

Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže različitih tlakova na primjeru distribucijskog sustava

Horvat, Branimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:800557>

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

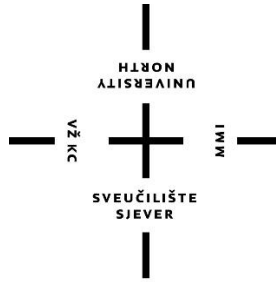
Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





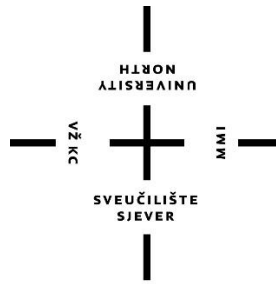
**Sveučilište
Sjever**

ZAVRŠNI RAD br. 243/PS/2018

**ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE
RAZLIČITIH TLAKOVA NA PRIMJERU
DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA**

Branimir Horvat, 4316/601

Varaždin, veljača 2018. godine



**Sveučilište
Sjever**

ODJEL ZA STROJARSTVO

Završni rad br. 243/PS/2018

**ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE
RAZLIČITIH TLAKOVA NA PRIMJERU
DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA**

Student

Branimir Horvat, 4316/601

Mentor

Prof.dr.sc. Živko Kondić

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
PRISTUPNIK	BRANIMIR HORVAT	MATIČNI BROJ	4316/601
DATUM	9.1.2018.	KOLEGIJ	ODRŽAVANJE INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA
NASLOV RADA	ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE RAZLIČITIH TLAKOVA NA PRIMJERU DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	CONSIDERATION OF GAS NETWORK UNPROFESSION DIFFERENT DISTANCE OF EXAMPLE DISTRIBUTION SYSTEM		
MENTOR	KONDIĆ ŽIVKO	ZVANJE	Red.profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Marko Horvat, dipl.ing. predavač, predsjednik povjerenstva 2. Prof.dr.sc. Živko Kondić, mentor 3. Veljko Kondić, mag.mech., predavač, član 4. dr.sc.Zlatko Botak, v.predavač, zamjenski član 5. _____		

Zadatak završnog rada

BROJ	243/PS/2018
OPIS	U radu je potrebno: <ul style="list-style-type: none">- Opisati osnovne značajke prirodnog plina s aspekta njegovog kemijskog sastava, prosječnih značajki, transporta i distribucije.- Opisati plinske priključke i to: kućni, industrijski i zajednički dio priključaka te ukratko opisati razvoj plinske mreže u RH.- Opisati zakonske i podzakonske akte kojima se reguliraju opći uvjeti opskrbe plinom a nešto detaljnije se zadržati na Internom Tehničkom pravilu GPZ i Internoj radnoj uputi GPZ.- Detaljnije opisati ispitivanje nepropusnosti plinske mreže kroz odabrano Distribucijsko područje. Zatim opisati ukratko povjesni razvoj ispitivanja plinske mreže. Obraditi pitanja brzine ispitivanja te opisati uređaje koji se koriste za detekciju propusnosti. Posebno opisati metode ispitivanja propusnosti, značaj vremenskih uvjeta, granice eksplozivnosti plina.- Obraditi pitanje nekontrolirane propusnosti plina i to u slobodnom prostoru, kroz tlo oko plinovoda te širenje plina kroz tlo. Obraditi klasifikaciju stupnja propusnosti plina te pokazati na praktičnom primjeru kako se to provodi i izraditi izvještaj.-Opisati postupak sanacije izlaza plina po procesima.- U zaključku se kritički osvrnuti na izradeni završni rad u smislu mogućih ograničenja i prijedloga.

ZADATAK URUČEN

20. 02. 2018.

POTPIS MENTORA



ZAHVALA

Zahvaljujem se mentoru Prof.dr.sc. Živku Kondiću na ukazanom povjerenju, pruženoj pomoći, te stručnom vodstvu tijekom izrade završnog rada. Također bi se zahvalio svim profesorima na prenesenom znanju i kolegama s kojima sam surađivao tijekom studiranja.

Zahvaljujem se Gradskoj plinari Zagreb d.o.o, koja mi je omogućila nastavak školovanja te završetak studija.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, supruzi Maji, djeci Lauri i Lindi, ostatku obitelji Horvat koja mi je vjerovala, te pružila moralnu podršku i što su imali velikog razumijevanja za cjelokupno trajanja mog studija, kao i svima ostalima koji su me podržavali u nastojanju da završim stručni studij.

Branimir Horvat

SAŽETAK

U ovom završnom radu prikazano je koliki značaj ima ispitivanje nepropusnosti plinskog distribucijskog sustava, za sigurnost i pouzdanost plinskog distribucijskog sustava. Kroz uvodni dio općenito je prikazano na koji način funkcioniraju obveze distributera prema krajnjem kupcu, za sigurnu i pouzdanu opskrbu plinom. Drugim dijelom su opisani opći pojmovi o prirodnom plinu, od njegova nastanka do transporta, te njegovog sastava i razvoda plinske mreže. Zatim smo se dotaknuli zakonske obveze ispitivanja plinske mreže, nakon čega smo se nadovezali na samu radnju ispitivanja plinske mreže, gdje je opisan distribucijski sustav GPZ, te njegov povijesni razvoj ispitivanja plinske mreže, ostale metode i procesi prema kojima se provodi ispitivanje. Za završni dio opisali smo jedan praktični dio, da se stvori bolji dojam samoga procesa ispitivanja plinske mreže, te uvidi koliko je stvarno taj proces zahtjevan i važan za sigurnost distribucijskog sustava.

KLJUČNE RIJEČI: ispitivanje nepropusnosti, sigurnost, distribucijski sustav, metode ispitivanja, zakonska obveza

SUMMARY

In this final paper, it is shown how important the gas distribution system leakage test is, the safety and reliability of the gas distribution system. Throughout the introductory part, it is generally shown how the distributor's obligations towards the end customer operate for safe and well-off gas supply. The second part describes the general concepts of natural gas, from its origin to transport, and its composition and distribution network. Then we met the legal obligations of gas network testing, after which we approached the gas network test itself, describing the distribution system GPZ and its historical development of the gas network test, the other methods and processes under which the test was conducted. For the final part, we have described a practical part to create a better impression of the gas network testing process, and to see how much this process is really demanding and important for the security of the distribution system.

KEY WORDS: testing of leakproofness, safety, distribution system, test methods, statutory obligation

POPIS KORIŠTENIH KRATICA

PPMRS	Primo-predajna mjerna redukcijaska stanica
MRS	Mjerno redukcijaska stanica
VT	Visoki tlak
ST	Srednj tlak
NT	Niski tlak
PRU	Plinski regulacijski uređaj
GPZ	Gradska plinara Zagreb
FID	Detekcija ionizirajućim plamenom (Flame ionization detector)
PPM	Mjerna jedinica propusnosti plina
GIS	Geografski informatički sustav
HT	Hrvatski telekom
DGE	Donja granica eksplozivnosti plina
GGE	Gornja granica eksplozivnosti plina
ODS	Odjel distribucijski centar
NN	Narodne novine

POPIS KORIŠTENIH SIMBOLA

CO	Ugljični monoksid
CH ₄	Metan
CO ₂	Ugljični dioksid
C ₂ H ₆	Etan
C ₃ H ₈	Propan
N ₂	Dušik
UPP	Ukapljeni prirodni plin (LNG – Liquefied Natural Gas)
THT	Tetra hydro thiophene - Odorant
PE	Polietilen
H _g	Gornja ogrijevna vrijednost (kWh/m ³)
H _d	Donja ogrijevna vrijednost (kWh/m ³)
w ₂	Brzina propusnosti plina (m/s)
w _{kr}	Kritična brzina propusnosti plina (m/s)
Pa	Atmosferski tlak (Pa)
T _a	Atmosferska temperatura (K)
ρ _a	Gustoća zraka (kg/m ³)

Sadržaj

1	UVOD	11
2	PRIRODNI PLIN	13
2.1	Sastav prirodnog plina	15
2.2	Kemijski sastav prirodnog plina u RH	16
2.3	Prosječne značajke prirodnog plina	16
2.4	Transport prirodnog plina	16
2.5	Distribucijski plinovodi	18
2.6	Plinski priključci	20
2.6.1	Kućni priključak	20
2.6.2	Industrijski priključak	21
2.6.3	Zajednički dio priključka	22
2.7	Razvod plinske mreže u RH	22
3	ZAKONSKA I PODZAKONSKA REGULATIVA	23
3.1	Opći uvjeti opskrbe plinom - HERA	23
3.1.1	Interno Tehničko pravilo GPZ	24
3.1.2	Interna Radna uputa GPZ	25
4	ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE	26
4.1	Distribucijsko područje GPZ-a	26
4.2	Povijesni razvoj ispitivanje plinske mreže GPZ-a	28
4.2.1	Prvi uređaj za ispitivanje plinske mreže	28
4.2.2	Prvo specijalizirano vozilo za ispitivanje plinske mreže	29
4.3	Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže distribucijskog područja GPZ-a	30
4.4	Brzina ispitivanja	32
4.5	Uređaji za detektiranje propusnosti plina	32
4.5.1	Uređaj Gas-Tec	33
4.5.2	Uređaj LASER ONE	35
4.5.3	Test boca	37
4.5.4	Uređaj Gasophon ST 3	38
4.5.5	Uređaj X-am 7000	39
4.5.6	Uređaj za analizu plina METREX 3	39
4.6	Metode otkrivanja propusnosti	40
4.7	Vremenski uvjeti	42
4.8	Granice eksplozivnosti plina (CH ₄)	43
4.9	Nekontrolirana propusnost plina	44
4.9.1	Općenito	44
4.9.2	Nekontrolirana propusnost plina u slobodni prostor	44

4.9.3	Propusnost plina kroz tlo oko plinovoda.....	46
4.9.4	Širenje propusnosti plina kroz tlo	47
4.10	Klasifikacija stupnja propusnosti plina	48
4.11	Izvještaj o izvršenom ispitivanju nepropusnosti	50
5	POSTUPAK SANACIJE IZLAZA PLINA – primjer iz prakse.....	52
5.1	Odjel nadzora i regulacije sustava – proces nadzora sustava	52
5.2	Odjel distribucijski centar	52
5.3	Odjel hitnih intervencija	54
6	ZAKLJUČAK.....	56
7	POPIS LITERATURE.....	57

1 UVOD

Svjetski trend uporabe i uvođenja prihvatljivih ekoloških energenata dovode do stalnog rasta potrošnje plina u svijetu, pa tako i u Republici Hrvatskoj. Svjesni činjenice rasta plinifikacije Republike Hrvatske kao i sve većeg broja korisnika plina, zbog sigurnosti nužna je organizacija službi i njihova stručna osposobljenost za ispitivanjem nepropusnosti plinske mreže, tj. rizične pojave na radnom mjestu ispitivanja nepropusnosti plinske mreže. Kvalitetna i stručna organiziranost oko samog procesa ispitivanja nepropusnosti smanjuje mogućnost nastanka kriznih situacija.

Plinsko gospodarstvo prihvativši činjenicu da „propusnost“ kao realnost može osim svih prethodno poduzetih aktivnosti oko kvalitete materijala i opreme, kvalitete izgradnje po poznatim i priznatim propisima, kvalitetnog održavanja, periodičkog ispitivanja i organiziranja raznih službi, posebno voditi brigu o obrazovanju kadrova za različite poslove i različito moguće nastale situacije.

Plinski distribucijski sustavi imaju ulogu opskrbe potrošača plinom na svakoj točki sustava u svako doba dana i noći. Također imaju ulogu opskrbe potrošača dovoljnom količinom plina, propisanim sastavom plina i to na siguran način. Da bi distribucijski sustav zadovoljio te parametre, potrebno ga je pravilno projektirati i izgraditi uz prateći stručni nadzor, te organizirati njegovo upravljanje i održavanje od strane stručnih službi.

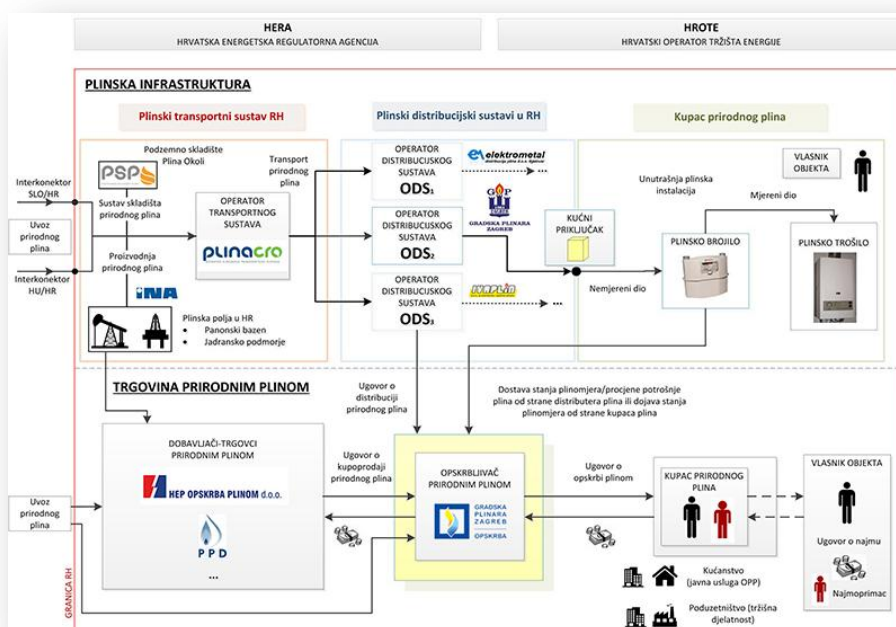
Gledano s sigurnosnog stajališta razmatrat će se distributivni sustav od PPMRS u vlasništvu proizvođača ili dobavljača prirodnog plina preko MRS, plinske distribucijske mreže do unutarnje plinske instalacije (slika 1.1.). Pod sigurnosnim aspektom smatra se neprekidan rad distribucijskog sustava bez nekontroliranog izlaza plina koji može biti uzrok krizne situacije poput požara, eksplozije ili gušenja plinom.

Održavanje i ispitivanje nepropusnosti plinske distribucijske mreže u današnje vrijeme podliježu mnogim zakonskim propisima koje se mora poštovati i ugraditi u svaki plan održavanja. Svaki izlaz plina, tj. curenje plina za pojedinog distributera je skupo i neprihvatljivo jer stvara velike gubitke za tvrtku, a i samim time distributer

preuzima odgovornost jer je dužan potrošačima osigurati pouzdanost i sigurnost sustava.

Sigurnost plinskog distribucijskog sustava, oduvijek je smatrana temeljnim načelom pouzdane distribucije plina. Poslove vezane uz osiguranje i kontrolu kvalitete, provjere i ispitivanja moraju se obavljati u skladu sa odredbama posebnih propisa koji se primjenjuju na mjeriteljsku i ispitivačku djelatnost. Svaki izlaz plina, tj. propusnost iz distribucijskog sustava koji nije pod stručnim nadzorom djelatnika distributera ili nije posljedica ispravnog rada regulacijskog uređaja, smatra se nekontroliranim izlazom plina. Izlaz plina može nastati i radi oštećenja uzrokovano posljedicom korozije, mehaničkim oštećenjem nastalim pri raznim radovima, lomom plinovoda radi dinamičkih vibracija prouzročenih prometom, starošću i dr.

U svrhu cilja za pouzdanom sigurnošću distribucijskog sustava, provode se ispitivanja nepropusnosti plinske mreže različitih tlakova, određena zakonskim rokovima prema tlačnom razredu. Sva ispitivanja i rezultati ispitivanja arhiviraju se u digitalnom obliku, te prosljeđuju u daljne procese, isto u cilju organiziranja, saniranja, i lakšeg planiranja budućih plinovoda.



Slika 1.1 Shematski prikaz plinskog sustava i tržišta prirodnog plina u Hrvatskoj ¹

¹ Izvor: <http://www.gpz-opskrba.hr>

2 PRIRODNI PLIN

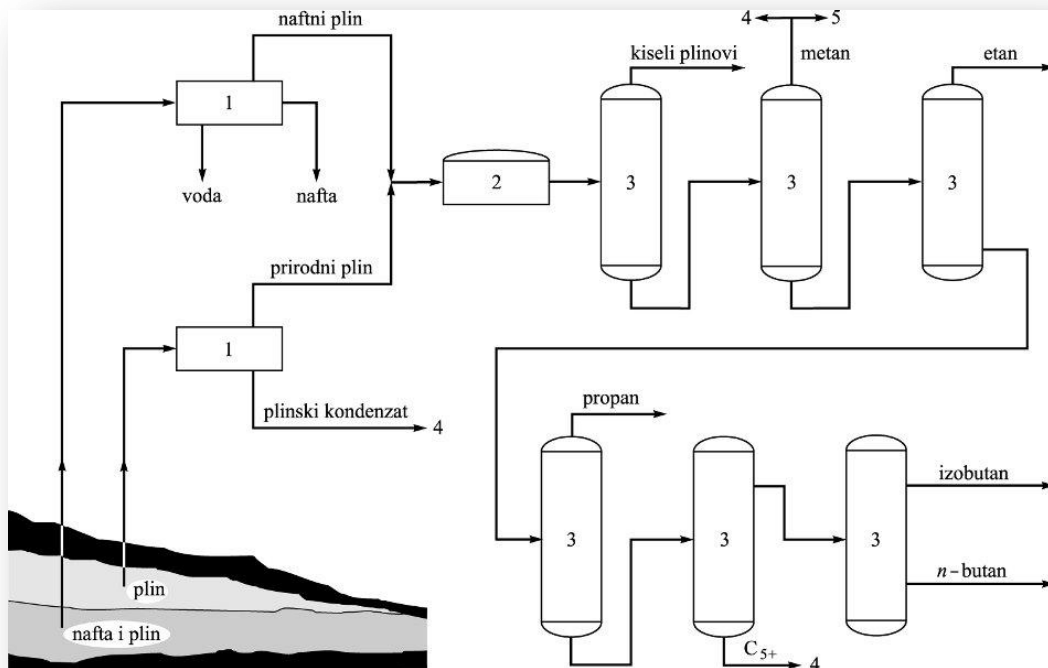
Naziva se i zemnim plinom. Smatra se da je prirodni plin nastao prije mnogo milijuna godina iz taloga raznih mikroorganizma pod utjecajem visokih tlakova, temperatura i djelovanja bakterija bez prisutnosti kisika. Većinom se pojavljuje uz ležišta nafte ili zasebno. Ležišta su obično na velikim dubinama odakle se kroz bušotine pod djelovanjem tlaka transportira na površinu do stanica u kojima se sabire.

U sabirnim stanicama plin se pročišćava i odvodi plinovodima u postrojenja, gdje se izdvajaju propan, butan, pentan i viši ugljikovodici. Konačni produkt je suhi prirodni plin s visokim sadržajem metana, koji se potom transportira prema potrošačima (slika 2.1).

Prirodni plin nema boje, okusa i mirisa, te otrovnih sastojaka, lakši je od zraka i izgara plavičastim plamenom. Prije same distribucije potrebno ga je odorizirati odorantima – **THT**, radi mogućnosti detekcije osjetilom mirisa u slučaju nekontroliranog izlaza (propusnosti) u zatvorenim prostorijama. Prirodni plin je osnovni dio distribucijskog sustava u svijetu. Može se pretvoriti u kapljevito stanje dubokim pothlađivanjem radi ekonomičnog transporta ili skladištenja i tada govorimo o ukapljenom prirodnom plinu – **UPP**. Postupak ukapljivanja omogućuje lakši i jednostavniji transport, posebno brodom. **UPP** se transportira posebnim brodovima (metanierima), jer mu je volumen 587 puta manji od volumena u normalnom plinovitom stanju. Transportira se do terminala gdje se ponovno pretvara u plinovito stanje i dalje odvodi plinovodima prema potrošačima.

Rabi se prvenstveno kao gorivo u kućanstvima i gospodarstvu te u petrokemijskoj industriji za proizvodnju amonijaka, metanola, formaldehida, vodika, ugljikova monoksida i mnogih drugih kemijskih proizvoda. Prirodni plin je, kao i nafta, bio poznat prije više tisuća godina. Kinezi su ga koristili za osvjetljavanje hramova i za isparavanje vode pri dobivanju soli, a iz Cezarova doba postoje podaci o izbijanju prirodnoga plina u Galiji. Prva komercijalna upotreba prirodnoga plina datira oko 1802.g., kada se koristio za osvjetljavanje ulice u Genovi. Postoji više teorija o njegovu postanku, od kojih je najšire prihvaćena ona o org. podrijetlu. Prvo nalazište prirodnoga plina u Hrvatskoj otkriveno je 1917.g. u Bujavici. Proizvodnja je započela

1926., a plin se koristio za proizvodnju čađe u mjesnoj tvornici te za rasvjetu željeznih vagona i pogona automobila. Godine 1931. započeto je iskorištavanje plina i na polju Gojlo, zbog čega je 1938.g. u Kutini izgrađena tvornica čađe. Proizvodnja se povećala nakon otkrića ležišta na poljima Okoli (1964), Legrad (1973), Bokšić (1974) i Veliki Otok (1975), a nagli porast proizvodnje zabilježen je uz početak iskorištavanja na poljima Molve (1981), Kalinovac (1985) i Stari Gradac (1988).



Slika 2.1 Prirodni plin, proizvodnja i preradba²

Sustav čine:

1. separator,
2. sabirna plinska stanica,
3. destilacijske kolone,
4. na preradbu,
5. u distribuciju.

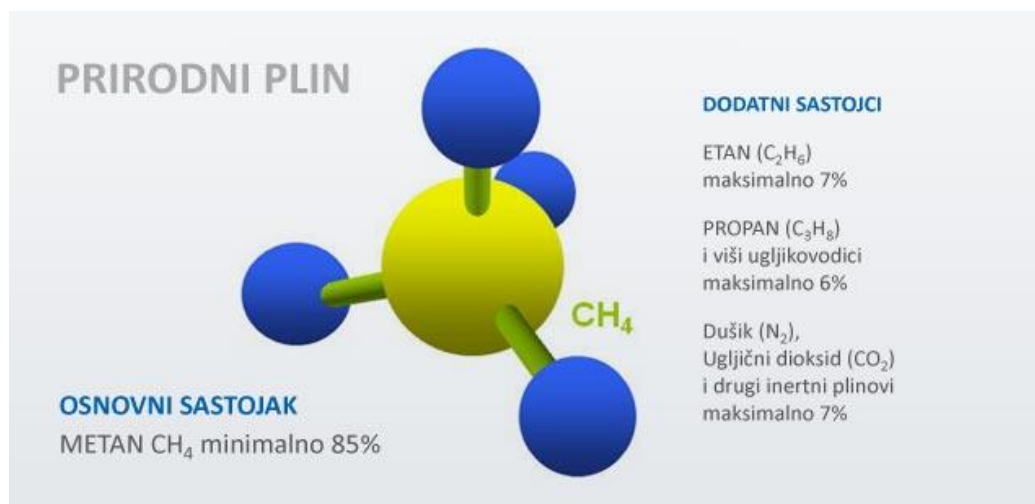
Otkriveno je i nekoliko plinskih ležišta u sjevernom dijelu Jadranskoga mora. Najveće je plinsko polje Ivana, na kojem je proizvodnja započela potkraj 1999. U

² Izvor: <http://www.enciklopedija.hr>

Hrvatskoj je 2004. proizvedeno $2200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ plina. Da bi se zadovoljile potrebe, prirodni plin se od 1978. uvozi iz Rusije, čime se trenutno podmiruje oko trećina potrošnje. Kako bi se uravnotežila sezonska proizvodnja i potrošnja plina, jedno od iscrpljenih plinskih ležišta na polju Okoli pretvoreno je 1987. u podzemno skladište, u koje se skladišti višak plina proizveden u toplom godišnjem razdoblju, a crpi se tijekom zimskih mjeseci.³

2.1 Sastav prirodnog plina

Prirodni plin smjesa je metana (molni udjel veći od 90%) s manjim udjelima etana, propana i viših ugljikovodika, a može sadržavati i nešto ugljikova dioksida, sumporovodika (takav se plin naziva kiselim), dušika, a katkad i helija i žive (slika 2.2). S obzirom na udjel težih ugljikovodika razlikuju se: suhi plin, s neznatnim udjelom, 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, uz današnju razinu iskorištavanja, mogle potrajati još nekih sto godina. Najveći problemi s plinom leže u tome što se udio metana u njemu mijenja od države do države, pa tako na primjer udio metana u prirodnom plinu u Rusiji se kreće oko 98% dok je u Nizozemskoj taj udio od 80% do 85%. Najveći izvor zemnog plina u Republici Hrvatskoj se nalazi u Molvama gdje se proizvodi čak 70% plina za Republiku Hrvatsku.



Slika 2.2 Metan, glavni sastojak prirodnog plina.⁴

³ Izvor: <http://www.enciklopedija.hr>

⁴ Izvor: <http://www.plinara-zagreb.hr>

2.2 Kemijski sastav prirodnog plina u RH

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

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

2.3 Prosječne značajke prirodnog plina

- pri apsolutnom tlaku 101 325 Pa (1,01325 Pa) i temperaturi 288,15 K (15°C)

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

2.4 Transport prirodnog plina

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.

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

- Tranzitne
- 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 8 bar, a razdjelna distribucijska mreža za dovod do stambenih zgrada s tlakom manjim od 0,3 bar. Promjeri distribucijskih plinovoda iznose od 50 do 600 mm.

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. Smatra se da optimalan omjer početnog i krajnjeg tlaka između dvije kompresijske stanice treba da iznosi oko 1,45. U praksi taj omjer iznosi 1,33 do 1,60, a katkada i 1,70.

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 pročištača 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.⁵

2.5 Distribucijski plinovodi

Plinovodi predstavljaju osnovni dio plinoopskrbnog sustava, a njihova je osnovna uloga prijenos plina od izvora ili mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje. Mogu se podijeliti na tri osnovna načina:

prema radnom tlaku

prema namjeni

prema smještaju, odnosno načinu polaganja

Prema najvećem dopuštenom radnom tlaku plinovodi mogu biti:

a) niskotlačni, do najviše 100 mbar (0,1 bar)

b) srednjotlačni, od 100 mbar (0,1 bar) do 4 bar

c) visokotlačni, od 4 bar do 100 bar

Prema namjeni se plinovodi mogu podijeliti na:

a) magistralne: VT plinovodi za prijenos plina od izvora do velikih potrošača, tj. do primopredajnih mjerno-regulacijskih stanica, namijenjeni za opskrbu plinom većih ili manjih plinoopskrbnih tvrtki ili velikih potrošača

b) distribucijske, koji mogu biti

primarni: VT plinovodi namijenjeni za prijenos plina od primopredajnih MRS-a do većih primarnih regulacijskih stanica (radni tlak veći od 4 bar)

sekundarni: ST plinovodi namijenjeni za prijenos i opskrbu plinom od primopredajnih MRS-a ili primarnih regulacijskih stanica do industrijskih i ostalih potrošača ili do tercijarne opskrbne mreže, odnosno sekundarne regulacijske stanice ili plinskog regulacijskog uređaja (radni tlak do 4 bar)

⁵ Izvor: Izvor: <http://www.enciklopedija.hr>

tercijarni: ST i NT plinovodi i priključci namijenjeni za opskrbu (distribuciju) plinom krajnjih potrošača (radni tlak za ST je do 4 bar, a za NT plinovode do 100 mbar).

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 (zemlju), na dubinu ispod granice njegovog smržavanja. Određena dubina polaganja potrebna je zbog 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.

U iznimnim slučajevima dubina polaganja može biti manja, ali samo na kraćim dionicama i uz odgovarajuću zaštitu, dok za dubinu polaganja PE plinovoda postoji i najveća vrijednost od 2 m. Prijelazi ispod željezničkih pruga, važnijih cesta i prolazi kroz zidove izvode se bušenjem i umetanjem plinovoda, odnosno plinske cijevi u zaštitnu cijev, pri čemu međuprostor treba zabrtviti. Kod polaganja plinovoda zbog sigurnosnih se razloga mora voditi računa o izboru trase te o potrebnim sigurnosnim udaljenostima s obzirom na nadzemne građevine i objekte, podzemne objekte i komunalne instalacije, kategoriju zemljišta i tip uređene javne površine te dostupnost plinovoda za vrijeme uporabe i pri održavanju.

Plinovodi se u pravilu polažu u iskopani rov, na pripremljenu posteljicu od finog pijeska najmanje debljine od 5 do 10 cm, a ovisno o sastavu tla, moguće je i izravno polaganje u rov, bez pijeska. Nakon polaganja plinovod se zatrpava slojem finog pijeska u najmanjoj debljini 10 cm te u daljnjim slojevima po 30 cm.

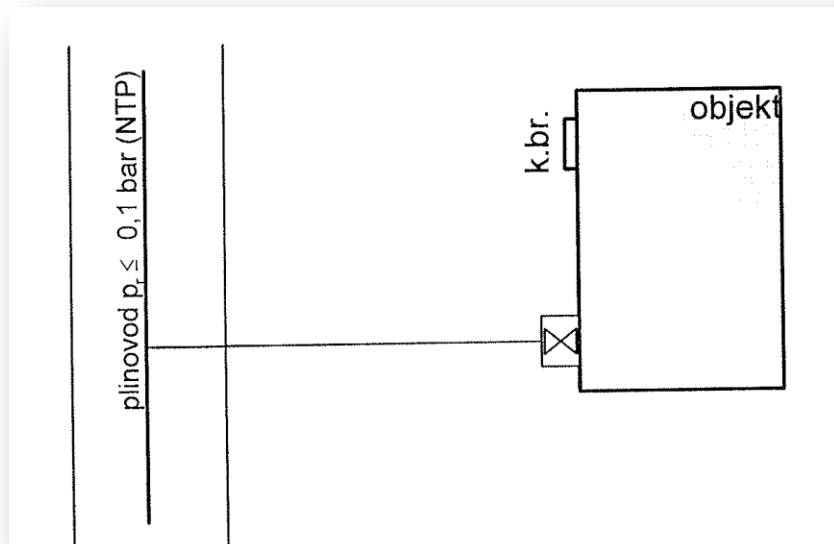
2.6 Plinski priključci

Plinski priključci služe za dovođenje plina u objekta potrošača i povezuje objekt potrošača s uličnim plinovodom. Osnovno je pravilo plinske struke da svaki objekt smije imati po jedan plinski priključak koji treba izvesti najkraćim putem od uličnog plinovoda do objekta potrošača. Dijele se na kućne i industrijske priključke.

2.6.1 Kućni priključak

Kućni priključak je dio distribucijskog sustava od spoja na plinovod do glavnog zapora koji se nalazi na ili u objektu kod plinovoda radnog tlaka do 0,1 bar (NTP) ili do PRU kod plinovoda radnog tlaka od 0,1 – 4,0 bar (slika 2.3). Sastoji se od:

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



Slika 2.3 Kućni priključak spojen na NTP ⁶

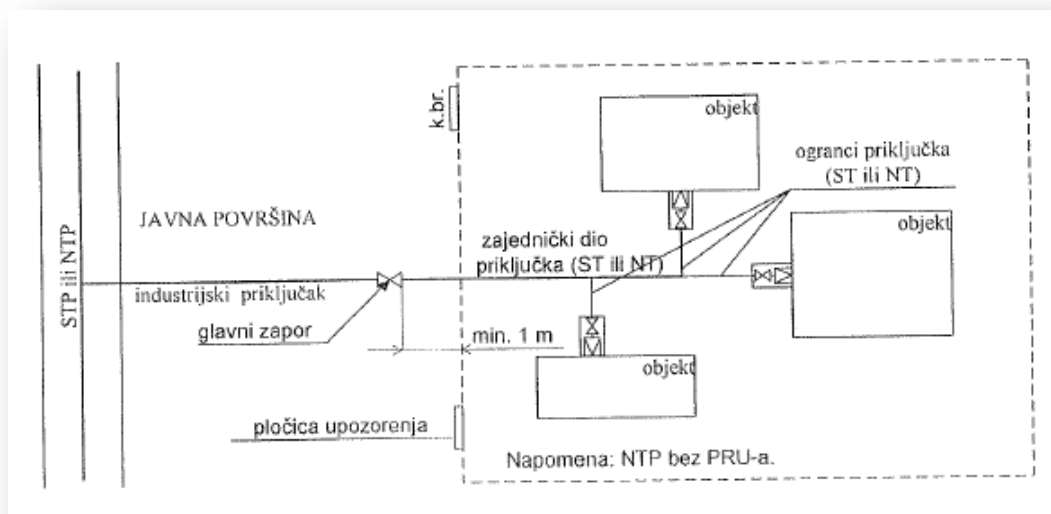
⁶ Izvor: Tehničko pravilo GPZ-P 551 2004. – kućni priključci za primjenu do 4,0 bar

2.6.2 Industrijski priključak

Industrijski priključak je dio distribucijskog sustava od uključivo spoja na plinovod do zaključno s glavnim zaporom – prvim zaporom u smjeru strujanja plina. Glavni zapor se ukopava na javnoj površini minimalno 1 m ispred granice parcele ili objekta koji se priključuje na distribucijski sustav (slika 2.4).

Industrijski priključak sastoji se od:

- spoja priključka na plinovod
- cjevovoda industrijskog priključka i
- glavnog zapora ⁷



Slika 2.4 Industrijski priključak spojen na NTP ⁸

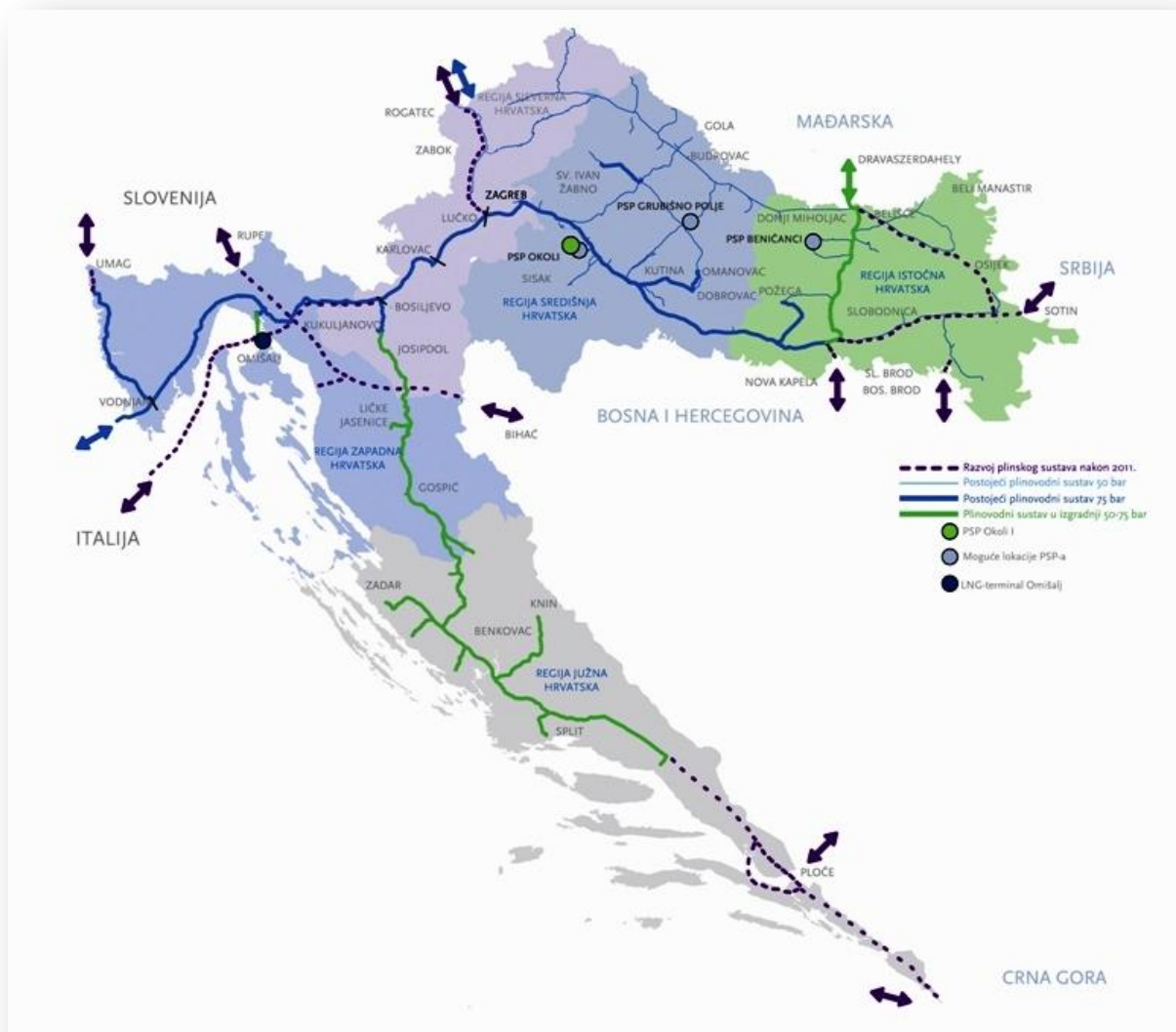
⁷ Izvor: Tehničko pravilo GPZ-P 551 2004. – kućni priključci za primjenu do 4,0 bar

⁸ Izvor: Tehničko pravilo GPZ-P 551 2004. – kućni priključci za primjenu do 4,0 bar

2.6.3 Zajednički dio priključka

Zajednički dio priključka je cjevovod koji spaja industrijski priključak s ograncima priključka, a izvodi se kada se na industrijski priključak spaja više objekata ili objekt s jednim kućnim brojem više suvlasničkih prostora.

2.7 Razvod plinske mreže u RH



Slika 2.5 Plinska mreža u Hrvatskoj⁹

⁹ Izvor: [http:// www.plinacro.hr](http://www.plinacro.hr)

3 ZAKONSKA I PODZAKONSKA REGULATIVA

3.1 Opći uvjeti opskrbe plinom - HERA

Zahtjev kvalitete opskrbe plinom uključuje pouzdanost isporuke plinom i aktivnosti ispitivanja nepropusnosti distribucijskog sustava. Sukladno Općim uvjetima opskrbe plinom NN, br. 158/13, 74/17, te Općem standardu kvalitete opskrbom plina, operatori plinskog distribucijskog sustava u Hrvatskoj dužni su provoditi ispitivanje nepropusnosti distribucijskog sustava u minimalnim godišnjim količinama od:

- NT plinovodi – 25 % od ukupne duljine
- ST plinovodi – 50 % od ukupne duljine
- VT plinovodi - 100 % od ukupne duljine (vidi sliku 3.1)

R. br.	ZAHTEV KVALITETE OPSKRBE	AKTIVNOST	OPĆI STANDARD KVALITETE OPSKRBE	POKAZATELJ ISPUNJAVANJA STANDARD KVALITETE OPSKRBE	OBVEZNIK PRIMJENE
1	POUZDANOST ISPORUKE	PRAĆENJE PREKIDA ISPORUKE	Ukupno trajanje svih prekida isporuke plina u odnosu na broj krajnjih kupaca kojima je prekinuta isporuka (*)	Trajanje svih prekida isporuke plina u odnosu na broj krajnjih kupaca kojima je prekinuta isporuka	OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA
2	POUZDANOST ISPORUKE	ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA	Minimalni dio sustava koji je potrebno ispitati na nepropusnost jednom godišnje (VT plinovodi 100%, ST plinovodi 50%, NT plinovodi 25%)	Udio duljine ispitanih plinovoda prema općem standardu u ukupnoj duljini plinovoda	OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

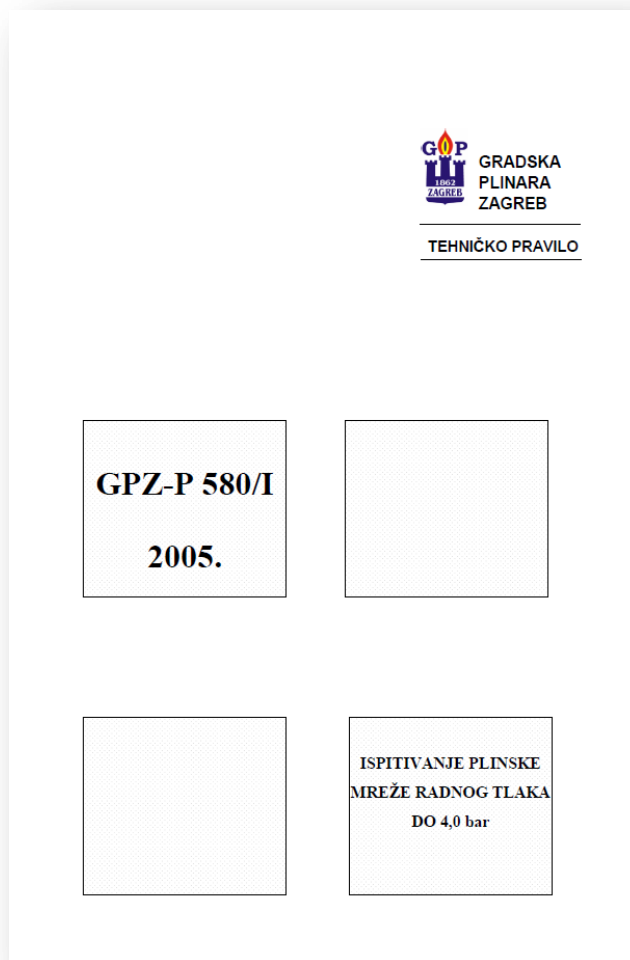
Slika 3.1 Praćenje općih standarda kvalitete opskrbe plinom ¹⁰

Pojedini operateri nekih plinskog distribucijskog sustava, dodatno provode ispitivanja nepropusnosti plinske mreže sukladno svojim internim Tehničkim pravilima ili radnim uputa, koje su izrađene od strane stručno osposobljenih djelatnika, ako je to potrebno i uređeno na taj način.

¹⁰ Izvor: <https://www.hera.hr> – Zakon o tržištu plina - Opći uvjeti opskrbe plinom

3.1.1 Interno Tehničko pravilo GPZ

Kao jedan od primjera internog pravila naveo bih Tehničko pravilo GPZ-P 580/1, za ispitivanje plinske mreže s radnim tlakom do 4,0 bar, koje je strukovni propis Gradske plinara Zagreb d.o.o., vodećeg distributera plina u RH, koje je usvojila Komisija za izradu i noveliranje strukovnih propisa GPZ-a, imenovana po direktoru Društva (slika 3.2).




Slika 3.2 Tehničko pravilo GPZ-P 580/I ¹¹

Kako bi se sačuvao pouzdan i siguran rad plinske mreže, potrebno je redovito provoditi ispitivanje nepropusnosti plinske mreže, kako i Tehničko pravilo to nalaže. Što se tiče tlačnih vrijednosti koje su navedene za plinovode u Tehničkom pravilu odnose se na predtlake iznad atmosferskog tlaka.

¹¹ Izvor: Zapisi tehničkih propisa i uputa GPZ

3.1.2 Interna Radna uputa GPZ

Radna uputa za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka nam određuje svrhu i cilj radne upute, koje je njeno područje primjene, te je u njoj opisan rad i navedena referentna dokumentacija koja je uključena u radnu uputu. U njoj su nevedeni detektori kojima se provodi ispitivanje nepropusnosti plinske mreže i na temelju čega, godišnji rokovi ispitivanja plinske mreže po tlačnim razredima, način provođenja ugovornih obveza i dr. (slika 3.3).

	RADNA UPUTA		broj 75.12.05.05.
	za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka		revizija 2-09/2016
			br. stranice 1/2

1. SVRHA I CILJ

Kontrola vanjske propusnosti plinskog distribucijskog sustava provodi se detektorima metana (CH₄) u svrhu otkrivanja eventualne propusnosti plinovoda koja je nastala kao posljedica korozije cjevovoda ili uslijed mehaničkih oštećenja plinovoda, a u cilju sigurnosti plinskog distribucijskog sustava, ljudi i imovine, te smanjenja gubitaka energije (plin) na plinskom distribucijskom sustavu i drugih povezanih utjecaja na okoliš kao i troškova energije kroz sustavno upravljenje energijom.

2. PODRUČJE PRIMJENE

Radna uputa primjenjuje se u okviru Sektora distribucije, odnosno Službe nadzora i upravljanja, Odjelu nadzora i regulacije sustava, koji temeljem godišnjih planova i djelokruga rada obavljaju ispitivanje i nadzor vanjskog dijela plinskog distribucijskog sustava

3. OPIS RADA

Voditelj poslovnih procesa II i Referent II izrađuju godišnji, polugodišnji, mjesečni i tjedni plan ispitivanja i nadziranja plinovoda i kućnih priključaka na plinskom distribucijskom području GPZ-a.

Kontrolu ispitivanja i nadziranja plinskog distribucijskog sustava izvode referenti III u procesu nadzora sustava.

Nadzor sustava i provjera nesukladnosti na sustavu se izvodi vizualnim pregledom, dok se ispitivanje nepropusnosti plinskog distribucijskog sustava izvodi uređajima za detektiranje metana (CH₄) GasTec, Gasophon, Ex-Tec SR5, GMI GT 44, te detektiranje podzemnih instalacija uređajima RD 4000 i RD 600.

Mjerna područja instrumenata za detektiranje propusnosti metana (CH₄) su od 0 do 100% Vol.

Ispitivanje nepropusnosti plinskog distribucijskog sustava provodi se ophodnjom cijele trase plinovoda na mjestima gdje je plinovod položen ispod asfaltirane ili betonirane površine, te provjerom kompletne infrastrukture na ispitnoj lokaciji.

Zakonska obveza ispitivanja nepropusnosti plinskog distribucijskog sustava prema MPDS i Intrenim tehničkim pravilima je:

- za VT plinovode – ispitivanje se izvodi 1 (jednom) godišnje
- za ST plinovode i kućne priključke – ispitivanje se izvodi 1 (jednom) u dvije godine
- za NT plinovode i kućne priključke – ispitivanje se izvodi 1 (jednom) u četiri godine

Ugovorne obveze: Kontrola VT plinovoda 50 bar Ivanja Reka – TE-TO vrši se patroliranjem i pojačanim nadzorom plinovoda i objekata u zoni plinovoda jednom mjesečno (12 puta godišnje), a ispitivanje nepropusnosti plinovoda 4 (četiri) puta godišnje.

Ispitivanje i održavanje zajedničkog dijela priključka s ograncima kod industrijskog priključka obavlja se jednom godišnje.

QM Robert Ilić Datum 12.10.2016	Izradio:	Kontrolirao:	Odobrio:	
	Funkcija:	Voditelj poslovnih procesa II	Direktor Sektora distribucije	Direktor Sektora distribucije
	Ime i prezime/potpis:	Branimir Horvat	Nikica Dujmović, dipl. ing.	Nikica Dujmović, dipl. ing.
	Datum:	7.10.2016.	7.10.2016.	7.10.2016.

Slika 3.3 Radna uputa za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka ¹²¹² Izvor: Zapisi sustava upravljanja kvalitetom GPZ-a

4 ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE MREŽE

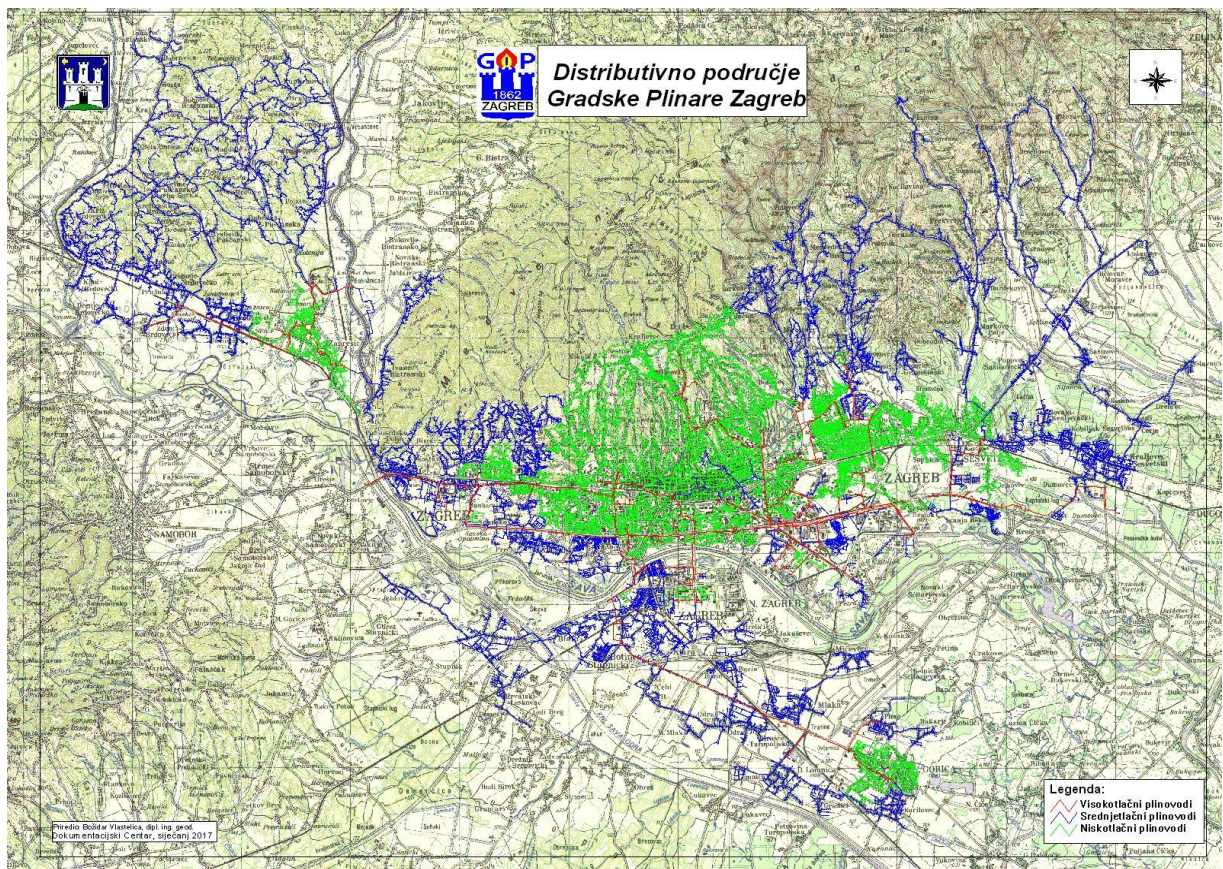
4.1 Distribucijsko područje GPZ-a



Slika 4.1 Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb¹³

Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb d.o.o. se proteže kroz gusto naseljeno područje (Zapad-Istok) u dužini cca 70 km, te cca 35 km u širini (Sjever-Jug). Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb sastoji se od 168 km VT, 1806 km ST i 1888 km NT plinske mreže, što joj daje titulu najvećeg distributera u RH (slika 4.1 i 4.2).

¹³ Izvor: Službena karta Odjela dokumentacijski centar GPZ-a



Slika 4.2 Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb¹⁴

Brojka od 101 643 kućnih priključaka na distribucijskom području GPZ, sama po sebi govori o zahtjevnosti organizacije preventivnog i korektivnog održavanja u cilju postizanja visokog stupnja sigurnosti plinskog distribucijskog sustava.

¹⁴ Izvor: Službena karta Odjela dokumentacijski centar GPZ-a

4.2 Povijesni razvoj ispitivanja plinske mreže GPZ-a

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.

4.2.1 Prvi uređaj za ispitivanje plinske mreže

Prvi uređaj za ispitivanje plinske mreže zove se GAS-TEC (slika 4.3) 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 4.3 Uređaj za ispitivanje – GAS-Tec

4.2.2 Prvo specijalizirano vozilo za ispitivanje plinske mreže

Tijekom 1987. g. osposobljeno je prvo specijalizirano vozilo za ispitivanje plinske mreže marke Lada Niva (slika 4.4). 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 plina.



Slika 4.4. Prvo specijalizirano vozila za ispitivanje, Lada Niva (1987. g.)¹⁵

¹⁵ Izvor: Tisak: "Nova promocija" Zagreb, 1999.g. - Zagreb i plin 1862 - 2000

4.3 Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže distribucijskog područja GPZ-a

Temelj za sigurno održavanje i vođenje plinske mreže je potpuna i ažurirana dokumentacija, praćenje stanja plinovoda (vrsta materijala, starost, propusnost), praćenje aktivnosti drugih komunalnih ili izvoditeljskih tvrtki u blizini plinovoda i kućnih priključaka, te organiziranost posebnih službi kao što su razne dežurne ekipe, hitne intervencije i nadzor sustava. Aktivnosti vezene za pripremu potrebne dokumentacije u novo vrijeme dobile su važnost uvođenjem nove informatičke tehnologije GIS-a.

Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže provodi se pomoću detektora plina (metana – CH₄) ophodnjom cijele trase plinovoda i kućnih priključaka ili vožnjom automobila koji u sebi ima ugrađen sustav za ispitivanje (slika 4.6). 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 kanalizacijskim, 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.

Ispitivanje nepropusnosti plinske mreže izvodi se u propisanim vremenskim razmacima koje određuje veličina plinske mreže, tlačni razred, specifičnost područja i uvjeti rada, meteorološki uvjeti, te drugi razni čimbenici (slika 4.5).

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

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

Slika 4.5 Tablični prikaz vremenskog razdoblja ispitivanja plinske mreže



Slika 4.6 Prikaz ispitivanja nepropusnosti operativnih ekipa na terenu

4.4 Brzina ispitivanja

Ispitivanje se provodi kontinuiranim laganim hodom, otprilike jedan korak po sekundi. Kako je vrijeme odaziva uređaja < 2-3 sekunde, prilikom otkrivanja veće koncentracije plina, potrebno se je vratiti nekoliko koraka unazad da bi se odredila točna lokacija izlaza plina.

4.5 Uređaji za detektiranje propusnosti plina

Uređaji za detekciju plina su instrumenti kojima se utvrđuje iznos koncentracije plina u zraku, na otvorenom ili u zatvorenom prostoru. Koji uređaj, kada i gdje primjeniti ovisi o mnogim čimbenicima. U pravilu, uređaje za detekciju plina dijelimo prema načinu rada, prema području mjerenja i prema namjeni.

Osnovna podjela prema namjeni:

- Detekcija prisutnosti plina iznad površine tla (ispitivanje nepropusnosti plinske mreže)
- Lokaliziranje mjesta propuštanja na plinovodima i kućnim priključcima
- Mjerenje koncentracije plina u zatvorenim prostorima (stambene i poslovne zgrade, razna okna i podzemni kanali)
- Lokaliziranje mjesta propusnosti na unutarnjim plinskim instalacijama ¹⁶

Za detekciju propusnosti plina na površini tla iznad plinovoda i kućnih priključaka koriste se uređaji FID tehnologije i uređaji s poluvodičima.

Mjerna jedinica je **PPM**. Definicija **PPM-a** se odnosi na koncentraciju plina (CH₄) od jedne čestice plina (CH₄) na milijun čestica zraka.

¹⁶ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

4.5.1 Uređaj Gas-Tec

Gas-Tec uređaj (slika 4.7) je lagani prijenosni plinski detektor za brzi pregled plinovoda i lociranje istjecanja plina. Zbog toga je posebno pogodan za raspoznavanje i otkrivanje pukotina na plinovodima i propusnim spojevima. Uređaj se nosi na ramenu i potpuno je nezavisan, te posjeduje minimalan broj funkcija, a u slučaju detekcije koncentracije plina daje zvučni signal. Radi na principu usisavanja uzorka atmosferskog zraka, te na principu FID procesa. Osnovne karakteristike su:

- Vrijeme brzine odziva – < 2 sek.
- Mjerno područje – od 1 do 10.000 PPM-a (20 % DGE – 1 % Vol.)
- Kalibriran – na Metan CH₄ i sve ugljivodike
- Praktičan i jednostavan rad s uređajem
- Brzina odračivanja komore nakon detektiranog uzorka



Slika 4.7 Prikaz Gas-Tec uređaja (FID)

4.5.1.1 Boca s Vodikom

Boca punjena Vodikom jedna je od glavnih sastavnih dijelova Gas-Tec uređaja bez koje se nemože odvijati FID proces. Za pretakanje Vodika izrađena je posebna prostorija gdje se odvija proces rukovanja posudama pod tlakom (slika 4.8). Pretakanje obavljaju stručno osposobljeni djelatnici koji imaju položen stručni ispit za rukovatelja posudama pod tlakom.



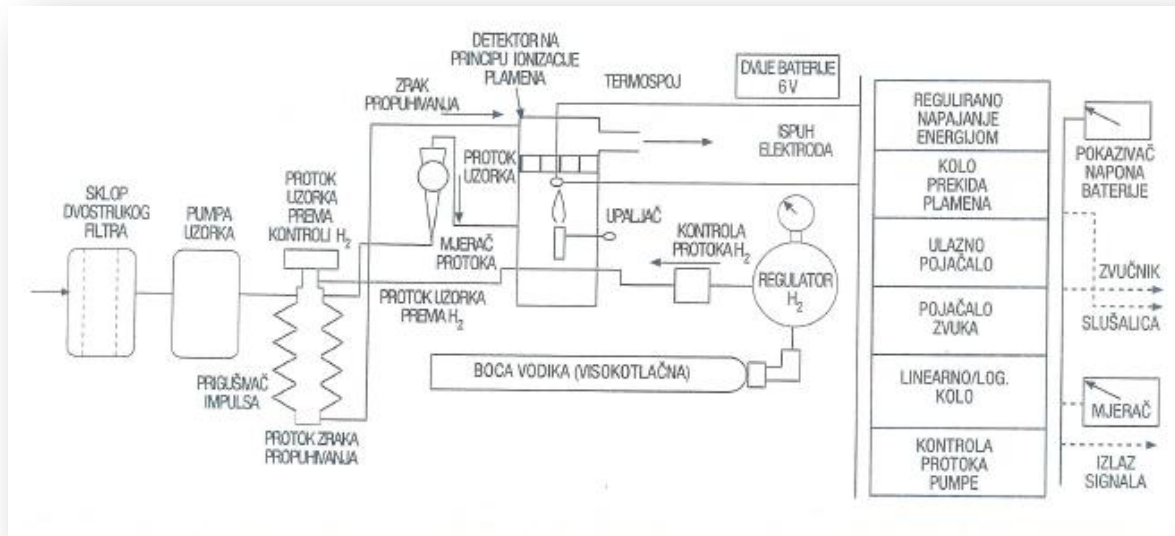
Slika 4.8 Prikaz postupka pretakanja Vodika

4.5.1.2 FID proces

Detekcija ionizirajućim plamenom (FID) je najbrži, najosjetljiviji i najprecizniji način za otkrivanje koncentracije ugljikovodika, kao što su metan, butan ili heksan. Proces detekcije ionizirajućim plamenom (FID) se odvija u posebno dizajniranoj komori, gdje se plamičak vodika koristi za spaljivanje gorivih plinova u ispitnom uzorku, te mjeri količinu iona u ispitnom uzorku (slika 4.9). Nakon mjerenja usisani uzorak se uništava i započinje se sa novim mjerenjem.

Problem koji se javlja kod uređaja s principom rada (FID) je nerazlučivost metana od drugih gorivih plinova (rezultati ispitivanja prikazuju se kao rezultati

pronađene propusnosti CH₄ – prirodni plin). Isto tako sastavni dio uređaja je boca s vodikom, koji je vrlo zapaljiv i za čije se rukovanje nalažu posebne mjere opreza.



Slika 4.9 Shematski prikaz principa rada FID procesa ¹⁷

4.5.2 Uređaj LASER ONE

Razvojem novih metoda i generacija uređaja za ispitivanje plinske mreže, laserske tehnologije (LSD) (slika 4.10), javlja se interes Gradske plinare Zagreb d.o.o. 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 postizemo traženu 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:

¹⁷ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

- Vrijeme odziva - < 1 sek.
- Mjerno područje – od 0 – 100 % Vol.
- Vrlo lagan
- Senzor isključivo samo na Metan (CH₄)
- GPS zapis ispitivanja
- Bluetooth prijenos podataka na softver



Slika 4.10 Uređaj Laser One (LSD)

4.5.3 Test boca

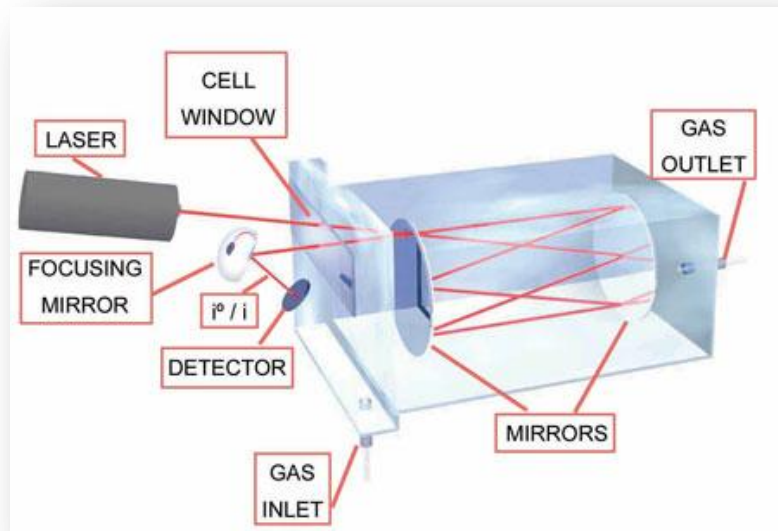
Služi za provjeru ispravnosti uređaja za detektiranje plina. Boca sadrži kalibracijski plin (CH_4), te operativna ekipa svakodnevnom provjerom prilikom dolaska na teren, spaja bocu na uređaj i provjerava njegovu ispravnost. Boca je kalibrirana na koncentraciju od 300 PPM-a (slika 4.11).



Slika 4.11 Test boca za provjeru ispravnosti uređaja

4.5.3.1 Laserska spektroskopija (LSD)

Dosadašnja detekcija ionizirajućim plamenom (FID) zamijenjena je tehnologijom laserske spektroskopije (LSD). Laserska spektroskopija (LSD) je tehnika za mjerenje koncentracije metana (prirodni plin) u ispitnom uzorku (smjesa plina i zraka) pomoću laserske diode i apsorpcijske spektrometrije, gdje se pomoću laserske zrake apsorbiraju molekule metana u ciljanom uzorku plina te prikazuju kao koncentracije molekula metana u ispitnom uzorku (slika 4.12). Detektirane se koncentracije prikazuju u PPM-ima.

Slika 4.12 Prikaz principa rada LSD postupka ¹⁸

4.5.4 Uređaj Gasophon ST 3

Gasophone ST 3 (slika 4.13) služi sa ispitivanje sonde nabušenih iznad trase plinovoda na mjestu gdje je detektirana propusnost plina. Uređaj mjeri koncentracije plina od 0 -100 % Vol.



Slika 4.13 Prikaz Gasophon uređaja

¹⁸ Izvor: <http://servomex.net>

4.5.5 Uređaj X-am 7000

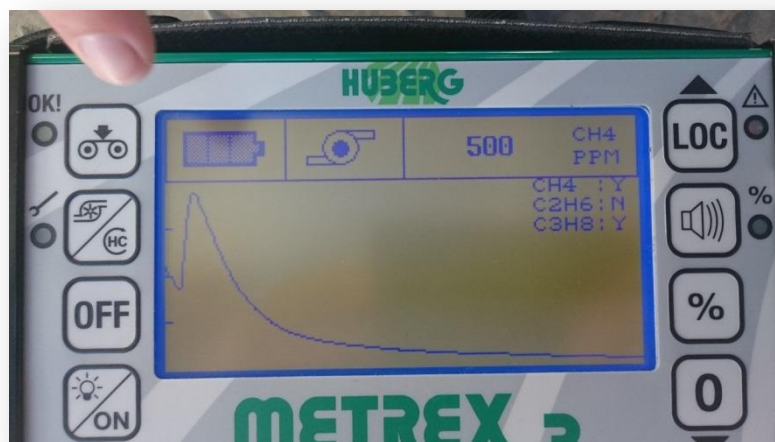
X-am 7000 (slika 4.14) je sigurnosni uređaj za siguran ulazak u prostorije unutar objekata prilikom velike koncentracije plina. Detektira ugljični monoksid (CO) i Metan (CH₄)



Slika 4.14 Prikaz X-am 7000 uređaja

4.5.6 Uređaj za analizu plina METREX 3

Analizator plina Metrex 3 (slika 4.15) služi za razlučivost plinova prilikom ispitivanja već pronađene propusnosti na terenu. U sebi ima ugrađena tri senzora i to za Metan (CH₄), Etan (C₂H₆) i Propan (C₃H₈). Postoji i verzija uređaja koja ima mogućnost očitavanja količine Odoranta (THT) u smjesi plina.



Slika 4.15 Prikaz digitalnog očitavanja sastava uzorka plina

4.6 Metode otkrivanja propusnosti

Prilikom ispitivanja nepropusnosti plinovoda i kućnih priključaka uobičajno se koriste sljedeće metode:

- **Hodanjem** s uređajem po trasi plinovoda i kućnih priključaka (slika 4.16) ili vožnjom specijaliziranim vozilom u koji je ugrađen ispitni uređaj po trasi plinovoda. Metodu hodanjem provode operativni djelatnici s uređajem, po unaprijed planiranoj trasi plinovoda i kućnih priključaka. Uređaji za ručno ispitivanje nepropusnosti su jako osjetljivi i reagiraju na minimalni iznos koncentraciji već od 50 PPM-a. Patrolnim vozilom se provodi ispitivanje cjelokupne plinske mreže



Slika 4.16. Prikaz ispitivanja metodom hodanja

- **Nabušivanjem sondi** iznad trase plinovoda i kućnih priključaka, te uzimanjem uzoraka zraka ispod površine terena pomoću detektora plina. Nabušivanje se izvodi obično svakih 2,5 m i oko 0,4 m dubine. Sonde se raspoređuju po trasi plinovoda u dijelu gdje je detektirana propusnost počevši od najmanje izmjerene koncentracije do najveće. Sonde se numeriraju i mjerenje se obavlja svakih sat vremena, te se rezultati mjerenja unose ručno u tablicu. Za točno određivanje mjesta propuštanja najbolje je ponoviti mjerenje nakon 24 sata.
- **Vizualno patroliranje** predstavlja mjeru nadzora plinovoda motrenjem koji uključuje nadzor površine terena iznad trase plinovoda i u zaštitnom pojasu plinovoda. Nadzor propuštanja obavlja se pomoću detektora propusnosti plina koji pouzdano može detektirati prisustvo plina u zraku. Izvodi se u zoni plinovoda.
- **Premazivanjem pjenušavim sredstvima** nadzemnih plinovoda, uređaja u plinskim šahtovima, te zapornih armatura na kućnim priključcima (slika 4.17).



Slika 4.17 Prikaz ispitivanja metodom premazivanja pjenušavim sredstvom

4.7 Vremenski uvjeti

Vremenski uvjeti jedan su od bitnih faktora kod ispitivanja nepropusnosti plinske mreže. Nekontrolirano istjecanje plina na površinu ovisi o vremenskim i drugim uvjetima, a u cilju lakšeg detektiranja propusnosti. Vremenske nepogode koje bitno utječu na propuštanje plina na površini tla su kiša, snijeg i led. Plin znatno teže propušta na površinu kad je zemlja natopljena vodom nakon kiše, snijega ili leda nego kad su idealni uvjeti nakon dužeg sunčanog razdoblja.

Dakle treba napomenuti da će u ovako otežanim uvjetima detektiranje propusnosti plina biti znatno otežano i da je fronta istjecanja plina povećana. To znači da postoji opasnost od skupljanja plina u objektima ispod razine tla, pa čak i podrumima poslovnih i stambenih zgrada.

Jedan od najnepovoljnijih uvjeta ispitivanja nepropusnosti je vjetar. Indikaciju propusnosti plina na površini zemlje gotovo je u nekim naletima vjetra nemoguće otkriti, tako da je u vremenskih uvjetima koji su popraćeni vjetrom djelatnik mora biti jako oprezan kod samoga ispitivanja. Za takve vremenske uvjete postoji posebno dizajniran štap koji se spoji na sami uređaj, te pomoću zaštitne gume i njene površine olakšava proces samog ispitivanja i pronalaska propusnosti plina (slika 4.18).



Slika 4.18 Prikaz ispitnog štapa s zaštitnom gumom

4.8 Granice eksplozivnosti plina (CH₄)

Donja (DGE) i gornja (GGE) granica eksplozivnosti označavaju raspon udjela plina u smjesi sa zrakom pri kojem postoji opasnost od nekontroliranog izgaranja, odnosno eksplozije (slika 4.19). Granice eksplozivnosti u pravilu su jednake granicama zapaljenja, odnosno samozapaljenja. Do eksplozije dolazi tek kada sastav smjese leži unutar granica eksplozivnosti. Ako udio plina u smjesi sa zrakom naraste iznad gornje granice eksplozivnosti, smjesa postaje prebogata (onožno presiromašna s kisikom) i nema opasnosti od eksplozije, ali tada postoji opasnost od gušenja zbog manjka kisika u tom prostoru. Ako je pak udio plina u smjesi sa zrakom manji od donje granice eksplozivnosti, smjesa je presiromašna jer je udio plina premalen da bi došlo do eksplozije, no tada je nužno prozračiti prostoriju. Područje eksplozivnosti ili samozapaljenja je raspon između donje i gornje granice eksplozivnosti i predstavlja mjeru sigurnosti uporabe nekog plina.¹⁹



Slika 4.19 Područje eksplozivnosti između granica eksplozivnosti²⁰

¹⁹ Izvor: Strelec i suradnici – Plinarski priručnik 7.izdanje

²⁰ Izvor: Strelec i suradnici – Plinarski priručnik 7.izdanje

4.9 Nekontrolirana propusnost plina

4.9.1 Općenito

Svaki izlaz plina iz distribucijskog sustava koji nije pod nadzorom stručno osposobljenih djelatnika od strane distributera ili nije posljedica ispravnog rada plinske regulacijske ili sigurnosne opreme, smatra se nekontroliranim izlazom plina. Može biti uzrokovano oštećenjem zbog korozije, mehaničkim oštećenjem nastalim pri radovima na nekom drugom komunalnom sustavu, lomom plinovoda zbog dinamičkih vibracija prouzročenih prometom, starošću i nehermatičnošću rastavnih spojeva, posebno na unutrašnjim plinskim instalacijama, te nepravilnim radom regulacijskih i sigurnosnih uređaja.²¹

Plin može izlaziti u otvoreni prostor, zatvoreni prostor u kojemu privremeno ili stalno borave ljudi, zatvoreni prostor pod zemljom kao što su objekti drugih komunalnih instalacija i u samom tlu u kojemu su položeni plinovodi. Svaki takav izlaz plina predstavlja mogućnost nastanka eksplozivne ili zapaljive smjese, što može imati za posljedicu požar ili eksploziju sa znatnim materijalnim i nematerijalnim štetama.

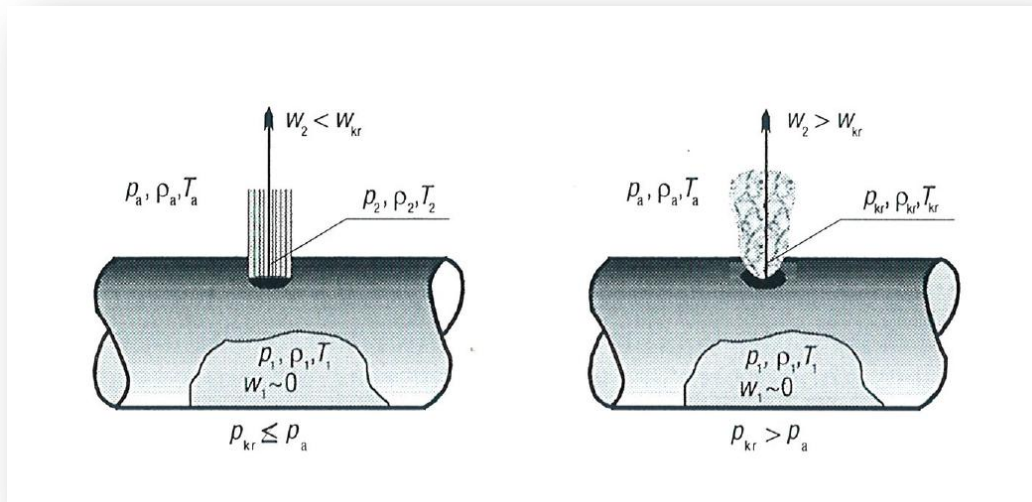
Zbog toga se analizi nekontroliranog izlaza plina posvećuje posebna pozornost. Tehnička rasčlamba propuštanja plina predstavlja ključan segment u cjelokupnoj izgradnji tehničkog podsustava sigurnosti u plinskim sustavima.²²

4.9.2 Nekontrolirana propusnost plina u slobodni prostor

Propusnost plina kroz neko oštećenje, smatra se propušnošću kroz sapnicu oštih rubova, dok se istjecanja kroz propustan spoj smatra kao propusnost kroz sapnicu zaobljenih rubova. Količina isteklog plina ovisi o tlaku, gustoći, temperaturi i brzini plina unutar plinovoda i na izlazu kroz sapnicu (slika 4.20).

²¹ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

²² Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

Slika 4.20 Prikaz istjecanja plina²³

Oznake na slici:

- w_2 - brzina propusnosti plina (m/s)
- w_{kr} – kritična brzina propusnosti plina (m/s)
- p_a – atmosferski tlak (Pa)
- T_a – atmosferska temperatura (K)
- ρ_a – gustoća zraka (kg/m³)

Kod propusnosti plina kroz sapnicu smanjuje se brzina propusnosti radi kontrakcije mlaza i trenja. Oba pojma su obuhvaćena koeficijentom propusnosti (γ) koji je određen:

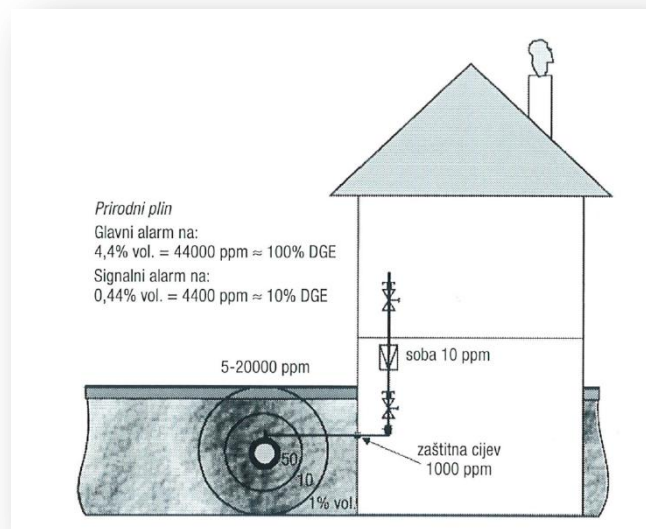
- kod sapnica oštih rubova – od 0,59 – 0,65
- kod zaobljenih rubova – od 0,95 – 0,99

²³ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

4.9.3 Propusnost plina kroz tlo oko plinovoda

Kod propusnosti na plinskoj mreži, koja je nastala radi korozije ili loma kao posljedice dinamičkog opterećenja, dolazi do širenja plina kroz pukotine u terenu, prostora oko cijevi, te njegovog nakupljanja u zatvorenim prostorima pripadajuće infrastrukture i mogućeg ulaska u stambene objekte (slika 4.21).

Fizikalne zakonitosti širenja plina kroz tla različitih debljina, sastava i nabijenosti još uvijek nisu pouzdane, te se još uvijek bavimo raznim iskustvima određivanja količine koncentracije plina prilikom nekog oštećenja.



Slika 4.21 Prikaz izmjerenih koncentracija prilikom izlaza plina na priključku ²⁴

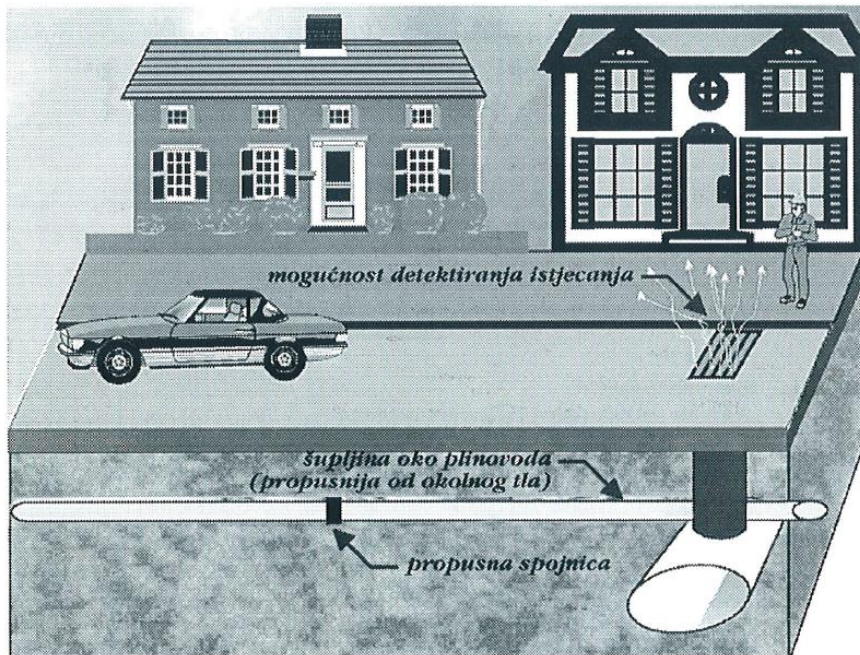
Važno je napomenuti da se koncentracija izlaza plina od mjesta propuštanja prema površini tla smanjuje, o čemu ovisi količina propuštanja plina, vrsta tla, vremenski uvjeti i vrijeme nastanka nekontroliranog izlaza plina.

Od svih prikazanih koncentracija najvažniji nam je iznos koncentracije u zatvorenom prostoru (ako ima koncentracije) i iznos koncentracije na površini tla iznad plinovoda.

²⁴ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

4.9.4 Širenje propusnosti plina kroz tlo

Širenje plina ovisi o načinu polaganja plinovoda i okolnom tlu u koje je plinovod položen, razini tla u plinovodu i veličini oštećenja, tj. količini propusnosti plina. To se širenje rijetko odvija najkraćim putem, a mjesto detekcije plina uvijek je više ili manje udaljeno od mjesta propuštanja na plinovodu (slika 4.22).



Slika 4.22 Prikaz propusnosti plina iz plinovoda i njegov tok uz plinovod ²⁵

U ovom slučaju plin prolazi kroz zasip oko plinovoda koji ima određene šupljine koje su nastale kao posljedica nepravilnog zasipavanja, te je taj sloj propusniji od okolnog tla, a propusnost plina se detektira tek na kanalizacijskog oknu.

26

²⁵ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

²⁶ Izvor: Miljenko Šunić i Željko Darmopil – Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina

4.10 Klasifikacija stupnja propusnosti plina

Kada se tijekom ispitivanja nepropusnosti plinske mreže utvrdi neka propusnost plina ili više mjesta propuštanja plina u kraćem vremenskom razdoblju i kada nije moguća trenutna sanacija propusnosti plina, tada propusnost plina treba klasificirati (slika 4.23). Propusnost plina se klasificira prema ocjeni trenutne opasnosti po stupnjevima:

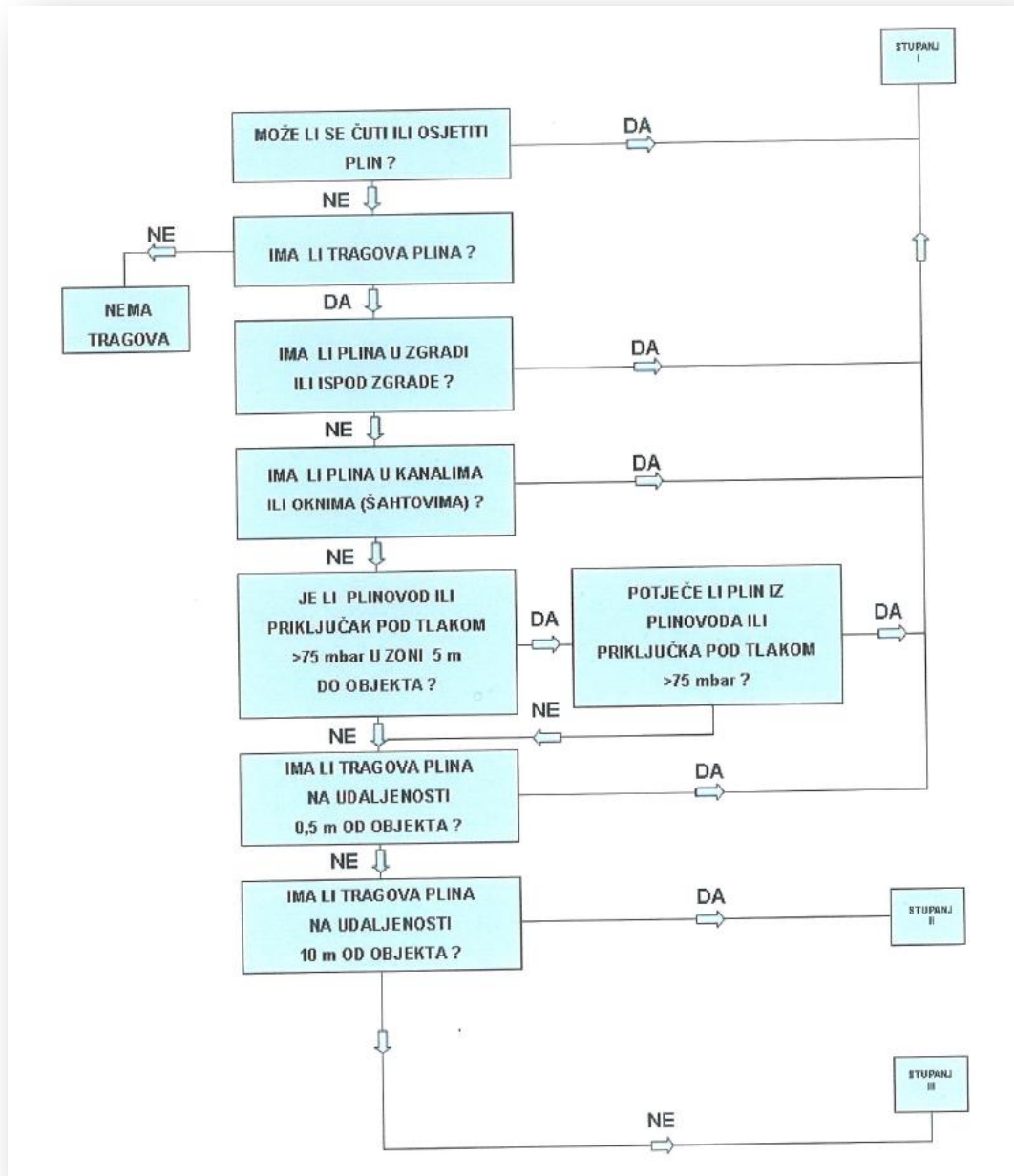
Stupanj I – Propusnost koja predstavlja direktnu ugroženost plinskog distribucijskog sustava, ljude i imovinu, te zahtijevaju neodgodiv popravak sve do stanja kada više neće predstavljati opasnost.

Stupanj II – Propusnost koja ne predstavljaju trenutnu i direktnu opasnost za sigurnost plinskog distribucijskog sustava, ljude i imovinu, te se ne smatraju opasnim za vrijeme detekcije operatera, ali zahtijevaju planski popravak zasnovan na vjerojatnoj budućoj opasnosti.

Stupanj III - Propusnost koja ne predstavljaju opasnost u vrijeme detekcije za distribucijski sustav, ljude i imovinu.

Klasifikacija propusnosti plina, osim sigurnosti distribucije, omogućava optimalan raspored osoblja i opreme za popravak nastalih kvarova. U pravilu, potreban broj ljudi i tehnike raspoređuje se na lokacije gdje je potrebna intervencija, a ostali se upućuju za otklanjanje manje hitnih kvarova. Osnovni kriteriji klasifikacije propusnosti su:

- položaj mjesta istjecanja u odnosu na stambene i druge objekte (blizina objekta)
- radni tlak plinovoda
- veličina oštećenja (propusnosti)
- vremenski uvjeti




Slika 4.23 Prikaz dijagrama tijekom klasifikacije propusnosti plina

4.11 Izvještaj o izvršenom ispitivanju nepropusnosti

Za svako ispitano područje (ulice, naselja), arhiviraju se podaci o ispitanoj trasi plinovoda i kućnih priključaka (slika 4.24). U zapisnicima o ispitanim dionicama ispisuju se:



- naziv ispitano područja, ulice
- datum ispitivanja
- tlačni razred dionice
- duljina ispitane dionice
- broj propusnih mjesta i stupanj klasifikacije propusnosti
- zakonska regulativa prema kojoj je izvršeno ispitivanje

 GRADSKA PLINARA ZAGREB d.o.o. , Radnička cesta 1, Zagreb SEKTOR DISTRIBUCIJE SLUŽBA NADZORA I UPRAVLJANJA Odjel nadzora i regulacije sustava		 TÜV Croatia	
ZAPISNIK			
O PRONAĐENOJ PROPUSNOSTI PLINA			
LOKACIJA:	JURKOVIĆEVA 19		
VRSTA ISPITIVANJA:	REDOVNO ISPITIVANJE		
POSTUPAK ISPITIVANJA: <i>Prema tehničkim pravilima GPZ - P 580/I, GPZ - U 580/II</i>			
• METODA ISPITIVANJA: Usisavanjem uzoraka zraka – FID			
METEOROLOŠKI UVJETI:			
Temperatura 5 - 13 °, Vjetar 5 km/h, Vlaga 65 %, Sunčano			
ISPITNI INSTRUMENTI I UREĐAJI:			
1. DETEKTOR PLINA GAS-TEC (0 - 10 000 ppm) tvor.br. 8103			
2. GT - 44 (0 - 100 % Vol.) tvor. br. 617863			
PODACI O PLINSKOJ MREŽI:			
<ul style="list-style-type: none"> • Dimenzija plinovoda: d 110 • Dimenzija kućnog priključka: d 32 • Radni tlak: NT • Izvedba plinske mreže: PE 			
KLASIFIKACIJA PROPUSNOSTI			
<ul style="list-style-type: none"> • STUPANJ 1: propusnost koja predstavlja postojeću ili vjerojatnu opasnost za ljude ili imovinu i zahtjeva neodgodiv popravak sve do stanja kada neće predstavljati opasnost • STUPANJ 2: propusnost koja ne predstavlja opasnost tijekom ispitivanja, ali služi kao opravdanje za planski korektivni popravak, zasnovano na vjerojatnoj budućoj opasnosti • STUPANJ 3: propusnost koja ne predstavlja opasnost tijekom ispitivanja i može se očekivati da će ostati bezopasna 			
REZULTAT ISPITIVANJA:			
NT – K.P. UZ OBJEKT – 10000 PPM-a.			
Prijava predana ODC			
Datum ispitivanja:	23.02.2017		
Ispitivanje izvršili	Nadzor kvalitete	Osiguranje kvalitete	
_____	_____	_____	

Slika 4.24 Prikaz ručno izrađenog zapisnika o pronađenoj propusnosti plina

Prateći novije tehnologije uređaja za detekciju plina (CH₄), dosadašnji ručni zapis o provedenom ispitivanju i eventualno pronađenim koncentracijama propusnosti, zamijenjen je digitalnim zapisom u samom uređaju koji je povezan s koordinatnim sustavom lokacije (GPS) na kojoj je pronađena propusnost. Dolaskom ekipa s terena i priključenjem uređaja na PC računalo, dobiva se izlist zapisa o ispitanim ulicama i eventualno pronađenim propusnostima. (slika 4.25).

Zapisi se u arhivski spremaju od zadnja 2 (dva) izvršena ispitivanja ulice ili područja, te ako je potrebno iz nekog posebnog razloga i duže.

 GRADSKA PLINARA ZAGREB		Single Leak Report		Datum ispisa: 08/04/2016	Stranica: 1 od 1
General data					
Municipality	Oranice	Street	Ulica Braće Seljan	Nr 17	
Detection data					
Used Device	<input checked="" type="checkbox"/> Driven By Brand	Huberg	Model	PROTHEO IR fasadni ormaric	
	<input type="checkbox"/> Walked By Brand		Model		
Gas Data					
	2168.6	<input checked="" type="checkbox"/> PPM	<input type="checkbox"/> %VOL		
Date	07/04/2016	Time	12:30:09	Operator	Mesic Slaven
Notes					
izlaz plina nu fadasnom ormaricu					
Survey					
		Lat :	45.8084	Lon :	15.9231
					

Slika 4.25 Prikaz digitalnog zapisa o pronađenoj propusnosti plina

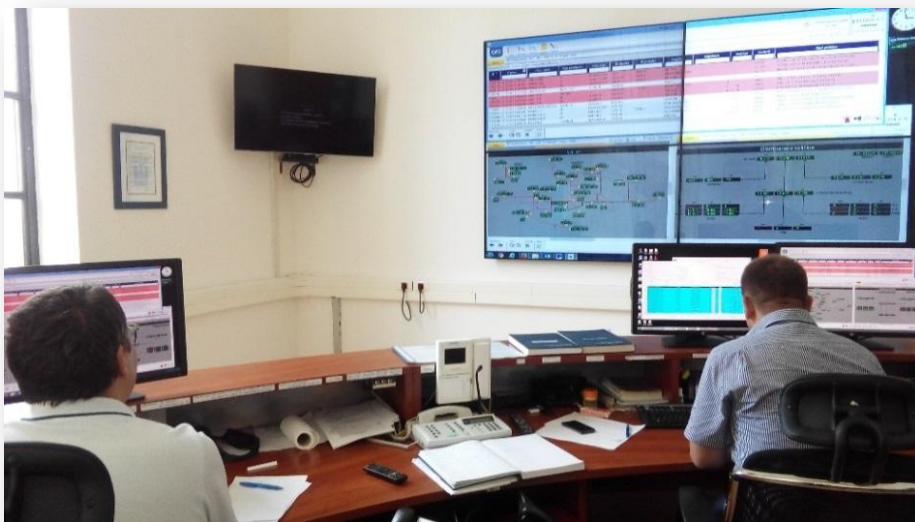
5 POSTUPAK SANACIJE IZLAZA PLINA – primjer iz prakse

5.1 Odjel nadzora i regulacije sustava – proces nadzora sustava

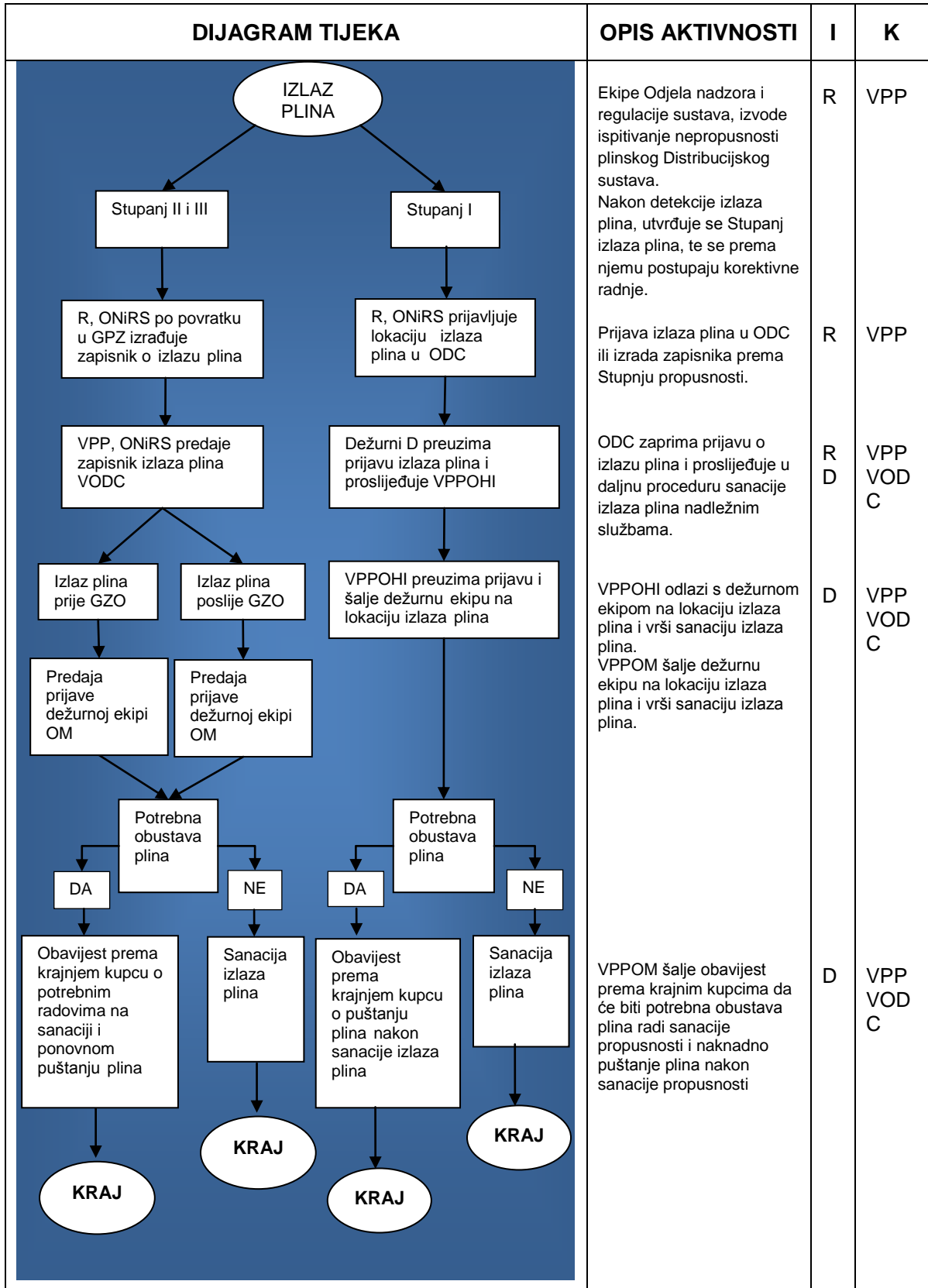
Svakodnevnim ispitivanjem nepropusnosti plinske mreže, operativne ekipe obilaze zadano područje kojemu ističe zakonski rok ispitivanja, te ga je potrebno ispitati na nepropusnost. Prilikom utvrđivanja koncentracije plina operativni djelatnici traže mikro lokaciju propusnosti plina i određuju točnu količinu koncentracije plina (propusnosti). Nakon utvrđivanja stupnja propusnosti plina, sukladno dijagramu tijeka klasifikacije propusnosti plina (slika 4.23), prijavljuju izlaz plina u ODC. Ako se radi o hitnom postupanju, izlaz plina se prijavljuje preko radio veze, a ako je detektiran izlaz plina s mogućom odgodom sanacije, izrađuje se zapisnik i prosljeđuje se prema ODC u daljni postupak (slika 5.2).

5.2 Odjel distribucijski centar

Odjel distribucijski centar u 3 (tri) svakodnevne smjene, zaprima razne prijave vezane uz probleme na distribucijskom sustavu od strane dojava građane, policije, centra za obavješćivanje 112, građevinskih tvrtki i dr. (slika 5.1). Sukladno dijagramu tijeka (slika 5.2), operativne ekipe procesa nadzora sustava, detektirani izlaz plina prosljeđuju u ODC na daljnju proceduru, uz popratno potrebne informacije o lokaciji izlaza plina.



Slika 5.1 Prikaz rada dispačera u svakodnevnim smjenama



Slika 5.2 Prikaz dijagrama tijeka postupka sanacije izlaza plina

LEGENDA:

R – Referent III procesa nadzora sustava
D – Dispačer Odjela distribucijski centar
I – Izvršio
K - Kontrolirao
ODC – Odjel Distribucijski centar
ONiRS – Odjel nadzora i regulacije sustava
OHI – Odjel Hitnih Intervencija
OM – Odjel mjerenja
VPP – Voditelj poslovnog procesa
VODC – Voditelj Odjela distribucijski centar

5.3 Odjel hitnih intervencija

Odjel hitnih intervencija dežura u 3 (tri) svakodnevne smjene i to sa po 1 (jednom) ekipom za hitno intreveniranje u smjeni. Prilikom dobivanja prijave od strane ODC (slika 5.2), dežurni Voditelj poslovnih procesa preuzima prijavu i šalje dežurnu ekipu na mjesto lokacije izlaza plina (u slučaju propusnosti stupnja I). Nakon dolaska na lokaciju izlaza plina poduzimaju se mjere opreza od eksplozije i drugih mogućih anomalija, te se kreće u postupak sanacije izlaza plina (slika 5.3, 5.4, 5.5).



Slika 5.3 Prikaz radova sanacije na PE plinovodu



Slika 5.4 Prikaz radova u tijeku sanacije propusnosti spojnog seta



Slika 5.5 Prikaz spojnog seta nakon sanacije izlaza plina

6 ZAKLJUČAK

Distribucijski plinski sustav kao cjelina sadržava niz složenih radnji i procesa koji su usko vezani, te je njihovo pojedinačno funkcioniranje bitno za pouzdanost i sigurnost sustava. Sigurnost plinskog distribucijskog sustava, smatra se temeljnim načelom pouzdane distribucije plina. Stoga je neophodno ispitivanje nepropusnosti plinskog distribucijskog sustava, sukladno propisanom zakonskom roku, kako bi se mogla izvršavati pouzdana isporuka plina prema krajnjem kupcu, što je isto tako jedna od glavnih obaveza distributera. Kako imamo nekoliko metoda ispitivanja nepropusnosti plinske mreže, koje obavljaju djelatnici distributera plina, isto tako zakonom je propisana obveza distributera da mora provoditi odorizaciju plinovoda u cilju dodatne sigurnosti, odnosno osiguranja od nekontroliranog propuštanja plina. Na taj način svaki građanin ili krajnji kupac, može primjetiti propuštanje plina i na vrijeme reagirati da se spriječi eventualna havarija kao posljedicu nekontrolirane propusnosti plina. Dakle u svakom slučaju sve metode koje se odvijaju u svrhu sprječavanja nekontroliranog propuštanja plina su bitne, jer bez sigurnog sustava nema kvalitetne distribucije i isporuke plina.

Sveučilište
Sjever

H I N O N
U N I V E R S I T A S
S I E V E R

S V E U Č I L I Š T E
S I E V E R

IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, BRANIMIR HORVAT (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISPITIVANJE NEPROPUŠNOSTI PLINSKE MREŽE RAZLIČITIH (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, BRANIMIR HORVAT (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ISPITIVANJE NEPROPUŠNOSTI PLINSKE MREŽE RAZLIČITIH (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

7 POPIS LITERATURE

- (1.) <http://gpz-opskrba.hr>, dostupno 09.02.2018.
- (2.) <http://www.enciklopedija.hr>, dostupno 09.02.2018.
- (3.) <http://www.plinara-zagreb.hr>, dostupno 09.02.2018.
- (4.) Strukovni propisi Gradske plinare Zagreb - Tehničko pravilo GPZ – P 551 2004. – kućni priključci za primjenu do 4.0 bar
- (5.) <http://www.plinacro.hr>, dostupno 09.02.2018.
- (6.) <http://www.hera.hr>, dostupno 09.02.2018.
- (7.) Strukovni propisi Gradske plinare Zagreb - Tehničko pravilo GPZ – P 580/I 2005. – ispitivanje plinske mreže s radnim tlakom do 4.bar
- (8.) Strukovni propisi Gradske plinare Zagreb - Radna uputa za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka
- (9.) Službeni geodetski prikaz plinske mreže, Odjela dokumentacijski centar Gradske plinare Zagreb
- (10.) Tisak: "Nova promocija" Zagreb, 1999.g. - Zagreb i plin 1862 – 2000
- (11.) Miljenko Šunić i Željko Darmopil: Efikasnost plinskih sustava i sigurnost uporabe plina, Zagreb 1999.g.
- (12.) <http://servomex.net>, dostupno 09.02.2018.
- (13.) Strelec i suradnici: Plinarski priručnik 7. Izdanje, Zagreb 2014.g.

POPIS SLIKA

Slika 1.1 Shematski prikaz plinskog sustava i tržišta prirodnog plina u Hrvatskoj	12
Slika 2.1 Prirodni plin, proizvodnja i preradba	14
Slika 2.2 Metan, glavni sastojak prirodnog plina	15
Slika 2.3 Kućni priključak spojen na NTP	20
Slika 2.4 Industrijski priključak spojen na NTP	21
Slika 2.5 Plinska mreža u Hrvatskoj	22
Slika 3.1 Praćenje općih standarda kvalitete opskrbe plinom	23
Slika 3.2 Tehničko pravilo GPZ-P 580/I	24
Slika 3.3 Radna uputa za ispitivanje plinovoda i kućnih priključaka	25
Slika 4.1 Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb (1)	26
Slika 4.2 Distribucijsko područje Gradske plinare Zagreb (2)	27
Slika 4.3 Uređaj za ispitivanje – GAS-Tec	28
Slika 4.4 Prvo specijalizirano vozilo za ispitivanje, Lada Niva (1987. g.)	29
Slika 4.5 Tablični prikaz vremenskog razdoblja ispitivanja plinske mreže	31
Slika 4.6 prikaz ispitivanja nepropusnosti operativnih ekipa na terenu	31
Slika 4.7 Prikaz Gas-Tec uređaja (FID)	33
Slika 4.8 Prikaz postupka pretakanja Vodika	34
Slika 4.9 Shematski prikaz principa rada FID procesa	35
Slika 4.10 Uređaj Laser One (LSD)	36
Slika 4.11 Test boca za provjeru ispravnosti uređaja	37
Slika 4.12 Prikaz principa rada LSD postupka	38
Slika 4.13 Prikaz Gasophon uređaja	38
Slika 4.14 Prikaz X-am 7000 uređaja	39
Slika 4.15 Prikaz digitalnog očitavanja sastava uzorka plina	39
Slika 4.16 Prikaz ispitivanja metodom hodanja	40
Slika 4.17 Prikaz ispitivanja metodom premazivanja pjenušavim sredstvom	41
Slika 4.18 Prikaz ispitnog štapa s zaštitnom gumom	42
Slika 4.19 Područje eksplozivnosti između granica eksplozivnosti	43
Slika 4.20 Prikaz istjecanja plina	45
Slika 4.21 Prikaz izmjerenih koncentracija prilikom izlaza plina na priključku	46
Slika 4.22 Prikaz propusnosti plina iz plinovoda i njegov tok uz plinodov	47
Slika 4.23 Prikaz dijagrama tijeka klasifikacije propusnosti plina	49
Slika 4.24 Prikaz ručno izrađenog zapisnika o pronađenoj propusnosti plina	50

Slika 4.25 Prikaz digitalnog zapisa o pronađenoj propusnosti plina	51
Slika 5.1 Prikaz rada dispačera u svakodnevnim smjenama	52
Slika 5.2 Prikaz dijagrama tijekom postupka sanacije izlaza plina	53
Slika 5.3 Prikaz radova sanacije na PE plinovodu	54
Slika 5.4 Prikaz radova u tijeku sanacije propusnosti spojnog seta	55
Slika 5.5 Prikaz spojnog seta nakon sanacije izlaza plina	55