

# ULOGA ODRŽAVANJA U NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE

---

**Horvat, Branimir**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:342984>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-12**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

BRANIMIR HORVAT

**ULOGA ODRŽAVANJA U NEPROPUSNOSTI  
PLINSKE MREŽE**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, prosinac, 2021.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

BRANIMIR HORVAT

**ULOGA ODRŽAVANJA U NEPROPUSNOSTI  
PLINSKE MREŽE**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: prof. Tomislav Božić, dipl. ing.

KARLOVAC, prosinac, 2021.

## IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija te stručnu literaturu i uz konzultacije sa mentorom Tomislavom Božićem, dipl. ing.

Karlovac, 13. 12. 2021.

Potpis studenta\_\_\_\_\_

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru profesoru Tomislavu Božiću dipl. ing., na ukazanom povjerenju, pruženoj pomoći, te stručnom vodstvu tijekom izrade završnog rada. Također bi se zahvalio svim profesorima koji su mi tijekom studiranja prenijeli svoje znanje i bili uvijek pristupačni i dostupni, te kolegama s kojima sam surađivao tijekom studiranja.

Zahvaljujem se svome Poslodavcu Gradskoj plinari Zagreb d.o.o., koja mi je omogućila nastavak školovanja na Veleučilištu u Karlovcu, te završetak Specijalističkog diplomskog stručnog studija strojarstva .

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, supruzi Maji, kćerima Lauri i Lindi te ostatku obitelji što su mi bili velika podrška te su imali razumijevanja i strpljenja za moju odsutnost tijekom cjelokupnog trajanja studija.

## **SAŽETAK**

Osnovna ideja završnog rada je osvrst na pouzdanu i sigurnu isporuku plina na način da se opišu i prikažu metode i postupci održavanja plinskog distribucijskog sustava koji se primjenjuju kako bi se to i ostvarilo.

U uvodnom dijelu opisani su općeniti dijelovi distribucijskog sustava i njegovi elementi, opći pojmovi prirodnog plina od njegova transporta do njegova sastava i razvoja plinske mreže.

Tijekom rada prikazane su metode i postupci preventivnog i korektivnog održavanja plinskog distribucijskog sustava sukladno propisanoj zakonskoj i podzakonskoj regulativi. U završnom dijelu opisan je praktični rad da se stvori dojam važnosti procesa održavanja za sigurnost distribucijskog sustava.

**KLJUČNE RIJEČI:** distribucijski sustav, prirodni plin, metode održavanja, zakonska regulativa

## **SUMMARY**

The basic idea of the final paper is to review the reliable and safe delivery of gas in a way that describes and demonstrates the methods and procedures for maintaining the gas distribution system that are applied in order to achieve this.

The introductory part describes the general parts of the distribution system and its elements, general concepts of natural gas from its transport to its composition and development of the gas network.

During the work, methods and procedures of preventive and corrective maintenance of the gas distribution system in accordance with the prescribed laws and regulations are presented. The final part describes the practical work to create the impression of the importance of the maintenance process for the security of the distribution system.

**KEY WORDS:** distribution system, natural gas, maintenance methods, legislation

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO</b> .....	<b>3</b>
2.1. Prirodni plin .....	4
2.2. Sastav prirodnog plina.....	5
2.3. Kemijski sastav prirodnog plina.....	5
2.4. Značajke prirodnog plina .....	6
<b>3. PLINSKI DISTRIBUCIJSKI SUSTAV</b> .....	<b>7</b>
3.1. Plinovodi.....	8
3.2. Transportni sustav u RH.....	9
3.3. Distribucijski sustav .....	10
3.4. Plinska mreža.....	11
3.5. Kućni priključci .....	12
3.6. Redukcijske stanice .....	13
3.7. Odorizacijske stanice .....	14
3.7.1. Mjerenje koncentracije odoranta.....	16
3.7.2. Kontuirano mjerenje.....	17
<b>4. POPIS ZAKONA I INTERNIH DOKUMENATA</b> .....	<b>18</b>
4.1. Zakon i pravilnici u RH .....	18
4.2. Tehnički pravilnici, Postupci i Radne upute .....	18
<b>5. METODE ODRŽAVANJA PLINSKE MREŽE</b> .....	<b>19</b>
5.1. Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže distribucijskog područja GPZ .....	20
5.1.1. Postupak ispitivanja .....	22
5.1.2. Povijesni razvoj ispitivanja plinske mreže .....	22
5.1.3. Uređaj za ispitivanje nepropusnosti plinske mreže .....	24
5.2. Sustavi katodne zaštite ČE plinovoda .....	25
5.2.1. Mjerna mjesta sustava katodne zaštite.....	28
5.3. Kontrola sustava katodne zaštite „Korak po korak“ – CIPS metoda.....	29
5.4. Periodičke metode ispitivanja plinovoda.....	30
5.4.1. Pearsonova detekcija plinovoda .....	30
5.4.2. Beskontaktna magnetometrija – NCMD metoda.....	33
<b>6. PRIMJENA NCMD METODE NA ISPITIVANJU CJEVOVODA</b> .....	<b>36</b>

6.1.	Ispitivanje cjevovoda GPZ-a primjenom beskontaktna magnetometrije .....	38
6.1.1.	Oprema za ispitivanje .....	38
6.1.2.	Podaci o plinovodu .....	41
6.1.3.	Opis postupka ispitivanja .....	42
6.1.4.	Provedba ispitivanja.....	43
6.1.5.	Detektirane anomalije .....	47
<b>7.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>POPIS LITERATURE .....</b>	<b>52</b>



## POPIS SLIKA

Slika 1. Plinski plamen na bušotini plina	1
Slika 2. Plinski štednjak u kućanstvu	3
Slika 3. Proizvodnja i prerada prirodnog plina	4
Slika 4. Molekula plina metana	5
Slika 5. Kompresorska stanica na plinskom transportnom sustavu	8
Slika 6. Tranzitni plinovod	9
Slika 7. Prikaz plinskog transportnog sustava u RH	10
Slika 8. PRS Zaprešić	13
Slika 9. Kromatografski uređaj	15
Slika 10. Princip rada odorizacijske stanice	16
Slika 11. Plinska odorizacijska stanica	17
Slika 12. Prevencija je ključ uspjeha	19
Slika 13. Prikaz ispitivanja nepropusnosti plinske mreže	20
Slika 14. Prikaz plinskog distribucijskog područja GPZ-a	21
Slika 15. Prvi uređaj za ispitivanje GAS-Tec	23
Slika 16. Detektor plina LSD tehnologije	24
Slika 17. Shema sustava katodne zaštite sa vanjskim izvorima struje	26
Slika 18. Shema sustava katodne zaštite sa žrtvenim anodama	27
Slika 19. Mjerno mjesto sustava katodne zaštite	28
Slika 20. Prikaz mjerenja potencijala KZ-a metodom „Korak po korak“	29
Slika 21. Uređaj za mjerenje oštećenja izolacije – MK-IV	31
Slika 22. Prikaz mjerenja oštećenja izolacije – Pearson metoda	32
Slika 23. Opći prikaz provođenja beskontaktna magnetometrije	34
Slika 24. Usporedba MMM metode i ostalih magnetskih metoda	35
Slika 25. Elaborat 3 – rad na siguran način	36
Slika 26. Lokator cjevovoda – proizvođača RIGID	39
Slika 27. Nosač instrumenta i video kamere	39
Slika 28. NCMD Instrument	40
Slika 29. Skica NCMD metode ispitivanja ukopanog cjevovoda	42
Slika 30. Prikaz trase ispitivanog VT plinovoda	44
Slika 31. Priprema za početak ispitivanja	45
Slika 32. Određivanja trase VT plinovoda	46
Slika 33. Magnetometrijsko snimanje VT plinovoda	46
Slika 34. Lokacija pronade anomalije	49
Slika 35. Prikaz lokacija pronađenih anomalija	49

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Zakonska obveza vremenskih intervala ispitivanja plinske mreže

Tablica 2. Prikaz detektirane anomalije kategorije 2

Tablica 3. Prikaz detektiranih anomalija između zavara

Tablica 4 .Prikaz detektirane anomalije koju je potrebno pregledati iskopom plinovoda

## POPIS OZNAKA

PPMRS	Primopredajna mjerna redukcijska stanica
PRS	Plinsko redukcijska stanica
RS	Redukcijska stanica
IRS	Industrijska redukcijska stanica
PRU	Plinski regulacijski uređaj
GPZ	Gradska plinara Zagreb d.o.o.
CO2	Ugljični dioksid
Hg	Gornja ogrjevna vrijednost plina
Hd	Donja ogrjevna vrijednost plina
RH	Republika Hrvatska
VT	Visokotlačni
ST	Srednje tlačni
NT	Niskotlačni
PE	Poli etilen
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
HT	Hrvatski telekom
PPM	Parts per milion (mjerna jedinica za količinu propuštanja plina)
FID	Flame ionasation detection
TDLS	Tunable Diode Laser Spectrometers
GPS	Global Positioning System
CIPS	Close Interval Potential Survey
ACAD	Auto Cad program
RU	Radna uputa
TP	Tehničko pravilo
DVGW	Deutscher Verein des Gas-und Wasserfaches
KZ	Katodna zaštita
MMM	Magnetska memorija metala
NCMD	Non-contact magnetometric diagnostic
PČ	Plinsko čvorište
TE – TO	Termo-toplana
HEP	Hrvatska elektroprivreda

# 1. UVOD

U današnje vrijeme na globalnoj svjetskoj razini pojam prirodni (ili zemni) plin, dovodi do saznanja o jednom od energenata s najpouzdanijim i naj povoljnim izvorom energije na svjetskoj i europskoj razini. Zbog te činjenice javlja se sve veća potreba za tim učinkovitim i ekološki prihvatljivim energentom i konstantnim rastom potražnje za plinom, kako u Europi tako i u Republici Hrvatskoj. Svjesni takve činjenice neizbježno je kvalitetno planiranje proširivanja plinske mreže i plinifikacije pojedinim dijelova Republike Hrvatske.



Slika 1. Plinski plamen na bušotini plina

Unatoč toj činjenici svaki pojedini operator distribucijskog sustava u Republici Hrvatskoj dužan je sukladno zakonskoj i podzakonskoj regulativi osigurati kontinuirano nadziranje rada distribucijskog sustava u svrhu pouzdane i sigurne distribucije plina, učinkovitog i pouzdanog upravljanja, stabiliziranja i održavanja distribucijskog sustava te izvršavanja ugovornih obveza prema korisnicima sustava i krajnjim kupcima

Uloga distributera plina također je i opskrbljivanje krajnjih kupaca ugovorenom količinom plina, te propisanim sastavom plina i to na siguran način. Kako bi distribucijski sustavi uspješno zadovoljili svim tim potrebnim parametrima, potrebno ih je precizno iz projektirati i izgraditi, te uspješno provoditi njegovo upravljanje i

održavanje od strane stručnih lica. Plan održavanja i kontroliranja plinskog distribucijskog sustava propisuje zakonska i podzakonska regulativa sukladno kojoj se izrađuje stručni plan održavanja i kontrole plinskog distribucijskog sustava.

Stoga je operator distribucijskog sustava dužan osigurati dovoljan broj stručnih lica koji kvalitetno i stručno organiziraju rješavanje pojedinih kriznih situacija kao što su nastanak nekontrolirane propusnosti plina uzrokovane mehaničkim oštećenjem, korozijom cjevovoda, nestručnim rukovanjem od strane drugih lica i sl.

Unatoč pridržavanju svih propisanih i potrebnih propisa, zakona, pravila i pravilnika prilikom izgradnje jednog plinskog distribucijskog sustava, uvijek postoji opasnost od vanjskih čimbenika koji ugrožavaju nekontroliranu propusnost plina na distribucijskom sustavu. Iz tog razloga od izuzetne je važnosti kvalitetno i na vrijeme primjenjivati ispitivanja i održavanje plinskog distribucijskog sustava raznim metodama i postupcima koje svaki pojedini distributer propisuje za sebe sukladno zakonskoj obvezi.

## 2. OPĆENITO

Pogonska energija oduvijek je imala važnu ulogu u gospodarstvu i u razvoju civilizacije. U predindustrijskim civilizacijama koristila se je energija ljudi i životinja, a tek su otkrića u termodinamici i njihova primjena omogućila industrijalizaciju proizvodnje u 18. stoljeću. Nakon prve industrijske revolucije i svestrane primjene parnog stroja, daljnji razvitak fizike i tehničkih znanosti rezultiralo je razvojem korisne primjene elektriciteta i električne energije. To je izazvalo porast potražnje za energijom, a osobito fosilnim gorivima, ugljenom, naftom i prirodnim plinom.

Tijekom pojedinih faza industrijalizacije mijenjala se struktura potrošnje energije i vremenom je jedan dominantni primarni izvor energije zamijenjen drugim. Postupno pada udio nafte, a raste udio prirodnog plina i obnovljivih izvora energije. Dok su obnovljivi izvori energije još razmjerno skupi, a nuklearna fuzija se čini dalekom budućnošću, prirodni plin sve više postaje najvažniji energent današnjice.



Slika 2. Plinski štednjak u kućanstvu

Uloga prirodnog plina u opskrbi energijom sve je značajnija. Plin potiskuje ostala goriva u komercijalnom sektoru, ali i u kućanstvima, osobito u razvijenom i urbaniziranom dijelu svijeta. Dostupnost izvora plina, cijena i ekološke značajke idu u prilog njegovoj sve većoj uporabi u industriji i postrojenjima za proizvodnju električne energije, te u različitim sektorima i oblicima potrošnje, poput prometa ili hlađenja. Porast korištenja prirodnog plina povezan je s njegovim fizikalnim značajkama,

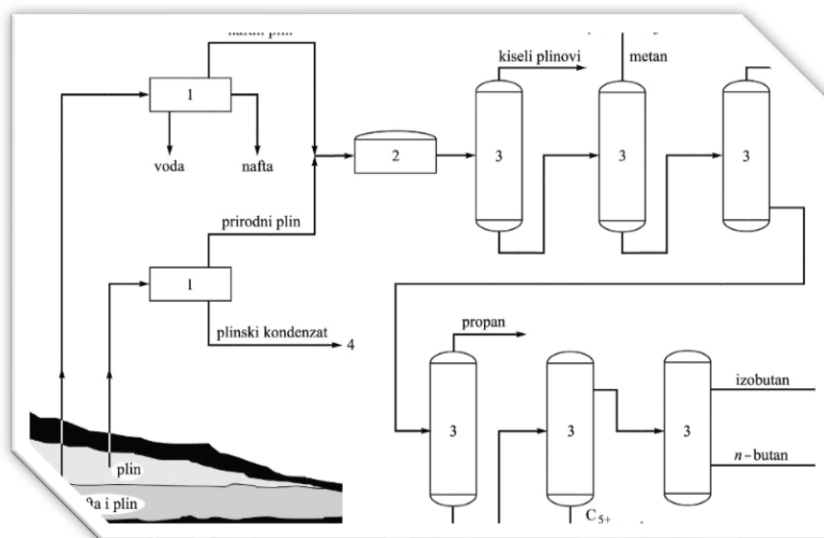
pogodnošću za transport, distribuciju i korištenje u distribuiranim energetske sustavima. [1]

## 2.1. Prirodni plin

Prirodni plin, koji danas koristimo, ima najniže emisije ugljikova dioksida u usporedbi s loživim uljem ili pak ugljenom i naftom, što ga u odnosu na ostala fosilna goriva čini čistim i ekološki prihvatljivim izvorom energije. Njegov glavni sastojak, metan, sagorijeva gotovo u potpunosti i ne ostavlja tragove poput pepela. Važno je znati i da upravo ekološka prihvatljivost nema utjecaja na njegovu funkciju te nam omogućava da njegovom uporabom manje zagađujemo okoliš.

Prirodni plin je izrazito čist i smatra se najčišćim od svih tradicionalnih energenata. Prilikom sagorijevanja emitira 60 % manje CO<sub>2</sub> u atmosferu od primjerice ugljena, što znači da ima najniže emisije stakleničkih plinova i najmanje onečišćenje česticama od ostalih fosilnih goriva. Zato je, u ovom trenutku, ekološki najprihvatljiviji energent i u industriji i u kućanstvu.

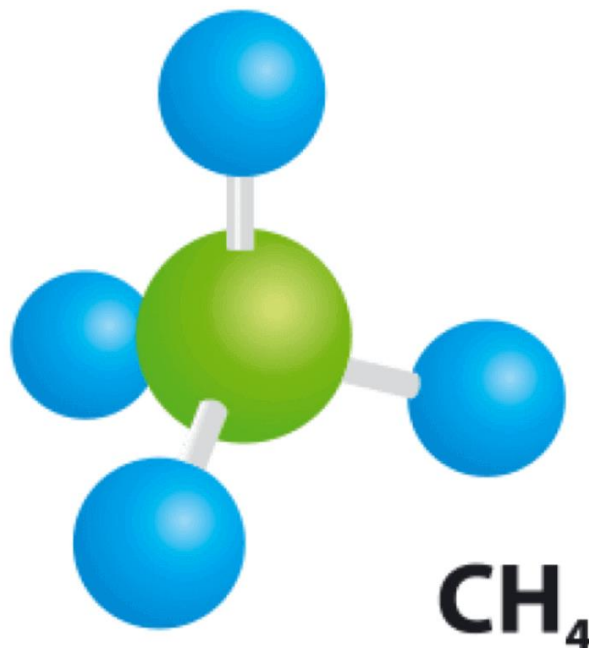
Prirodni plin vadi se iz podzemnih nalazišta koja mogu biti na dubini od nekoliko metara pa sve do pet kilometara dubine. Dakle, vadi se iz zemlje jednako kao i nafta te se može pronaći u samostalnim nalazištima ili zajedno s naftom. [6]



Slika 3. Proizvodnja i prerada prirodnog plina

## 2.2. Sastav prirodnog plina

S obzirom na udio težih ugljikovodika razlikuju se suhi i vlažni plin ili mokri plin, s povećanim i znatnim udjelom težih ugljikovodika iz plinskih i plinsko-kondenzatnih ležišta. Kao fosilno gorivo, prirodni plin ima ograničene zalihe. Procjene su da bi zalihe prirodnog plina računajući prema količinama današnje potrošnje, mogle potrajati još sto godina. Osobine plina su da je bez boje, okusa i mirisa, specifične težine od 0,717 kg/m<sup>3</sup> (lakši je od zraka), eksplozivan u smjesi sa zrakom od 5 -15 % Vol., neotrovan.



Slika 4. Molekula plina metana

## 2.3. Kemijski sastav prirodnog plina

Prirodni ili zemni plin je fosilno gorivo koje se sastoji od metana (CH<sub>4</sub>) u udjelu od 85% do 98%, složenih ugljikovodika etana (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) i propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) i viših ugljikovodika te dušika (N<sub>2</sub>), ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i Kisika u udjelu od 2% do 15%.



Pri apsolutnom tlaku 101.325 Pa (1,01325 Bar) i temperaturi 288,15 K (15°C)

- Metan (CH<sub>4</sub>).....min 85 %
- Etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>).....max 7 %
- Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) i viši ugljikovodici.....max 6 %
- Dušik (N<sub>2</sub>).....max 3 %
- Ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>).....max 2,5 %
- Kisik (O<sub>2</sub>).....max 0,001 %

#### 2.4. Značajke prirodnog plina

Prirodni plin je energent bez boje, okusa i mirisa. Nije otrovan, lakši je od zraka i izgara plavim plamenom. Zapaljiv je i eksplozivan. Prije nego što uđe u distributivni sustav plinu se dodaje kemijsko sredstvo (odorans) jakog i karakterističnog mirisa, kako bi se u slučaju propusnosti osjetio.

Pri apsolutnom tlaku 101.325 Pa (1,01325 Pa) i temperaturi 288,15 K (15°C)

- Gornja ogrjevna vrijednost – H<sub>g</sub>.....10,28 – 12,75 kWh/m<sup>3</sup>
- Donja ogrjevna vrijednost – H<sub>d</sub>.....9,25 – 11,47 kWh/m<sup>3</sup>
- Relativna gustoća plina – ρ<sub>r</sub>.....0,56 – 0,7 kg/dm<sup>3</sup>
- Točka rosišta pri tlaku od 70 bar
- Vode.....-8 °C
- Ugljikovodika.....-2 °C

### 3. PLINSKI DISTRIBUCIJSKI SUSTAV

S obzirom na to da je male gustoće, prirodni plin nije lako transportirati vozilom. Zato kada se izvadi iz zemlje, on se transportira cjevovodima u plinovitom stanju ili ga se pretvara u ukapljeno stanje. Kada ga se smrzava na -160 Celzijevih stupnjeva, prirodni plin kondenzira i dovodi se u kapljično stanje. U takvom stanju moguće ga je prevoziti brodovima ili cisternama.

Prirodni se plin transportira u plinovitom stanju kopnom i po morskom dnu plinovodima, dok se u udaljene prekomorske zemlje transportira specijalnim brodovima (metajnerima) u ukapljenom stanju.

Kad se plin transportira na velike daljine, najčešće se radi i o velikim količinama plina. Zbog tehničkih i ekonomskih ograničenja ne upotrebljavaju se cijevi promjera većeg od 1440 mm, a ni tlakovi veći od 70 bar, rjeđe do 100 bar. U takvim su cjevovodima otpori strujanju toliki da uzrokuju velik gubitak tlaka, pa tlak već nakon 100 do 150 km padne na vrijednost koja onemogućuje ekonomičan transport plina. Zbog toga se u plinovode ugrađuju kompresorske stanice kojima se tlak plina povećava na početnu vrijednost.

Osim kompresorskih stanica u plinovode se ugrađuju i uređaji potrebni za normalno funkcioniranje plinovoda. To su automatski zaporni uređaji, stanice za ispuhivanje i rasterećenje plinovoda, stanice za uvođenje i vađenje pročistača plinovoda i redukcijsko-mjerne stanice.

Automatski zaporni uređaji ugrađuju se svakih 10 do 20 km. Oni djeluju kad se snizi tlak plina u cjevovodu, što je indikacija oštećenja cjevovoda. Stanice za ispuhivanje i rasterećivanje plinovoda ugrađuju se obično zajedno sa stanicama za čišćenje cjevovoda, a služe za pražnjenje plinovoda ispuhivanjem u atmosferu. To se primjenjuje samo u slučaju opasnosti. Takve se stanice ugrađuju na početku i na kraju plinovoda te ispred i iza kompresorskih stanica. Redukcijsko-mjerne stanice ugrađuju se na mjestima predaje plina drugoj radnoj organizaciji. U takvoj se stanici smanjuje tlak i mjeri predana količina plina. [7]



Slika 5. Kompresorska stanica na plinskom transportnom sustavu

### 3.1. Plinovodi

Prema transportnoj udaljenosti plinovodi se mogu razvrstati u 3 (tri) kategorije:

- Transitne
- Magistralne
- Distribucijske plinovode

Tranzitnim plinovodima transportiraju se velike količine prirodnog plina iz jedne zemlje u drugu prelazeći i preko teritorija jedne ili više zemalja. Takvi plinovodi najčešće prenose plin pod tlakom od 70 - 100 bar, a grade se od čeličnih cijevi promjera do 1500 mm , a dugi su i više tisuća kilometara.

Magistralni plinovodi služe za transport plina unutar granica zemlje ili užeg područja, najčešće od mjesta proizvodnje ili od mjesta uvoza do potrošačkih središta ili velikih industrijskih potrošača. Rade s tlakom manjim od 70 bar, a promjer im najčešće nije veći od 1000 mm.

Distribucijskim se plinovodima dovodi plin od mjesta preuzimanja na magistralnom plinovodu do mjesta predaje potrošačima. Glavni dijelovi distribucijske mreže rade s tlakom manjim od 4 bar, a razdjelna distribucijska mreža za dovod do stambenih zgrada s tlakom od 50 mbar do 4 bar. Promjeri distribucijskih plinovoda iznose od 50 do 600 mm.



Slika 6. Tranzitni plinovod

### 3.2. Transportni sustav u RH

Transportnim sustavom se prirodni plin iz domaće proizvodnje i iz uvoza, preko interkonekcija sa Slovenijom (Zabok – Rogatec) i Mađarskom (Donji Miholjac – Drávaszerdahely), transportira do izlaznih mjerno-redukcijskih stanica na kojima se predaju u 38 distribucijskih sustava, sustav skladišta plina i krajnjim kupcima koji su izravno priključeni na transportni sustav.



Slika 7. Prikaz plinskog transportnog sustava u RH

### 3.3. Distribucijski sustav

Distribucijski sustav sastoji se od plinske distribucijske mreže, odorizacijskih, te redukcijских stanica. Opskrbljuje se plinom putem transportnog sustava preko PPMRS, te ga dalje distribuira prema krajnjem kupcima. Plinska distribucijska mreža sastoji se od visokotlačnih napojnih plinovoda, te nisko i srednjetačnih plinovoda široke potrošnje.

Preuzeti plin iz transportnog sustava putem PPMRS odorizira se pomoću odorizacijskim stanicama zbog sigurnosnih razloga i neželjenog propuštanja plina, te kako bi ga u konačnici ljudsko osjetilo njuha moglo osjetiti i reagirati na eventualnu propusnost. Zbog tehničkih razloga različita tlačna područja reguliraju se redukcijskim stanicama kod prijelaza iz višeg tlačnog područja u niže, te se plin distribuira odgovarajuće potrebnim tlakom prema krajnjem kupcu

### **3.4. Plinska mreža**

Plinovodi predstavljaju osnovni dio plino-opskrbnog sustava, a njihova je osnovna uloga prijenos plina od izvora ili mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje. Mogu se podijeliti na dva (2) osnovna načina:

1. Prema najvećem dopuštenom radnom tlaku plinovodi mogu biti:

- a) niskotlačni, do najviše 100 mbar (0,1 bar)
- b) srednjotlačni, od 100 mbar do 4 bar
- c) visokotlačni, od 4 bar do 100 bar

2. Prema smještaju u prostoru, odnosno mjestu polaganja, plinovodi mogu biti:

- podzemni
- nadzemni
- podmorski ili podvodni.

Izvan građevina se plinovodi na kopnu polažu na dva osnovna načina:

- podzemno
- nadzemno

Podzemni plinovodi se polažu u tlo, na dubinu ispod granice njegovog smržavanja. Dubina polaganja važna je iz sigurnosnih razloga, a najčešća prosječna dubina, mjerena od gornjeg ruba cijevi, iznosi:

za magistralne VT plinovode: 0,8 - 1,5 m

za VT i ST plinovode: 0,8 - 1,5 m

za NT plinovode: 0,8 - 1,3 m

za kućne priključke: 0,6 - 1,0 m.

Materijal plinovoda koji se polaže odabire se prema tlačnom razredu plinovoda, vrsti distribuiranog plina te njegove kakvoće i sadržaja primjesa. Visokotlačni plinovodi izvode se od čeličnih materijala, tvornički izoliranih izvana, po mogućnosti i iznutra.

Čelični plinovodi su katodno šticeeni iz razloga utjecaja raznih čimbenika (pH tla, lutajućih struja, vrste tla i dr.).

Srednjotlačni i niskotlačni plinovodi izvode se od PE materijala i to od PE 80 ili PE100. Glavna svojstva PE cijevi su:

- mala površinska hrapavost i specifična masa
- velika udarna žilavost
- elastičnost
- dobra električna otpornost
- nije potrebna katodna zaštita
- brzo spajanje i polaganje
- izvanredno čvrsti spojevi u usporedbi s drugim materijalima

### **3.5. Kućni priključci**

Kućni priključci su dio plinskog sustava kojima je svrha povezivanje plinske distribucijske mreže i unutarnje, odnosno kućne plinske instalacije. Polazu se kao i plinovodi, u iskopane i pripremljene rovove i to na dubinama od 0,6 do 1,0 m s padom prema plinovodu.

Jedna zgrada u pravilu ima samo jedan priključak. Velike stambene zgrade s više ulaza mogu imati poseban priključak za svaki ulaz.

Kućni priključak treba biti izveden najkraćim putem od plinovoda do objekta, a sastoji se od:

- spoja priključka na plinovod
- priključnog cjevovoda
- glavnog zapora
- PRU kod plinovoda radnog tlaka od 0,1 do 4,0 bar
- protupožarnog zapora kod priključka s podrumskim ulazom
- fasadnog ili nadzidnog ormarića

Glavni zaporni organ kućnog priključka mora uvijek biti na pristupačnom mjestu kako bi se u slučaju potrebe mogao zatvoriti. U slučaju izvedenog podrumskog priključka kućni priključak

### 3.6. Redukcijske stanice

Promatrajući plinski transportni i plinski distribucijski sustav u smjeru strujanja plina od proizvodnih postrojenja prema krajnjim kupcima, vidljivo je da se mijenjaju tlačna područja u kojima radi pojedini dio plinskog sustava. Tako se tlačno područje distribucijskih sustava nalazi u rasponu od 4 – 16 bar (visoki tlak), 100 mbar – 4 bar (srednji tlak) i 30 – 100 mbar (niski tlak). Redukcija tlaka plina iz višeg u niži tlačni razred obavlja se u redukcijskim stanicama koje, ovisno o namjeri, mogu biti:

- Primopredajne mjerno-redukcijske stanice (PPMRS), koje se koriste u slučajevima kada se redukcija tlaka plina obavlja na mjestu protoka plina i predaje iz transportnog u distribucijski sustav
- Redukcijske stanice (RS ili PRS), koje se koriste za područnu, odnosno namjenu opskrbe plinom određenog distribucijskog područja i omogućava dvostupanjsku redukciju tlaka plina, u najmanje dva područja izlaznih tlakova



Slika 8. PRS Zaprešić

- Industrijske redukcijske stanice (IRS), koje se koriste za opskrbu plinom industrijskih potrošača radnim tlakom u skladu s njihovim potrebama
- Plinski regulacijski uređaji (PRU), koji se koriste za opskrbu plinom određenog kupca ili skupine krajnjih kupaca



Lokacija plinske redukcijske stanice odabire se ovisno o njezinoj namjeni, tipu distribucijskog područja koji se napaja, raspoloživom prostoru za smještaj, ali i o drugim specifičnostima prema zahtjevu investitora s obzirom na buku, estetiku i urbanizam

Građevinska izvedba plinske redukcijske stanice može biti sljedeća:

- samostojeći čvrsti objekt
- kiosk
- limeni ormarić
- u industrijskom halama
- na pročeljima stambenih zgrada
- pod zemljom, u plinskim oknima (šahrovima) ili kapsulama

Osnovna oprema plinskih redukcijskih stanica:

- zaporni elementi
- izolacijski umetak
- plinski filteri
- oprema za mjerenje protoka plina
- sigurnosno-zaporni ventil
- regulatori tlaka plina
- impulsni funkcionalni vodovi
- sigurnosno ispušni ventili
- prigušivači zvuka
- uređaji za nadzor
- zaporna armatura
- postrojenje za predgrijavanje plina [1]

### **3.7. Odorizacijske stanice**

Operator plinskog distribucijskog sustava, sukladno zakonskoj obvezi, dužan je odorirati prirodni plin te provjeravati učinkovitost odoriranja u svrhu sigurne uporabe prirodnog plina. Dugogodišnjim mjerenjima i praćenjem učinkovitosti odoriranja

prirodnog plina dokazano je da kemijsko – fizikalni procesi oksidacije i apsorpcije u plinovodu mogu ugroziti ili smanjiti učinkovitost odoranta, upozoravajućeg mirisa.

Također dugogodišnjim iskustvom i praksom utvrđeno je da točnost rezultata mjerenja koncentracije odoranta u prirodnom plinu, uz pomoć detektora s ugrađenim katalitičkim senzorom, ovisi o količini sumpornih spojeva ( $H_2S$ , merkaptanskog sumpora i ostalih sumpornih spojeva) u prirodnom plinu. To proizlazi iz činjenice da katalitički senzori mjere ukupnu količinu sumpornih spojeva bez razlike o njihovom porijeklu. Na taj način neminovno je unošenje mjerne pogreške u rezultate mjerenja. Jedino specijalizirani kromatografski uređaji mogu točno razlučiti i izmjeriti prisustvo određene komponente u nekom spoju



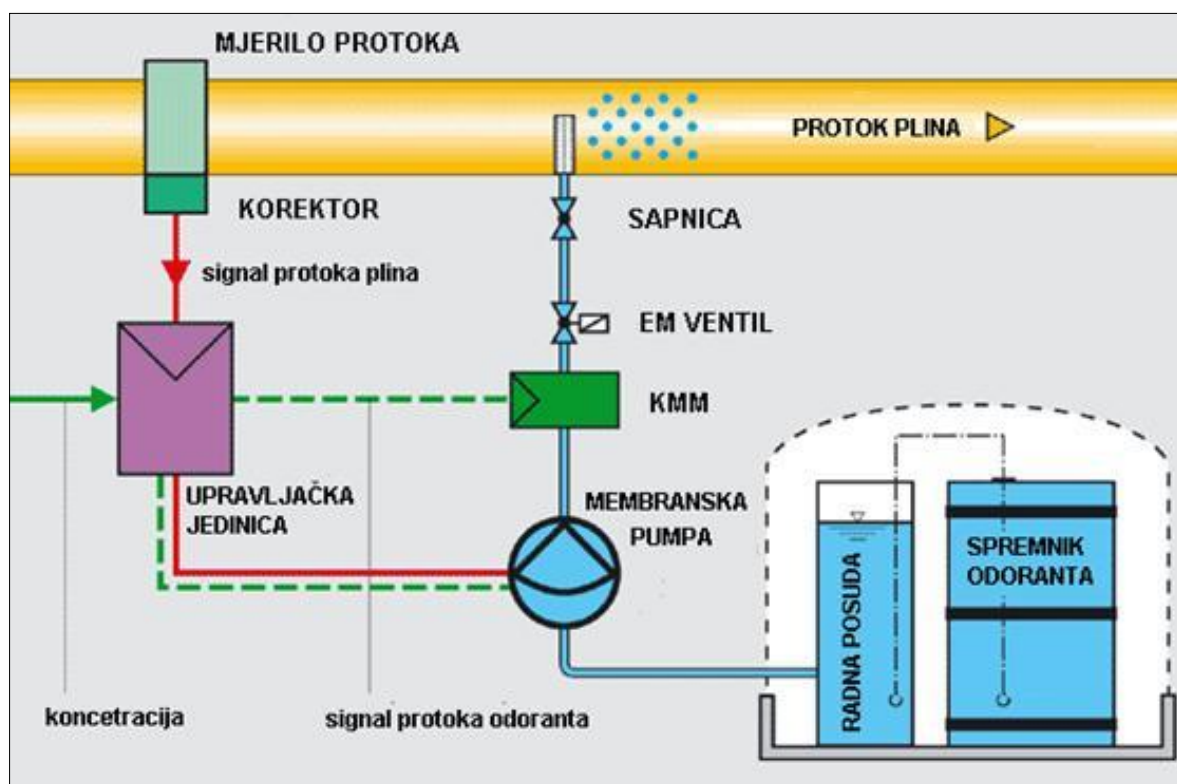
Slika 9. Kromatografski uređaj

### 3.7.1. Mjerenje koncentracije odoranta

Dodavanje odoranta prirodnom plinu mora biti kontinuirano, kako bi postigli da upozoravajući miris, u slučaju istjecanja plina, kod krajnjeg korisnika bude kontinuirano prisutan. Iskustveno je dokazano da zbog fizikalnih i kemijskih procesa koji se odvijaju u plinovodu, duljina plinske mreže utječe na pad koncentracije odoranta.

Uzimajući u obzir izmjerene padove koncentracije odoranta uzduž opskrbnih pravaca prirodnog plina na distribucijskom području, te zakonom određene minimalne koncentracije odoranta kod krajnjeg korisnika, dolazimo do podatka o potrebnoj količini odoranta na odorizacijskoj stanici koja odorira plin na početku pojedinog opskrbnog pravca koji promatramo.

Povremenim mjerenjima koncentracije odoranta kod krajnjih korisnika, na krajnjim točkama distribucijskog sustava, provjeravamo funkcioniranje sustava odorizacije i poduzimamo potrebne korekcije.



Slika 10. Princip rada odorizacijske stanice

### 3.7.2. Kontuirano mjerenje

Mjerenje se izvodi kontinuirano ( 24h /dnevno), metodom praćenja i pregleda koncentracije odoranta u plinskoj mreži. Sva mjerenja se prenose telemetrijskim sustavom (SCADA) u distribucijski centar. Kalibracija uređaja obavlja se prema zadanom režimu ( satno, dnevno, tjedno), ovisno o učestalosti uzimanja uzoraka i izrade analize. Izvješće mjerenja sadrži :

- podatke o mjestu mjerenja,
- serijskom broju kromatografa,
- imenu operatera,
- nazivu ispitivane tvari,
- rezultat za svako pojedinačno mjerenje u  $\text{mg}/\text{m}^3$  i
- kromatografski prikaz za svako mjerenje.

Sva mjerenja se pohranjuju u bazu podataka, koja kao takva se mogu koristiti u dokazivanju kvalitete funkcioniranja sustava odorizacije.



Slika 11. Plinska odorizacijska stanica

## **4. POPIS ZAKONA I INTERNIH DOKUMENATA**

### **4.1. Zakon i pravilnici u RH**

- Mrežna pravila transportnog sustava (NN, br. 50/18, 31/19, 89/19, 36/20, 106/21)
- Opći uvjeti opskrbe plinom (NN, br. 50/18, 88/19, 39/20, 100/21)
- Mrežna pravila plinskog distribucijskog sustava (NN, br. 50/18, 88/19, 36/20, 100/21)
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima NN 108/95, NN 56/10
- Zakon o zaštiti od požara NN 92/10
- Zakon o zaštiti od buke NN 30/09, NN 55/13, NN 153/13, NN 41/16, NN 114/18
- Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru NN156/08
- Pravilnik o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacije i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom NN 39/06, NN 106/07
- Zakon o tržištu plina (NN, br. 18/18, 23/20)
- Odluka o donošenju Plana intervencije o mjerama zaštite sigurnosti opskrbe plinom Republike Hrvatske (NN, br. 78/14)

### **4.2. Tehnički pravilnici, Postupci i Radne upute**

- Pravilnik o najmanjim zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja radnika te tehničkom nadgledanju postrojenja, opreme, instalacija i uređaja u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom NN.39/06,106/07
- Pravilnik o opremi i zaštitnim sustavima namijenjenim za uporabu u potencijalno ex atmosferom (NN 34/10)
- Radni list DVGW G 491
- Tehničko pravilo DVGW G 495
- Tehnička pravila za odorizaciju plina HSUP P 601.113, DVGW G – 280
- Tehničko pravilo TP 580/I – ispitivanje plinske mreže s radnim tlakom do 4 bar
- Tehničko pravilo TP 507/I – održavanje sustava katodne zaštite
- Postupak za odoriranje prirodnog plina (br. 75.12.04)
- Postupak nadzora i održavanja plinskog kromatografa (br. 76.12.01)
- RU za održavanje plinskog kromatografa (br. 75.12.05.11)
- RU za mjerenje koncentracije odoranta (br. 75.12.04.05)
- RU o provođenju udarne odorizacije (br. 75.12.04.09)
- RU za postupanje pri istjecanju odoranta na odorizacijskoj stanici (br. 83.00.02.04)
- RU za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka
- RU za kontrolu rada plinsko redukcijских stanica br.75.12.05.06

## 5. METODE ODRŽAVANJA PLINSKE MREŽE

Pojam preventivnog nadzora plinske mreže podrazumijeva redovne provjere točno definiranih dijelova plinske mreže ili njezinih karakterističnih točaka. Krajnji cilj provođenja preventivnog održavanja je da se samo održavanje vrši prije nego kvar nastane.

Preventivno održavanje podrazumijeva brigu i servisiranje sustava kako bi ostao u zadovoljavajućim radnim karakteristikama, koristeći sustavni nadzor, detekciju i ispravak potencijalnog kvara prije nego dođe do njega. Cilj je imati sustave koji se nikada neće pokvariti, a njih osiguravamo tako da periodički provjeravamo svojstva i funkcije sustava. [8]

Prednosti preventivnog održavanja:

- pouzdanost ispitnih uređaja prilikom rada,
- mogućnost planskog organiziranja održavanja,
- precizno predviđanje troškova održavanja.

Nedostaci preventivnog održavanja:

- povećani troškovi održavanja (teoretski, iako često ne i stvarni, kvar uređaja s korektivnim održavanjem često donese mnogo veće troškove)
- potencijalna mogućnost kvarova skupocjene opreme iz razloga rukovanja s opremom nedovoljno stručno osposobljenog osoblja koje vrši održavanje.
- veliki troškovi kod prije vremenske zamjene dijelova ili opreme kod planskog održavanja



Slika 12. Prevencija je ključ uspjeha

## 5.1. Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže distribucijskog područja GPZ

Temelj za sigurno i kvalitetno provođenje ispitivanja nepropusnosti plinske mreže je potpuna i ažurirana dokumentacija, praćenje stanja plinovoda, praćenje aktivnosti drugih komunalnih ili izvoditeljskih tvrtki u blizini plinske mreže, te angažiranost potrebnih službi kao što su razne dežurne ekipe, hitne intervencije i nadzor sustava.

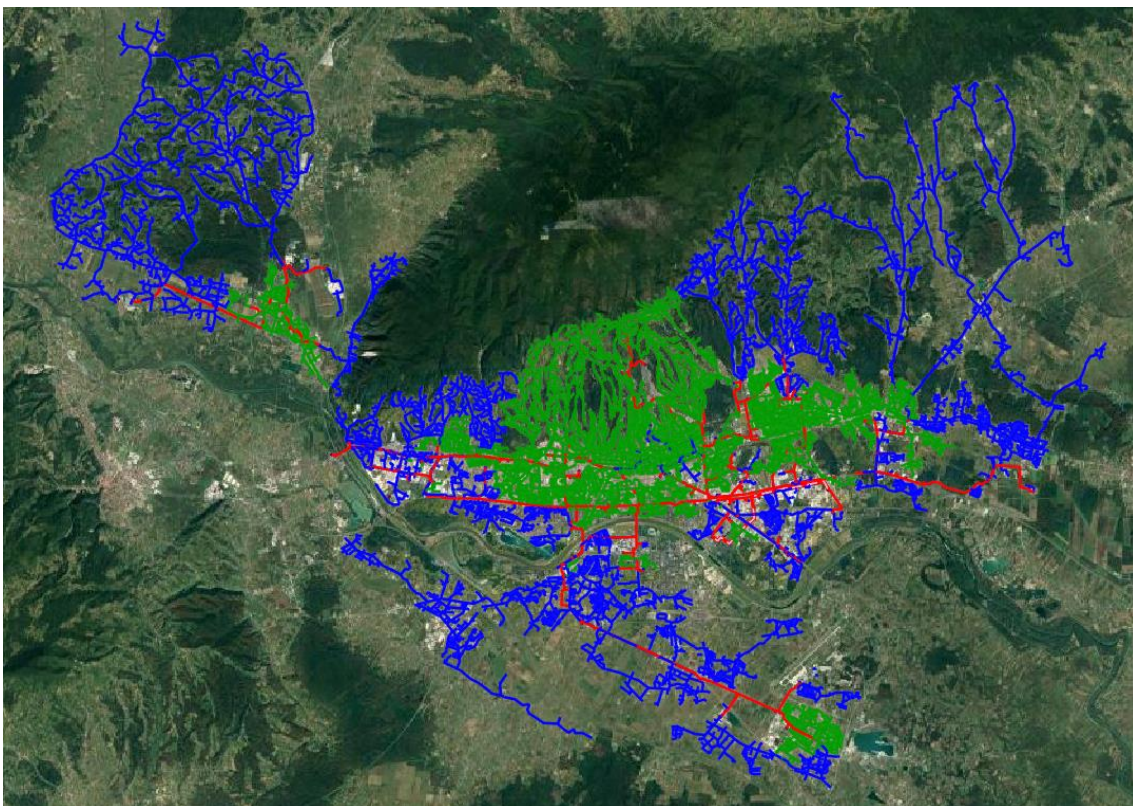
Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže provodi se pomoću detektora plina (metana – CH<sub>4</sub>) ophodnjom cijele trase plinovoda i kućnih priključaka ili vožnjom automobila koji u sebi ima ugrađen sustav za ispitivanje. Detektorom plina se uzima uzorak zraka iznad plinovoda ili kućnih priključaka, koji ako se radi o propuštanju, utvrđuje količinu prisutnosti plina. U slučaju da se plinovod nalazi ispod asfaltne ili betonirane površine, ispitivanje treba proširiti do rubova asfalta ili betonirane površine, te objekata koji se nalaze u zoni plinovoda. Ako se plinovod križa ili vodi paralelno s kanalizacionim, vodovodnim ili HT vodovima, ispitivanjem se obuhvaćaju okna od navedenih infrastruktura koja se nalaze u zoni plinovoda, a u slučaju bilo kakve indukcije propusnosti i šire.



Slika 13. Prikaz ispitivanja nepropusnosti plinske mreže

Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže izvodi se u propisanim vremenskim razmacima koje određuje veličina plinske mreže, tlačni razred, specifičnost područja i uvjeta rada, meteorološki uvjeti, te drugi razni čimbenici.

Patroliranje predstavlja vizualni pregled površine iznad trase plinovoda i u zaštitnom pojasu plinovoda. Patroliranjem trase plinovoda se vrši nadzor sustava i provjera nesukladnosti, te tehničkih nepravilnosti na sustavu, isto kao i obavljanje građevinskih ili drugih radova koji mogu utjecati na sigurnost distribucijskog sustava



Slika 14. Prikaz plinskog distribucijskog područja GPZ-a

Distribucijsko područje GPZ-a se proteže kroz gusto naseljeno područje (Zapad-Istok) u dužini cca 70 km, te cca 35 km u širini (Sjever-Jug). Sastoji se od 171 km VT, 1872 km ST i 1903 km NT plinske mreže, što ga uvrštava u najveće distribucijsko područje u RH. Približno 120 000 kućnih priključaka na distribucijskom području GPZ dovoljno govori o zahtjevnosti organizacije preventivnog i korektivnog održavanja s ciljem postizanja visokog stupnja sigurnosti distribucijskog sustava.



### 5.1.1. Postupak ispitivanja

Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže provodi se kontinuiranim laganim hodom, otprilike jedan korak po sekundi. Odaziv detektora za vrijeme ispitivanja plinske mreže koje iznosi < 2 sekunde, te se iz tog razloga prilikom detekcije propusnosti plina, moramo vratiti nekoliko koraka unazad da bi se odredila točna mikro lokacija izlaza plina. Nakon određivanja iznosa količine koncentracije i mikro lokacije slijedi daljnji postupak korektivnih radnji.

TLAČNI RAZRED PLINOVODA	Maksimalan interval između 2 (dva) ispitivanja nepropusnosti plinovoda i kućnih priključaka	
	Broj propusnih mjesta po km plinovoda < 2	Broj propusnih mjesta po km plinovoda > 2
VT plinovodi	1 godina	6 mjeseci
ST plinovodi	2 godine	1 godina
NT plinovodi	4 godine	2 godine

Tablica 1. Zakonska obveza vremenskih intervala ispitivanja plinske mreže

### 5.1.2. Povijesni razvoj ispitivanja plinske mreže

Sigurnost plinskog distribucijskog sustava, oduvijek je smatrana temeljnim načelom pouzdane distribucije plina. U svrhu održavanja sigurnosti i pouzdanosti plinskog distribucijskog sustava, Gradska plinara Zagreb već dugi niz godina provodi ispitivanja plinske mreže.

Povijesni razvoj ispitivanja plinske mreže započinje početkom 1980.g. kada je uspostavljena prva sustavna kontrola propusnosti plinske mreže čime je i pokrenuta nabava razmjerno skupe opreme za ispitivanje plinske mreže, odnosno prve

generacije uređaja. Dakako, za to je bilo potrebno osposobiti određen broj djelatnika isto kao i nabaviti razmjerno skupu opremu za to doba.

Prvi uređaj za ispitivanje plinske mreže zove se GAS-TEC proizvođača Research Engineers, čiji se rad zasniva na principu detekcije ionizirajućim plamenom (FID). GAS-TEC uređaj je lagani prijenosni instrument za detektiranje propusnosti plina (ugljikovodika i svih ostalih gorivih plinova) u koncentracijama metana od jedne čestice plina na milijun čestica zraka (PPM).



Slika 15. Prvi uređaj za ispitivanje Gas-Tec

Tijekom 1987. g. osposobljeno je prvo specijalizirano vozilo za ispitivanje plinske mreže. U vozilo je bio ugrađen uređaj Gas-Tec koji je također radio na principu FID tehnologije. Uređaj se je nalazio na suvozačevom mjestu, te je bio povezan sa usisnom granom koja se je nalazila na prednjem braniku i bila je spojena sa samim uređajem. Pokraj uređaja se je nalazio analogni pisač koji je ispisivao rezultate ispitivanja. Za slučaj pronađene propusnosti bio je ugrađen posebno dizajniran spremnik s bojom i pumpom koja je pritiskom na tipku izbacivala boju i označavala bi poziciju propusnosti.

### 5.1.3. Uređaj za ispitivanje nepropusnosti plinske mreže

Razvojem novih metoda i generacija uređaja za ispitivanje plinske mreže, laserske tehnologije (LSD), javlja se potreba za nabavkom uređaja na laserskom principu rada u cilju postizanja učinkovitijeg, sigurnijeg i lakšeg pristupa samome procesu ispitivanja nepropusnosti plinske mreže. Navedene probleme kao što su selektivnost plina (metana) u odnosu na ostale plinove, brzinu odziva detekcije i ponovljivosti, rada po nepovoljnijim uvjetima na terenu (vjetar, visok postotak vlage i niske temperature) riješili smo nabavom uređaja na laserskom principu rada (LSD).

Laserom se dobiva tražena točnost uređaja, što je u današnje vrijeme bitan faktor utjecaja na učinkovitost i produktivnost količine ispitane plinske mreže s obzirom na kontinuirano širenje distribucijskog sustava. Osnovne značajke:

- Vrijeme odziva - < 2 sek.
- Mjerno područje – od 0 – 100 % Vol.
- Vrlo lagan
- Senzor isključivo samo na Metan (CH<sub>4</sub>)
- GPS zapis ispitivanja
- Bluetooth prijenos podataka na softver



Slika 16. Detektor plina LSD tehnologije

## 5.2. Sustavi katodne zaštite ČE plinovoda

Postupci zaštite materijala od korozije obuhvaćaju primjenu korozijski postojanih materijala, konstrukcijsko-tehnološke mjere zaštite, elektrokemijske metode zaštite (katodna i anodna zaštita), zaštitu inhibitorima korozije te zaštitu prevlačenjem.

Katodna zaštita je jedna od najznačajnijih metoda zaštite od korozije u elektrolitima. Obično se koristi kao sekundarni zaštitni sustav, koji počinje djelovati nakon oštećenja primarnog (npr. premaza). Temelji se na usporavanju korozije katodnom polarizacijom metala tj. pomakom elektrokemijskog potencijala metala u negativnom smjeru.

U praksi se uglavnom upotrebljavaju dva načina katodne zaštite:

### 1. Sustavi katodne zaštite s vanjskim izvorima struje

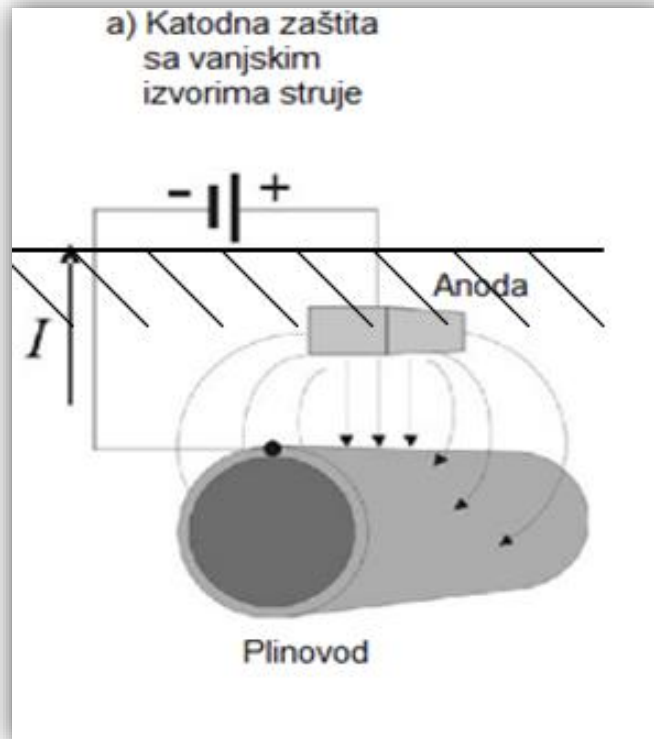
Osnivaju se na činjenicama da se izvorima struje osigurava dostatna razina napona za svladavanje otpora tla i omogućuje prodor zaštitne struje od anodnih ležišta na mnogo veće duljine plinovoda od sustava sa žrtvenim anodama.

Takvi sustavi stoga omogućavaju veoma visoku razinu zaštite ukopanih čeličnih plinovoda i drugih konstrukcija od korozije. Pri tome se kao vanjski izvori struje koriste napoje stanice s automatskom regulacijom, uz dopunu sa sklopovima za zaštitu od lutajućih struja, interferencija i utjecaja elektroenergetskih postrojenja. No uspješnost primjene takvih sustava ovisi o preciznim proračunima, kvaliteti opreme i izvedbe te održavanju.

Razina učinkovitosti sustava katodne zaštite s vanjskim izvorima struje ovisi o tri (3) osnovna preduvjeta:

- Kvalitetnoj izvedbi
- Stalnom funkcioniranju
- Održavanju razine katodnog potencijala na potrebnoj vrijednosti

Uspješnost takve zaštite od korozije tijekom cijelog vijeka trajanja objekata se, prema literaturi procjenjuje na 95 – 99,99%. [1]



Slika 17. Shema sustava katodne zaštite sa vanjskim izvorima struje

## 2. Sustavi katodne zaštite sa žrtvenim anodama

Osnivaju se na činjenici da svaki metal uronjen u elektrolit ima svoj elektrokemijski potencijal, a ako se u elektrolit urone dva (2) različita metala i međusobno se spoje pomoću električnog vodiča, između njih će poteći električna struja, pri čemu će se metal s negativnim potencijalom trošiti u korist pozitivnijeg metala. To znači da ta anoda postaje žrtveni metal, dok je katoda zaštićeni metal.

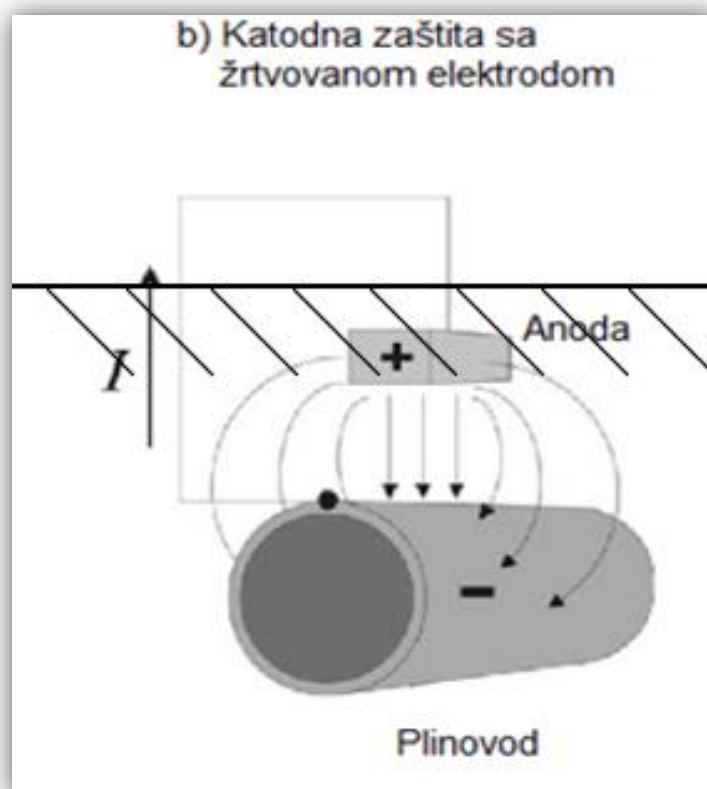
Takvi sustavi imaju nekoliko glavnih karakteristika kao:

- mala razlika potencijala između anode i katode koja treba osigurati prolaz struje kroz elektrolit (tlo)
- radialno polje djelovanja žrtvene anode, koje je uz to razmjerno malog dometa
- ograničenje struje otapala anode (elektrokemijskim ekvivalentom otapanja mase anode)
- mogućnost pasivizacije anoda (npr. aluminij)
- mali učinci primjene u području djelovanja polja elektroenergetskih postrojenja

- mogućnost primjene sustava u elektrolitima s velikom električnom vodljivošću (u moru)
- jednostavna montaža

Sustav katodne zaštite sa žrtvenim anodama u pravilu se koristi na manjim i izdvojenim objektima (čeličnim kućnim priključcima plina), na spremnicima (podnicama i stijenkama), uronjenim konstrukcijama ( u morima), na brodovima, na dokovima, na podmorskim cjevovodima i sl.

Vijek trajanja takve katodne zaštite ovisi o dimenzijama anoda i brzini njihovog otapanja, i ovisno o objektu iznosi 2 – 15 godina, nakon čega se ugrađuju zamjenske, nove anode. Osim ograničenja u vremenu potrošnje anodnog materijala, postoji opasnost od lokalnih produkata anodnog otapanja pa se zbog tih ograničenja na mnogim mjestima primjenjuje učinkovitiji, ekološki prihvatljiviji i trajniji sustav katodne zaštite s vanjskim izvorima napajanja



Slika 18. Shema sustava katodne zaštite sa žrtvenim anodama

### 5.2.1. Mjerna mjesta sustava katodne zaštite

Služe za mjerenje potencijala katodno zaštićenog cjevovoda na pojedinim lokacijama, ali i kod drenažnih spojeva napojnih stanica i opreme s kojom se izvodi uklanjanje interferencija i usklađenje potencijala prema stranim cjevovodima te za zaštitu cjevovoda od ostalih elektroenergetskih smetnji i sl. Postavljaju se na cjevovod u skladu s normama za katodnu zaštitu.

Izvan gradskih sredina ne bi smjela biti postavljena na većim udaljenostima od 1500 m, a istodobno se moraju nalaziti kod zaštitnih cijevi, na prolazima ispod prometnica, kod približavanjima ili mimoilaženja sa stranim cjevovodima, u blizini energetskih postrojenja, na početku i kraju cjevovoda, uz izolirajuće umetke, u blizini stranih uzemljivača i sl.

Pri tome je za svaku lokaciju projektant dužan izraditi shemu spajanja, odrediti tip i vrste kabela, broj i tip referentnih elektroda i sonde, minimalne zahtjeve i tip dodatne opreme te vrstu i tip spojne kutije, mjernog stupića ili ormara. [1]



Slika 19. Mjerno mjesto sustava katodne zaštite

### 5.3. Kontrola sustava katodne zaštite „Korak po korak“ – CIPS metoda

Kontrola katodne zaštite metodom „korak po korak“ odnosno CIPS metoda provodi se radi toga da se odredi potencijal katodne zaštite po cijeloj trasi plinovoda. Mjerenje potencijala katodne zaštite po mjernim mjestima nedovoljna da se ocijeni ukupna razina zaštite.

Ovom metodom određuju se kritične točke na kojima potencijal katodne zaštite ne zadovoljava kriterij zaštite. Na bazi uočenih nedostataka zaštite, stručnjaci za katodnu zaštitu trebaju definirati uzrok i propisati mjere kojima se osigurava kvalitetna zaštita plinovoda.

Kontrolu katodne zaštite metodom „korak po korak“ odnosno CIPS metodom treba provoditi u vremenskim intervalima koji nisu duži od dvije godine ukoliko u zoni plinovoda 20 m lijevo i desno od osi plinovoda nema nikakvih radova. Ukoliko se u zoni plinovoda izvode radovi, kontrolu treba izvršiti neposredno po završetku radova.  
[2]



Slika 20. Prikaz mjerenja potencijala KZ-a metodom „Korak po korak“



## 5.4. Periodičke metode ispitivanja plinovoda

Mjesto na cjevovodu na kojemu je oštećena izolacija, predstavlja potencijalnu opasnost od nastanka korozije a time i od perforacije cjevovoda. Cjevovod ima katodnu zaštitu i ona vrlo uspješno štiti od korozije i područja gdje je izolacija oštećena što je već dokazano višekratnim otkapanjem cjevovoda i vizualnom kontrolom. U slučaju većih oštećenja izolacije i utjecaja okoline katodna zaštita može biti nedostatna. Zbog toga je potrebno pratiti i otkriti sva mjesta oštećenja, te poduzeti određene mjere za otklanjanje opasnosti od korozije. Metode za otkrivanje oštećenja izolacije bez otkapanja cjevovoda su:

- Pearsonova detekcija (primjena od 1941.g.) I,
- Beskontaktna magnetometrija – MMM metoda (primjena od 1994.g.). [2]

### 5.4.1. Pearsonova detekcija plinovoda

Pearsonova detekcija je postupak mjerenja kojim se mogu otkriti oštećenja izolacije podzemnih cjevovoda, većih od cca 2 cm<sup>2</sup>. Postupak ispitivanja sastoji se u tome da se između cjevovoda i pomoćnog uzemljenja narine izmjenični električki signal određene frekvencije (400 do 1000Hz). Na mjestima oštećenja izolacije cjevovoda, javlja se pad napona koji je moguće mjeriti posebnim instrumentima.

Pearsonova metoda je relativno jednostavna, sigurna i brza u slučaju vlažnog zemljišta. Problemi nastaju kod velike suše ili ako je plinovod ispod asfalta ili betona. U asfaltnim površinama je potrebno izbušiti rupe čija udaljenost ne bi trebala biti veća od dubine ukapanja plinovoda. Gdje je VT plinovod položen ispod asfaltne površine u izbušene rupe postavljaju se metalni svornjaci radi ostvarenja boljeg kontakta.

Uređaj koji emitira izmjenični signal zove se odašiljač, a uređaj koji signalizira oštećenje zove se detektor-prijemnik. Prijemnik je podešen tako da prima samo signal te frekvencije a sve ostale frekvencije prigušuje. Za točno lociranje pozicije oštećenja potrebna su najmanje dva čovjeka uz preduvjet da je trasa očišćena i precizno označena. Oni idu po trasi cjevovoda na međusobnoj udaljenosti od cca 8-10 m. Obojica imaju galvansku vezu sa tlom pomoću čeličnih nogara ili pipalica koje su električnim vodičem povezane sa prijemnikom. Signali preko pipalica i vodiča odlaze u prijemnik koji očitava indeks snage signala. Prvi čovjek osim pipalica (ili nogara) nosi

prijemnik, tako da uvijek hoda točno iznad cjevovoda, a drugi nosi prateći pribor i dokumente za upis podataka. Očitana se jačina signala prati kontinuirano i bilježi u tablice po stacionažama.

Na mjestu gdje nema oštećenja otklon kazaljke na skali prijemnika je jednak nuli ili vrlo mali. U trenutku kad se prvi čovjek približi oštećenju počinje se javljati otklon na kazaljki i ton u slušalicama (zvučno i vizualno upozorenje). Što je oštećenje bliže, signal je jači. Kad se prvi čovjek nalazi točno iznad oštećenja signal je najjači.

Ukoliko trasa i položaj ukopane cijevi nije precizno ranije utvrđen tada se koristi rad trećeg radnika sa detektor-prijemnikom podešenim za traganje cjevovoda, a za potrebe označavanje trase i pronađenih mikro lokacija oštećenja izolacije koristi se četvrti radnik koji zabija kolčiće.

Za vrijeme rada sa uređajima za Pearsonovu detekciju sustav katodne zaštite mora biti isključen, a sklopovi za uklanjanje interferencije od spojeni.



Slika 21. Uređaj za mjerenje oštećenja izolacije –MK-IV

Kontrolu izolacije plinovoda Pearson-ovom metodom treba izvoditi jednom u dvije godine (2) na svim mjestima gdje je pronađeno oštećenje izolacije radi praćenja eventualnog porasta stupnja oštećenja te svake četiri godine (4) kontrola izolacije

kompletnog plinovoda. Na mjestima gdje se odvijaju radovi u zoni plinovoda na udaljenosti manjoj od 10 m kontrolu izolacije treba provesti neposredno po završetku radova da se provjeri utjecaj radova na stanje izolacije plinovoda.

Za provedenu kontrolu treba izraditi elaborat u kojem će biti navedeni slijedeći podaci:

- opis dionice plinovoda koja se ispituje
- podatak o ispitnom uređaju
- podaci o ispitivaču
- lokaciju oštećenja izolacije
- očitana veličina signala i ocjena
- grafički prilog mjesta oštećenja
- u koordinatnoj karti plinovoda u ACAD formatu unijeti lokacije oštećenja (poseban layer u Gauss–Krüger-ovim koordinatama). [3]



Slika 22. Prikaz mjerenja oštećenja izolacije – Pearson metoda

#### 5.4.2. Beskontaktna magnetometrija – NCMD metoda

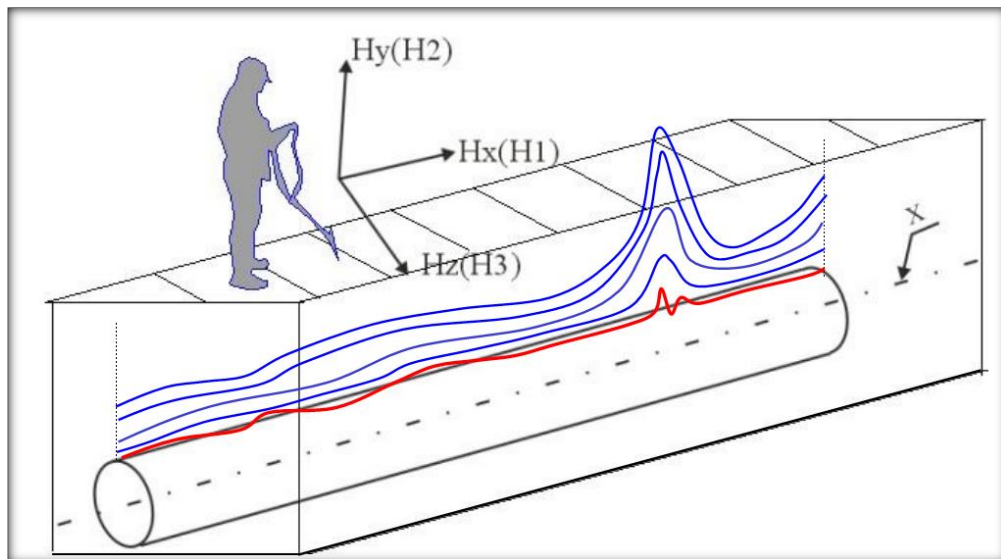
Beskontaktna magnetometrija (non-contact magnetometric diagnostic – NCMD) je primjena principa metode Magnetne Memorije Metala (MMM) na ispitivanje ukopanih čeličnih cjevovoda (plinovod, naftovod, vodovod i dr.) radi pronalaska anomalija, pogotovo na cjevovodima koji se ne mogu ispitati na neki drugi način jer nisu bili projektirani za npr. primjenu in-line inspekcijom (pigging).

NCMD je moguće primijeniti za ispitivanje u urbanim kao i u ruralnim sredinama, bez neke posebne pripreme od strane naručioca inspekcije, izvođača inspekcije, a i ne zahtjeva obustavu rada cjevovoda. NCMD metodu je također moguće primijeniti za ispitivanje dostupnih cjevovoda preko izolacije npr. u industrijskim postrojenjima, toplovodima i dr.

Beskontaktna magnetometrija (non-contact magnetometric diagnostic – NCMD) je razvijena na načelima metode MMM, na način da se beskontaktnim senzorom mjeri sve tri komponente magnetnog polja zemlje (X, Z, Y) koje je iskrivljeno na mjestu ukopanog cjevovoda koji se ispituje, a samo iskrivljenje magnetnog polja je isto tako pod utjecajem stanja naprezanja/deformacije cjevovoda odnosno prisutnosti degradirajućeg procesa na cjevovodu.

Analizirajući prikupljene podatke, po karakteristikama deformacija magnetnog polja detektirane anomalije se klasificiraju u 3 kategorije od kojih je prva kategorija najznačajnija. Sama karakterizacija anomalije se vrši kasnije u rovu iskopom cjevovoda na toj lokaciji. Prilikom analize podataka, analizator treba imati uvid o svim preprekama i magnetnim smetnjama tijekom inspekcije (stupovi, automobili, ograde, dalekovodi i dr.), što bilježi tijekom prikupljanja podataka, te je također poželjno imati nacrt cjevovoda (ventili, paralelni cjevovodi ako ih ima, potpornji i dr.).

NCMD je moguće također primijeniti na dostupnim cjevovodima za ispitivanje preko izolacije, npr. u industriji ili kod toplovoda. Na sljedećoj slici je prikazan osnovni princip NCMD metode kod prikupljanja podataka (Slika 23). [4]



Slika 23. Opći prikaz provođenja beskontaktna magnetometrije

#### 5.4.2.1. *Magnetska memorija metala - MMM*

Magnetna memorija metala (MMM) pripada u klasu metoda koje koriste magnetske principe za provedbu bezrazornog ispitivanja sa razlikom da je MMM pasivna metoda koja koristi već postojeće magnetno polje objekta koji se ispituje jer su u njemu već formirane magnetske domene tijekom proizvodnje i tijekom same uporabe objekta.

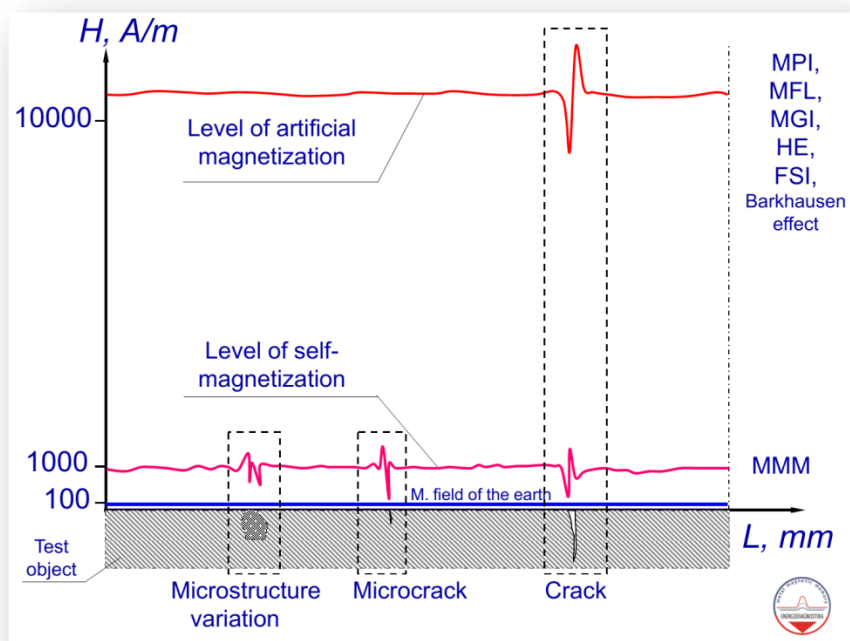
Metoda je razvijena od strane Prof. A.A. Dubova i prvi puta je kao termin MMM bila uvedena 1994. godine, te se kontinuirano razvija od strane tvrtke Energodiagnostika (Moskva, Rusija). Metoda za svoj rad koristi principe inverzne magnetorestrikcije (engl. inverse magnetostrictive effect - Villari effect) gdje dolazi do promjene u magnetizaciji materijala kod promjene u naprezanju, magnetoplastičnosti (povećano samo-magnetiziranje u zonama povećane plastične deformacije) i curenja magnetnog toka na nivou (jačini) prirodne magnetizacije (engl. magnetic flux leakage).

Samim time, magnetske domene u objektu su izraženije na područjima povećanog naprezanja i deformacije (engl. stress, strain) i na njima dolazi do povećane magnetizacije pod utjecajem magnetnog polja zemlje, zbog gore navedenih principa. Tijekom provedbe MMM ispitivanje bilježi intenzitet magnetnog polja, te se

identificiraju zone povećane koncentracije stresa (engl. stress concentration zones - SCZ), jer je u tim zonama najveća vjerojatnost za razvoj defekata tijekom eksploatacije objekta.

Moramo napomenuti da je MMM metoda, uz metodu akustičke emisije, jedna od metoda za ranu dijagnostiku stanja metala odnosno objekta još u elastičnoj zoni po krivulji plastičnog tečenja materijala, tako da se tek u plastičnoj zoni defekti mogu potvrditi primjenom klasičnih metoda kao na primjer ultrazvuk. Isto tako, MMM metoda može detektirati i mikropukotine koji zbog svoje male veličine još nije moguće detektirati primjenom ultrazvuka, tako da se preporučuje pojačano praćenje tih područja tijekom eksploatacije.

MMM metoda je standardizirana kao ISO 24497, međunarodni standard za osnovnu primjenu i za primjenu na zavarenim spojevima. Za primjenu metode nije potrebna prethodna priprema ispitnog objekta, prikupljanje podataka se vrši skeniranjem površine bez nekih posebnih ograničenja brzine (cca. do 300 mm/s, a i brže u nekim slučajevima), te je samim time MMM jedna od bržih metoda bezrazornog ispitivanja. [4]



Slika 24. Usporedba MMM metode i ostalih magnetskih metoda

## 6. PRIMJENA NCMD METODE NA ISPITIVANJU CJEVOVODA

Primjenu ispitivanja NCMD metodom prikazat ćemo na primjeru ČE VT plinovoda 50 bar koji se nalazi na dionici od PČ Ivanja Reka do TE-TO Zagreb. Predmetni VT plinovod 50 bar je strateški objekt putem kojeg je osigurana opskrba plina objekta TE-TO Zagreb, čija je namjena proizvodnja električne energije i daljinsko grijanje većeg dijela Zagreba koji je spojen na centralni toplinski sustav.

GPZ d.o.o. kao vlasnik i distributer dijela plinovoda, te prema ugovoru s HEP-om, odgovorna je za nadzor i održavanje objedinjenog plinovodnog sustava od PČ Ivanja Reka do TE-TO. U tu svrhu izrađen je "ELABORAT 3 – RAD NA SIGURAN NAČIN VT PLINOVODA PČ IVANJA REKA – TE-TO", u kojem su navedene sve mjere kojima se održava i podiže stupanj sigurnosti plinovoda i objekata u zoni VT plinovoda.

ENERGONOVA d.o.o.		
ZAGREB		
MB 0400051		Bukovac 62, tel. 01-2343-376, fax: 01-2341-412 Zero račun 30105-001-303356
INVESTITOR:	GRADSKA PLINARA ZAGREB	BROJ ELABORATA
GRADEVINA:	VT plinovod 50 bar od PČ IVANJA REKA do TE-TO	350-0002-002
LOKACIJA:	IVANJA REKA - Slavonska avenija – ŽITNJAK	

**ELABORAT 3**  
**RAD NA SIGURAN NAČIN VT PLINOVODA**  
**PČ IVANJA REKA – TE-TO**

ENERGONOVA  
d.o.o. za projektiranje, ispitivanje i usluge  
Zagreb, Šaltmanova 40

DIREKTOR  
*Tomislav Pavić*  
Tomislav Pavić, d.i.s.

Zagreb, srpanj, 2000

Slika 25. Elaborat 3 – rad na siguran način

## **PREDLOŽENE MJERE ODOSE SE NA:**

1. Automatski nadzor katodne zaštite
2. Odorizaciju plina
3. Obilježavanje trase plinovoda
4. Obnova odzračnih mjesta na Zelenoj tržnici
5. Nadzor plinovoda i kontrolu vanjske propusnosti
6. Kontrolu i održavanje katodne zaštite i elektroinstalacije
7. Nadzor i održavanje opreme plinovoda
  - Blok stanica na PČ Ivanja Reka (BS-1)
  - Slavina na izlazu iz PPMRS ZAGREB ISTOK (PLINACRO)
  - Sekcijska slavina na lokaciji PPMRS ZAGREB ISTOK (ETILEN)
  - Blok stanica na lokaciji ELKA (BS-2)
  - Slavina ispred PMRS TE-TO (50/6 bar)
  - Slavina ispred PRS TE-TO (50/30 bar)
  - Skupljači kondenzata ( A – D)
8. Automatiku i daljinski nadzora
9. Periodičke kontrole i ispitivanja
  - Kontrola oštećenja izolacije cjevovoda – Pearsonova detekcija
  - Kontrola stanja cjevovoda i oštećenja izolacije - Magnetometrijska metoda
  - Kontrola katodne zaštite – CIP metoda
  - Kontrola plinovoda sa otkapanjem
10. Mjerenje protoka plina ULAZ-IZLAZ

Periodičnu kontrolu plinovoda magnetometrijskom metodom treba izvoditi jednom u dvije (2) godine na svim mjestima gdje su pronađene anomalije radi praćenja eventualnog porasta kategorije anomalije, te inspekciju kompletnog plinovoda jednom u četiri (4) godine. Sukladno zadanom periodu u "Elaboratu 3 – rad na siguran način VT plinovoda PČ Ivanja Reka – Te-To", 2020.g. je izvršena periodična kontrole kompletnog VT plinovoda te su pronađene anomalije na plinovodu. Nakon provedene kontrole magnetometrijskom metodom izrađen je detaljan izvještaj te su predloženi daljnji koraci sanacije pronađenih anomalija na VT plinovodu. [2]



## 6.1. Ispitivanje cjevovoda GPZ-a primjenom beskontaktna magnetometrije

Beskontaktna magnetometrija (non-contact magnetometric diagnostic – NCMD) je bila primijenjena u prosincu 2020. godine na ispitivanje VT plinovoda Gradske Plinare Zagreb ukupne duljine od 10.735 m. Plinovod nije projektiran za primjenu in-line inspekcije (pigging), a pošto je ukopan, jedina metoda za ispitivanje ukupne trase plinovoda je bezkontaktna magnetometrija.

Trasa plinovoda je podijeljena u dva dijela, i to promjera DN500 od PČ Ivanja Reka do PPMRS Zagreb Istok (Etilen) duljine 4.200 m izgrađen bešavnim cijevima 2000. godine, te drugi dio promjera DN600 od PPMRS Zagreb Istok (Etilen) do ispred ograde PMRS TE-TO Zagreb, duljine 6.535 m, izgrađen spiralno zavarenim cijevima u periodu 1984.-1986. godine. Dionica DN500 ima nominalnu debljinu materijala od 8,8 mm, dok dionica DN600 ima nominalnu debljinu od 9,31 mm do 11 mm.

Prosječna dubina do tjemena cjevovoda je 2-3 m, a na nekim kraćim segmentima dubina ukopa doseže i 4-4,5 m radi raznih nasipa, korištenja zemlje i drugih sličnih uzroka na trasi pod utjecajem tijeka vremena.

### 6.1.1. Oprema za ispitivanje

**LOKATOR** - za točno i precizno određivanje trase plinovoda koristio se lokator cjevovoda, kao standardni proizvod za tu primjenu kojeg koriste razne državna i privatna poduzeća na poslovima održavanja cjevovoda. Lokator cjevovoda ima više osjetljivih detektora magnetnog polja i za primjenu ispitivanja plinovoda je podešen na traženje frekvencije aktivne katodne zaštite, koja je u ovom slučaju bila 100 Hz.

Lokator sadrži grafički prikaz koji prikazuje dubinu do tjemena cjevovoda i navodi operatera grafičkim prikazom na precizno lociranje trase cjevovoda. Lokator koristi baterije velikog kapaciteta za cjelodnevni rad. U slučaju cjevovoda koji nema katodnu zaštitu ili ona nije aktivirana, postoje generatori koji se povežu na cjevovod te se tako lokator može primijeniti. [4]



Slika 26. Lokator cjevovoda – proizvođača RIGID

**GPS uređaj** - GPS uređaj se koristi za točno mapiranje početnih točaka segmenta cjevovoda koji se u danom trenutku snima kao i za mapiranje same trase cjevovoda. Na osnovu mapirane trase pronalaze se GPS koordinate detektiranih anomalija.

**Video kamera** - video kamera se koristi za bilježenje glasovnih komentara kao i vizualnog stanja same trase prilikom prikupljanja, te kasnije tijekom analize podataka. Na primjer, u slučaju prolaska automobila prilikom prikupljanja podataka, odaziv signala na instrumentu zbog automobila će se moći kompenzirati, što će biti vidljivo na video kameri.



Slika 27. Nosač instrumenta i video kamere

**NCMD oprema** - sastoji se od senzora, nosača opreme s odometrom (mjeriteljem udaljenosti) te samog instrumenta. Senzor ima dva 3-osna visoko osjetljiva flux-gate magnetometra, jedan blizu površine zemlje dok je drugi vertikalno udaljen i montiran na laganom teleskopskom aluminijskom štapu radi lakšeg transporta i cjelodnevnog baratanja.

Nosač opreme se sastoji od okvira za montiranje video kamere i instrumenta, te kotača s enkoderom koji mjeri udaljenost. Nosač i odabir jednog kotača omogućuje fleksibilnost u ispitivanju u raznim uvjetima, od čiste livade do guste šume ili šikare. Instrument ima internu memoriju i baterijsko napajanje dostatno za cjelodnevni rad, te pomoću integralnog ekrana i tipkovnice omogućuje konfiguriranje, prikupljanje i analizu podataka, te provjeru kvalitete prikupljenih podataka.

Sama analiza je ugodnija i brža korištenjem software-a za analizu na prijenosnom računalu nakon prebacivanja podataka s instrumenta, te provjerom komentara i trase pregledom snimljenog video/ audio materijala. [4]



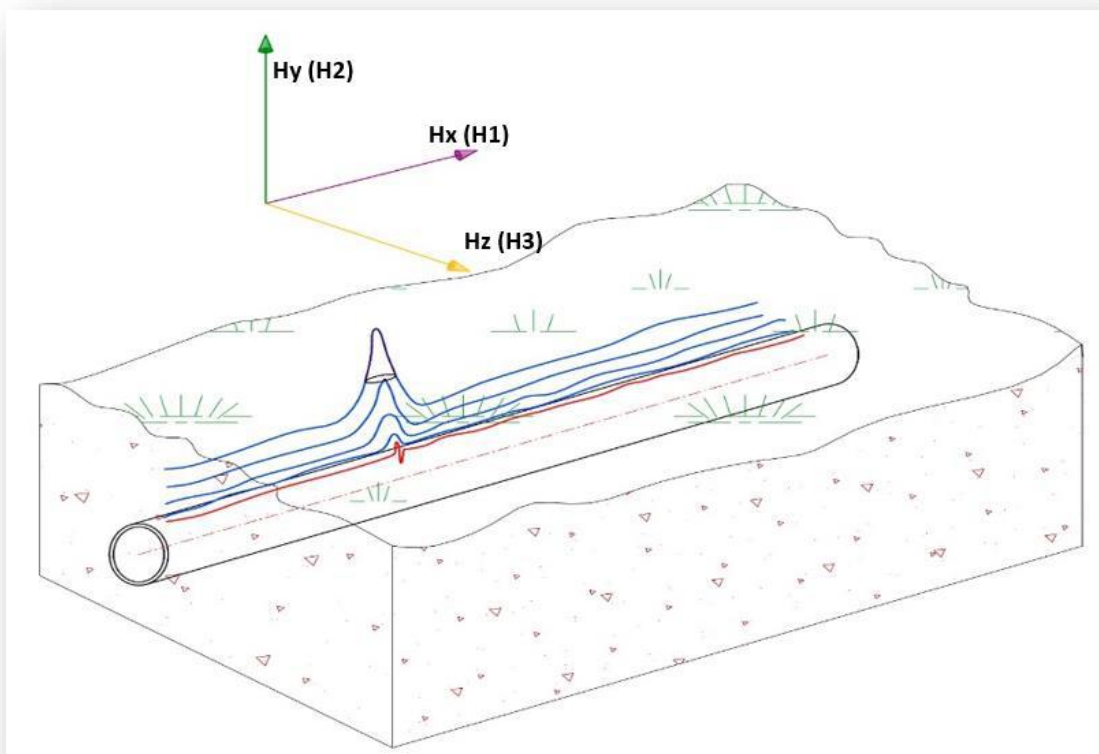
Slika 28. NCMD Instrument

### 6.1.2. Podaci o plinovodu

Nazivni tlak	50 bar
Nazivni promjer plinovoda	DN 500
Dimenzija i materijal plinovoda	$\phi$ 500x8,8 mm – čelične bešavne cijevi (L290NB, DIN-EN 10208-2)
Izolacija plinovoda	Tvornički izolirane cijevi s PE oblogom normalne debljine (N) prema DIN 30670
Katodna zaštita	Plinovod je katodno šticećen aktivnom katodnom zaštitom pomoću jedne napojne stanice
Dužina trase plinovoda	4200 m
Primijenjeni propis za izgradnju	
Plinovoda	Transport plina – Plinovodi od čeličnih cijevi za tlakove iznad 16 bar, DVGW, srpanj 1989.
Maksimalna dubina ukopanog	
Plinovoda	5 m
Minimalna dubina ukopanog	
Plinovoda	1.3
Godina izgradnje plinovoda	2000 godina
Uporabna dozvola	Uporabna dozvola Klasa UP/I-361-05/00-01/214, Ur.broj: 251-05-03/02-00-4 izdana od Gradski ured za prostorno uređenje, graditeljstvo, stambene i komunalne poslove I promet

### 6.1.3. Opis postupka ispitivanja

Metoda beskontaktna magnetometrije je jedna od mogućih metoda ispitivanja plinovoda ukopanog u zemlju, a koji nije projektiran za primjenu in-line inspekcije (*pigging*). Beskontaktna magnetometrija (non-contact magnetometric diagnostic – NCMD) je razvijena na načelima metode MMM, na način da se beskontaktnim senzorom mjeri sve tri komponente magnetnog polja zemlje (X, Z, Y) koje je iskrivljeno na mjestu ukopanog cjevovoda koji se ispituje, a samo iskrivljenje magnetnog polja je isto tako pod utjecajem stanja naprezanja/deformacije cjevovoda odnosno prisutnosti degradirajućeg procesa na cjevovodu. Dakle, zone koncentracije naprezanja su indikator promjena stanja na cjevovodu, odnosno anomalija za razliku od ostatka cjevovoda.



Slika 29. Skica NCMD metode ispitivanja ukopanog cjevovoda.

Senzor bilježi sve tri komponente magnetnog polja na ispitnoj trasi, koje je onda dodatno iskrivljena na mjestu naprezanja/deformacije plinovoda odnosno na mjestu prisutnosti degradirajućeg procesa na cjevovodu.

Nakon provedbe ispitivanja, dobiveni podatci se analiziraju po karakteristikama deformacija magnetnog polja te se takva mjesta detektiraju i klasificiraju u 3 kategorije (1, 2 ili 3) od kojih je prva kategorija najznačajnija.

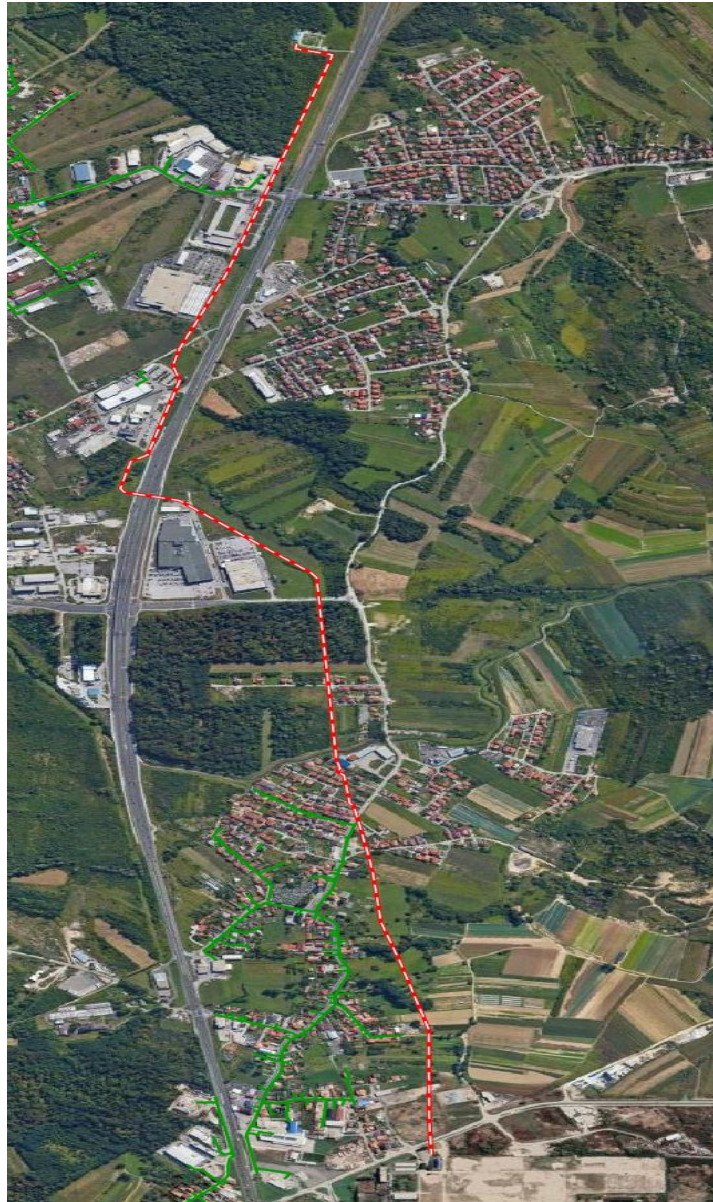
Anomalija prve kategorije (1) – je segment cjevovoda gdje je prisutno stanje nehomogenog naprezanja te gdje je najveća mogućnost oštećenja cjevovoda. Navedeni segmenti cjevovoda trebali bi biti otkopani radi provjere i točne karakterizaciju i izmjere oštećenja primjenom drugih metoda nerazornog ispitivanja (vizualna, ultrazvuk). Anomalije kategorije 1 se označuju crvenom bojom u tablici.

Anomalija druge kategorije (2) – segment cjevovoda gdje je prisutno stanje nehomogenog naprezanja što znači da su oštećenja već u stvaranju. Navedeni segmenti cjevovoda trebali bi biti provjereni iskopom kod planiranog održavanja cjevovoda. Anomalije kategorije 2 su označene žutom bojom u tablici.

Anomalija treće kategorije (3) – segment cjevovoda gdje je prisutno stanje nehomogenog naprezanja čiji je intenzitet manji nego kod anomalija kategorije 2. Navedeni segmenti cjevovoda trebali bi biti periodički ispitani i praćeni. [5]

#### 6.1.4. Provedba ispitivanja

Predmet ispitivanja je detekcija zona koncentracija stresa na visokotlačnom (VT) cjevovodu DN500 od PČ Ivanja Reka do PPMRS Zagreb Istok (Etilen) za naručioca.



Slika 30. Prikaz trase ispitivanog VT plinovoda

Ispitivanje je provedeno koristeći opremu za beskontaktnu magnetometriju, opremu za točni pronalazak ukopanog cjevovoda (engl: pipeline locator) te GPS prijemnik za bilježenje provedene rute. Ispitivanje se provodi u timu od dvije osobe koji hodaju po trasi plinovoda, gdje prva osoba koristi pipeline locator radi korekcije po trasi kako bi osigurala da je uvijek u centru plinovoda, a druga osoba ga slijedi i koristi opremu za bezkontaktnu magnetometriju te bilježi magnetometrijske signale kao i prohodanu GPS rutu.



Slika 31. Priprema za početak ispitivanja

Početni i krajnji dijelovi segmenta plinovoda bili su privremeno isključeni. Zbog ograničenja memorije uređaja za beskontaktnu magnetometriju, od oko maksimum 300 m dužine po jednom zapisu, cijela trasa plinovoda je segmentirana u manje dijelove. Segmentiranje se radi na licu mjesta tijekom ispitivanja, gdje zapis može biti i nešto kraći, primjerice do tržnog centra Pevex, do Slavonske avenije, ili duži kada se hoda po travnatoj površini. [5]





Slika 32. Određivanja trase VT plinovoda



Slika 33. Magnetometrijsko snimanje VT plinovoda

### 6.1.5. Detektirane anomalije

U tablica su prikazani rezultati inspekcije plinovoda PČ Ivanja Reka - PPMRS Zagreb Istok (Etilen), DN500 dužine 4200 m, gdje su detektirane anomalije kategorije 2 i kategorije 3.

- Anomalije kategorije 2: 9 segmenta ukupne dužine 49.8 m ili 1.18 % ukupne dužine.
- Anomalije kategorije 3: 33 segmenata ukupne dužine 84.3 m ili 2 % ukupne dužine

Ukupna dužina s anomalijama kategorije 2 i 3 je 134.1 m (ili 3,19% od ukupne dužine cjevovoda).

Preporuka je, kroz redovno održavanje plinovoda vršiti iskop na segmentima anomalija kategorije 2, radi provjere stanja cjevovoda te primjene klasičnih metoda bezrazornog ispitivanja (vizualna i ultrazvuk) radi karakterizacije anomalija koje su pronađene koristeći beskontaktnu magnetometrijsku metodu. [5]

Redni broj	Ime zapisa segmenta	Dužina zapisa [m]	Detektirane anomalije				Kategorija anomalije	GPS koordinate				Bilješke
			Redni broj anomalije	Početak od točke početka segmenta [m]	Kraj od točke početka segmenta [m]	Dužina [m]		Početak anomalije	Kraj anomalije			
1	Pt1	259,7	A001	17,7	20,3	2,6	III	45,80274481	16,12524194	45,80272218	16,12523349	w
2			A002	41,6	45,9	4,3	II	45,80253688	16,12516354	45,80249945	16,12514951	SCN; 2 (prioritet)
3			A003	54,5	56,3	1,8	III	45,80242457	16,12512159	45,80240889	16,12511574	w
4			A004	65,2	67,2	2	III	45,80233101	16,12508911	45,80231351	16,12508316	w
5			A005	71,2	73,9	2,7	III	45,80227850	16,12507123	45,80225488	16,12506308	w
6			A006	89,1	90,8	1,7	III	45,80212199	16,12501680	45,80210720	16,12501125	w
7			A007	97,9	101,5	3,6	III	45,80208854	16,12494269	45,80209928	16,12489901	w

Tablica 2. Prikaz detektirane anomalije kategorije 2

Redni broj	Ime zapisa segmenta	Dužina zapisa [m]	Detektirane anomalije				Kategorija anomalije	GPS koordinate				Bilješke
			Redni broj anomalije	Početak od točke početka segmenta [m]	Kraj od točke početka segmenta [m]	Dužina [m]		Početak anomalije		Kraj anomalije		
								X	Y	X	Y	
9			A009	234,9	236,9	2	III	45,80245231	16,12325892	45,80245780	16,12323442	w
10			A010	248,6	250,3	1,7	III	45,80248899	16,12309067	45,80249343	16,12306975	w-w
11			A011	44,8	46,8	2	II	45,80263725	16,12240840	45,80264244	16,12238376	w-w; 9 (prioritet)
12	Pt2	205,9	A012	166,5	171,7	5,2	III	45,80294795	16,12090715	45,80296103	16,12084292	w
13			A013	188	191,3	3,3	II	45,80300205	16,12064160	45,80301036	16,12060084	w-w; 5 (prioritet)
14	Pt3*	134,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15	Pt4	224,3	A014	147,3	155,7	8,4	III	45,80385011	16,11689161	45,80386915	16,11678969	w
16	Pt5	48,3	A015	38,1	39,5	1,4	II	45,80416020	16,11534726	45,80416368	16,11532995	SCN; 6 (prioritet)
17			A016	40,8	41,9	1,1	III	45,80416690	16,11531387	45,80416964	16,11530027	w-w
18	Pt6	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	Pt7	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20	Pt8	69,1	A017	53,1	57,2	4,1	III	45,80470392	16,11344574	45,80471794	16,11339695	w

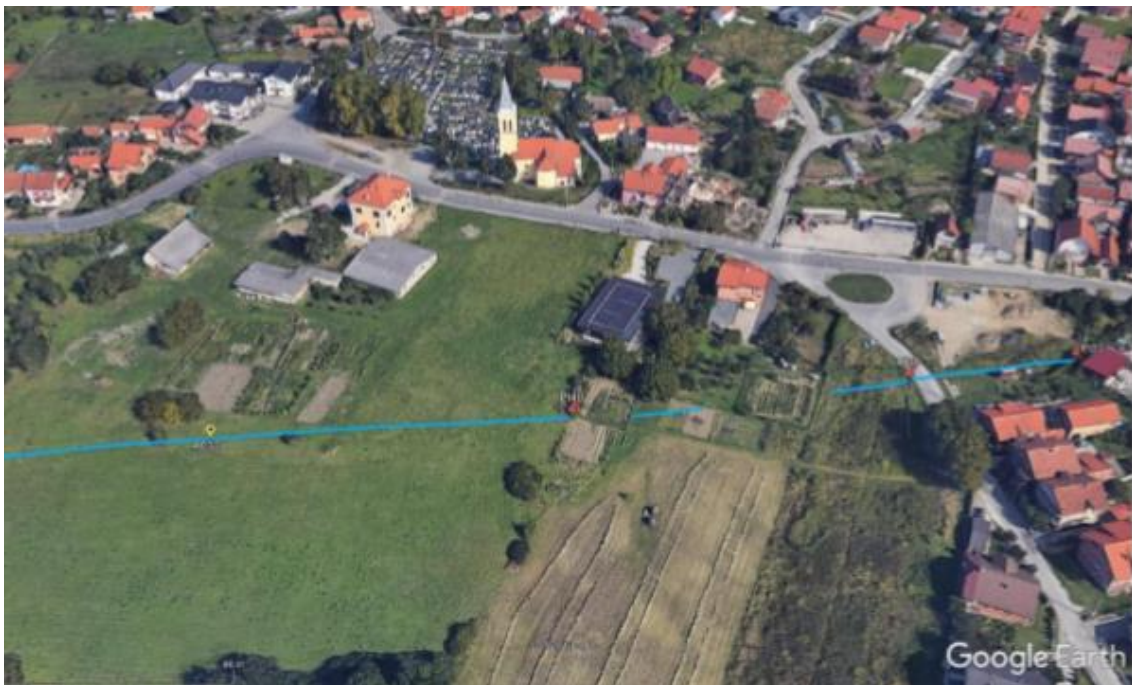
Tablica 3. Prikaz detektiranih anomalija između zavara

Redni broj	Ime zapisa segmenta	Dužina zapisa [m]	Detektirane anomalije				Kategorija anomalije	GPS koordinate				Bilješke
			Redni broj anomalije	Početak od točke početka segmenta [m]	Kraj od točke početka segmenta [m]	Dužina [m]		Početak anomalije		Kraj anomalije		
								X	Y	X	Y	
21	Pt9	43,0	A018	10,7	13,1	2,4	III	45,80481356	16,11304931	45,80482260	16,11302127	w-w
22	Pt10	82,6	A019	18,2	19,6	1,4	III	45,80506409	16,11216634	45,80506899	16,11214975	w-w
23	Pt11	46,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	Pt12	32,9	A020	29,9	32,3	2,4	II	45,80513451	16,11035003	45,80514051	16,11032037	SCN; 1 (prioritet)
25	Pt13	58,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26	Pt14	279,7	A021	231,5	232,9	1,4	III	45,80606674	16,10690706	45,80607110	16,10688343	SCN
27	Pt15	46,0	A022	7,9	10,7	2,8	III	45,80619734	16,10622130	45,80620410	16,10618660	SCN
28	Pt16	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
29	Pt17	39,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
30	Pt18	29,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
31	Pt19	200,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
32	Pt20	241,2	A023	143,2	146,8	3,6	III	45,80243050	16,10217397	45,80241725	16,10213668	w

Tablica 4. Prikaz detektirane anomalije koju je potrebno pregledati iskopom plinovoda



Slika 34. Lokacija pronade anomalije



Slika 35. Prikaz lokacija pronađenih anomalija

Na VT plinovodu DN500 od PČ Ivanja Reka - PPMRS Zagreb Istok (Etilen) nisu pronađene anomalije najveće kategorije 1. Pronađeno je 9 anomalija kategorije 2 ukupne dužine od 49.8 m te je pronađeno 33 segmenata anomalija kategorije 3, ukupne dužine od 84.3 m što je prikazano u Tablicama 2, 3 i 4.

Preporučuje se iskop na lokacijama anomalija kategorije 2 radi provjere karakteristika pronađene anomalije primjenom klasičnih metoda bezrazornog ispitivanja (vizualna i ultrazvuk).

Preporučuje se periodičko ispitivanje anomalija kategorije 2 i 3 primjenom beskontaktna magnetometrije na njihovim lokacijama svakih 2 do 3 godine radi praćenja eventualnog porasta kategorije anomalije.

Budući se radi o plinovodu koji je već 20 godina u eksploataciji preporuka je izvršiti inspekciju cijele dionice plinovoda svakih 3 – 4 godine od datuma zadnje provedenog ispitivanja kako bi se zadržala njegova puna funkcionalnost.

#### NAPOMENE ZA ISKOP:

1. Anomalija počinje od GPS dane u Tablici 2-3-4 izvještaja i traje dužinom u smjeru protoka plina (prema PPMRS) do svoje krajnje GPS točke, također u Tablici 1.
2. Iskop je potreban 2 m od početka anomalije te u ukupnoj dužini anomalije + 2m.
4. Širina iskopa mora biti dovoljna za pristup ispitivanju sa svih strana, cca 1.5-2m bočno te minimum 1 m sa donje strane cjevovoda
5. Za daljnje ispitivanje u rovu potrebno je ukloniti izolaciju punom dužinom i izbrusiti/očistiti stjenku do svijetlog metala, tek nakon što se napravi vizualni pregled stanja izolacije po završetku iskopa.

## 7. ZAKLJUČAK

Plinski distribucijski sustav kao jedan od kompleksnih cjelina sadrži vrlo velik broj složenih elemenata i spojeva koji pojedinačno utječu na svaki segment sigurnosti tijekom ispravnog funkcioniranja distribucijskog sustava. Stoga je od iznimne važnosti da njihovo pojedinačno funkcioniranje bude ispravno i pravilno kontrolirano kako bi se mogla osigurati sigurna i pouzdana distribucija plina.

Niz preventivnih radnji koje je potrebno primijeniti prilikom održavanja distribucijskog sustava, bitno je dobro isplanirati u svakom trenutku i segmentu kako bi se izbjegli neželjeni događaji poput havarije ili nekontroliranog propuštanja plina. Pravilnim planiranjem preventivnog održavanja ostvaruje se benefit svakog pojedinog distributera plina, a najvažnije od svega je što se time ostvaruje pouzdanost i sigurnost distribucijskog sustava što je temeljno načelo kvalitetne isporuke plina. Stoga je neophodno za svakog distributera da ima stručno osposobljene djelatnike koji će u svakom trenutku znati pravilno postupiti kod pojedinih kriznih situacija.

Za takvo jedno uspješno ostvarenje visokog stupnja sigurnosti i načina rada, potrebno je redovito ulagati u sustav i djelatnike putem stručnih edukacija, ulagati u nove tehnologije, uvođenja digitalizacije u radne procese i konstantno pratiti tržište i trendove kako bi ostali uspješni na tržištu. Tako se postiže potrebna kvaliteta i tražena sigurnost koja je u konačnici najbitniji cilj cjelokupnog održavanja distribucijskog sustava.

## 8. POPIS LITERATURE

Za knjige:

[1] Strelec V. i suradnici: *Plinarski priručnik 7.izdanje*, Energetika marketing, Zagreb, 2014

Za zbornike:

[2] Energonova d.o.o.: *Elaborat ocjene stanja VT plinovoda Ivanja Reka – Te - To, Elaborat 2, 2000.g.*

[3] PA –EL d.o.o.: *Ispitivanje stanja izolacije VT plinovoda pomoću Pearsonove detekcije, 2019.g.*

[4] HRID d.o.o.: *Beskontaktna magnetometrija i njezina primjena za ispitivanje visokotlačnog plinovoda Gradske plinare Zagreb na trasi od Ivanje Reke do TE-TO Zagreb, 2015.g.*

[5] HRID d.o.o. – *NON DESTRUCTIVE TESTING d.o.o. za razvoj i primjenu tehnologije, Izvještaj PČ Ivanja Reka – PPMRS – Magnetometrija, 2020.g.*

Za internetske izvore:

[6] <http://www.dnevnik.hr>

[7] <http://www.enciklopedija.hr>

[8] <http://www.ss-strukovna-vvlatkovic-zd.skole.hr>