plina vidimo da su se razvijala kroz integraciju naprednih tehnologija. Moderni sustavi pametnih brojila za plin omogućuju očitavanje u stvarnom vremenu. Ova tehnologija omogućuje preciznije praćenje potrošnje plina i smanjenje troškova očitavanja. U budućnosti se očekuje daljnji razvoj pametnih brojila te njihova povezanost s ostalim pametnim uređajima u poslovnom okruženju. Ovaj diplomski rad se bavi poslovnim primjenama pametnih brojila za očitavanje plina i njihovom implementacijom.

U ovome poglavlju opisana je korištena literatura iz pametnih brojila za očitavanje plina, što nam je vrlo važno za analizu trenutnog stanja, trendova i budućih izazova.

Trenutna situacija u plinskom sektoru i broj instaliranih pametnih brojila opisana je u literaturi [1]. Na stranici HEP - plina navedeni su informacije o akvizicijama HEP – Plina te njihovo područje djelovanja. Također možemo vidjeti misiju i cilj HEP grupe te njihove projekte.

U literaturi [2] autor detaljno opisuje plinomjere s mjehom i ultrazvučne plinomjere. Navedena literatura opisuje kako se mjeri obujam protoklog plina, od kojih elemenata se sastoje plinomjeri s mjehom te gdje se koriste. Također, u literaturi opisani su nam ultrazvučni plinomjeri. Autor opisuje dijelove ultrazvučnih plinomjera, njihov princip mjerenja i njegove prednosti.

Opis i princip rada mikrotermalnih plinomjera nam je opisano u literaturi [3]. U znanstvenom radu također su nabrojane njihove prednosti i gdje se najčešće koriste. Također je navedeno komunikacijsko sučelje i tehnologije kojima se služi za komunikaciju.

U literaturi [4] navedene su nam opće karakteristike o MacBAT 5 korektoru volumena plina. U navedenim karakteristikama možemo vidjeti od kojih dijelova se sastoji, kako mjeri volumen plina te također možemo vidjeti pomoću kojih tehnologija i kako komunicira sa centralnom jedinicom.

U literaturi [5] navedene su poslovne primjene pametnih brojila. Ovakva tehnologija omogućuje detaljnije praćenje potrošnje plina kako bi se poboljšala efikasnost poslovanja, omogućavaju transparentnost i brzinu prijenosa podataka za tržišta energije, pospješujući efikasnost tržišta te u budućnosti može pomoći pri pripremi mreže za implementaciju vodika.

Zaključno, pametna brojila za očitavanje plina imaju širok raspon mogućnosti primjene. Pregled literature ovog diplomskog rada bitan je za razumijevanje trenutnog položaja implementacije pametnih brojila za očitavanje plina u kućanstvima i industriji.



### **3. VRSTE PLINOMJERA**

#### **3.1. Plinomjeri s mjehom (membranski plinomjeri)**

Mjerilo kod kojeg se mjerenje obujma proteklog plina ostvaruje pomoću punjenja i pražnjenja mjernih komora s fleksibilnim stjenkama u periodičkim intervalima. Osnovni elementi plinomjera su pokazni uređaj i mjerni dio kućišta. Ovo su volumetrijska suha plinska brojila sa dijafragmom tipa G1.6; G2.5; G4 (najčešće); G6; G10; G16; G25; G40 i G65, s mjernim komorama s deformabilnim zidovima, namijenjeni za mjerenje potrošnje prirodnog plina u domaćinstvima. Mehanički pokret prenosi se kroz spojnicu (magnetsku ili mehaničku) kućišta do upravljača. Trenutna brzina protoka obično se ne mjeri. Brojila su u skladu s normom EN 1359 i Direktivom 2004/22/EC za mjerne instrumente.

Na plinomjere s mjehom (membranski plinomjeri) ugrađuju se senzori (uređaji) za daljinski prijenos podataka na Sigfox mrežu.

#### **3.2. Mikrotermalni plinomjer**

Mikrotermalni plinomjer je mjerilo protoka koje kod strujanja plina mjeri temperaturne gradijente. Plinomjer se sastoji od dva osjetnika topline sa grijačem ugrađenim među njima. Najveći dio mjerenog plina struji kroz glavni kanal dok je mjerna sekcija u odnosu na njega izvedena kao by pass. Grijač dovodi do zagrijavanja plina prilikom strujanja te se uspostavlja temperaturno polje čiji raspored ovisi vrsti medija i o protoku plina. Temelj za određivanja stvarnog protoka plina predstavlja prostorno vremenska razlika temperature između osjetnika. Mikrotermalni plinomjeri koriste se za mjerenje protoka plina. Takvi plinomjeri koriste mikrotermalnu tehnologiju za precizno mjerenje protoka plina. Opremljeni su sensorima koji mjere promjene temperature plina kako bi odredili protok. Ti su plinomjeri obično manjih dimenzija - G4, G6, G10, G16 i G25, i koriste se u različitim aplikacijama, uključujući kućanstva, industriju te komercijalne objekte.

Mikrotermalni plinomjeri imaju nekoliko prednosti, uključujući precizno mjerenje protoka plina, brzo očitavanje i prijenos podataka o potrošnji, pouzdanost i dugotrajnost te mogućnost daljinskog očitavanja i praćenja potrošnje plina.

Ti su plinomjeri važan alat za praćenje i upravljanje potrošnjom plina, kako u domaćinstvima tako i u industriji. Omogućavaju precizno fakturiranje potrošnje plina, identifikaciju prilika za uštedu energije i optimizaciju energetske sustava.

Mikrotermalni plinomjer veličine G4, s priključcima DN25, osnim razmacima priključaka 110 mm je najviše u uporabi na distribucijskom području HEP-Plina.

Mikrotermalni plinomjer je bez pokretnih dijelova (statički princip rada - nečujan rad u svim protocima) sa integriranom GSM / GPRS (Global System for Mobile Communications / General Packet Radio Service) komunikacijom prema DLMS / COSEM (Device Language Message Specification / Companion Specification for Energy Metering) standardu (očitanje, dogradnja upravljačkog programa i upravljanje zatvornim ventilom), zatvornim ventilom u kućištu plinomjera koji je sukladan EN 16314, elektroničkom temperaturnom kompenzacijom ( $T_b = 15^\circ\text{C}$ ) te mjerenjem neovisnim o tlaku (plinomjer neovisan o amplitudi instalacije) bez potreba za unošenjem dodatnih faktora. Klasa točnosti je 1,5. Klasa zaštite plinomjera je minimalno IP 65. Najveći dopušteni radni tlak je 500 mbar. Maksimalni pad tlaka je manji od 2 mbar na  $Q_{max}$ . Temperatura primjene je od  $-25^\circ\text{C}$  do  $55^\circ\text{C}$ .

Plinomjer je ATEX (eksplozivne atmosfere; fr. *atmosphères explosibles*) certificiran i pogodan za ugradnju u prostorima s ugroženom eksplozivnom atmosferom. Protok plina može biti najviše do 6 m<sup>3</sup>/h.

Plinomjer ima dvoredni LCD (liquid-crystal display) prikaznik otporan na izloženost vanjskim utjecajima (-30°C do +85°C) sa mogućnošću prikaza sljedećih informacija: potrošnje (višetarifno kao opcija), trenutnog protoka, smjera protoka, alarmnih stanja, volumena izmjerenog za vrijeme alarmnog stanja, maksimalnog protoka u periodu, statusa zatvornog ventila, vremenske i datumske oznake.

Plinomjer ima dvije baterije. Dodatna metrološka baterija neovisna je o komunikacijskoj bateriji, a komunikacijska je baterija zamjenjiva i ima životni vijek od minimalno 10 godina (2 × 3,6 V litij baterije).

Komunikacijska sučelja:

- Optičko sučelje trajno je ugrađeno, za očitavanje, prilagođavanje, upravljanje ventilom, nadogradnju upravljačkog programa u skladu sa HRN EN 62056-21.

- GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications / General Packet Radio Service) komunikacija s integriranom antenom. SIM (Subscriber Identity Module) kartica (utor za umetanje SIM kartice je zaštićen od vanjske manipulacije) putem koje se očitavaju svi raspoloživi podaci (satne i dnevne vrijednosti potrošnje do minimalno 72 dana unatrag, protok, alarmi, tarife), upravljanje daljinskim zatvornim ventilom (obustavljanje isporuka plina, zatvaranje sa sigurnosnom petljom za kontrolu uvjeta kod otvaranja) i udaljeno dograđivanje upravljačkih programa. Komunikacijski protokol GSM/GPRS je u potpunosti sukladan sa DLMS/COSEM (Device Language Message Specification / Companion Specification for Energy Metering) standardu. Kompletan komunikacijski protokol i svi podatci, su zaštićeni sa minimalno dva sloja zaštite, HLS (HTTP live streaming) autentifikacijom i AES 128 (Advanced Encryption Standard) enkripcijom. Potpuno su sigurni od svake manipulacije i neovlaštenog korištenja.



Slika 3.1: Mikrotermalni plinomjer za daljinsko očitavanje, Skladište HEP-Plin

### 3.3. Ultrazvučni plinomjer

#### Općenito

Mjerilo brzine strujanja plina u cijevima koristi ultrazvučne signale za mjerenje vremena prolaska kroz plin između odašiljača i prijemnika. Ta metoda omogućava precizno određivanje brzine strujanja plina, ključno za industrijske procese poput energetike i proizvodnje.

Ultrazvučni plinomjeri se u odnosu sa druge vrste plinomjera, ističu s nekoliko prednosti; uključujući preciznost (pružaju visoku preciznost mjerenja protoka plina), nisku potrošnju energije (troše vrlo malo energije za rad), nemaju pokretnih dijelova (smanjuje se potreba za održavanjem i produžuje njihov vijek trajanja), imaju širok raspon primjene (mogu se koristiti u različitim industrijskim i komercijalnim objektima).

Ultrazvučni plinski mjeraci koji udovoljavaju standardima EN14236:2007, UNI TS 11291\_1~UNI TS11291\_8, dizajnirani su i proizvedeni za mjerenje volumena prirodnog plina i LPG-a, s maksimalnim radnim tlakom od 0,5 bara unutar raspona mjerenja od 0,04 - 6 m<sup>3</sup>.

#### Princip mjerenja

Kada se ultrazvuk prenosi između dva pretvornika, brzina kojom zvuk putuje kroz tekućinu (prirodni plin ili LPG) postaje veća zbog tekućine u cijevi. Kada se ultrazvuk prenosi u suprotnom smjeru, protok tekućine uzrokuje usporavanje prenesenog zvuka. Naknadno, budući da je brzina  $v$  tekućine vjerojatno puno manja od brzine zvuka  $c$  u tekućini, vremenska razlika  $\Delta T$  je izravno proporcionalna brzini protoka u cijevi.

$$\Delta T = \frac{2Lv\cos\theta}{c^2}$$

Mjereći brzinu protoka  $v$  i znajući poprečni presjek cijevi  $S$  i koeficijent protoka  $k$  lako se izračuna volumetrijski protok  $Q$  iz izraza

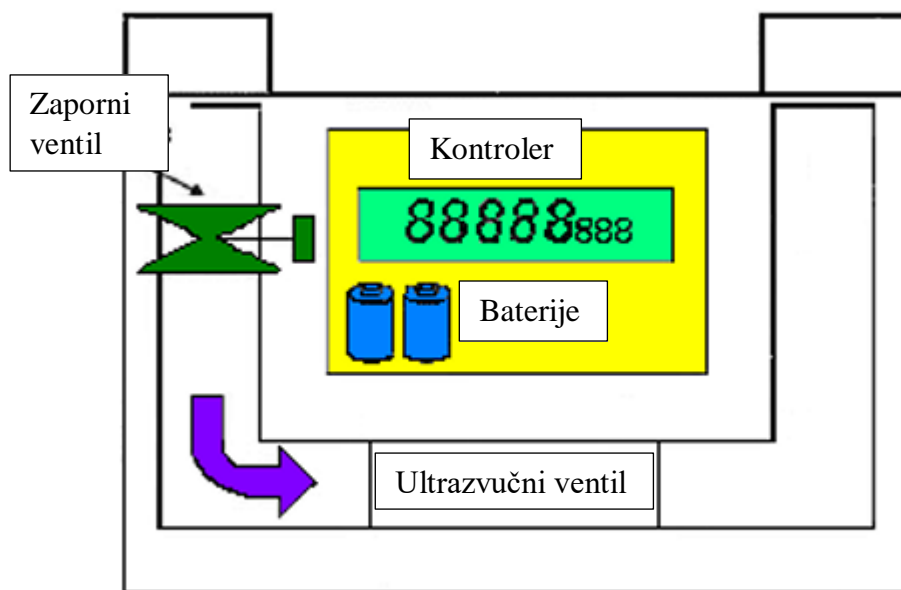
$$Q = v \cdot k \cdot S$$

### Konstrukcija ultrazvučnih plinomjera

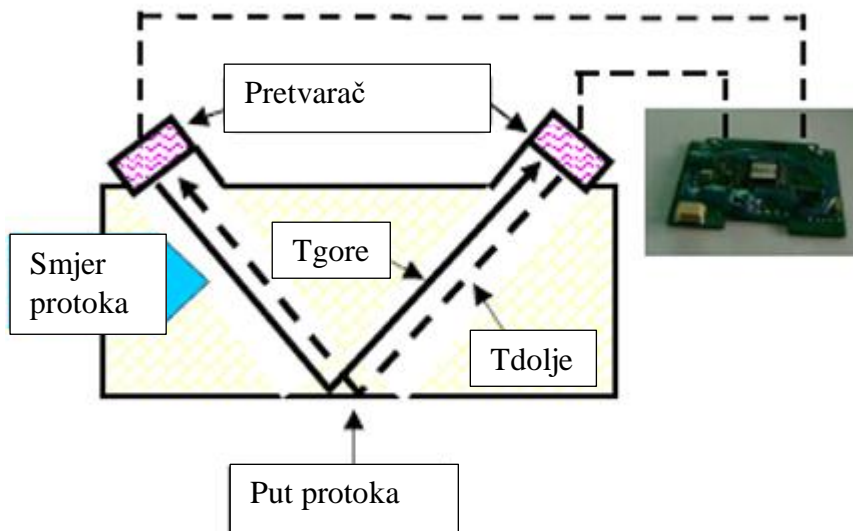
Struktura ultrazvučnih plinomjera znatno je pojednostavljena jer nema pokretnih mehaničkih dijelova za mjerenje, što je prikazano na slici 2. Mjerači s ultrazvučnom jedinicom npr. tvrtke Panasonic (vidi sliku 2b) izrađeni su od prešanog čelika koji osigurava čvrstoću, vanjsku nepropusnost, otpornost na vanjsku i unutarnju koroziju te otpornost na visoke temperature okoline. Ultrazvučna mjerna jedinica montirana je unutar kućišta mjerača duž putanje protoka plina. Mjerač je opremljen zatvaračem na ulaznom putu. Zatvarač automatski prekida protok plina kada otkrije abnormalan protok plina. Vrsta ovog ventila može se kontrolirati lokalno ili na daljinu. Elektronički krug, uključujući ultrazvučni senzorski modul, napaja se lokalnom baterijom s vijekom trajanja od minimalno 10 godina. Elektronički dijelovi su raspoređeni u dva pretinca: jedan s metrološkim funkcijama – koji je potpuno zapečaćen, a drugi s: komunikacijskim modom, upravljačem ventila i funkcijom nadzora baterije. U drugom pretincu smještena je baterija i može se otvoriti bez narušavanja metrološkog pečata.

### Osnovne specifikacije

Plinski mjerač ima maksimalni protok od  $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ .



(a)



(b)

Slika 3.2 (a) Struktura i (b) ultrazvučna jedinica od plinomjera, [13]

Tgore = Gornji pretvarač struje => Donji pretvarač struje

Tdolje = Donji pretvarač struje => Gornji pretvarač struje

Radna temperatura	-25°C ....+50°C
Izvor	Litijska baterija
Trajanje baterije	Minimalno 10 godina
Mjerenje performansi	40 L/h do 600 L/h unutar ±3%, uz EN 14236:2007 600 L/h do 6000 L/h unutar ±1,5% uz EN 14236:2007
Klasa točnosti	1,5
Gubitak tlaka	Manje od 200 Pa uz EN 14236:2007
Stupanj zaštite	IP54
Sučelje	LCD prilagođen dizajn, 14 znamenki
Vlažnost	95%, pri atmosferskoj temperaturi 0-35 °C, za Ta > 35 °C maksimalna količina vodene pare je 37,6 g/m

Tablica 3.3 Neke tehničke specifikacije ultrazvučnog plinomjera, [13]

Volumen se prikazuje u kubnim metrima s 3 ili 4 decimalna mjesta, a redosljed prikaza na LCD zaslonu može se promijeniti pomoću tipke za promjenu prikaza. Ultrazvučni plinski mjerač ima neprobojnu memoriju u kojoj se pohranjuju događaji i dijagnostika poput sljedećih: svi podaci vezani uz posljednjih 70 dana korištenja plina za normalni i pogrešni radni način; svi podaci za trenutno i prethodno razdoblje koji su korisni za obračun. Registar događaja ima kapacitet od maksimalno 180 događaja parametrima za svaki događaj: koji uključuju sat i datum svakog događaja; vrstu događaja; broj događaja započetih od posljednjeg resetiranja; ID broj operatera koji je generirao događaj, prethodnu i trenutnu vrijednost parametra korištenog za izračun volumena (u slučaju), ukupnu vrijednost volumena u referentnim uvjetima u trenutku događaja.

Ultrazvučni plinski mjerač ima dva serijska komunikacijska sučelja: jedno optičko sučelje za lokalnu komunikaciju i drugo s radio modemom za daljinsku komunikaciju - oba koriste DLMS/COSEM protokol. Optičko sučelje udovoljava standardu EN 62056-21, a protokol koji se koristi na razini aplikacije je DLMS/COSEM. Optički priključak namijenjen je konfiguriranju, metrološkoj provjeri ili očitavanju podataka, s brzinom komunikacije od 9600 bps, 8 bitova podataka i paritetom.

Daljinsko komunikacijsko sučelje može biti opremljeno M-Bus radio modemom koji koristi nosive frekvencije od 169 MHz / 868 MHz prema standardima EN13757-3 i EN13757-4 ili GSM/GPRS modemom koji koristi DLMS/COSEM protokol. Prikazane vrijednosti su: datum i vrijeme u formatu: dan\_mjesec\_godina i sat\_minute, trenutni obračun, ID stanice za ponovnu isporuku, dijagnostika; ukupni volumeni u osnovnim uvjetima, ukupni volumeni u načinu alarma, ID trenutnog obračunskog razdoblja, ukupni volumen za svaku fazu trenutnog obračunskog razdoblja, kraj prethodnog obračunskog razdoblja, ukupni volumeni u osnovnim uvjetima za prethodno obračunsko razdoblje, ukupni alarmni volumeni zabilježeni na kraju prethodnog obračunskog razdoblja, ID tarife korištene za prethodno obračunsko razdoblje, ukupni volumen za svaku fazu prethodnog obračunskog razdoblja, maksimalni konvencionalni protok plina za prethodno obračunsko razdoblje, status mjerača poput nekonfiguriran; normalno; servisno i status zatvarača. Na LCD zaslonu mogu se prikazati i neke dijagnostike ultrazvučnih plinskih mjerača poput: nedostatak baterije, 10% vijeka trajanja baterije, 90% popunjenost registra događaja, pun registar događaja, otvaranje metrološkog pretinca, otvaranje pretinca baterije, izmjerena temperatura iznad radnog temperaturnog raspona, pokušaji manipulacije.

### **3.4. Plinomjer s rotacijskim klipovima**

Plinomjer za mjerenje obujma (volumena) koristi se za precizno mjerenje plinskog volumena. U njemu se nepokretna mjerna komora nalazi između rotirajućeg dijela i stjenki čvrste komore. Svaki ciklus rotacije pomiče određeni obujam plina kroz mjernu komoru čija je ukupna količina zabilježena i prikazana na pokaznom uređaju. Taj se uređaj koristi u industrijskim postrojenjima radi praćenja potrošnje plina.

### **3.5. Plinomjeri s turbinom**

Mjerilo brzine strujanja koristi se za precizno mjerenje protoka plina. U ovom mjernom uređaju, dinamičke sile protoka plina dovode do okretanja turbinskog rotora pri brzini koja je proporcionalna protoku plina. Broj okretaja turbinskog rotora odražava protok obujma plina kroz mjerač. Taj se uređaj također primjenjuje u industrijskim postrojenjima.

### 3.6. Korektori volumena plina

#### Općenito

U slučaju potrošača s visokom potrošnjom plina, ili onih čiji uvjeti u plinomjeru ne odgovaraju standardnim parametrima (temperatura plina od 15°C i tlak od 101325 Pa), postavlja se korektor volumena plina. Ovaj uređaj prilagođava radni volumen plina u plinomjeru standardnim uvjetima koristeći informacije o tlaku, temperaturi i faktoru kompresibilnosti plina. Korektori koji su postavljeni na lokaciji potrošača imaju petogodišnje trajanje, tijekom kojeg se kompresibilnost plina izračunava pomoću unaprijed zadanih fiksnih vrijednosti molarnih udjela CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>, gornje ogrjevne moći, relativne gustoće plina te izmjereneog tlaka i temperature. Međutim, zbog svakodnevnih promjena u sastavu plina, unesene vrijednosti se razlikuju od stvarnih što dovodi do pogrešaka u određivanju standardnog volumena, ili energije.

Korekcija volumena plina provodi se primjenom jednadžbe stanja realnog plina , što znači:

$$pV = znRT$$

Gdje su:

- p – apsolutni tlak plina (Pa),
- V – volumen plina kod promatranog stanja (m<sup>3</sup>),
- z – faktor kompresibilnosti plina,
- n – množina (mol),
- R – plinska konstanta (J/kgK),
- T – apsolutna temperatura plina (K).

Izraz za korekciju volumena plina glasi:

$$V_{st} = V_p \frac{p_p T_{st} Z_{st}}{p_{st} T_p Z_p} = V_p C \text{ (m}^3\text{)}$$

Gdje su:

$$C = \frac{p_p T_{st} Z_{st}}{p_{st} T_p Z_p}$$

Gdje su :

- V<sub>st</sub> – volumen plina pri standardnim uvjetima (m<sup>3</sup>),
- V<sub>p</sub> – volumen plina pri radnim uvjetima (m<sup>3</sup>),
- p<sub>p</sub> – apsolutni tlak plina u plinomjeru (Pa),
- p<sub>st</sub> – standardni tlak (101325 Pa),
- T<sub>st</sub> – standardna temperatura (288,15 K),
- T<sub>p</sub> – apsolutna temperatura plina u plinomjeru (K),
- Z<sub>p</sub> – faktor kompresibilnosti plina kod radnog stanja,
- Z<sub>st</sub> – faktor kompresibilnosti plina kod standardnih uvjeta,
- C – faktor korekcije.

Tijekom rada korektora volumena plina koristi se izraz za korekciju volumena plina. U tom procesu, neprekidno se mjere tlak plina p<sub>p</sub> i temperatura plina T<sub>p</sub>. Informacije neophodne za određivanje kompresibilnosti plina spremaju se u memoriju korektora volumena plina ili se neprekidno učitavaju ukoliko je na korektor priključen kromatograf koji određuje sastav plina.

Mjerenje plina u radnom stanju obavljaju turbinski plinomjeri, plinomjeri s rotirajućim klipovima, plinomjeri s rotirajućim komorama, mikrotermalni plinomjeri, ultrazvučni plinomjeri i membranski plinomjeri. Oni analiziraju radni tlak, temperaturu i sastav plina kako bi pružili precizne podatke. Budući da se tlak i temperatura u plinskim sustavima neprestano mijenjaju, a često se mijenja i sastav plina, ti faktori direktno utječu na volumen u radnom stanju i isporučenu energiju. Stoga je neophodno vršiti prilagodbu korekciju radnog stanja kako bi se stanje plina dovelo u standardne uvjete. Prema ISO 5024, standardni uvjeti su definirani temperaturom od 15°C i tlakom od 101325 Pa.

### Tip MacBAT 5 korektora volumena plina

#### Općenito

Jedan od tipova korektora volumena plina instaliran u HEP-Plinu je MacBAT 5, proizvođača Plum.

MacBAT 5 je elektronski uređaj za konverziju i korekciju volumena plina, koji je dizajniran za mjerenje i korekciju volumena, energije i protoka plina u radu sa rotacijskim, turbinskim i ultrazvučnim plinomjerima putem konektora ili pomoću enkodera (slika 1.1). Ugrađuje se u plinske mjerno-redukcijske stanice te prikuplja informacije o volumenu plina od plinomjera, pohranjuje ga u svoju internu memoriju i vrši kalkulacije za korekciju volumena na temelju odabranog algoritma (SGERG-88, MGERG-88, AGA8-92DC, AGA8-G1, AGA8-G2, AGA NX-19) ili faktora korekcije.



Slika 3.5: MacBAT 5 korektor volumena plina, [2]

Mjerenje se zasniva na brojanju impulsa LF ili HF senzora montiranog na glavu plinomjera. Pomoću senzora tlaka i temperature mjeri tlak i temperaturu pri lokalnim uvjetima na mjestu rada te ih prema normama EN 12405-1:2018 (za konverziju volumena) i EN 12405-2:2012 (za konverziju energije) pretvara u volumen pri standardnim uvjetima (tlak od 1,01325 bar, te



temperature od 273,15 K). Uređaj također omogućava arhiviranje podataka i parametara radi kasnije moguće potrebe za istima.

### Opće specifikacije

Dimenzije	206x194x76 mm
Masa	1,3 kg
Materijal izrade kućišta	Polikarbonat (verzija 1), metal (verzija 2)
Relativna vlažnost	Kod temperature 70 °C iznosi maksimalno 95%
Raspon vanjske temperature	-25 °C do 75 °C
Razina zaštite	IP66 (kod vanjske montaže)
Tipkovnica	6 tipkala (verzija 1) 18 tipkala (verzija 2)
Ekran	LCD 4 s osvjetljenjem
Ex klasifikacija	II 1 G Ex i IIB T4 Ga certifikat FTZU 17 ATEX 0047X
EVC opskrba-unutarnja	Dvije Li baterije D-veličina 3,6 V / 17 Ah životnog vijeka do 5 godina
Unutarnja GSM opskrba	Dvije D-veličina Li baterija 3,6 V / 17 Ah trajnosti do 5 godina
Vanjska opskrba	Neiskrivo sučelje napajanja i prijenosna INT-S3
Priključci prijenosa	Serijski prijenos pomoću 2 nezavisna priključka, brzina do 256000 bit/s
Protokoli prijenosa	MODBUS RTU, MODBUS RTU(MASTERCODE),MODBUS TCP (izvedba s unutarnjim modemom), GAZMODEM (MASTERCODE), GAZMODEM
Klasa uvjeta okoline	(mehanička / elektromagnetska); M2/E2
Osnovni uvjeti	Podesiva pomoću ovlaštenog osoblja za servis, opcije raspoložive
Bazni tlak PB	Domet (1,00 ÷ 1,02 ) bar, zadani 1,01325 bar
Bazna temperatura TB	Raspon (270 ÷ 300 ) K, zadani 273,15 K
Referentna temperatura kod procesa izgaranja TI	Raspon (270 ÷ 300 ) K, zadani 298,15 K

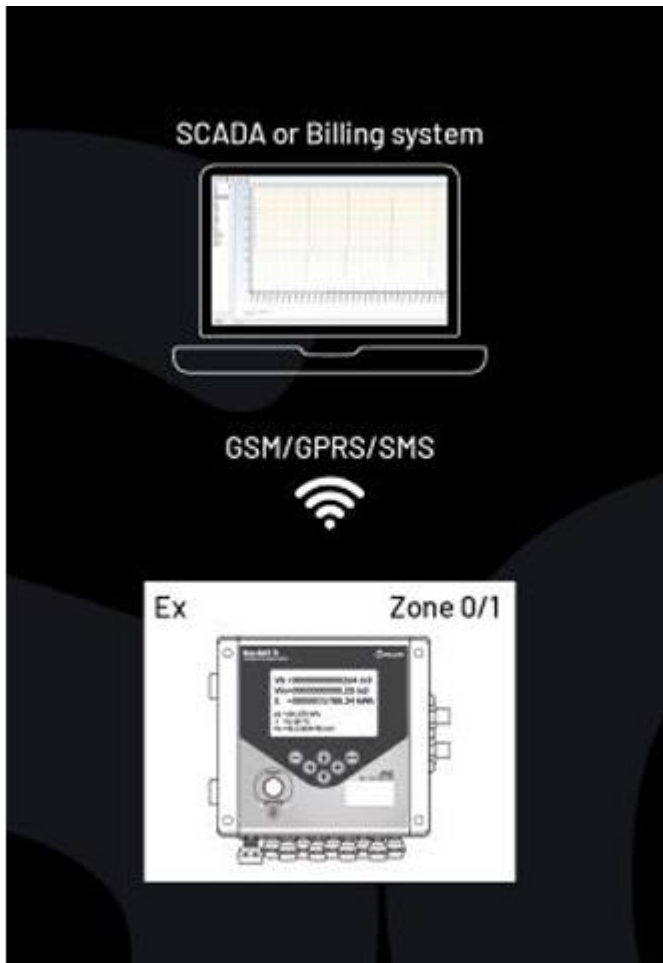
Najveća dozvoljena pogreška	(temeljem standarda EN 12405 - 1) 1% kod nominalnih radnih uvjeta, 0,5% u referentnim uvjetima, tipična pogreška < 0,15% (temeljem standarda EN 12405 - 2): ECD klasa A
-----------------------------	--

Tablica 3.6: Opće specifikacije MacBAT 5 korektora, [4]

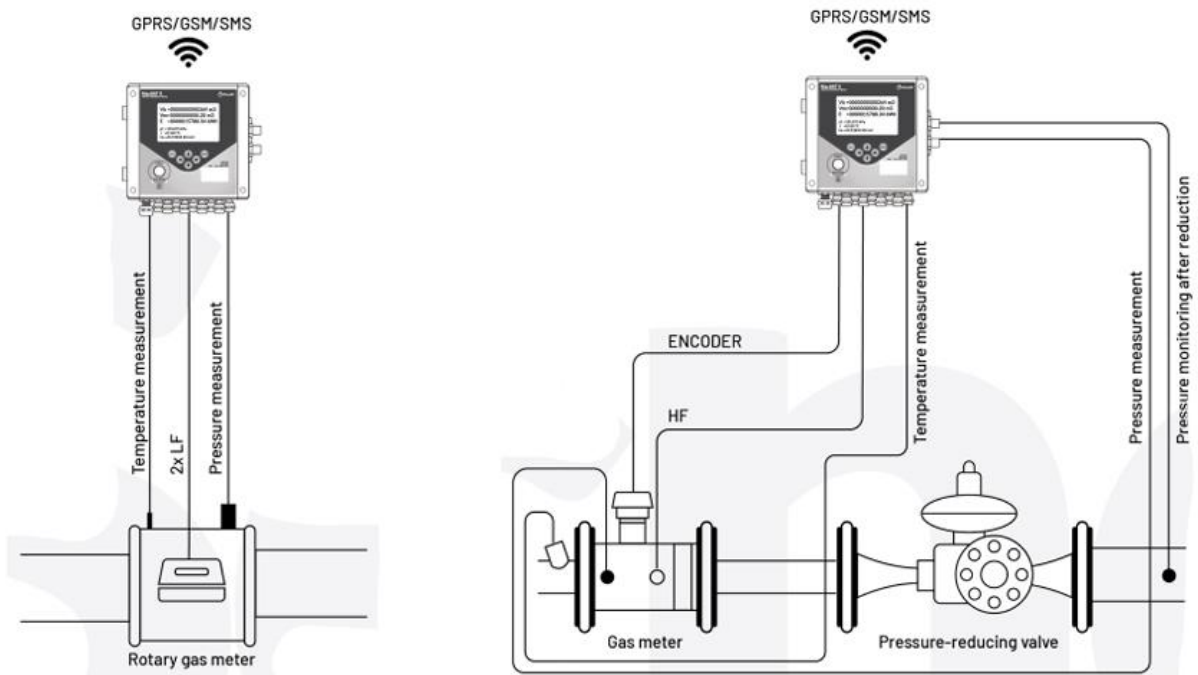
Uređaj napajaju jedna, dvije ili tri litijske baterije jačine 3,6 V, koje služe za napajanje samog uređaja kao i za napajanje ugrađenog GSM modema. Predviđen životni vijek baterija je pet godina pri standardnim uvjetima uporabe korektora (2 komunikacije dnevno, ugašen LCD display, period registracije od 60 minuta, ambijentalna temperatura između -25°C i +60°C). Kada baterija padne ispod 10% kapaciteta uređaj generira alarm radi potrebne izmjene. Korektor također ima mogućnost spajanja na izvor vanjskog napajanja.

### **Komunikacija s MacBat 5 korektorom**

MacBAT 5 korektor je opremljen s dva priključka za serijski prijenos podataka (COM 1 i COM 2) te s bežičnim priključkom (COM 3) za komunikaciju prema standardu IEC 62056-21. Portovi su međusobno nezavisni i omogućavaju prijenos podataka od 2400-256000 bit/s. Uređaj se opcionalno može opremiti i sa sučeljem za NFC komunikaciju koja se konfigurira putem mobilnih uređaja. Za komunikaciju sa SCADA sustavima koje koristi HEP-Plin koristi se ugrađeni 2G/3G/4G GSM modem sa vanjskom ili unutarnjom antenom koji omogućava komunikaciju na svim mobilnim mrežama (GSM/GPRS-2g, 3g, NB-IoT/LTE Cat. M1/2G modem-4g). Modem sadrži auto-mod biranja mreže te se traži najjači raspoloživi signal. Komunikacija funkcionira po principu: SIM kartica (koja se umetne u GSM modem MacBAT korektora) ima fiksnu IP adresu koja omogućuje povezivanje s modemom u bilo kojem trenutku (slika 1.2). Na temelju te mogućnosti programiraju se „Schedules“ odnosno točno vrijeme komunikacije i prijenos podataka. Pomoću „Schedules“ uspostavlja se slanje podataka o potrošnji odnosno protoku plina registriranih u određenom vremenskom periodu (mogućnost odabira opcije 1 sat, 1 dan ili 1 mjesec). Nakon provođenja „Schedules“ uređaj ulazi u „Call Window“ način rada u kojem ga je moguće pozvati od strane nadređenog sustava, u ovom slučaju SCADA. SIM kartica zahtjeva APN podatke o mreži na kojoj radi. Provodi se NTP sinkronizacija vremena te se pomoću FTP protokola podaci šalju na mrežu.



Slika 3.7: Komunikacija GSM modema korektora sa SCADA sustavom, [16]



Slika 3.8: Spajanje MacBAT 5 na rotacijski (lijevo) i turbinski plinomjer (desno), [4]

## 4. SIGFOX MREŽA

SIGFOX mreža je operativna mobilna telekomunikacijska mreža koja je posvećena Internetu stvari (IoT). Ova mreža omogućava povezivanje uređaja na siguran način uz niske troškove i visoku energetska učinkovitost.

SIGFOX koristi uskopojasni radio signal za slanje podataka, što omogućava da se premoste prepreke i velike udaljenosti. To znači da uređaji mogu komunicirati i razmjenjivati podatke čak i ako su udaljeni.

Ta je mreža posebno dizajnirana za povezivanje velikog broja uređaja koji su dio Internet of Things (IoT) ekosustava. IoT uređaji sposobni su prikupljati i razmjenjivati podatke putem interneta.

SIGFOX mreža pruža pouzdanu i efikasnu komunikaciju između IoT uređaja i aplikacija koje koriste te podatke. To omogućava različite primjene IoT tehnologije; kao što su praćenje i upravljanje pametnim gradovima, praćenje i upravljanje industrijskim procesima, praćenje i upravljanje prometom, praćenje i upravljanje resursima u poljoprivredi i mnoge druge.

SIGFOX mreža globalna je mreža koja je dostupna u različitim dijelovima svijeta, uključujući i Hrvatsku. U Hrvatskoj, SIGFOX mrežu dovodi IoT Net, koji je operater ove mreže.

Ukratko, SIGFOX mreža je mobilna telekomunikacijska mreža koja omogućava povezivanje IoT uređaja na siguran i energetski učinkovit način, otvarajući vrata različitim primjenama IoT tehnologije.

Uređaj za daljinsko očitavanje potrošnje treba sadržavati visokokvalitetno kućište s adapterom za brojilo i mogućnošću izmjene baterije radi održavanja dugotrajnog rada. Uređaj treba imati sposobnost slanja izvješća minimum jednom dnevno za ključne parametre kao što su stanje brojila, temperatura i stanje alarma. Također, potrebno je omogućiti mrežno konfiguriranje vremena i broja dnevnih javljanja, kao i detekciju neovlaštenog pristupa.

Dodatno, uređaj treba sadržavati dva magnetna senzora, s mogućnošću konfiguracije drugog magnetnog senzora kao detektora nepoznatog vanjskog polja. Također, potrebno je imati predodređene parametre za magnetsko ometanje, mehaničko ometanje i prekomjernu potrošnju, kao i mogućnost periodičke sinkronizacije sa serverskim vremenom radi korekcije internog sata.

Uređaj treba biti IoT 868 MHz ready te omogućiti dvosmjernu komunikaciju, uz IP65 ili bolje kućište, te radne uvjete od -20°C do +60°C. Potrebno je osigurati autonomni rad uređaja, s trajanjem baterije od najmanje 10 godina uz uvjet slanja jedne poruke dnevno, te životnim vijekom uređaja od najmanje 10 godina.



Slika 4.1: Modul (senzor) priključen za membranski plinomjer G4 za SigFox mrežu, distribucijska mreža HEP-Plin

## 5. KONTEKST

Kontekst pametnih brojila za očitavanje plina obuhvaća širok spektar tehnoloških, ekonomskih i ekoloških aspekata. Nekoliko ključnih elemenata konteksta navedeno je u nastavku.

Tehnološki napredak:

Razvoj senzorske tehnologije, bežičnog prijenosa podataka i analitičkih alata omogućio je stvaranje pametnih brojila za očitavanje plina. Ova tehnološka inovacija omogućava automatsko očitavanje potrošnje, daljinsko praćenje i analizu podataka, čime se unaprjeđuje efikasnost praćenja potrošnje plina.

Točnost i efikasnost:

Pametna brojila omogućuju preciznije očitavanje potrošnje plina u stvarnom vremenu, eliminirajući potrebu za ručnim očitavanjem. To doprinosi većoj točnosti u fakturiranju potrošnje, smanjuje mogućnost grešaka te olakšava administrativne procese.

Upravljanje potrošnjom energije:

Kroz mogućnost praćenja potrošnje plina u stvarnom vremenu, korisnici imaju veću kontrolu nad svojom potrošnjom i mogu identificirati prilike za uštedu energije. To također potiče veću svijest o energetske učinkovitosti.

Ekološki i ekonomski aspekti:

Implementacija pametnih brojila može rezultirati smanjenjem gubitaka plina u distribucijskom sustavu, što doprinosi ekonomskoj efikasnosti. Također, bolje upravljanje potrošnjom plina može imati pozitivan utjecaj na smanjenje emisija stakleničkih plinova.

Modernizacija infrastrukture:

Pametna brojila predstavljaju ključni korak u modernizaciji infrastrukture plinskog sektora (distribucija i opskrba, mjere energetske učinkovitosti), prateći trendove digitalizacije i povezivanja energetskih sustava.

Kontekst pametnih brojila za očitavanje plina stoga obuhvaća tehnološke inovacije, ekonomske učinke, ekološke koristi te širu modernizaciju energetskih sustava. Ta tehnologija ima potencijal značajno unaprijediti način praćenja i upravljanja potrošnjom plina u domaćinstvima i poslovnim okruženjima.

### 5.1. Energetski sustavi i gospodarenje energijom

Energetski sustavi su ključni za održavanje stabilnosti i sigurnosti opskrbe energijom. U okviru tih sustava, gospodarenje energijom plina igra važnu ulogu u osiguravanju učinkovite i održive uporabe plina kao energijskog resursa.

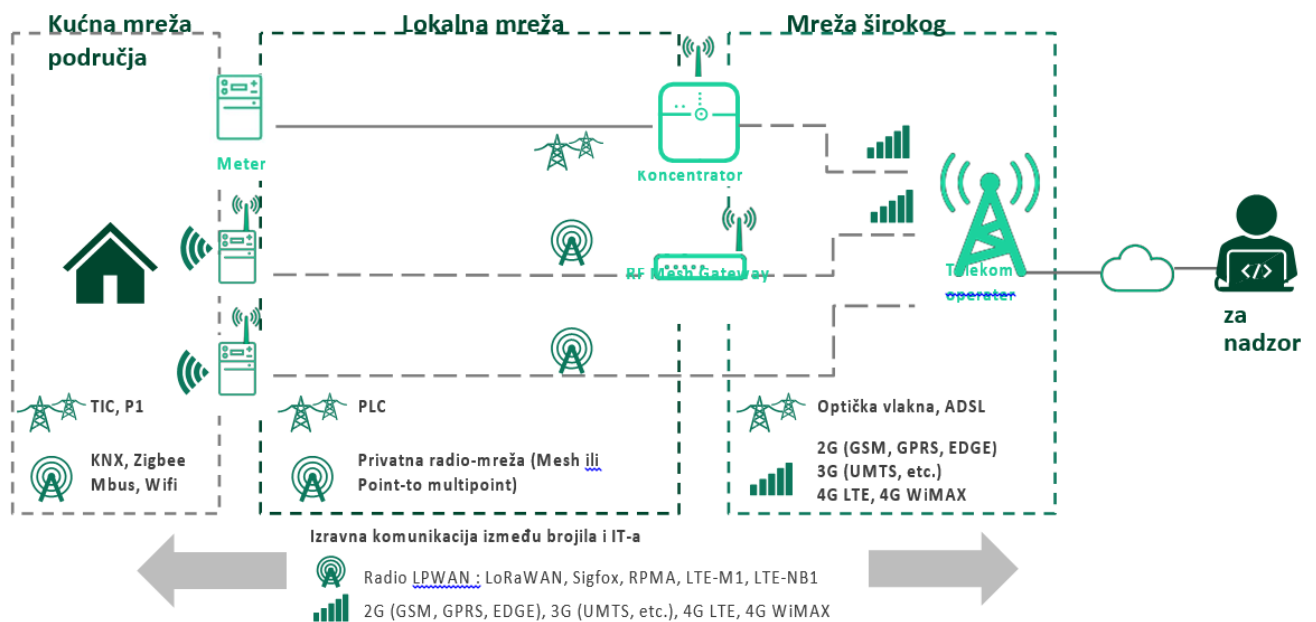
Gospodarenje energijom plina uključuje niz aktivnosti koje su usmjerene na smanjenje potrošnje, povećanje energetske učinkovitosti i promicanje održive prakse u korištenju plina. To uključuje implementaciju tehnologija za smanjenje gubitaka energije tijekom distribucije i korištenja plina, kao i promicanje energetski učinkovitih uređaja i sustava koji koriste plin kao energijski izvor.

Također, gospodarenje energijom plina uključuje i razvoj obnovljivih izvora plina poput bioplina te poticanje korištenja plina kao prijelaznog goriva koje može zamijeniti fosilna goriva s većim emisijama stakleničkih plinova.

Sve ove aktivnosti imaju za cilj smanjenje emisija stakleničkih plinova, povećanje energetske sigurnosti i smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima. Također, gospodarenje energijom plina doprinosi održivom razvoju i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš.

## 5.2. Pametne mreže i praćenje podataka

Pametne mreže predstavljaju inovativan pristup upravljanju distribucijom energije koji koristi napredne tehnologije komunikacije, senzora i analitičkih alata za praćenje, kontrolu i poboljšanje protoka električne energije i plina. Najvažniji segmenti tog sustava uključuju sustavno prikupljanje podataka putem senzora i pametnih mjernih uređaja te analizu informacija o potrošnji energije, stanju mreže, kvaliteti energije i ostalim važnim parametrima radi kontinuiranog poboljšanja učinkovitosti i pouzdanosti energetskog sustava. Ti se podaci analiziraju korištenjem sofisticiranih analitičkih alata kako bi se dobili uvidi u ponašanje mreže, identificirali mogući problemi te poboljšao protok električne energije i plina. Pametne mreže omogućuju djelotvorno upravljanje mrežom, poboljšanje distribucije električne energije, otkrivanje kvarova, smanjenje gubitaka energije, efikasno održavanje mreže te povećanje točnosti i sigurnosti opskrbe električnom energijom i plinom. Nadalje, pametne mreže pružaju personalizirane usluge za potrošače, te usklađivanje s pametnim kućama, što ih čini ključnima za transformaciju elektroenergetskog sektora u održiviji i inteligentniji sustav.





Slika 5.1. IT arhitektura pametnih brojila – ilustrativan prikaz, [14]

Osim toga, one predstavljaju složen sustav tehnologija koji se sastoji od pametnih brojila, komunikacijskih tehnologija i softverskih rješenja za prikupljanje, upravljanje i analizu podataka. Sve se međusobno povezuje radi postizanja optimalne energetske učinkovitosti i poboljšanja funkcionalnosti mreže.

### 5.3. Sustavi automatskog daljinskog očitavanja

Automatizirani sustavi koriste različite tehnologije, poput GSM-a, ZigBee-a, PLC-a, D-SCADA-e, WiMAX-a, te hibridnih tehnologija koje kombiniraju navedene. U tablici 3.2. nalaze se usporedbe ovih tehnologija, dok se u nastavku ovog poglavlja pružaju detaljni opisi svake tehnologije.

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

Tablica 5.2: Usporedbe navedenih tehnologija, [5]

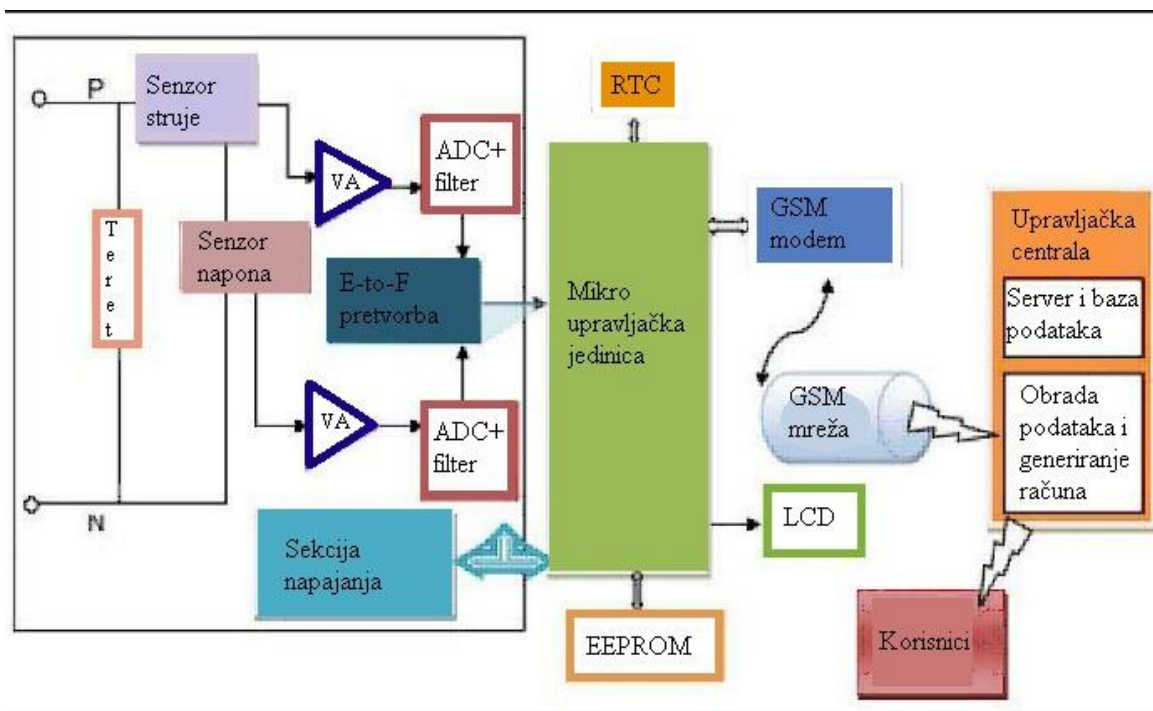


## AMR baziran na GSM-u

U raznim primjenama sustava automatskog očitavanja brojila, ključne komponente koje se ističu su modul za komunikaciju i modul za automatsko očitavanje brojila. U ovom AMR sustavu, koristi se GSM mreža za komunikaciju, pružajući globalnu pokrivenost i omogućujući komunikaciju bez potrebe za izgradnjom nove komunikacijske infrastrukture. GSM mreža pruža usluge poput SMS-a (Short Message Service) i GPRS-a (General Packet Radio Service) za bežično očitavanje brojila pojedinačnih potrošača s visokom učinkovitošću, pouzdanošću i sigurnošću. Jednostavna primjena, velik domet i smanjena potreba za ljudskim intervencijama su samo neke od prednosti GSM sustava.

Jedna primjena ovog sustava obuhvaća upotrebu GSM modema i P2C (Power to Communication) kartice unutar sustava, koja je povezana putem RS232 porta kako bi se dobila očitavanja brojila. Međutim, važno je napomenuti da takva modifikacija postojećeg mjerača energije i integracija P2C sučelja može biti ilegalna u većini zemalja, te se preporučuje samo ako vlasti odluče zamijeniti postojeća brojila. Korisnicima je omogućeno dobivanje povratnih informacija i provjera statusa brojila putem SMS-a, bez obzira na njihovu lokaciju i vrijeme, čak i ako se radi o prekidu napajanja zbog neplaćenih računa.

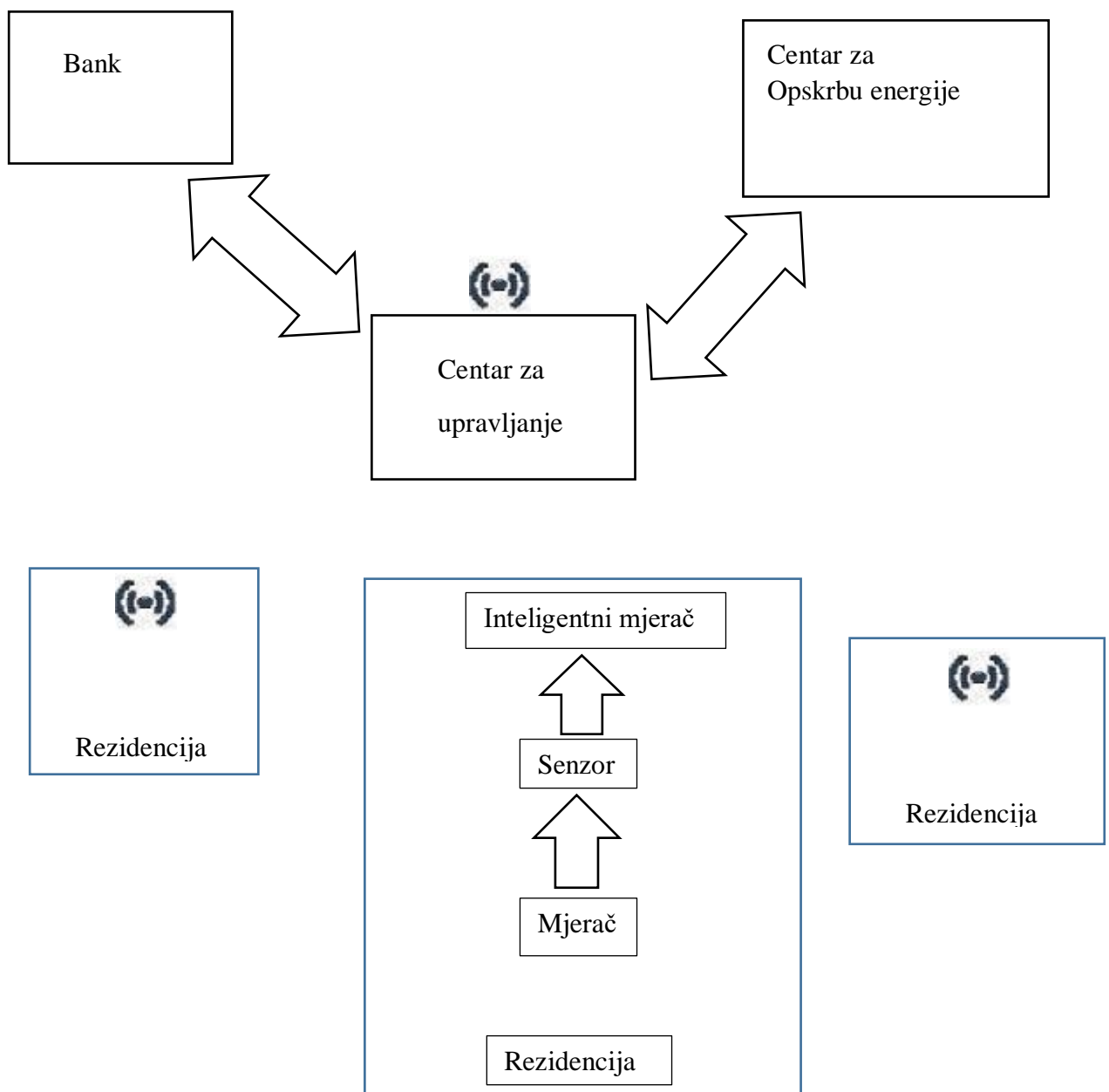
Druga verzija AMR sustava vrlo je slična prethodnoj, ali uključuje i dodatak RTC-a (Real Time Clock) za bilježenje vremena u 24-satnom formatu čak i ako se dogodi kvar. RTC je napajan putem 3V CMOS baterije, uz dodatak EEPROM-a za spremanje povijesti očitavanja. Uključuje i vlastito računalo opremljeno GSM modemom. Oba tipa sustava pružaju mogućnosti elektroničkog poslovanja uključujući naplatu, ispis i druge funkcije, te omogućuju sučelje za analizu i pregled svih povijesnih transakcija.



Slika 5.3: Dizajn AMR sustava s GSM-om, [15]

## AMR baziran na ZigBee-u

ZigBee je skup komunikacijskih protokola namijenjen stvaranju malih osobnih mreža putem digitalnih radiovalova male snage, temeljenih na standardu IEEE 802.15.4. Domet ZigBee uređaja obično je između 10 i 100 metara, ali se može proširiti pomoću mreže povezanih ZigBee uređaja. Pristupačna cijena omogućuje opsežnu primjenu tehnologije bežičnog upravljanja i nadzora u brojnim aplikacijama. ZigBee je prilagođen za visoku propusnost podataka u aplikacijama s niskim ciklusom rada, ističući nisku potrošnju energije. Brzina prijenosa podataka u ZigBee sustavima iznosi 250 kbit/s, što je idealno za isprekidane prijenose podataka sa senzora ili ulaznih uređaja. Na slici 3.4 prikazana je struktura WARMS-a koji koristi ZigBee.



Slika 5.4: Struktura AMR-a koji koristi ZigBee, [6]

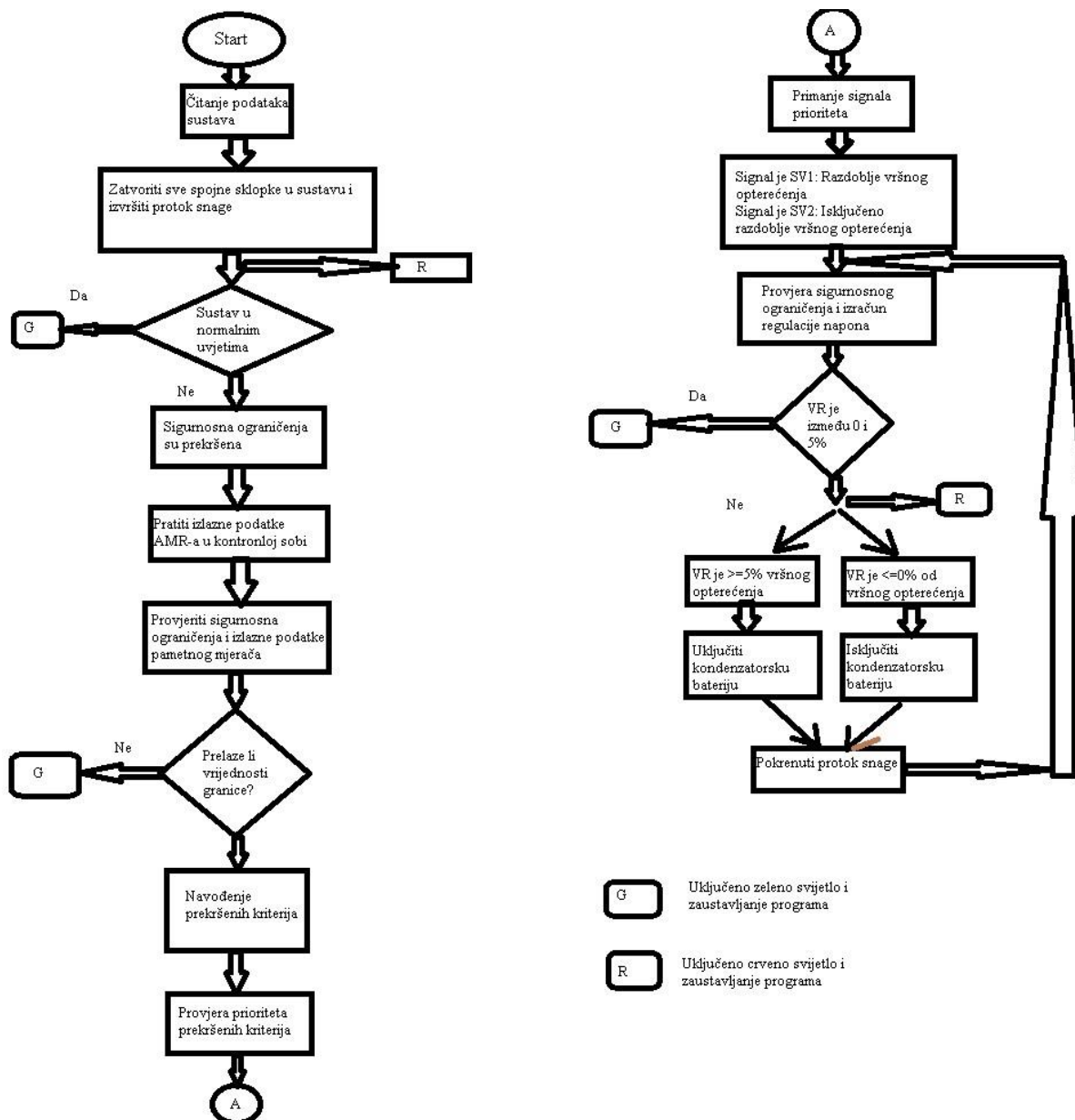
Svaka potrošačka jedinica u sustavu elektroničke naplate električne energije ili plina dobavljača energije dolazi s ugrađenim ZigBee digitalnim mjeračem snage, koji je opremljen ZigBee modemom koji bežično prenosi očitavanja potrošene energije. Dobavljači električne energije koriste sustav za elektroničku naplatu (e-naplate) kako bi upravljali primljenim očitanjima brojila, obračunavali troškove, ažurirali baze podataka te obavještavali o naplati pomoću uporabe bežične mreže.

Drugi način korištenja ZigBee modema uključuje kontrolni terminal, GPRS modul te korisnički mjerni modul. ZigBee se koristi za komunikaciju na kratke udaljenosti, dok se GPRS koristi za veće udaljenosti. Softver je optimiziran za uštedu energije za svaki komunikacijski protokol. ZigBee uređaji su ekonomični, jednostavni za korištenje i troše manje energije, ali imaju ograničene mogućnosti obrade, memorije i snage, te imaju ograničen domet.

### **AMR baziran na SCADA sustavu**

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) je sustav koji koristi kodirane signale preko komunikacijskih kanala za omogućavanje daljinskog upravljanja. To je softverski aplikacijski program koji u stvarnom vremenu prikuplja podatke s udaljenih lokacija, kombinirajući telemetriju i prikupljanje podataka. Podaci se prikupljaju putem RTU-a (Remote Terminal Unit), PLC-a (Programmable Logic Controllers) i IED-a (Intelligent Electronic Devices), te se prenose do centralne jedinice radi analize, kontrole i prikaza na zaslonima.

Algoritam upravljanja i nadzora sigurnosti distribucije pomoću D-SCADA vidljiv je na slici. Sustav koji koristi SCADA omogućuje precizno lociranje i izolaciju grešaka te optimizaciju uštede energije. Također omogućuje centraliziranu kontrolu i upravljanje više objekata s jedne lokacije, kao i daljinsku kontrolu. Međutim, SCADA sustavi su osjetljivi na mrežne napade.

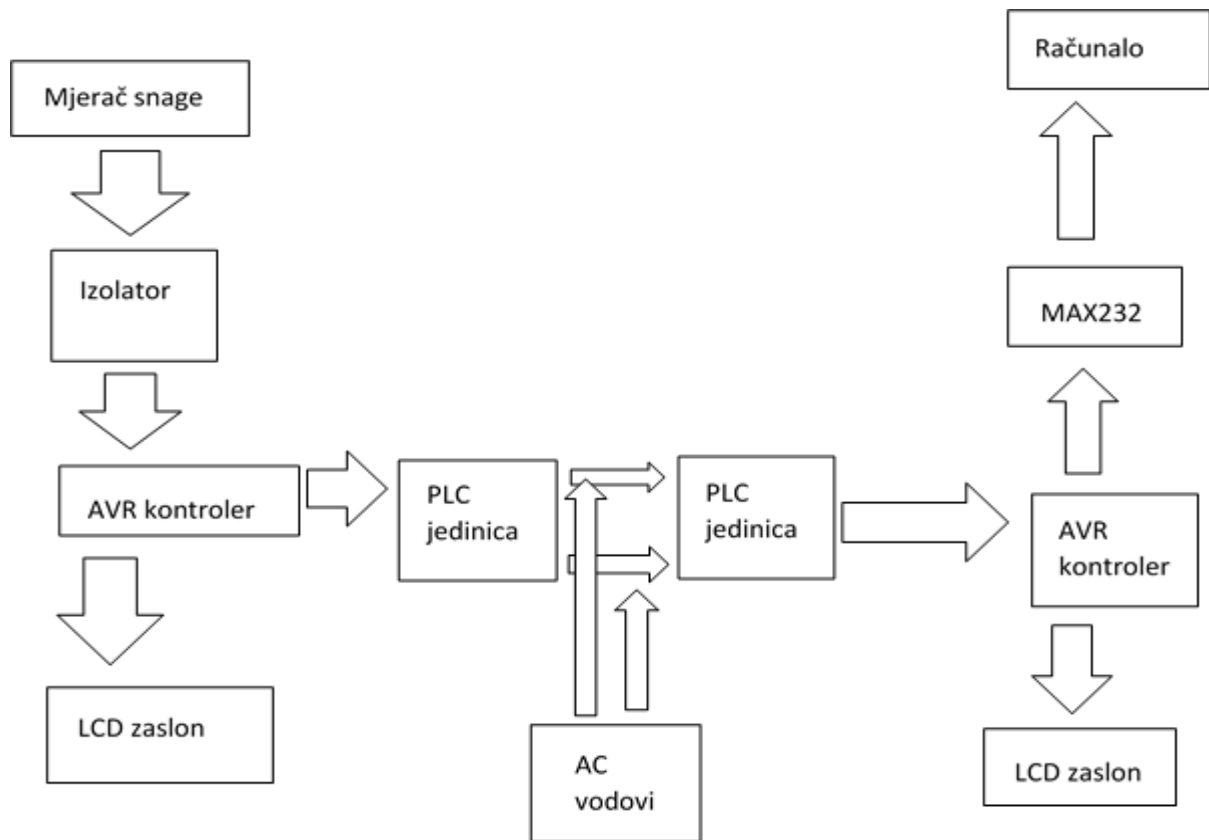


Slika 5.5: AMR distribuiran D-SCADA algoritmom upravljanja, [7]

### AMR baziran na PLC-u

Power Line Communication (PLC) sustavi koriste već postojeće kabele za napajanje kao komunikacijski medij, što omogućuje daljinsko upravljanje uređajima i prijenos podataka. PLC funkcionira kao i ostale komunikacijske tehnologije, modulirajući podatke za slanje i primajući ih putem električne mreže. Glavna prednost tih sustava je mogućnost ponovne uporabe postojeće infrastrukture kabela za napajanje. Zbog toga se PLC sustav može koristiti za prijenos podataka očitavanja brojila na središnji server putem GSM/GPRS-a, pri čemu se podaci prikupljaju pomoću PLC-a s brojila i prenose u središnji server putem GPRS veze.

Komunikacija između koncentratora i kolektora obavlja se putem Power Line Carrier-a (PLC), kako je prikazano na slici. Kolektor pohranjuje i obrađuje podatke s različitih brojila pod nadzorom koncentratora, dok koncentratore kolektoru šalje naredbe pomoću kojih se postiže periodično primanje očitavanja mreže.



Slika 5.6: Blok dijagram AMR-a koji koristi PLC sistem komunikacije, [8]

Glavni faktori koji uzrokuju nestabilna očitavanja PLC mjeraca su slab signal u električnoj mreži i slučajni redosljed smetnji. Nedostatak relejne zaštite može otežati pouzdano očitavanje brojila zbog gubitka signala, dok slučajne smetnje mogu povećati prigušenje u električnoj mreži i smanjiti osjetljivost prijema. Iako PLC sustavi koriste već postojeće električne žice i imaju bolji domet komunikacije od bežičnih sustava, nisu uvijek sposobni za konstantno očitavanje podataka. Produljene smetnje u električnoj mreži mogu dovesti do pregrijavanja kućanskih aparata, smanjenja snage motora i sličnih problema. PLC sustavi su jednostavni za instalaciju i održavanje.

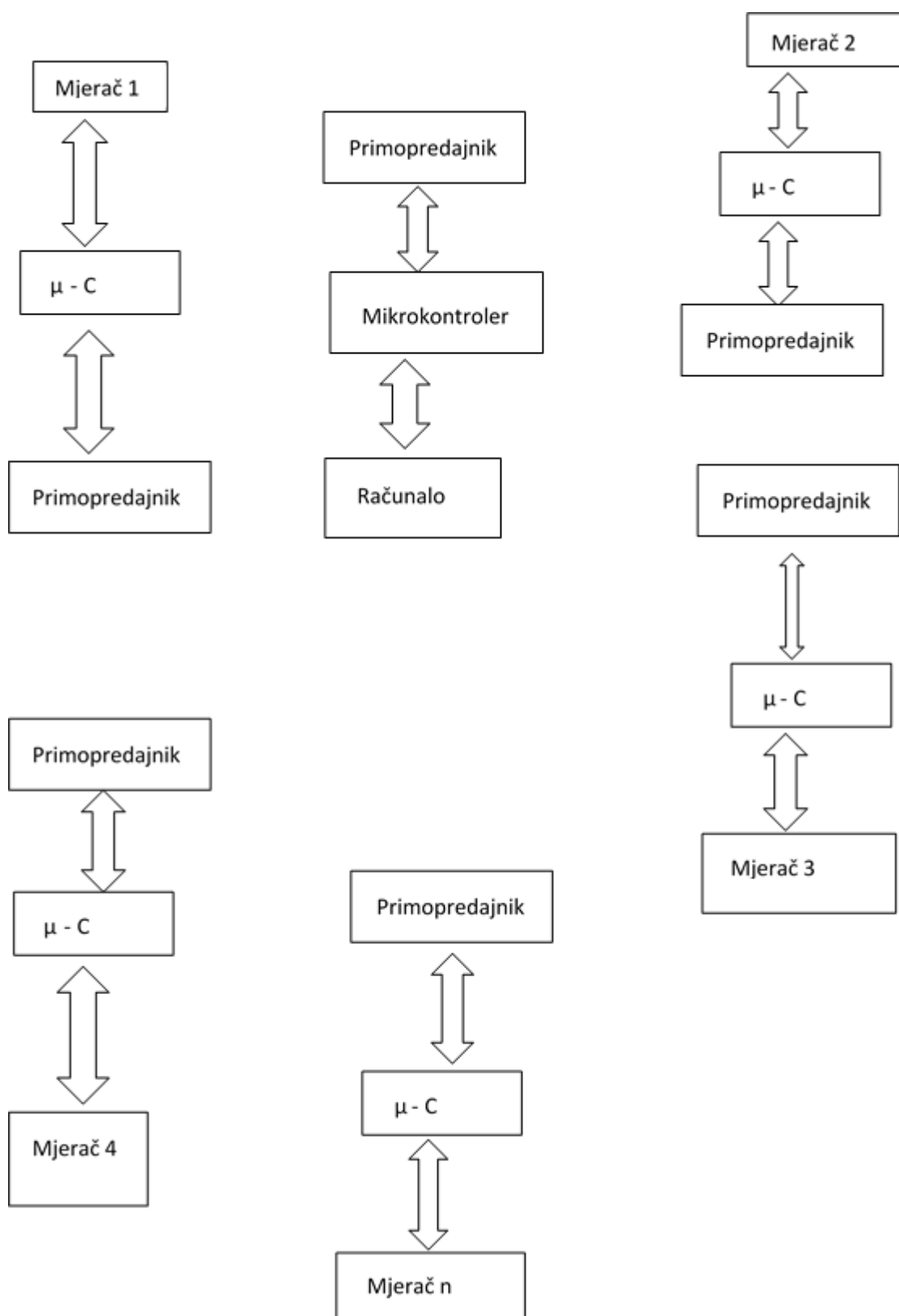
### AMR baziran na WiMAX tehnologiji

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) bežični je komunikacijski standard koji nudi brzinu prijenosa od 30 do 40 megabita u sekundi te podržava mobilne i fiksne bežične aplikacije. Omogućuje prijenos podataka na većim udaljenostima i rukovanje velikim količinama informacija.

Uređaj za očitavanje identificira rotaciju diska mjeraca energije i pohranjuje podatke u mikrokontroler, kako bi se izbjegla potreba za zamjenom trenutnog analognog mjeraca energije. Dodaje se vanjski modul na postojeći mjerac energije, dok komunikacijska jedinica koristi WiMAX primopredajnik između brojila i poslužitelja- za bežičnu komunikaciju. U jedinici za

obrađivanje i prijem podataka, očitavanje brojila prikuplja se od primopredajnika koji upravlja drugim mikrokontrolerom, dok računalna aplikacija preuzima podatke iz mikrokontrolera kako bi spriječila moguće neovlašteno korištenje ili potencijalni kvar na mjerачu energije. Konceptualni dijagram predloženog sustava ilustriran je na slici. Ovaj sustav nudi ekonomičnost, fleksibilnost i omogućuje brz prijenos podataka na velike udaljenosti.

WiMAX ima sigurnosne ranjivosti na PHY i MAC slojevima te je podložan bežičnim napadima poput presretanja, modifikacija i ponovne reprodukcije. Osim toga, signal može biti prekinut u vremenskim uvjetima poput kiše, dok smetnje mogu biti uzrokovane drugom bežičnom opremom.



Slika 5.7: Konceptualni dijagram AMR-a baziranog na WiMAX tehnologiji, [9]

## Mješoviti tip AMR-a

Ovaj sustav automatizira proces očitavanja brojila snimajući slike mjerača energije i njihovog prijenosom putem ZigBee tehnologije do kupaca. Računi se generiraju i trenutna te prethodna očitavanja brojila šalju se putem SMS-a. Za obradu slika koristi se Matlab, pri čemu se VGA kamera postavlja ispred mjerača energije kako bi se snimile slike. Te slike se potom prenose na server radi prepoznavanja znakova i brojeva, sprječavajući tako neovlašteno korištenje mjerača energije. Nakon toga, podaci se dalje obrađuju i segmentiraju kako bi se pronašle vrijednosti znamenki koristeći mrežne tehnike i usporedbu s pohranjenim znamenkama u bazi podataka. Iako korištenje Matlab-a čini sustav skupljim, energetski je učinkovitiji, iako ima ograničen domet i nisku brzinu prijenosa podataka.

Sustav nudi dvije opcije za automatsko očitavanje mjerača koristeći ZigBee i GSM tehnologije:

- Prva varijanta uključuje PIC mikrokontroler za brojanje impulsa generiranih IC mjerenjem.
- Druga varijanta koristi bežične senzorske mreže (WSN) za detekciju, obradu i pohranu izlaza senzora.

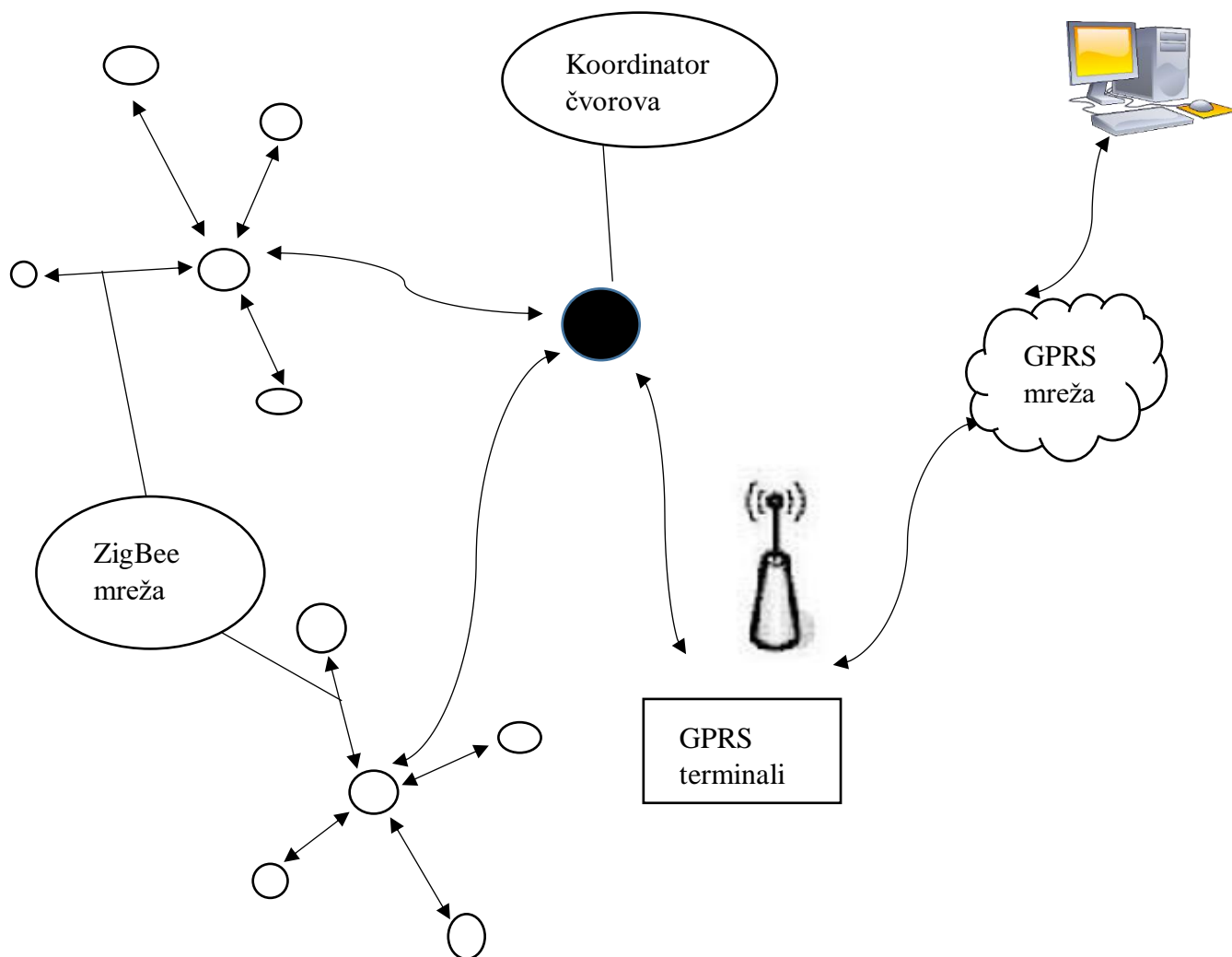
U prvom sustavu, IC mjerenje generira izlazne impulse koje broji PIC mikrokontroler. Nakon toga podaci se šalju korištenjem ZigBee tehnologije, podržane GSM modemom za komunikaciju s glavnom stanicom.

U drugom se sustavu, senzorska mreža sastoji od senzorskih čvorova koji su mali, lagani i prenosivi. Svaki čvor opremljen je pretvornikom, mikrokontrolerom i primopredajnikom za prijenos podataka središnjem računalu.

Automatizacija očitavanja brojila ostvaruje se korištenjem GSM i ARM kontrolera. Sustav se oslanja na ARM procesor za obradu podataka i komunikaciju s GSM modemom putem UART-a radi prijenosa podataka davatelju usluga putem SMS-a. Ovaj je sustav ekonomičan i siguran, s brзом i jednostavnom manipulacijom podataka.

Konačni sustav mješovitog tipa obuhvaća terminal za daljinsko upravljanje, GPRS modul i modul za mjerenje korisničkog brojila. Podaci se prikupljaju, pohranjuju i prenose putem bežične mreže, koristeći ZigBee za kratke udaljenosti i GPRS za daljinske komunikacije. Ovaj sustav pruža ekonomično rješenje uz visoku razinu sigurnosti.





Slika 5.8: Struktura mreže, [10]

#### 5.4. Prikupljanje i pohrana podataka u sustavima naprednih mjerenja

Sakupljanje podataka predstavlja glavni element u sustavima naprednog mjerenja, jer omogućuje sakupljanje informacija o potrošnji energije i drugim važnim faktorima. Pouzdane i efikasne metode prikupljanja, očitavanja i prijenosa podataka su ključne. Nadalje, verifikacija podataka osigurava kvalitetu i integritete informacija. Shvaćanje ovih faktora doprinosi osiguravanju preciznih i vjerodostojnih podataka koji se koriste u analizi i upravljanju potrošnje energije.

##### Metode prikupljanja podataka

Razlikujemo automatsko, ručno i daljinsko očitavanje podataka kod sustava za napredna mjerenja.

Ručno očitavanje predstavlja tradicionalnu metodu koja uključuje fizičko očitavanje mjerača od strane zaposlenika koji obilaze poslovne potrošače ili kućanstva radi bilježenja potrošnje energije. Ručno očitavanje može biti periodično ili se može provoditi prema rasporedu ili potrebi. Iako se sve više teži prelasku na napredna brojila, u kućanstvima i dalje možemo pronaći mehanička brojila.

Prikupljanje podataka olakšava se naprednim mjeračima koji automatski prikupljaju i bilježe informacije o potrošnji energije. Ti se podaci pohranjuju u samom mjeraču ili se putem različitih komunikacijskih tehnologija, kao što su mobilne, PLC i bežične, prenose na centralni sustav. Na slici 2.1. prikazan je primjer naprednog brojila koje je sve zastupljenije u novijim stambenim zgradama.

Posljednja metoda prikupljanja podataka je daljinsko očitavanje, koje koristi daljinsku telemetriju ili senzore kako bi se korištenjem bežičnih ili nekih drugih tehnologija za komunikaciju omogućio prijenos podataka o potrošnji energije. Podaci se, često s visokom frekvencijom, prikupljaju daljinski što omogućuje kontinuirano praćenje bez potrebe za fizičkim pristupom mjeračima. Razlika između daljinskog očitavanja podataka i automatskog očitavanja leži u načinu prikupljanja informacija. Automatsko očitavanje odnosi se na prikupljanje podataka putem senzora i komunikacijskih sučelja unutar samih mjerača energije. S druge strane, daljinsko očitavanje koristi daljinsku telemetriju ili senzore koji omogućuju prijenos podataka na daljinu, bez potrebe za izravnim kontaktom s mjeračima.

### **Očitavanje i prijenos podataka**

Različiti su načini prikupljanja i prijenosa podataka iz sustava naprednih mjerenja. Kada se podaci prikupe koristeći automatsko, ručno ili daljinsko očitavanje, slijedi njihov prijenos na središnji sustav za upravljanje podacima. Taj se prijenos podataka može izvršiti koristeći razne komunikacijske tehnologije, u koje ubrajamo bežične i komunikaciju kroz mobilnu ili elektroenergetsku (PLC) mrežu.

Brz i učinkovit prijenos podataka dopuštaju bežične mreže, dok PLC koristi elektroenergetske mreže za prijenos podataka, koje osiguravaju široku pokrivenost. Mobilne mreže, s druge strane, omogućuju prijenos podataka putem mobilnih telefonskih mreža, što se pokazalo odličnim za udaljena područja.

### **Kvaliteta podataka i metode provjere valjanosti**

Bitno je osigurati visoku razinu kvalitete prikupljenih podataka u naprednim sustavima mjerenja.

Netočni podaci mogu prouzročiti nepravilne izračune potrošnje energije ili donošenje pogrešnih odluka. Zato se primjenjuju razne metode provjere valjanosti podataka kako bi se osigurala vjerodostojnost informacija.

## 5.5. Poslovno okruženje današnjeg sektora energetike

Današnje poslovno okruženje sektora energetike je dinamično i turbulentno, s mnogo faktora koji imaju direktan utjecaj na tržište.

- Novi slučajevi
  - Električna mobilnost
  - Energetska autonomija (skladištenje, mikromreže, virtualne elektrane)
  - Upravljanje energijom
- Energetska tranzicija
  - Decentralizirana proizvodnja
  - Zelena mobilnost
  - Različiti izvori energije
- Energetska tržišta
  - Liberalizacija tržišta i fluktuacija cijena
  - Porast broja igrača na energetske tržištima
  - Potreba za stvaranjem novih ponuda i usluga
- Tehnologija
  - Demokratizacija i standardizacija IoT (*Internet of Things*) sustava
  - Bolja obrada podataka
  - Zrelost novih tehnologija
- Regulative
  - Kodificira ciljeve energetske tranzicije
  - Potiče razvoj pametnih mreža

## 5.6. Nove mogućnosti

Pametne mreže nude energetskim poduzećima nove mogućnosti za uspješno pozicioniranje na energetskim tržištima današnjice kroz napredno upravljanje mrežom i pružanje inovativnih usluga.

Današnje poslovno okruženje u sektoru energetike karakterizira niz važnih elemenata koji utječu na način poslovanja i razvoja u ovoj industriji. Fokus je na promicanju inovacija i poboljšanja usluga prema korisnicima, kao i na optimizaciji upravljanja i održavanja energetskih mreža. Sve veća važnost pridaje se omogućavanju pristupa različitim oblicima opskrbe energijom te osiguravanju veće sigurnosti cijelog energetskeg sustava. Također, razvoj tržišnih mehanizama i olakšanje integracije različitih proizvodnih tehnologija ključni su za daljnji napredak i konkurentnost sektora energetike.

Nova tehnička rješenja povezana sa pametnim mrežama omogućuju energetskim poduzećima uspješnije ispunjavanje svojih temeljnih misija, kao i razvoj novih ponuda i usluga te poboljšanje mogućnosti prilagodbe, a sve kako bi energetska poduzeća bila bolje pozicionirana za ispunjavanje novih očekivanja energetskih tržišta.

## 6. STANJE IMPLEMENTACIJE PAMETNIH BROJILA U EU I REGIJI

Uvođenje pametnih brojila za praćenje potrošnje energije predstavlja ključni element transformacije energetske sustava kako u Europskoj uniji tako i u široj regiji. Pametna brojila omogućuju precizno i automatsko prikupljanje podataka o potrošnji energije, što pruža temelj za učinkovito upravljanje energetskim resursima i optimizaciju distribucije električne energije.

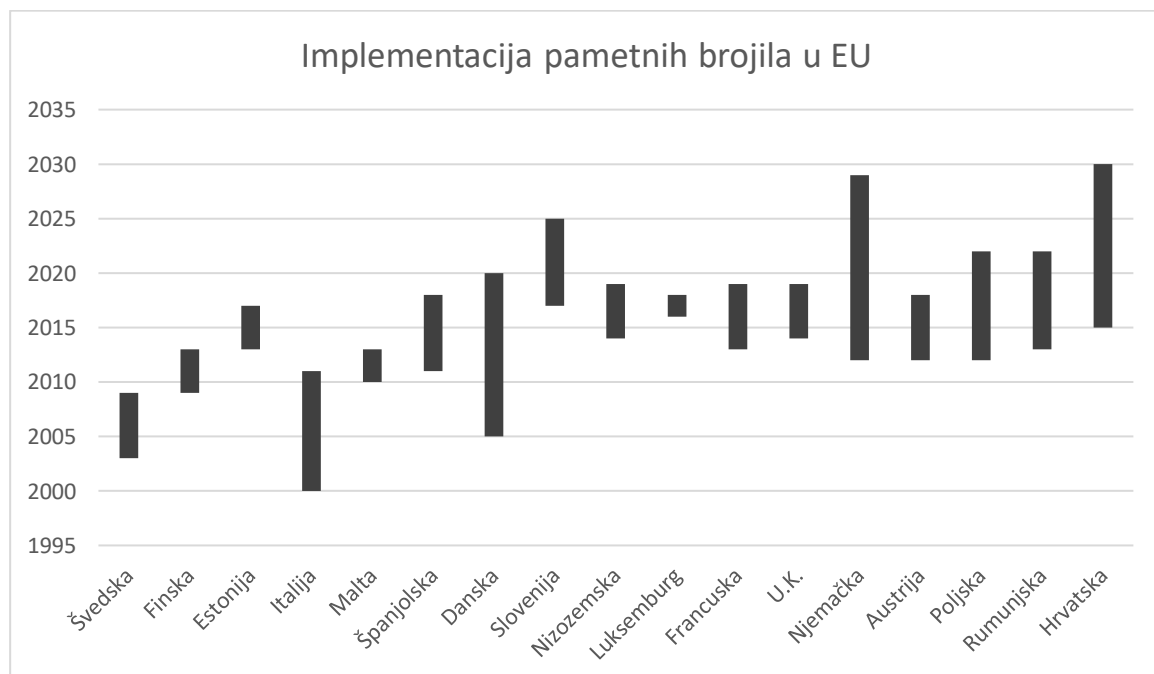
U Europskoj uniji, implementacija pametnih brojila uvelike napreduje zbog cilja smanjenja emisija stakleničkih plinova, poboljšanja energetske učinkovitosti i poticanja obnovljivih izvora energije. Razvoj pametnih mreža, u koje su uključena pametna brojila, postavlja temelje za modernizaciju elektroenergetskog sektora i omogućuje integraciju obnovljivih izvora energije te električnih vozila.

U regiji, implementacija pametnih brojila također postaje sve značajnija, s ciljem poboljšanja učinkovitosti energetske sustava, smanjenja gubitaka energije i povećanja pouzdanosti opskrbe. Integracija pametnih brojila u energetske sustave omogućuje bolje razumijevanje potrošnje energije, pruža osnove za tarifiranje (nominacije, alokacije) temeljeno na potrošnji i potiče potrošače na uštedu energije.

U ovom uvodnom kontekstu, važno je sagledati trenutno stanje implementacije pametnih brojila u Europskoj uniji i regiji te istražiti izazove i mogućnosti koji proizlaze iz ovog procesa.

### 6.1. Početak i trajanje implementacije

Implementacija pametnih brojila raširena je kroz EU, dok države članice same određuju rokove implementacije na temelju vlastitih analiza.



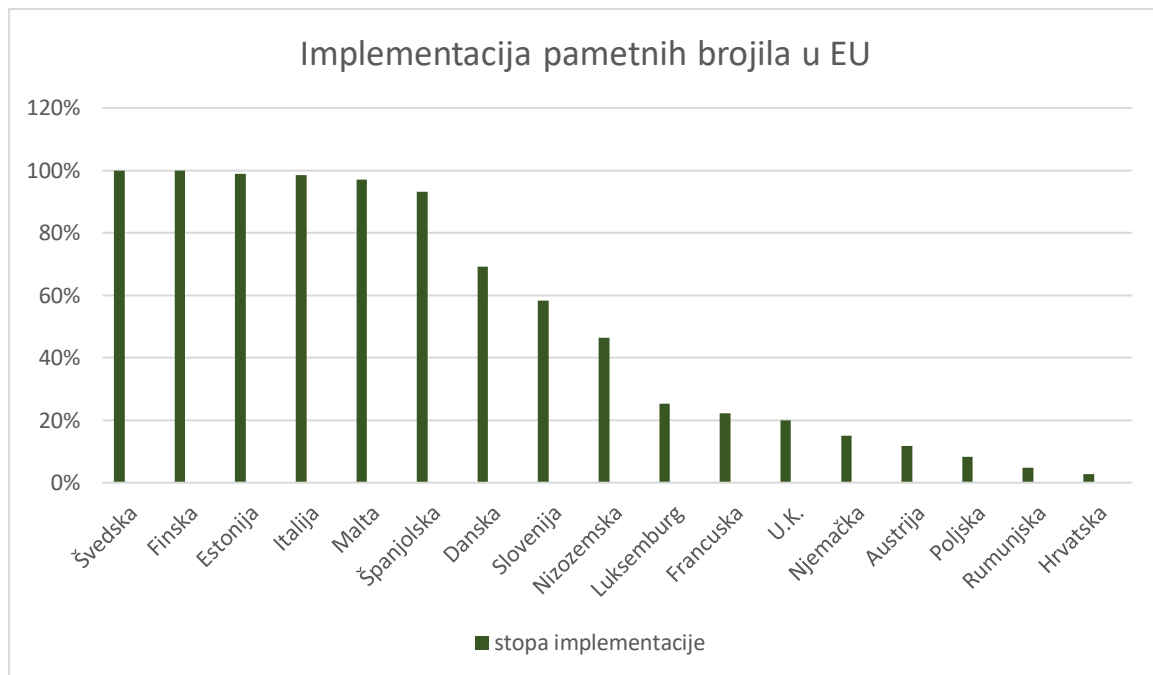
Tablica 6.1: Početak i očekivano trajanje implementacije (godina početka i očekivana godina kraja), [12]

Navedeni podaci odnose se na sumu pametnih brojila za očitavanje struje i plina. Članice države samostalno postavljaju ciljeve za implementaciju pametnih brojila na temelju dosadašnje krivulje implementacije i analiza troškova i koristi (cost-benefit analysis); no EU potiče ubrzanje. Hrvatska

započinje implementaciju pametnih brojila u 2015. – pametna brojila za očitavanje struje implementirana od strane HEP-a i u 2017. – pametna brojila za očitavanje plina od strane HEP-Plina.

## 6.2. Implementacija pametnih brojila u EU i RH

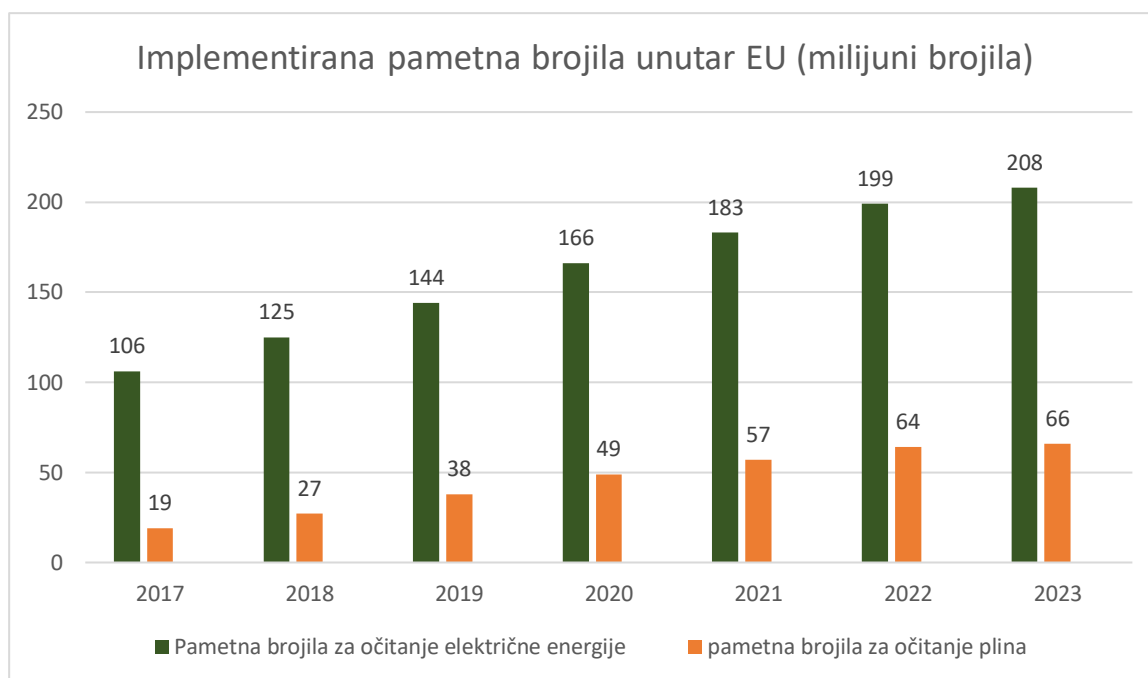
U pravilu, države članice koje su prve počele sa implementacijom predvode u postotku instaliranih pametnih brojila.



Tablica 6.2: Stopa implementacije pametnih brojila u EU, [12]

Ukupna stopa implementacije pametnih brojila u EU procjenjuje se na 56% u 2022: tijekom navedene godine, postavljeno je približno 9,2 milijuna novih pametnih brojila, čime se ukupan broj jedinica sa 163 milijuna jedinica na kraju 2021. povećao na preko 172 milijuna do kraja 2022. godine. Daljnjim predviđenim rastom prosječne godišnje stope (CAGR) od 5,8%, predviđa se da će ukupno 106 milijuna pametnih brojila biti implementirano u regiji tijekom 2022. – 2027., nakon čega se predviđa da će stopa implementacije pametnih brojila dosegnuti 74% do 2027. godine.

Implementacija pametnih brojila za očitavanje struje unutar EU dosegnuti će vrhunac u nadolazećim godinama, ali sveukupni rast tržišta bit će održan povećanjem u segmentu pametnih plinomjera.



Tablica 6.3: Implementirana pametna brojila unutar EU, [11]

Unutar EU, pametna brojila za očitavanje električne energije čine veliku većinu ukupno instaliranih pametnih brojila. Međutim, pametna brojila za očitavanje plina pokazuju veću stopu rasta: u prosjeku 23,3% godišnje naspram 11,8% godišnje za očitavanje električne energije.

Uvođenje pametnih brojila u Hrvatskoj predstavlja ključni korak prema modernizaciji i poboljšanju energetske sustava zemlje. Pametna brojila, tehnološki napredni uređaji koji omogućavaju precizno mjerenje potrošnje energije i komunikaciju s energetske operatorima, otvaraju vrata za brojne koristi, uključujući poboljšanu energetske učinkovitost, smanjenje troškova potrošačima te optimizaciju upravljanja mrežom.

Jedan od glavnih motiva za uvođenje pametnih brojila u Hrvatskoj leži u potrebi za unaprjeđenjem energetske učinkovitosti i smanjenjem gubitaka u distribucijskoj mreži. Pametna brojila omogućuju detaljnije praćenje potrošnje energije u stvarnom vremenu, što potrošačima pruža bolji uvid u njihove potrošačke navike i potiče ih na racionalnije korištenje energije. Također, pametna brojila omogućuju operatorima distribucijske mreže da bolje upravljaju opterećenjem mreže i smanje gubitke energije, što rezultira povećanom učinkovitošću cijelog energetske sustava.

Međutim, implementacija pametnih brojila u Hrvatskoj suočava se s nizom izazova, poput financijskog opterećenja za ugradnju tih sustava, posebice za manja kućanstva i distribucijske operatore. Također, sigurnost podataka i privatnost potrošača zahtijevaju pažljivo rješavanje kako bi se osiguralo povjerenje javnosti u te tehnološke sustave.

Implementacija pametnih brojila u Hrvatskoj iznimno je važna za modernizaciju energetske sustava zemlje i postizanje ciljeva energetske učinkovitosti. Unatoč izazovima, potrebno je nastaviti s naporima za uvođenje tih tehnoloških rješenja, uz pažljivo vođenje i suradnju svih relevantnih dionika. Pametna brojila predstavljaju temelj za stvaranje održivijeg i efikasnijeg energetske sustava koji će koristiti svim građanima Republike Hrvatske.

## **7. PORTFELJ POSLOVNIH PRIMJENA**

Kontinuirani tijek podataka koji pametna brojila generiraju omogućavaju velik broj inovativnih poslovnih primjena. Neke identificirane poslovne primjene pametnih brojila su:

1. Analiza performansa distribucijske mreže
2. Predviđanje potražnje
3. Balansiranje sustava
4. Detektiranje netehničkih gubitaka
5. Segmentacija kupaca
6. Sigurnost
7. Transparentnost podataka na tržištima energije
8. Omogućavanje korištenja vodika u distribucijskoj mreži

### **7.1. Analiza performansa distribucijske mreže**

Kontinuiranim analiziranjem performansa mreže osigurava se uvid u njeno stanje te pravovremene obnove i ulaganja.

Nakon što operateri distribucijskih sustava odrede lokacije pametnih brojila u svojim mrežama, moći će provjeriti kapacitete, gubitke i ostale faktore za pojedinačne dijelove svoje mreže. Te redovne provjere će identificirati potrebe za budućim nadogradnjama distribucijskog sustava te aktivnim upravljanjem. Informacije dobivene kroz pametna brojila će također olakšati procjenu utjecaja dodatne potražnje plina, novih mrežnih priključaka, izračun latentne potražnje i preciznije stvaranje korisničkih profila koji se koriste u predviđanju mreže. Kroz pametna brojila, operateri distribucijskih sustava također mogu pratiti koliki je kapacitet mreže zakupljen od strane opskrbljivača te ga uspoređivati sa stvarnim isporučenim količinama.

#### **Prednosti poslovne primjene:**

- Kontinuirana analiza performansa distribucijske mreže te proaktivno upravljanje mrežom omogućuje pravovremeno ulaganje u mrežu i obnove iste, čime se smanjuju gubici na mreži i poboljšava kvaliteta distribucije.

### **7.2. Predviđanje potražnje**

Predviđanje potražnje omogućava opskrbljivačima i distributerima bolje planiranje te povećanje prihoda.

Korištenje podataka dobivenih kroz pametna brojila omogućuje operaterima distribucijskih sustava točnije upravljanje vršnim i neredovitim opterećenjima - ove informacije pomažu u razumijevanju ponašanja korisnika i planiranju resursa. Analizom ovih podataka, operateri distribucijskih sustava mogu analizirati trendove potrošnje, te bolje predvidjeti potražnju krajnjih kupaca, čineći cijeli energetski sustav efikasnijim. Sposobnost preciznijeg predviđanja potražnje za energijom ključna je u donošenju odluka i poboljšanju predvidljivosti mreže.

### **Prednosti poslovne primjene:**

- Precizno i ažurno predviđanje potražnje omogućuje opskrbljivačima da na tržište plasiraju maksimalnu potrebnu količinu plina, a operaterima distribucijskih sustava bolje gospodarenje distribucijskim kapacitetima mreže.

### **7.3. Balansiranje sustava**

Preciznijim predviđanjem potrošnje i mogućnošću poticanja potrošnje za vrijeme vršne ponude, olakšava se balansiranje sustava.

Pametna brojila neprestano prate cijene energije, te zbog toga imaju mogućnost prikazivanja najboljeg vremena za korištenje energije; kako bi potrošači mogli koristiti više energije u vrijeme nižih cijena. Također, sama mogućnost preciznijeg predviđanja potrošnje; te predviđanje potrošnje za manje geografske jedinice, znatno smanjuje potrebu za uravnoteženjem plinskog sustava.

### **Prednosti poslovne primjene:**

- Poticanjem potrošača na korištenje energije u trenucima nižih cijena/viška energije u mreži, olakšava se balansiranje sustava.
- Preciznijem predviđanjem potrošnje energije, smanjuje se potreba za aktivnim balansiranjem.

### **7.4. Detektiranje netehničkih gubitaka**

Precizno i pravovremeno detektiranje netehničkih gubitaka omogućava smanjenje gubitaka i uspješniju naplatu potraživanja.

Detektiranje netehničkih gubitaka može minimalizirati financijske gubitke energetskog subjekta. Tehnički gubici odnose se na gubitke koji se spontano javljaju u distribucijskim mrežama, poput curenja plina iz distribucijske mreže. Netehnički gubici odnose se na gubitke proizašle iz radnji kupaca, kao što su krađa energije od strane kupca/treće strane. Pri korištenju tradicionalnih brojila, izazovno je razlučiti tehničke od netehničkih gubitaka, dok pametna brojila mogu uspoređivati potrošnju energije od strane krajnjeg kupca sa detektiranim tehničkim gubicima.

### **Prednosti poslovne primjene:**

- Rana detekcija netehničkih gubitaka, kao što su npr. krađa plina, može minimizirati financijske gubitke te ubrzati proces naplate potraživanja.

### **7.5. Segmentacija kupaca – kreiranje tarifnog modela**

Preciznija segmentacija kupaca omogućava ponudu dodatnih usluga, kreiranje novih tarifa i povećanje prihoda.

Operatori distribucijskih sustava mogu koristiti podatke pametnih brojila za precizniju podjelu kupaca, što omogućuje prilagođavanje strategije upravljanja potražnjom kako bi zadovoljile specifične potrebe kupaca i zadržale energije na optimalnoj razini. Pametna brojila mogu se koristiti za analitiku podjele kupaca i za izradu individualiziranih planova na temelju obrazaca potrošnje energije. Podjela kupaca korisna je i za dizajniranje optimalne tarife za svaki dio, što



omogućuje pružanje boljih tarifa i usluga kupcima u usporedbi s postojećim tarifnim sustavom, a opskrbljivačima energije omogućuje optimizaciju dobiti.

#### **Prednosti poslovne primjene:**

- Preciznije segmentiranje kupaca omogućava ponudu dodatnih usluga kupcima ovisno o njihovim obrascima potrošnje, kao i kreiranje novih tarifa.
- Aktivnim upravljanjem segmentima kupaca povećava se zadovoljstvo kupaca, povećava se potencijalna dobit za energetske subjekte, a i omogućava se još preciznije predviđanje njihove potrošnje te balansiranje energetskeg sustava.

### **7.6. Sigurnost**

Povećana sigurnost znači kraće vrijeme popravka kvarova, kao i veću otpornost na kibernetičke napade.

Korištenjem pametnih brojila, distributeri imaju pristup podacima sa mreže i preciznijim sigurnosnim upozorenjima, što može značajno povećati brzinu reakcije na nastale probleme. U plinskom sektoru, pametna brojila dodatno povećavaju sigurnost jer se curenja plina mogu trenutno pratiti, što dovodi do bržeg rješavanja problema i povećava sigurnost i zadovoljstvo kupaca. Pametna brojila automatski enkriptiraju podatke o potrošnji, što čini mrežu sigurniju i u digitalnom smislu, povećavajući njenu otpornost na kibernetičke napade.

#### **Prednosti poslovne primjene:**

- Ažurnim i kontinuiranim uvidom u stanje mreže, pametna brojila omogućuju raniju detekciju i sanaciju potencijalnih kvarova i curenja plina, kako na mreži tako i kod krajnjih kupaca.
- Na ovaj način se minimiziraju financijski gubici, a povećava zadovoljstvo kupaca.
- Dodatno, pametna brojila kriptiraju podatke o potrošnji, čime je cijeli energetski sustav otporniji na kibernetičke napade (hakiranje).

### **7.7. Transparentnost podataka na tržištima energije**

Pametna brojila omogućavaju transparentnost i brzinu prijenosa podataka za tržišta energije, pospješujući efikasnost tržišta.

Transparentnost podataka iz pametnih brojila podržava transakcije na tržištima energije, te omogućuje lakše ostvarenje i pouzdanost P2P (peer-to-peer) transakcija mjerenjem količine proizvodnje ili potrošnje energije nakon ponude količine za transakciju energije između kupaca na platformi za trgovanje energijom.

#### **Prednosti poslovne primjene:**

Veća transparentnost i općenito lakši pristup podacima, zajedno s dohvatljivošću većih količina samih podataka, koje omogućuju pametna brojila dovodi i do lakšeg i točnijeg upravljanja cijelim energetskim sustavom, doprinosi razini pouzdanosti informacija te olakšava interakciju između sudionika.

## **7.8. Omogućavanje korištenja vodika u distribucijskoj mreži**

Senzori unutar novih generacija pametnih brojila u stanju su očitati i razinu vodika u prirodnom plinu, što otvara vrata za korištenje miksa vodika i plina.

Nove generacije pametnih brojila u stanju su očitavati ne samo prirodni plin, već i vodik. Tu funkcionalnost omogućuje precizno mjerenje i pri miješanju vodika sa prirodnim plinom unutar plinskog sustava, što olakšava kontrolu i upravljanje novim plinskim sustavom.

### **Prednosti poslovne primjene:**

- Priprema distribucijske mreže plina na ubrizgavanje vodika omogućuje proaktivno pozicioniranje na energetske tržištima budućnosti, čime se osigurava prednost prvog igrača i otključavaju novi izvori prihoda.
- Priprema distribucijske mreže za ubrizgavanje vodika također omogućuje buduće smanjenje u emisijama ugljika povezanim sa izgaranjem prirodnog plina, što osigurava da je čitav energetski sustav zeleniji.

## 8. USKLADIVANJE POSLOVNIH PRIMJENA SA STRATEGIJOM U RH

HEP-Plin provodi strategiju širenja kroz preuzimanje manjih distribucijskih mreža, čime preuzima i obvezu ulaganja u te mreže.

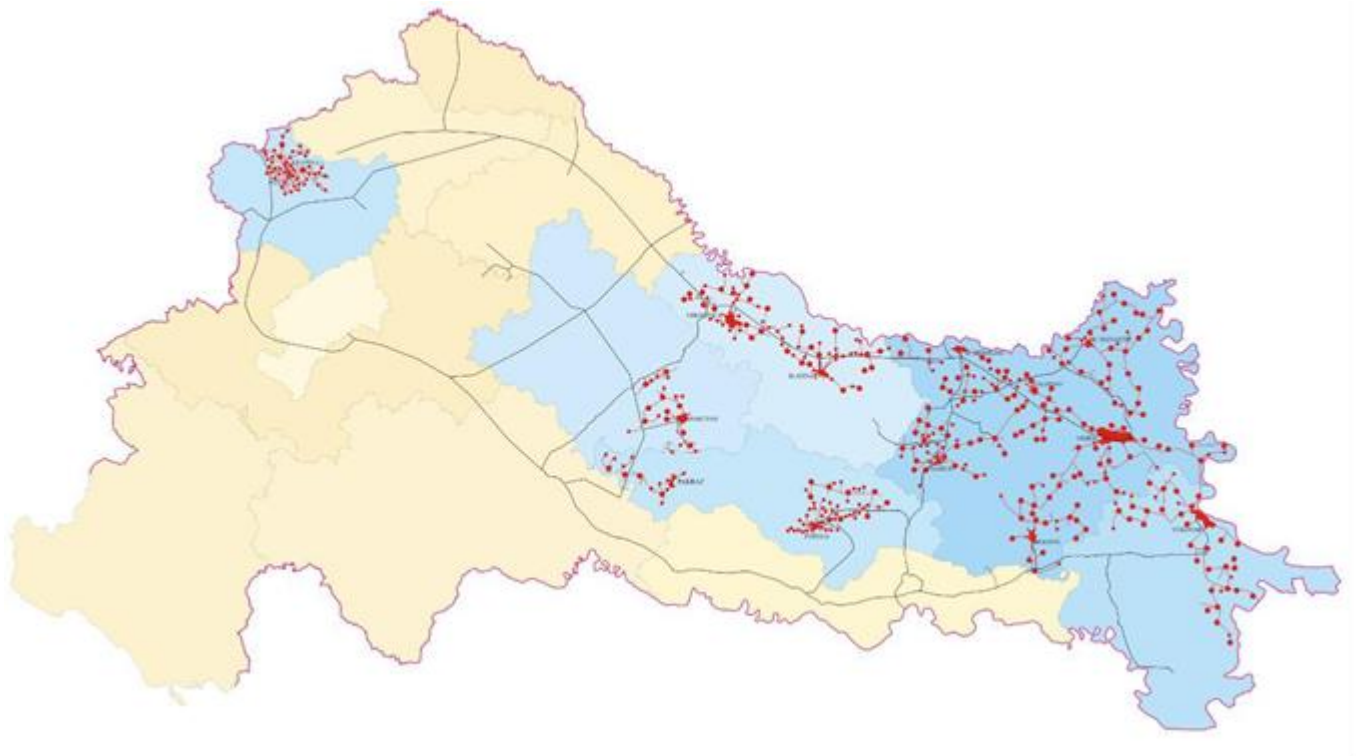
HEP-Plin provodi aktivnu politiku širenja te okrupnjavanja na hrvatskom plinskom tržištu, kroz akviziciju uhodanih subjekata za distribuciju i opskrbu plinom.

**Povijest akvizicija HEP-Plina:**

- **Plin Vtc** – 2019.
- **PPD Distribucija i PPD Opskrba** – 2020.
- **GPK** – 2021.
- **Darkom - distribucija plina** – 2021.
- **Pakrac Plin** – 2022.



Slika 8.1: Slike gore navedenih plinskih društava, [1]

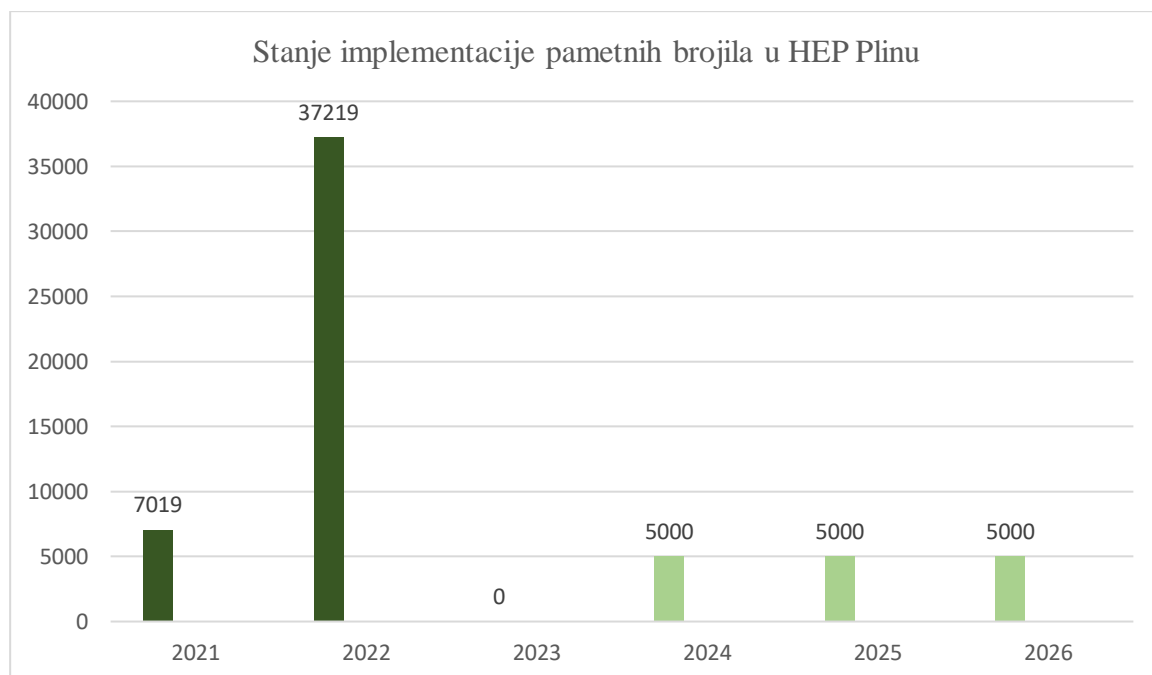


Slika 8.2: HEP Plin distribucijsko područje, [1]

HEP-Plin pokreće veliki projekt implementacije pametnih brojila u 2021. (pilot projekti implementacije pametnih brojila su počeli 2017.g.). HEP-Plin planira nastaviti s implementacijom pametnih brojila, stopom implementacije od 5000 brojila godišnje (2000 mikrotermalnih, 2000 ultrazvučnih, 1000 Sigfox modula) do 2026, čime će doseći stopu implementacije od 65%. HEP Plin predviđa da će troškovi ove ekspanzije iznositi približno 870000 – 900000 eura godišnje. Geografski, planira se ekspanzija implementacije pametnih brojila na slijedeće cjeline:

- Đakovo – 2093
- Pakrac – 502
- Požega – 3102
- Valpovo – 4673
- Slatina – 1405
- Donji Miholjac - 2977
- Krapina – 902
- Beli Manastir - 3823
- Osijek - 12649
- Virovitica - 1112
- Našice - 2460
- Daruvar – 1146
- Vukovar - 7394

Dosadašnji troškovi implementacije pametnih brojila su 8000000 eura te je dosadašnja stopa implementacije 48%.

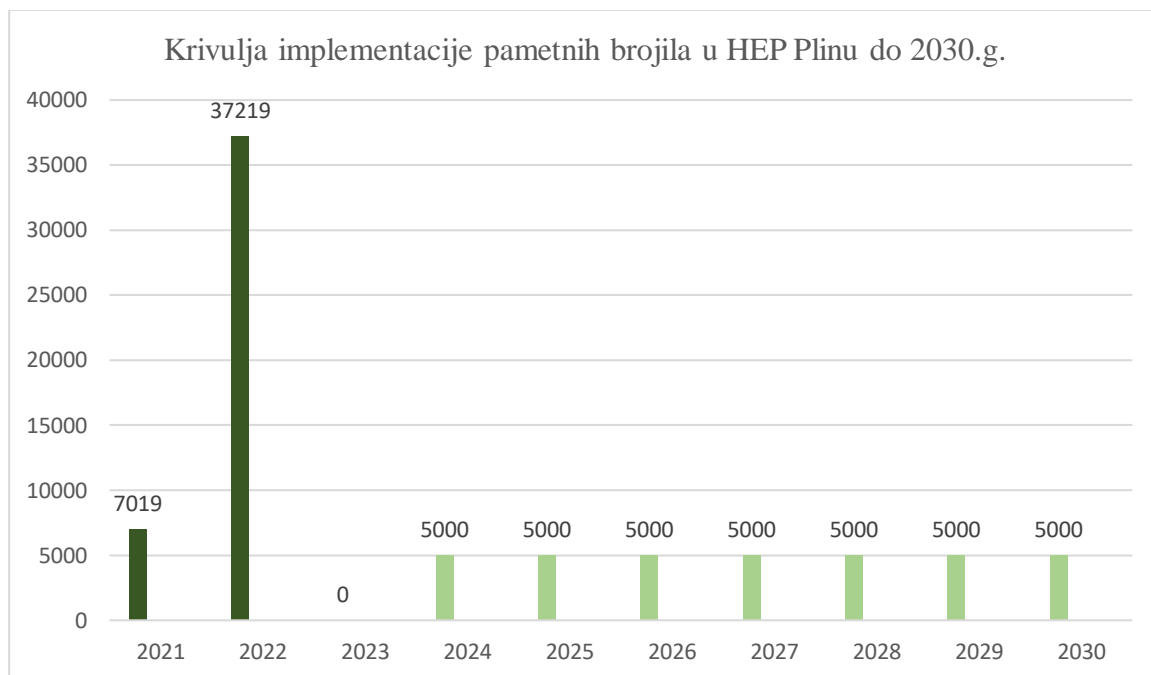


Tablica 8.3: Stanje implementacije pametnih brojila u HEP-Plinu, [1]

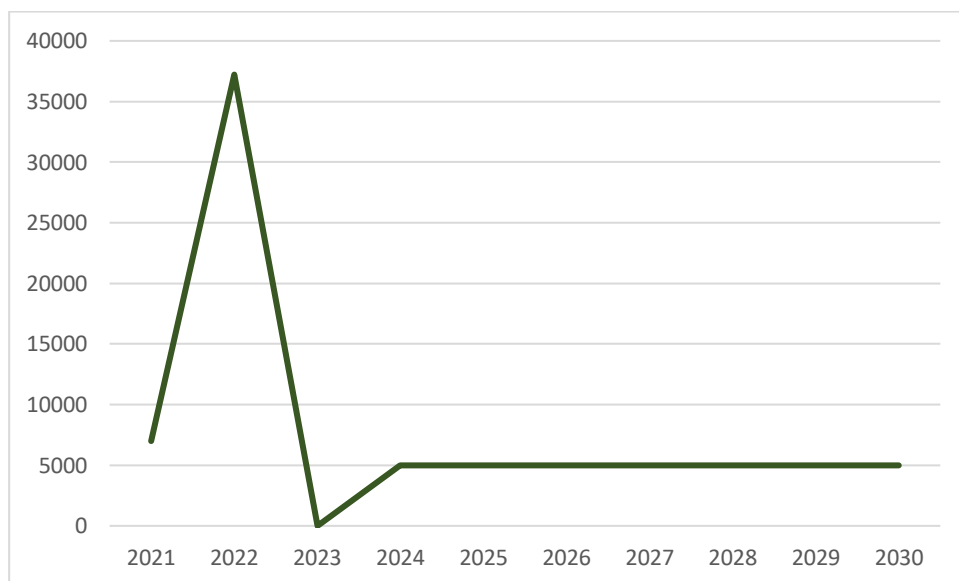
Ukoliko HEP-Plin nastavi sa planiranom stopom implementacije, pametna brojila činit će 85% svih brojila 2030. godine.

Europska unija potiče implementaciju pametnih brojila kako bi se ostvarili ciljevi smanjenja emisija, informiranja potrošača i ostalih. Većina relevantnih EU regulativa odnosi se na pametna brojila za struju, no očekuje se povećan pritisak i na plinska brojila. Ukoliko HEP-Plin nastavi s

planiranom stopom implementacije pametnih brojila, trebali bi biti u dobroj poziciji za potencijalno povećan pritisak, odnosno zadovoljavati uvjete za stopu implementacije.



Tablica 8.4: Implementacije pametnih brojila u HEP-Plinu do 2030.g., [1]



Graf 8.5: Krivulja implementacije pametnih brojila u HEP-Plinu do 2030.g., [1]

HEP-Plin trenutno koristi širok spektar pametnih brojila i povezane IT infrastrukture – u budućnosti moguća je potreba za okrupnjavanjem radi jednostavnosti.

Pametna brojila		
Hardware	Platforma	Software
IKOM ultrazvučna brojila	IKOM data manager	G4EUSComm_Tool
AEM ultrazvučna brojila	Argus	
IKOM mikrotermalna brojila	IKOM data manager	MeteRSit
Sigfox moduli brojila	ThingsTalk	HEPTK mobilna aplikacija

Korektori		
Hardware	Platforma	Software
Corus/Corus EVO + -		Compass
PLUM MacBAT 5		ConfIT

Tablice 8.6 (gore) i 8.7 (dolje) : Trenutna IT arhitektura HEP-Plina, [1]

### 8.1. HEP ThingsTalk i SigFox platforme

ThingsTalk je Internet of Things (IoT) platforma koja omogućuje laku uporabu i upravljanje informacijama koje emitiraju pametne stvari. ThingsTalk osigurala je komunikaciju prikupljanjem podataka s IoT mreže te ih sprema, strukturira, obrađuje i omogućuje njihovo upravljanje. ThingsTalk u specifičnom slučaju HEP-Plina se koristi za najavu, aktivaciju, deaktivaciju uređaja te analizu i menadžment podataka. U suradnji s HEP-Telekomunikacijama i Compingom osmišljen je način upravljanja uređajima preko kojeg se svi MacBAT 5 korektori, plinomjeri i ByteLabi integriraju u HEP-TK SCADU (SigFox) u kojem se prati njihovo svakodnevno javljanje i satna potrošnja. Kako bi se uređaj integrirao u platformu potrebno ga je prvo najaviti preko ThingsTalk aplikacije koja zahtjeva unos općenitih parametara o mjernom mjestu i lokaciji na kojoj će se uređaj montirati (slika 3.1). Isti postupak se obavlja i za montažu ByteLab modula za daljinsko javljanje. Platforma nam omogućava pretraživanje po:

- Statusu javljanja (redovito, povremeno ili neredovito)
- Trenutnom očitavanju (trenutnoj potrošnji)
- Mjernom mjestu (OMM)
- Fizičkoj adresi mjernog mjesta (Adresa i lokacija)
- Tipu brojila (Tip brojila relevantan za potrošnju)
- Serijskom broju brojila
- ID izvora (Šifra modema koji šalje signal na platformu)
- Tipu izvora (Tip uređaja zaduženog za daljinsko javljanje)
- Zadnjoj poruci (Datum i sat zadnjeg slanja signala)

Takav način pretraživanja uvelike olakšava navigaciju kroz veliki broj uređaja integriranih u platformu.

Nastavak implementacije pametnih brojila dodatno će pomaknuti HEP-Plin bliže misiji i viziji grupe.

#### HEP Grupa – Misija i Vizija

- Misija:
  - Proizvodnja, distribucija i opskrba energijom, moraju biti trajni, vjerodostojni i konkurentni, prilagođeni potrebama kupaca te uz naprednu razinu društvene odgovornosti.
- Vizija:
  - HEP će, kao predvodnik u energetske sektoru regije, u suradnji s domaćim i međunarodnim institucijama i kompanijama, razvijati tehnološke mogućnosti, konkurentne prednosti i inovativne poslovne modele usmjerene na nadolazeće zahtjeve korisnika.

Iako su sve poslovne primjene relevantne za HEP-Plin, kompanija bi ostvarila najveće pozitivne učinke u kratkom roku od poslovnih primjena orijentiranih na karakteristike i upravljanje samom mrežom.

Odabrane poslovne primjene pametnih brojila:

##### 1. Analiza karakteristika distribucijske mreže

Pametna brojila omogućuju detaljnije praćenje karakteristika mreže, što znači bolje planiranje investicija u mrežu, sanaciju kvarova i sl.

Nakon daljnje implementacije pametnih brojila, HEP-Plin imat će mogućnost u redovne daljinske provjere kapaciteta, gubitaka i općenitih stanja distribucijske mreže za svaki pojedinačni dio mreže koji je adekvatno pokriven pametnim brojlilima. Te redovne daljinske provjere će asistirati pri identifikaciji potreba za obnovom distribucijske mreže, njenim budućim nadogradnjama, itd. Kroz pametna brojila, HEP-Plin moći će i preciznije pratiti potražnju za plinom u kraćim intervalima, omogućavajući bolje upravljanje distribucijom i opskrbom prirodnog plina.

Poslovna primjena pametnih brojila za analizu karakteristika distribucijske mreže u skladu je sa misijom i vizijom HEP Grupe:

- Olakšava održivost, pouzdanost i konkurentnost distribucije.
- Pospješuje društvenu odgovornost ranijom detekcijom i bržom sanacijom dijelova mreže koji uzrokuju gubitke.
- Razvija tehnološke mogućnosti i konkurentsku prednost HEP-Plina kroz omogućavanje boljeg gospodarenja plinskom infrastrukturom uz manje gubitke u usporedbi sa konkurentima.

##### 2. Detektiranje netehničkih gubitaka

Detektiranje netehničkih gubitaka pospješit će proces naplaćivanja potraživanja i smanjiti povezane financijske gubitke.

Netehnički gubici odnose se na gubitke proizašle iz radnji kupaca, kao što su krađa energije od strane kupca/treće strane. Pri korištenju tradicionalnih brojila, izazovno je razlučiti tehničke od netehničkih gubitaka. S druge strane, pametna brojila mogu uspoređivati potrošnju energije

od strane krajnjeg kupca sa detektiranim tehničkim gubicima u kratkim vremenskim intervalima. Detektiranje netehničkih gubitaka u kraćem vremenu, kroz redovne daljinske provjere mreže i isporučenih količina krajnjim kupcima, može minimizirati financijske gubitke za HEP-Plin.

Poslovna primjena pametnih brojila za detektiranje netehničkih gubitaka u skladu je sa misijom i vizijom HEP Grupe:

- Olakšava konkurentnost distribucije kroz smanjenje financijskih gubitaka
- Razvija konkurentsku prednost HEP-Plina kroz omogućavanje ostvarivanja nižih gubitaka u usporedbi sa konkurentima kao rezultat ranije detekcije netehničkih gubitaka

### 3. Omogućavanje korištenja vodika u distribucijskoj mreži

Širokom primjenom pametnih brojila, HEP-Plin bi osigurao spremnost na ubrizgavanje vodika u plinsku mrežu i povezano smanjenje ugljičnog otiska.

Funkcionalnost novijih generacija pametnih brojila za očitavanje vodika u distribucijskom sustavu omogućila bi HEP-Plinu jedan od preduvjeta za ubrizgavanje vodika u plinski sustav. Mješavina vodika i prirodnog plina zadržava svojstva i kaloričnu vrijednost prirodnog plina, a značajno smanjuje emisije ugljika uzrokovane izgaranjem smjese. Za uspješno ubrizgavanje opisane mješavine u postojeći plinski sustav, uz kontrolu mreže koju osiguravaju pametna brojila, potrebno je provesti i tehničku analizu postojeće plinske infrastrukture kako bi se procijenila njena pogodnost.

Poslovna primjena pametnih brojila za omogućavanje korištenja vodika u distribucijskoj mreži u skladu je sa misijom i vizijom HEP Grupe:

- Pospješuje društvenu odgovornost omogućavanjem daljnjeg razvoja niskougljičnih tehnologija i dekarbonizacije plinske mreže.
- HEP unapređuje tehnološke mogućnosti, konkurentske prednosti i inovativne poslovne modele kroz poticanje ubrizgavanja mješavine prirodnog plina i vodika u distribucijsku mrežu HEP-Plina prije ostalih konkurenata na tržištu.
- Fokusira se na buduće potrebe korisnika kroz predviđanje buduće potražnje za niskougljičnim energentima.



## 9. STUDIJE SLUČAJA

Odabrane studije slučaja uspješne implementacije pokazuju korist odabranih poslovnih primjena, dok Mađarska pokazuje opasnost manjka strategije.

### 1. Pregled statusa implementacije pametnih brojila: GRDF, Francuska.

GRDF, najveći ODS u EU, krenuo je među prvima u implementaciju pametnih brojila te osigurao niz konkurentskih prednosti:

- GRDF je najveći operator distribucijskog sustava u Europi.
  - 198000 km mreže i 90% udio na tržištu
- 90%+ stopa implementacije pametnih brojila
  - GRDF-ov projekt implementacije ima cilj zamjene svih 11 milijuna klasičnih brojila pametnim brojlama – što je ujedno i najveći projekt implementacije pametnih brojila na svijetu.
- €1 milijarda ulaganja za implementaciju.
  - Djelomično financirano putem EIB-a (200 milijuna eura)
- Uštede ostvarene kroz implementaciju sastoje se od energetske uštede, smanjene potrebe za call centrima, smanjene potrebe za manualnim očitavanjima itd.

Razlog odabira – kao rezultat svog dugogodišnjeg fokusa na digitalizaciju mreže, GRDF je implementirao najveći broj pametnih brojila unutar EU, čime je ostvario brojne uštede.

### 2. Pregled statusa implementacije pametnih brojila: Italgas, Italija

Italgas je u vrlo zreloj fazi implementacije pametnih brojila za očitavanje plina, te radi na pripremi pametnih brojila za očitavanje miksa plina i vodika.

- Italgas je najveći operator distribucijskog sustava u Italiji, te treći najveći u Europi
  - 73000 km mreže i 35% udio na tržištu
- 90%+ stopa implementacije pametnih brojila
  - Gotovo završen plan zamjene svih 7,6 milijuna tradicionalnih brojila pametnim brojlama.
- €8,6 milijarde ulaganja za projekt pametne mreže za period do 2029. godine.
  - Djelomično financirano putem EIB-a (300 milijuna eura).
- Mješavina vodika i prirodnog plina ima drugačija svojstva u odnosu na prirodni plin – pametna brojila koja je Italgas implementirao mogu mjeriti i vodik u mreži.

Razlog odabira – pametna brojila nove generacije omogućuju Italgasu inovativne poslovne primjene, poput pripreme mreže za ubrizgavanje vodika.

### 3. Pregled statusa implementacije pametnih brojila: Wiener Netze GmbH, Austrija

Implementacija pametnih brojila omogućila je Wiener Netzeu uvođenje ekoloških tarifa i smanjenje ugljičnih emisija.

- Wiener Netze, u 100% vlasništvu Beča, najveći je ODS u Austriji.
  - 4500 km mreže i 100% udio na tržištu
- 80%+ stopa implementacije pametnih brojila

- U tijeku je zamjena svih 1,6 milijuna tradicionalnih brojila novim pametnim brojilima – najveći projekt implementacije pametnih brojila u njemačkom govornom području.
- 1,5 milijardi eura ulaganja za projekt unaprjeđenja energetske infrastrukture za period do 2026. godine.
- Ekološke tarife omogućene analizom podataka kroz pametne mreže su preduvjet za povećanje održivosti energetskih mreža (npr. poticaji za korištenje energije u trenucima kada je ima viška u sustavu).

Razlog odabira - Wiener Netze je u samo 3 godine postigao stopu implementacije pametnih brojila od 80%, sa glavnim ciljem smanjenja ugljičnog otiska i omogućavanja zelenije mreže.

#### **4. Pregled statusa implementacije pametnih brojila: Mađarska**

Mađarska ima vrlo nizak stupanj implementacije, sa gotovo nepostojećim projektima implementacije pametnih brojila za očitavanje plina.

- ~1% stopa implementacije pametnih brojila
  - Difuzija pametnih brojila u Mađarskoj i dalje je niska i nije se povećala izvan pilot projekata - stopa implementacije svih pametnih brojila (struja i plin) trenutno je oko 1%, od čega su velika većina pametna brojila za očitavanje struje.
- Zakonski okvir koji bi naložio obaveznu implementaciju pametnih brojila ne postoji u Mađarskoj.
  - ODS-ovi financiraju i upravljaju implementacijom pametnih brojila, no zasad mađarski ODS-ovi tvrde da implementacija nije isplativa.
  - Mađarska Europskoj komisiji još nije dostavila analizu troškova i koristi uvođenja pametnih brojila.
  - Buduće promjene mađarskog regulatornog okvira mogle bi potaknuti implementaciju pametnih brojila u skladu s EU direktivama i ciljevima, no vremenski horizont takve izmjene zasada nije poznat.

Razlog odabira - Mađarska je primjer loše implementacije pametnih brojila zbog manjka inicijative i koherentne strategije.

## 10. ZAKLJUČAK

Implementacija pametnih brojila nosi mnoge dokazane prednosti za distributera, uglavnom u obliku značajnih ušteda i omogućavanja pozicioniranja na tržištima novih energenata, poput vodika.

Prednosti implementacije pametnih brojila:

- 3 - 7% energetske uštede
  - Energetske uštede nude dvostruku prednost – također smanjuju ugljične emisije. Većina ušteda energije i, posljedično, smanjenje emisija rezultat su promjena potrošačkih navika, kao i manjih gubitaka.
- 20% manje poziva korisničkoj službi
  - Smanjenje u broju poziva korisnika znači veće zadovoljstvo korisnika i manje potrebnog kapaciteta unutar pozivnih centara.
- Smanjena potreba za manualnim očitavanjima
  - Smanjenje učestalosti manualnih očitavanja donosi mogućnost smanjenja osoblja potrebnog za očitavanje i povezane uštede.
- 20% do 25% smanjenja u netočnim očitavanjima i nepredviđenim odudaranjima
  - Smanjenje u netočnim očitavanjima i nepredviđenim odudaranjima odnosi se i na smanjenje netehničkih gubitaka, odnosno krađa.
- 20% smanjenja u razlikama isporučenih količina plina
  - Bolja kontrola mreže znači manje razlike u zakupljenim kapacitetima mreže i isporučenim količinama plina, te na taj način smanjuje potrebu za nadoknadama razlika.
- Otvaranje mogućnosti pozicioniranja na tržištu obnovljivih izvora energije
  - Pametna brojila omogućuju pripremu distribucijske mreže na ubrizgavanje vodika.

### Višegodišnja strategija implementacije i zamjene brojila u EU

Instalirana baza pametnih mjerača energije doseći će 326 milijuna diljem Europe do 2028. godine.

Više od 56 posto kupaca električne energije u EU27+3 imalo je pametno brojilo krajem 2022. – brojka za koju se predviđa da će porasti na čak 78 posto 2028. godine. Što se tiče isporuka, pametna brojila činila su oko 80 posto od ukupnih isporuka mjerača električne energije EU27+3 u 2022. Italija, koja je trenutno usred uvođenja druge generacije, bila je najveće tržište u smislu isporuka s oko 2,6 milijuna jedinica instaliranih tijekom godine. Ujedinjeno Kraljevstvo bilo je drugo najveće tržište po obujmu s godišnjim isporukama od više od 2,5 milijuna jedinica, što je broj koji bi trebao biti veći da su britanske komunalne službe ispunile svoje instalacijske ciljeve za tu godinu. Treće najveće tržište bila je Švedska, koja je usred implementacije druge generacije, s godišnjim isporukama od oko 1,4-1,5 milijuna jedinica. Poljska i Francuska također su se probile među prvih pet po količini isporuka. Ostala tržišta s velikim količinama instalacija tijekom godine uključivala su Austriju i Belgiju. Tržište pametnog mjerenja u Europi i dalje obećava i spremno je za snažan rast u nadolazećim godinama s ukupno blizu 110 milijuna pametnih brojila električne energije za koje se predviđa da će biti postavljeno u cijeloj regiji tijekom 2023. – 2028. godine.

Uz velike implementacije prve generacije u zemljama poput Ujedinjenog Kraljevstva, Francuske, Austrije, Belgije i Portugala, uvođenja druge generacije u zemljama poput Italije i Švedske doprinijet će značajnim količinama isporuka do kraja 2024. godine. Poljska, koja trenutno

pojačava instalacije pametnih brojila, u međuvremenu će predstavljati znatan i rastući udio isporuka pametnih brojila tijekom cijelog predviđenog razdoblja. Od 2025. nadalje, očekuje se da će povećanje instalacija druge generacije na tržištima kao što je Španjolska, kao i implementacija prve generacije u Njemačkoj i Grčkoj također biti važan doprinos godišnjim količinama isporuka. Ukupno se očekuje da će zamjene pametnih brojila prve generacije biti u rasponu od 25-40 posto ukupnih isporuka pametnih brojila u Europi tijekom sljedećih pet godina, ili 4-8 milijuna jedinica godišnje.

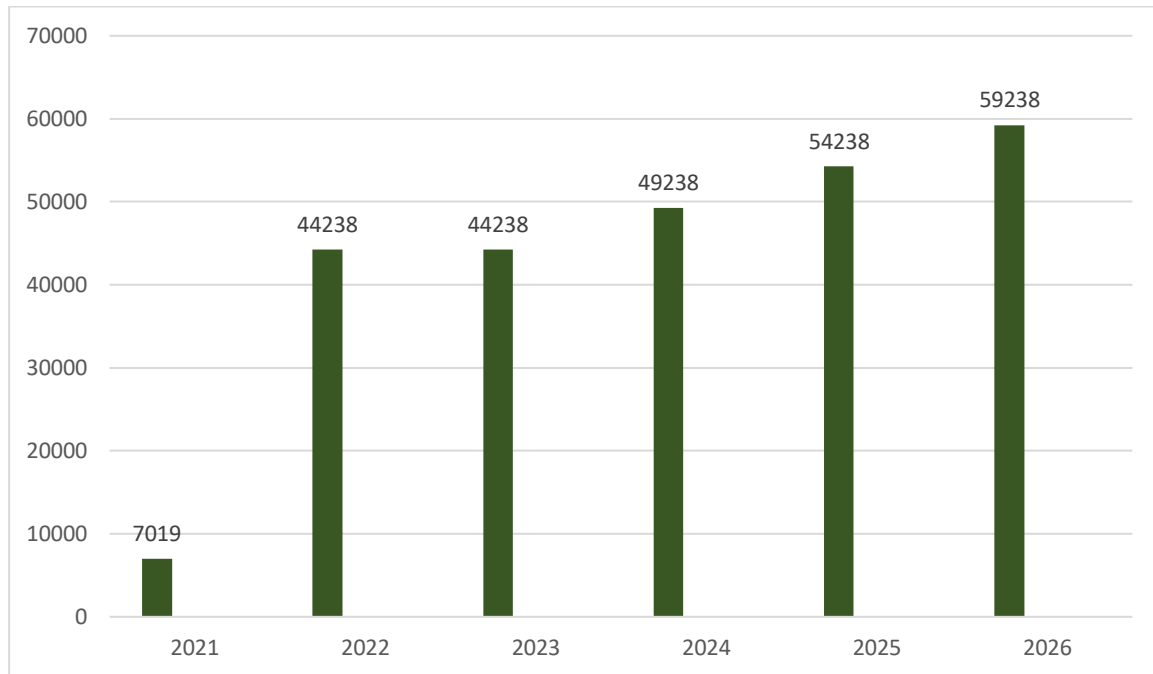
Dok su uvođenja u mnogim zemljama zapadne Europe i nordijskih zemalja ili dobro uznapredovala ili uglavnom dovršena, fokus se sve više prebacuje na srednju, istočnu i jugoistočnu Europu. Izgledi za regiju značajno su se poboljšali tijekom proteklih godina s višestrukim velikim uvođenjem koji su sada planirani ili su već u tijeku. Sveukupno, očekuje se da će regija srednje i istočne Europe i jugoistočne Europe činiti čak 51 posto godišnjih isporuka pametnih brojila EU27+3 u 2028., u odnosu na 30 posto u 2022. godini. Gledajući samo rast godišnjih količina isporuka pametnih brojila prve generacije metara, svih 10 najbrže rastućih tržišta može se pronaći u CEE i jugoistočnoj Europi.

Brzi razvoj novih bežičnih tehnologija za IoT komunikacije ima veliki utjecaj na tržište pametnih mjerenja u Europi. ODS-ovi koji planiraju nove projekte pametnih mreža i uvođenje sredinom 2020-ih imaju na raspolaganju širok raspon sve sofisticiranijih bežičnih tehnologija za svoje mrežne platforme. Bežične tehnologije imaju brojne prednosti u usporedbi s PLC tehnologijama koje su dominirale prvim valom implementacije pametne električne energije u Europi. Podržane golemim ulaganjima u istraživanje i razvoj u industriji mobilnih komunikacija u kombinaciji sa smanjenim troškovima mobilne pretplate, LPWA tehnologije temeljene na 3GPP-u, kao što su NB-IoT i LTE-M, sada brzo dobivaju na snazi u području komunalnih usluga za električnu energiju, plin i vodu. Nekoliko velikih implementacija koje koriste ove tehnologije sada su ili u tijeku ili će uskoro započeti u Beneluxu, Nordiji i Baltiku. LPWA koji se temelji na 3GPP-u više će nego učeterostručiti svoj tržišni udio povezivosti pametnih brojila tijekom predviđenog razdoblja. U ovom trenutku, različiti oblici PLC-a ostat će dominantna tehnološka skupina u smislu instalirane baze, iako se predviđa da će čisto bežične komunikacijske opcije činiti više od 50 posto volumena isporuka tijekom predviđenog razdoblja – s vrhuncem od oko 64 posto u 2025.-2026. godini.

Usvajanje pametnog mjerenja također brzo raste na europskom tržištu distribucije plina. Krajem 2022. godine, oko 42 posto kupaca prirodnog plina u EU27+3 bilo je opremljeno pametnim plinomjerom. Berg Insight procjenjuje da će se broj kupaca prirodnog plina s pametnim plinomjerom povećati na 77,6 milijuna 2028. godine, što je jednako stopi prodora od više od 61 posto. Godišnje isporuke pametnih plinomjera u EU27+3 iznosile su 5,2 milijuna jedinica u 2022. godini. To predstavlja smanjenje od 1,4 milijuna jedinica u usporedbi s 2021. budući da je faza masovnog uvođenja na glavnim tržištima kao što su Italija i Francuska uglavnom dovršena tijekom godine u kombinaciji sa sporijim tempom instalacija od očekivanog u Ujedinjenom Kraljevstvu. Unatoč tome, Francuska je bila najaktivnije tržište 2022. godine, s godišnjim količinama isporuka od 1,9 milijuna jedinica, dok su UK i Italija činile 1,8 milijuna odnosno 0,8 milijuna jedinica. Tijekom predviđenog razdoblja, godišnje količine isporuka pametnih plinomjera ostat će stabilne na oko 5-6 milijuna jedinica. Očekuje se da će se količine isporuka u Italiji smanjivati do 2025. godine, a zatim povećavati do kraja predviđenog razdoblja, dok će godišnje isporuke u Francuskoj ostati na oko 0,1 milijun od 2023. nadalje. Nakon višestrukih odgoda, očekuje se da će tržište Ujedinjenog Kraljevstva postupno pojačati instalacije pametnih plinomjera i dosegnuti vrhunac od

3,4 milijuna jedinica u 2025. godini. Značajan volumen instalacija pametnih plinomjera također se očekuje u dodatnim zemljama tijekom nadolazećih godina, posebno u Španjolskoj i Belgija, gdje će Španjolska činiti 22 posto godišnjih količina isporuka u Europi do 2028. godine.

S obzirom na strategiju HEP-Plina, te sve navedene prednosti daljnje implementacije pametnih brojila, potrebno je nastaviti sa implementacijom.



Tablica 10.1: Broj instaliranih pametnih brojila, [1]

Prednosti implementacije pametnih brojila su:

1. Porast prihoda
  - I. Bolje praćenje i uspješnija naplata potraživanja
  - II. Mogućnost segmentacije i optimiziranja tarifa
  - III. Priprema za ubrizgavanje vodika u mrežu
2. Smanjenje troškova
  - I. Niži energetske gubici
  - II. Manje poziva korisničkoj službi
  - III. Manja potreba za manualnim očitavanjem
  - IV. Rjeđa pogrešna očitavanja
  - V. Smanjenje netehničkih gubitaka (krađe plina)

Pravovremenom implementacijom pametnih brojila, HEP-Plin je dobro pozicioniran da ostvari niz konkurentskih prednosti, kao što su pad energetske gubitaka i troškova očitavanja, te porast zadovoljstva kupaca i uspješnih potraživanja.

Nastavkom implementacije i porastom zastupljenosti pametnih brojila u mreži HEP-Plina, mogućnosti za inovativne poslovne primjene će samo rasti.

Također, pametna brojila omogućit će HEP-Plinu prednost na energetskom tržištu sutrašnjice, kada će distribucijska mreža biti spremnija za uvođenje vodika.

## LITERATURA

- [1] HEP-Plin, Distribucija plina, HEP-Plin [online], Osijek, 2024., dostupno na: <https://www.hep.hr/plin/> [08.03.2024.]
- [2] WGE-Tech d.o.o., MacBAT 5 korektor [online], WGE-Tech d.o.o, Zagreb, 2024. dostupno na: <https://www.wge-tech.eu/proizvodi/korektori/macbat-5/> [06.03.2024.]
- [3] Pravilnik o izmjenama Pravilnika o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji, u Narodne Novine, dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022\\_02\\_23\\_297.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_02_23_297.html) [07.03.2024.]
- [4] PLUM GAS, dana sheet MacBAT5 [online], PLUM GAS, Kleosin, 2022., dostupno na: <https://gas.plum.pl/en/product/macbat-5-2/> [06.03.2024.]
- [5] Sui Generis Consulting, Hoće li plan mjera Europske komisije biti kočnica ili katalizator energetske tranzicije? , Sui Generis Consulting [online], Zagreb, 2023., dostupno na: <https://www.sgc.hr/> [08.03.2024.]
- [6] S. Arun, S. Naidu, „Design and Implementation of Automatic Meter Reading System Using GSM,UIGBEE through GPRS“, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, br. 5, sv. 2, str (321-325), svibanj, 2012.
- [7] T. Ananthapadmanabha, A. D. Kulkarni, Madhvaraja, A. P. Suma, „Automatic meter reading (AMR) based distribution security monitoring and distribution-supervisory control and dana acquisition (D-SCADA) control“, Journal of Electrical and Electronics Engineering Research, br. 6, sv. 3, str (108-120), kolovoz, 2011.
- [8] P. Borle, A. Saswadkar, D. Hiwarkar, R. S. Kad, „Automatic Meter Reading For Electricity Using Power Line Communication“, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, br. 3, sv. 2, str (982-987), ožujak, 2013.
- [9] A. Tanvir, M. Suzan, I. Manirul, U. Rakib, „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“, International Journal of Engineering and Technology 8, str. (1-8), Dhaka, Bangladeš, rujan, 2011.
- [10] S. Arun, S. Naidu, „Hybrid Automatic Meter Reading System“, 2009 International Conference on Computer Technology and Development, sv. 2, str (264-267), Kota Kinabalu, Malezija, studeni, 2009.
- [11] Iotbusinessnews, Smart gas meter shipments will increase 118 percent until 2018, iotbusinessnews, 2016., dostupno na: <https://iotbusinessnews.com/2016/10/13/29705-smart-gas-meter-shipments-will-increase-118-percent-2018/> [07.03.2024.]
- [12] S. Caldani, A. Ramboli, I. Macchiarelli, C. Patrassi, DIGITAL ENERGY, How smart meters will contribute to changing the energy landscape? [online], Arthur D. Little, Luksemburg, 2020., dostupno na: <https://www.adlittle.com/co-en/insights/report/digital-energy> [07.03.2024.]

- [13] L. Gavra, M. Crainic, P. Pupsa, G. Popa, „Resident Smart Gas meters“, 2012 10th International Symposium on Electronics and Telecommunications, str. (1-4), Timisoara, Rumunjska, studeni, 2012.
- [14] T. N. Le, W. L. Chin, D. K. Truong, T. H. Nguyen, Smart Metering Technology and Services - Inspirations for Energy Utilities, InTech, Rijeka, 2016.
- [15] K. Ashna, S. N. George, „GSM Based Automatic Energy Meter Reading System with Instant Billing“, 2013 International Mutli-Conference on Automation, Computing, Communication, Control and Compressed Sensing, str. (65-71), ožujak 2013.
- [16] Yokogawa Electric Corporation, Reliable and Low-cost SCADA-RTU Communications Using GPRS and Dynamic JP [online], Yokogawa Electric Corporation, Tokio, 2007., dostupno na: <https://www.yokogawa.com/library/resources/application-notes/scada-rtu-communications-using-gprs/> [06.03.2024.]

## SAŽETAK

Uvođenje pametnih brojila za očitavanje plina predstavlja revoluciju u industriji energetike i pruža niz prednosti za poslovne primjene. Kroz automatsko očitavanje podataka o potrošnji, stanju mreže i kvaliteti energije, pametna brojila omogućuju precizno upravljanje mrežom, otkrivanje kvarova, smanjenje gubitaka energije i proaktivno održavanje. Dodatno, pružaju personalizirane usluge korisnicima, poput informacija o potrošnji, preporuka za uštedu energije te integraciju s pametnim kućama. Pametna brojila omogućuju daljinsko očitavanje potrošnje, eliminirajući potrebu za ručnim očitavanjem, što štedi vrijeme i resurse. Također, pružaju mogućnost detekcije curenja i drugih problema u distribucijskoj mreži, što doprinosi povećanju sigurnosti i smanjenju gubitaka. Poslovne primjene pametnih brojila za očitavanje plina obuhvaćaju optimizaciju lanca opskrbe, automatizaciju procesa naplate, poboljšanje korisničkog iskustva i priliku za razvoj novih poslovnih modela temeljenih na podacima o potrošnji. U konačnici, implementacija pametnih brojila donosi mogućnost ostvarivanja značajnih ušteda i poboljšanja efikasnosti poslovanja u industriji plina.

Ključne riječi: pametno brojilo, industrija energetike, daljinsko očitavanje potrošnje, poslovne primjene



## **ABSTRACT**

The introduction of smart gas meters for consumption readings represents a revolution in the energy industry and offers a range of benefits for business applications. Through automatic consumption data reading, network status, and energy quality, smart meters enable precise network management, fault detection, energy loss reduction, and proactive maintenance. Additionally, they provide personalized services to users, such as consumption information, energy-saving recommendations, and integration with smart homes. Smart meters allow remote consumption reading, eliminating the need for manual readings, saving time and resources. They also offer the ability to detect leaks and other issues in the distribution network, contributing to increased safety and reduced losses. Business applications of smart gas meters include optimizing the supply chain, automating billing processes, improving customer experience, and creating opportunities for developing new data-driven business models based on consumption data. Ultimately, the implementation of smart meters brings the possibility of significant cost savings and efficiency improvements in the gas industry.

Keywords: smart meter, energy industry, remote consumption reading, Business applications

## **ŽIVOTOPIS**

Filip Hofer rođen je 17. kolovoza 2000. godine u Našicama. 2019. godine po završetku matematičko-prirodoslovne III. Gimnazije u Osijeku upisuje preddiplomski sveučilišni studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer elektrotehnika. Dana 21.rujna 2022. godine završio je Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, u trajanju od šest semestara, stekao 180 ECTS bodova i akademski naziv Sveučilišni prvostupnik (baccalaureus) Inženjer elektrotehnike i informacijske tehnologije (univ. bacc. ing. el. techn. inf.).

---

Potpis