

# Pregled i ispitivanje plinske instalacije

---

**Balen, Pave**

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

**2018**

*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:128:545222>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-18**



**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 REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**SPECIJALISTIČKI STUDIJ STROJARSTVA**

Pave Balen

**PREGLED I ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE  
INSTALACIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

Karlovac, ožujak 2018.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STROJARSKI ODJEL**  
**SPECIJALISTIČKI STUDIJ STROJARSTVA**

Pave Balen

JMBAG: 0111415040

**PREGLED I ISPITIVANJE NEPROPUSNOSTI PLINSKE  
INSTALACIJE**

ZAVRŠNI RAD

**MENTOR:**

dr.sc. Tanja Tomić dipl.ing.stroj.

Karlovac, ožujak 2018.

## **Zahvala**

*Prije svega zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci tijekom studija.*

*Tvrtka „Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti“ d.o.o. omogućila mi je izradu praktičnog dijela rada, te se zahvaljujem kolegi i mentoru Josipu Husainu dipl.ing.stroj. na prenesenom znanju.*

*Također se zahvaljujem svojoj mentorici dr.sc. Tanji Tomić dipl.ing.stroj. koja mi je omogućila izradu ovog završnog rada.*

## SAŽETAK

U ovom završnom radu opisana su plinska svojstva, plin kao pogonsko gorivo, te problematika pregleda i ispitivanja nepropusnosti plinskih instalacija. Dijelom su opisane plinske naprave i dimovodni uređaji, kao i ostali neizostavni djelovi plinske instalacije.

Prvi dio rada se bazira na teoretskom dijelu, dok se drugi dio rada bazira na eksperimenralnom primjeru iz prakse.

Praktični dio je odrađen u sklopu ispitivanja plinske instalacije za klijenta tvrtke „Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti“ d.o.o.

## **ABSTRACT**

This paper presents gas properties, the usage of gas as a working fuel and describes the procedure of examination and quality control of an gas installation. Gas equipment and flue gas devices, as well as other indispensable parts of the gas installation are also part of the analysis.

The first part of the paper consists of the theoretical basis, while the second part contains empirical research which includes the test of gas installation in practice.

The empirical part is based on the examination and testing of gas installation for an undisclosed client of the company „Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti“ d.o.o.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PLINOVI I PLINSKA GORIVA .....	2
2.1. Plinovi .....	2
2.2. Osnovna podjela plinskih goriva .....	3
2.3. Važnija plinska goriva .....	4
2.3.1. Prirodni plin.....	4
2.3.2. Ukapljeni naftni plin.....	5
2.3.3. Bioplin .....	7
3. PLINSKI ZAKONI .....	8
3.1. Osnovni plinski zakoni .....	8
3.2. Jednadžba stanja plina .....	9
3.3. Promjena stanja plina .....	11
4. KARAKTERISTIKE PLINSKIH GORIVA .....	14
4.1. Ogrjevna moć .....	14
4.2. Plinske karakteristike .....	15
4.3. Tlak plina.....	17
4.4. Relativna gustoća .....	20
5. PLINSKE INSTALACIJE .....	21
5.1. Podjela plinovoda .....	22
5.1.1. Polaganje plinovoda u zemlju .....	25
5.1.2. Nadzemni plinovodi .....	28
5.1.3. Kućni priključci .....	29
5.2. Definicija i podjela plinskih naprava.....	31
5.2.1. Uvjeti opskrbe zrakom za izgaranje .....	34
5.3. Općenito o odvođenju plinova izgaranja .....	35
5.4. Ispitivanje nepropusnosti plinske instalacije .....	36
5.4.1. Provjera ispravnosti plinske instalacije .....	37
5.4.2. Provjera uporabivosti plinske instalacije.....	38
5.4.3. Periodička ispitivanja plinskih instalacija .....	40
6. PRIMJER ISPITIVANJA PLINSKE INSTALACIJE U PRAKSI .....	42
7. ZAKLJUČAK .....	57
8. LITERATURA .....	58
9. PRILOG .....	59

## POPIS SLIKA

<i>Slika 1. - Transportni tanker za prijevoz LNG-a</i> .....	4
<i>Slika 2. - Postrojenje za izdvajanje LPG iz zemnog plina</i> .....	5
<i>Slika 3. - Spremnik ukapljenog naftnog plina (UNP)</i> .....	6
<i>Slika 4. - Dijagram promjene stanja plina</i> .....	13
<i>Slika 5. - Manometar</i> .....	18
<i>Slika 6. - Zavarivanje magistralnog plinovoda</i> .....	23
<i>Slika 7. - Polaganje plinovoda u zemlju</i> .....	27
<i>Slika 8. - Ulaz cjevovoda u kuću kroz zaštitnu čeličnu cijev</i> .....	29
<i>Slika 9. - Ulaz cjevovoda u kuću pomoću kapsule</i> .....	30
<i>Slika 10. - Dijagram ocjene uporabivosti plinske instalacije</i> .....	39
<i>Slika 11. - Izometrijski prikaz plinske instalacije</i> .....	42
<i>Slika 12. - Mjerna stanica plinske instalacije</i> .....	43
<i>Slika 13. - Glavni zaporni ventil plinske instalacije</i> .....	45
<i>Slika 14. - Plinski kotlovi pojedinačne snage 200 kW</i> .....	46
<i>Slika 15. - Oprema korištena pri ispitivanju</i> .....	47
<i>Slika 16. - Odvijanje manometra pomoću klješta</i> .....	48
<i>Slika 17. - Priključak za mjerni uređaj</i> .....	48
<i>Slika 18. - Namatanje teflonske trake za brtvljenje na priključak</i> .....	49
<i>Slika 19. - Pritezanje priključka rukom</i> .....	49
<i>Slika 20. - Pritezanje priključka kliještima</i> .....	50
<i>Slika 21. - Digitalni mjerni uređaj spojen na instalaciju</i> .....	50
<i>Slika 22. - Postavljanje na mjerno područje od 2 bar</i> .....	51
<i>Slika 23. - Trenutna vrijednost tlaka u instalaciji</i> .....	51
<i>Slika 24. - Skidanje priključnog dijela sa instalacije</i> .....	53
<i>Slika 25. - Namatanje teflonske trake na navoj manometra</i> .....	53
<i>Slika 26. - Pritezanje manometra rukom</i> .....	54
<i>Slika 27. - Pritezanje manometra parom klješta</i> .....	54
<i>Slika 28. - Pregled spoja indikatorom plina</i> .....	55
<i>Slika 29. - Indikatorom plina pronađeno propuštanje</i> .....	56
<i>Slika 30. - Provjera spoja pjenušavim sredstvom</i> .....	56

## POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. - Vrijednosti faktora f</i> .....	39
<i>Tablica 2. - Proračun ukupnog volumena instalacije</i> .....	44
<i>Tablica 3. - Prikaz vrijednosti stanja tlačne probe</i> .....	52
<i>Tablica 4. - Prkaz količine propuštanja plina</i> .....	52



## 1. UVOD

Uvjeti za reguliranje djelatnosti provjere ispravnosti plinskih instalacija su stvoreni izlaskom pravilnika HSUP-P-601.111 u 2000. godini, putem provjere i ispitivanja plinskih instalacija, s obzirom na njenu važnost za sigurnost i pouzdanost uporabe plina. Definicija plinske instalacije je doprinijela, naglasila i obuhvatila sve aspekte i faze u korištenju plina: od dovođenja u objekt - kuću, preko uporabe plinskih naprava i ložišta, omogućavanje dovoda dovoljne količine zraka za izgaranje, pa sve do omogućavanja odvoda plinova izaranja, tj. dimnih plinova u atmosferu. Težište je prvenstveno stavljeno na ispravnost plinskih instalacija, kako ih pravilno postaviti, te na ispravnu uporabu plinskih naprava i ložišta. Također bitni elementi su ispravno dovođenje zraka za izgaranje, kao i odvođenje plinova izaranja na način da se smanji zagađenje zraka, tj. atmosfere, sprečavanje nesreća zbog trovanja. Nažalost postoje određeni samoprovizirajući stručnjaci, koji protivno svim propisima i pravilima ugrađuju plinske naprave na opasan i neprihvatljiv način. Tim postupcima dovode u opasnost ne samo korisnike plina već i one koji plin ne koriste, te je posebno važno da se onemoguće takvi postupci.

Intenzivan razvoj plinifikacije zahtjeva angažiranje velikog broja stručnjaka i radnika koji se bave izgradnjom, upravljanjem, nadziranjem i održavanjem plinskih distribucijskih sustava u dijelu vanjskog plinovodnog razvoda, ali i dijelovima plinskih instalacija u objektima.

Svojestvo prirodnog plina je da pomiješan sa zrakom u određenim volumnim omjerima stvara eksplozivnu smjesu koja predstavlja potencijalnu opasnost za ljude i imovinu. Veća prisutnost plinova u zraku povećava opasnost od gušenja zbog nedovoljne količine kisika.

Stvaranje ugljičnog monoksida (CO) koji već pri malim koncentracijama u zraku djeluje smrtonosno je posljedica neispravnog izgaranja u plinskim trošilima ili neispravno funkcioniranje dimovodnog uređaja uz povrat dimnih plinova.

Sve te činjenice nalažu da je odgovarajućim mjerama potrebno spriječiti svako nekontrolirano istjecanje plina, ostvariti ispravno izgaranje na trošilima i uspostaviti pravilan odvod dimnih plinova.

## 2. PLINOV I PLINSKA GORIVA

### 2.1. Plinovi

Plin je tvar koja nema stalni oblik niti obujam, a najbolje se može opisati kao jedan od agregatnih stanja tvari u prirodi. Plin je u velikoj većini slučajeva u plinovitom stanju, te kao takav ne pokazuje nikakvu strukturnu uređenost. Plin može biti i u tekućem stanju (ukapljeni prirodni plin, ukapljeni naftni plin), ali za to je potrebno ispuniti određene uvjete. I tekući plinovi su u plinovitom stanju pri sobnoj temperaturi i atmosferskom tlaku, ali ukoliko ih komprimiramo na veće tlakove, te ohladimo na niže temperature, tako im se smanjuje volumen te prelaze u tekuće stanje. U takvom stanju ih je i puno lakše transportirati brodovima, pa je tako 600 tankera prirodnog plina na uvjetima atmosferskog tlaka i temperature jednako ekvivalentu jedanog LNG tankera. Kao jedna od najjednostavnijih pokazatelja njihovog ponašanja, odnosno svojstva pritom može poslužiti tzv. Prandtlova definicija prema kojoj su plinovi „tvari kod kojih ne dolazi ni do kakvog otpora polaganog promjeni oblika ako su u unutarnjoj ravnoteži“ [1].

Govoreći o plinovima u užem smislu, prije svega se misli na plinska goriva. U plinska goriva ubrajaju se plinovi i plinske smjese čijim izgaranjem nastaje toplina, a najčešće se koriste u proizvodnji električne i toplinske energije, sustavima grijanja i pripremi potrošne tople vode, te u motorima s unutarnjim izgaranjem za pogon vozila [1].

Gorivi plinovi su oni plinovi koji se koriste kao goriva, i to kao energenti u širokoj potrošnji: ustanovama, obrtu i industriji, te kao sirovina u kemijskoj industriji. U nekim industrijama, kao što je industrija stakla plin je nezamjenjiv energent, gdje se koristi za taljenje, rezanje i oblikovanje, te je samo on pogodan.

Svi plinovi imaju jedno zajedničko svojstvo, a to je plinovito stanje, pri čemu su molekularne sile među česticama plinova vrlo male, zbog čega se plinovi lako prilagođavaju prostoru u kojem su smješteni. Stanje plinova određeno je dvjema veličinama: tlakom i temperaturom.

## 2.2. Osnovna podjela plinskih goriva

Kao gorivi plinovi danas se najčešće koriste ove vrste plinova:

- Prirodni plin, čiji je glavni gorivi sastojak metan  $\text{CH}_4$
- Tekući plinovi, propan - butan i njihove smjese
- Zamjenski plinovi, smjese propana i butana sa zrakom

Plinovi se mogu podijeliti prema svojem izvoru, to jest prema načinu ili procesu dobivanja, te prema svojstvu izgaranja, odnosno Wobbeovom broju. Prema svojem izvoru plinska goriva mogu biti prirodna, to su ona goriva dobivena izravno iz zemlje, kao na primjer prirodni plin ili goriva nastala preradom nafte (npr. UNP - ukapljeni naftni plin) ili ugljena (gradski plin), te također raznim drugim tehnološkim ili sličnim procesima (npr. bioplin).

Ovi plinovi spadaju u red ugljikovodika, jer se po svom kemijskom sastavu dijele na dva glavna elementa - ugljik C i vodik H, uz neke dodatne elemente. Jedan od općih svojstava plinova je toplinska vrijednost. Tako kod prirodnog plina gornja toplinska vrijednost iznosi  $37,35 \text{ MJ/m}^3$ , a donja toplinska vrijednost iznosi  $33,632 \text{ MJ/m}^3$ , što je relativno malo ako uzmemo u obzir ostale plinove. Zamjenski plinovi propan-butan-zrak u sastavu 55% plina i 45% zraka ima trostruku toplinsku vrijednost prirodnog plina. Dok kod butana samostalno gornja granica iznosi  $134,06 \text{ MJ/m}^3$ , a donja granica toplinske vrijednosti iznosi  $123,81 \text{ MJ/m}^3$  [2].

Za industrijsku i široku namjenu osobito su važna ona plinska goriva koja distribuiraju gradske plinare i poduzeća za eksploataciju plina. Standardizacija plinske opreme dovela je do klasificiranja plinskih goriva prema DVGW, te je za bazu uzeto toplinsko opterećenje koje neki plin stvara na plameniku. Pa je tako klasifikacija podijeljena na 4 grupe:

- 1. plinska grupa - plinovi ove grupe dobro izgaraju, gore kratkim plavim plamenom, ne stvaraju čađu, ali su skloni vraćanju plamena. Primjeri: klasični gradski plin, koksni plin.

- 2. plinska grupa - kod ovih plinova stvara se dulji plamen, te se pojavljuje CO i razdvajanje plamena. Primjeri: prirodni plin, naftni plin.

- 3. plinska grupa - ovi plinovi imaju slabiju sposobnost miješanja, plameni vrhovi su im žute boje, te stvaraju čađ. Primjeri: ukapljeni naftni plinovi.

- 4. plinska grupa - ova grupa plinova nastaje mješanjem plinova iz 2. i 3. grupe sa zrakom. Bez obzira na to što su podešene na isti Wobbeov broj, ne mogu biti uvrštene u 1. plinsku grupu.

## 2.3. Važnija plinska goriva

### 2.3.1. Prirodni plin

Prirodni plin (eng. Natural gas) je najvažnije plinsko gorivo i jedan od najvažnijih energenata uopće. Ovaj plin čini osnovu opskrbe plinom u svim zemljama u kojima je uspostavljen plinoopskrbni sustav za javnu potrošnju. Predstavlja jednu od osnova energetike, a prema današnjim procjenama, njegove sigurno pridobive svjetske pričuve iznose 133 bilijuna m<sup>3</sup>. Nastao je prije više milijuna godina iz taloga mikroorganizama u anaerobnoj atmosferi, bez prisutnosti kisika i pod visokim tlakovima u dubinama zemlje, iz kojih se dobiva bušenjem na velike dubine, od 3000 m do čak 6000 m. Najčešće se pojavljuje uz naftna ležišta, iako postoje i samostalna nalazišta. Prirodni plin je neutrovan, bezbojan, bez okusa i mirisa, te je lakši od zraka i izgara plavim plamenom. Pri preradi mu se dodaje miris (odorant) kako bi se mogao lakše otkriti u slučaju istjecanja, jer tada postoji opasnost od nastanka eksplozivne atmosfere. Od nalazišta do potrošača najčešće se prenosi plinovodima, a u posljednjih nekoliko desetljeća, također se prevozi tankerima u ukapljenom stanju, kao tzv. LNG (engl. Liquefied Natural Gas) [1]. Ukapljeni prirodni plin je obični prirodni plin ukapljen pothlađivanjem tehnološkim procesima na minus (-)162 °C. Transformacijom prirodnog plina u ukapljeno stanje popraćena je promjenom volumena u odnosu 600:1. LNG se transportira brodovima, tzv. metanjerama, opremljenim LNG rezervoarima izrađenim za tako niske temperature. Neke od karakteristika LNG-a su vrlo niska temperatura od minus (-)162 °C, takvo stanje ga čini neeksplozivnim i negorivim. Gustoća LNG-a je 460 kg/m<sup>3</sup>, nešto manje od 50% gustoće vode, pa će LNG plivati na vodi. U trenutku kada je u plinovitom stanju, te još uvijek vrlo hladan, LNG je teži od zraka i drži se pri zemlji.



*Slika 1. - Transportni tanker za prijevoz LNG-a*

### 2.3.2. Ukapljeni naftni plin

Ukapljeni naftni plin (engl. Liquefied Petroleum Gas) smjesa je zasićenih ugljikovodika propana i butana, te raznih primjesa, a ponajviše propana, butana, etana i etena u različitim omjerima. U normalnim uvjetima je u plinovitom stanju i teži je od zraka, a ukapljuje se pri prilično niskim tlakovima od 1,7 do 7,5 bar. Proizvodi se iz nafte i naftnih plinova i to rafinerijskom preradom ili pri obradi sirovog prirodnog plina. Ugljikovodici izdvajaju se iz prirodnog plina, a zatim se procesima razdvajaju u plinskom postrojenju do konačnih proizvoda. Postupci za izdvajanje ugljikovodika mogu se podijeliti u dvije skupine, izdvajanje bez hlađenja, tj. umjerenim hlađenjem i izdvajanje kriogenim postupcima. Koji tehnološki postupak ćemo izabrati ovisi o kvaliteti ulazne sirovine, tlaku, traženim komponentama, zahtjevanom rasponu produkata. Jednostavan je za prijevoz, skladištenje i primjenu jer se skladišti i prevozi u kapljevitom stanju, dok se koristi u plinovitom stanju. LPG se ne može bez komprimiranja dovesti niti održavati u ukapljenom stanju na temperaturama iznad točke vrelišta. Tlak mora biti toliko veći koliko je temperatura viša. Ovisnost tlaka i temperature prikazana je dijagramom.



*Slika 2. - Postrojenje za izdvajanje LPG iz zemnog plina*

Čelični spremnici konstruirani za uskladištenje LPG-a ne smiju biti potpuno ispunjeni zbog dilatacije kapljevine, u suprotnom bi i najmanje povećanje volumena zbog porasta temperature moglo dovesti do pucanja spremnika, ukoliko ne bi djelovali sigurnosni ventili. Najčešće se koristi u kućanstvima kao gorivo u sustavima grijanja i pripremi potrošne tople vode, te za pripremu hrane. Također se koristi i u gospodarstvu, kao gorivo u poljoprivrednim

i manjim industrijskim pogonima, u ugostiteljstvu i građevinarstvu, te za pogon motornih vozila. Ukapljeni naftni plin nije otrovan, bezbojan je i bez mirisa, stoga mu se pri proizvodnji dodaje odorant, za otkrivanje u slučaju propuštanja instalacije, ima uske, ali niske granice eksplozivnosti. Budući da je teži od zraka ( $d > 1$ ), skuplja se u nižim dijelovima prostorije, pri dnu, te se vrlo lako taloži u podrumima, rovovima i slično [1].



*Slika 3. - Spremnik ukapljenog naftnog plina (UNP)*

### 2.3.3. Bioplin

Bioplin je obnovljiv izvor energije i tek je u posljednjem desetljeću postao popularan, te se njegova veća primjena očekuje u bliskoj budućnosti. Dobiva se anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih tvari. U bioplinove ubrajaju se plinovi koji nastaju u procesima biološke razgradnje tvari životinjskog i biljnog podrijetla, uključujući gnojivo, kanalizacijski mulj, komunalni otpad ili bilo koji drugi biorazgradivi otpad. Tako primjerice u postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda nastane od oko 55% do 75% volumnog udjela metana, te ugljičnog dioksida od oko 25% do 44% i nešto malo otrovnog sumporovodika. Ogrjevna vrijednost bioplina je 21,48 MJ/m<sup>3</sup> udio metana u bioplinu od 60%. Takav se plin u razvijenim zemljama već duže vrijeme koristi, prije svega za potrebe samih postrojenja. Najvažniji dio procesa proizvodnje bioplina je fermentacija, koja se odvija u dvije faze pri temperaturama od 10 do 40 °C, a pri temperaturi od 50 do 55 °C proces je znatno brži. Prva faza je faza kiselog vrenja, a druga metansko vrenje. Druga faza metanskog vrenja je mnogo sporija, a octena kiselina kao produkt prve faze usporava rast metanogenih bakterija. Mikroorganizmi koji sudjeluju u procesu zahtjevaju neutralnu okolinu, pH vrijednost između 7 i 8,5. Deponijski plin nastaje na smetlištima, zbog čega ne rijetko predstavlja opasnost za neposrednu okolinu (mogućnost eksplozije). U najvećem udjelu sastoji se od metana, oko 65%, ugljičnog dioksida do 35%, a ostatak čine vodena para i drugi vrlo štetni plinovi sa smetlišta. Ogrjevna vrijednost deponijskog plina kod odnosa 52,6% CH<sub>4</sub> i 43,5% CO<sub>2</sub> iznosi 21 MJ/m<sup>3</sup>. Klasični bioplin nastaje kontroliranom proizvodnjom iz otpada životinjskog i biljnog podrijetla (npr. izmet, sijeno, lišće, itd.). Pogon za otplinjavanje deponijskog plina sastoji se od vertikalnih sustava, horizontalnih sustava, te sustava vodova. Vrlo često se primjenjuje na malim poljoprivrednim gospodarstvima u bogatim i ekološki svjesnim zapadnoeuropskim zemljama [1].

### 3. PLINSKI ZAKONI

#### 3.1. Osnovni plinski zakoni

Stanje plina određuje volumen, gustoća, tlak i temperatura. Odnosi tih veličina međusobno su izraženi Boyle-Mariottovim i Gay-Lussacovim zakonima. Inače, ovi zakoni se odnose na idealne plinove, ali vrijede i za realne, koji se pod određenim uvjetima ponašaju kao idealni. Jedan od tih slučajeva je kada se realni plinovi nalaze u tlačnom području u kojem se stlačivost može zanemariti.

Gay-Lussacov zakon:

Zagrijavanjem nekog plina  $V_1$  pri konstantnom tlaku  $P_1$ , s temperature  $T_1$  na temperaturu  $T_2$ , volumen se mijenja linearno s temperaturom, tj.:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.1.)$$

Može se izraziti i pomoću gustoće plina:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad (3.2.)$$

Boyle-Mariotteov zakon:

Ukoliko se mijenja tlak plina  $P$  pri konstantnoj temperaturi  $T$ , mijenja se i volumen  $V$  recipročno pripadnom tlaku. Drugim riječima, umnožak je tlaka  $P$  i volumena  $V$  pri konstantnoj temperaturi konstantan.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \quad (3.3.)$$

Može se izraziti i pomoću gustoće plina:

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{p_2}{p_1} \quad (3.4.)$$



### 3.2. Jednadžba stanja plina

Iz Gay-Lussacova i Boyle-Mariotteova zakona slijedi da je vrijednost  $PV/T$  za sva stanja nekog plina konstantna, tj.:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \textit{konst.} \quad (3.5.)$$

Tu konstantu nazivamo plinskom konstantom i označavamo je s  $R$  (J/kg K).

Prema tome jednadžba stanja za 1 kg nekog plina glasi:

$$pv = RT \quad (3.6.)$$

drugačije zapisano:

$$\frac{pv}{T} = R \quad (3.7.)$$

također, može se izraziti i pomoću gustoće:

$$\frac{p}{\rho} = RT \quad (3.8.)$$

Za  $M$  kg plina, pri čemu je  $M$  = molarna masa plina u 1 kmol, jednadžba stanja jest:

$$\frac{pV_M}{T} = MR \quad (3.9.)$$

drugačije zapisano:

$$pV_M = MRT \quad (3.10.)$$

Tako izvedenu jednadžbu nazivamo općom plinskom jednadžbom, a konstantu  $MR$  općom konstantom, kojoj je vrijednost jednaka za sve plinove.

U navedenim jednadžbama su:

- $p$  - apsolutni tlak plina [ $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ ]
- $v$  - specifični volumen plina [ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
- $V$  - volumen 1 kg plina [ $\text{m}^3$ ]
- $V_M$  - volumen 1 kmol [ $\text{m}^3$ ]
- $T$  - temperatura plina [K]
- $R$  - plinska konstanta [ $\text{J/kg K}$ ]
- $MR$  - opća plinska konstanta [ $\text{J/kmol K}$ ]

Što su viši tlakovi koji djeluju na plinove, veća su i odstupanja promjene stanja realnih plinova od zakona vrijedećih za idealni plin. Ta teorija se može matematički prikazati na više načina. Najkorišteniji način u plinskoj tehnici jest uvođenje korekcijskog faktora, koji se u anglosaksonskoj literaturi označava sa slovom "Z", a naziva se faktorom kompresibiliteta. Prema tome, jednadžba stanja realnog plina može se prikazati:

$$pV = ZRT \quad (3.11.)$$

Za idealni plin Z iznosi 1 ( $Z=1$ ), pa jednadžba poprima ranije spomenuti oblik.

### 3.3. Promjena stanja plina

Iz jednadžbe stanja možemo primjetiti međusobnu ovisnost volumena, tlaka i temperature, ovisno o kakvoj se promjeni stanja radi.

Vrste promjena stanja (svedeno na 1 kg plina):

a)  $V = \text{konst.}$  (izohora)

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.12.)$$

b)  $p = \text{konst.}$  (izobara)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3.13.)$$

c)  $T = \text{konst.}$  (izoterma)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \quad (3.14.)$$

Ili

$$pV = \text{konst.} \quad (3.15.)$$

d)  $S = \text{konst.}$  (adijabata ili izentropa)

Pri takvoj promjeni stanja toplina se ne odvodi ni dovodi ( $Q = 0$ ), zato je entropija konstantna ( $S = \text{konst.}$ ). Stoga se u jednadžbi javlja adijabatski eksponent koji je jednak odnosu specifičnih toplina kod konstantnog tlaka i konstantnog volumena, tj.:

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad (3.16.)$$

pri tome nastaje adijabatska promjena stanja

$$\frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad (3.17.)$$

Ili

$$pV^\kappa = \text{konst.} \quad (3.18.)$$

Količina topline koju treba dovesti jedinici tvari da bi joj temperatura porasla za 1 K jest specifični toplinski kapacitet ili specifična toplina. Kod plinova postoji razlika između specifične topline pri konstantnom tlaku  $c_p$  i specifične topline pri konstantnom volumenu  $c_v$ .

Specifične topline  $c_p$  i  $c_v$  imaju dimenziju J/kg K, za razliku od specifičnih toplina  $C_p$  i  $C_v$  koje po količini tvari imaju dimenziju J/kmol K. Pri tome vrijedi da je razlika specifičnih toplina jednaka plinskoj konstanti, tj.:

$$c_p - c_v = R \quad (3.19.)$$

Količina od  $M$  kg plina jednaka je općoj plinskoj konstanti:

$$C_p - C_v = MR = 8314,41 \text{ J / kmol K}$$

Odnosno:

$$c_v = \frac{R}{\kappa - 1} \quad (3.20.)$$

Ili:

$$c_p = \frac{\kappa R}{\kappa - 1} \quad (3.21.)$$

Specifična toplina plinske smjese iznosi:

$$C_{Vsmj} = r_1 C_{V1} + r_2 C_{V2} \dots \quad (3.22.)$$

Odnosno:

$$C_{psmj} = r_1 C_{p1} + r_2 C_{p2} \dots \quad (3.23.)$$

pri tome su:

$C_{v1}, C_{v2}$  - specifična toplina pri konstantnom volumenu [J/kg K]

$C_{p1}, C_{p2}$  - specifična toplina pri konstantnom tlaku [J/kg K]

$M_1, M_2$  - udjel molne mase komponenata u smjesi [%]

e)  $1 < n < \kappa$  (politropa)

Ukoliko stavimo vrijednost "n" za eksponent, te ako je veći od 1 i manji od  $\kappa$ , dobijemo jednadžbu politrope:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1} \quad (3.24.)$$

Odnosno:

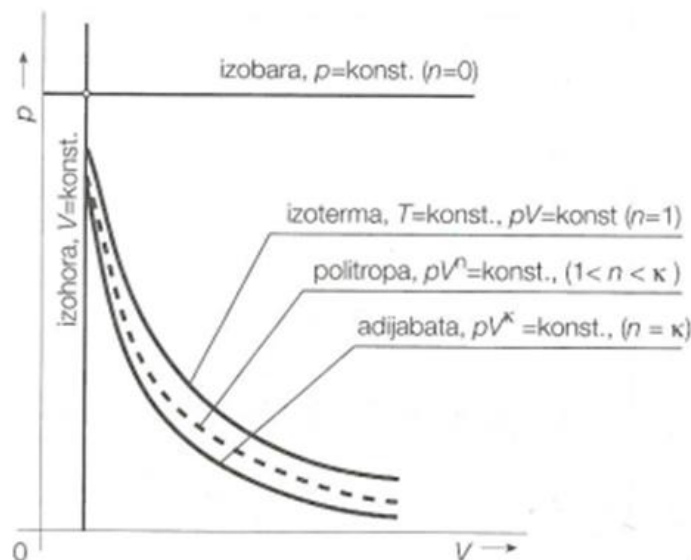
$$pV^n = konst. \quad (3.25.)$$

Politropski eksponent "n" dobiva se iz relacije:

$$n = \frac{\log p_1 - \log p_2}{\log V_2 - \log V_1} \quad (3.26.)$$

Iz toga se može vidjeti da su sve promjene stanja ustvari poseban slučaj politropske promjene (grafički prikaz promjena je u  $PV$  dijagramu), stoga jednadžbu politrope  $PV^n = \text{konst.}$  možemo promatrati za razne vrijednosti eksponenta, iz čega dobivamo:

$n = 0;$	$P = \text{konstanta}$ (izobara)
$n = 1;$	$PV = \text{konstanta}$ (izoterma)
$1 < n < \kappa;$	$PV^n = \text{konstanta}$ (politropa)
$n = \kappa;$	$PV^\kappa = \text{konstanta}$ (adijabata)
$n = \infty;$	$V = \text{konstanta}$ (izohora)



Slika 4. - Dijagram promjene stanja plina

U praksi nailazimo na razne promjene stanja. Izotermičku promjenu stanja imamo na primjeru transporta plina cjevovodima položenim u zemlju, gdje se toplinom iz okoline nadomješta gubitak topline zbog ekspanzije, koja je u ovom slučaju spora. Kod pukotina na cjevovodu, pri istjecanju plina dolazi do brze ekspanzije, pa imamo adijabatičku promjenu stanja. Identičan je slučaj kod strujanja plina kroz izolirane cijevi. Pri konstantnom volumenu u praksi imamo vrlo često promjenu stanja, tj. kada dolazi do grijanja ili hlađenja plina u zatvorenom spremniku.

## 4. KARAKTERISTIKE PLINSKIH GORIVA

### 4.1. Ogrjevna moć

Najbitniji podatak koji nas zanima kod nekog goriva je kolika količina topline se oslobađa njegovim izgaranjem. Ta vrijednost se prikazuje ogrjevnom moći, a razlikujemo gornju, donju te kod plinskih goriva i pogonsku ogrjevnu moć.

Gornja ogrjevna moć, označava gornju toplinsku vrijednost  $H_g$ , te prikazuje količinu topline koja nastaje potpunim izgaranjem jedinične količine goriva, pri čemu se dimni plinovi ohlade na početnu temperaturu od 25 °C, a kao kondenzat se izlučuje vodena para. Pokusom se najtočnije može odrediti gornja ogrjevna moć.

Donja ogrjevna moć, označava donju toplinsku vrijednost  $H_d$ , te prikazuje količinu topline koja nastaje potpunim izgaranjem jedinične količine goriva, pri čemu se dimni plinovi ohlade na početnu temperaturu od 25 °C, u ovom slučaju toplina kondenzacije ostaje ne iskorištena, jer vodena para u njima ostaje u parnom stanju. Donju toplinsku vrijednost dobijemo računski iz gornje.

Pogonsku ogrjevnu moć  $H_p$ , možemo izraziti i kao gornju i kao donju. Osnovna razlika je u tome što se kod uobičajene ogrjevne moći uzima normni prostorni metar suhog plina, dok se kod pogonske ogrjevne moći uzima pogonski prostorni metar vlažnog plina, ukoliko je plin vlažan.

$$\text{Ogrjevna moć} = \frac{\text{količina topline}}{\text{jedinica količine goriva}} \quad (4.1.)$$

Pošto se količina topline izražava u kJ, MJ, kW h, a količina goriva u plinskoj tehnici u m<sup>3</sup>, kmol, rijeđe u kg, proizlazi ogrjevna moć u: [kJ/m<sup>3</sup>], [MJ/m<sup>3</sup>], [kJ/kmol], [MJ/kmol], [kWh/m<sup>3</sup>].

Pogonsko stanje plina određeno je stvarnim uvjetima, temperaturom, tlakom i vlažnošću, pa se za jedinicu količine goriva uzima pogonski prostorni metar, a pogonska ogrjevna moć izražava se u: [kJ/m<sup>3</sup>], [MJ/m<sup>3</sup>], [kWh/m<sup>3</sup>].

## 4.2. Plinske karakteristike

U plinskoj tehnici masa se izražava jedinicama volumena ( $m^3$ ), količine tvari (kmol) ili jedinicom mase (kg). Količina mase iskazana volumenom ovisi o određenoj temperaturi i određenom tlaku, dok količina mase izražena u kg ne ovisi o temperaturi i tlaku. Zato su uvedeni normni, standardni i pogonski prostorni metar kako bi se upozorilo na pripadni tlak i temperaturu.

Normalni ili normni prostorni metar je ona masa plina koja pri normalnom stanju zauzima  $1 m^3$ .

Normalno stanje definirano je temperaturom  $0\text{ }^\circ\text{C}$  i tlakom  $1013,25\text{ mbar}$ .

Standardni prostorni metar je ona masa plina koja pri  $15\text{ }^\circ\text{C}$  i  $1013,25\text{ mbar}$  zaprema  $1 m^3$ .

Pogonski prostorni metar je ona količina koja u uporabnom stanju zaprema  $1 m^3$ . Kada se kaže da je plin "suh", to se odnosi na plin kojem je uklonjen sadržaj vodene pare. Naziv "vlažan" se odnosi na plin koji je zasićen parom pri radnoj temperaturi i tlaku. Stupanj zasićenja plina vodenom parom, ne možemo izraziti postotcima ako nemamo točne podatke.

Omjer količine plina u pogonskom i normalnom stanju izražen je odnosom:

$$V = \frac{V_n}{f_R} \quad (4.2.)$$

pri tome su:

$V$  - volumen plina u pogonskom stanju [ $m^3$ ]

$V_n$  - volumen plina u normalnom stanju [ $m^3$ ]

$f_R$  - faktor redukcije

Volumen plinske smjese  $V_{smj}$ , jednak je zbroju volumena komponenata:

$$V_{smj} = V_1 + V_2 + \dots, m^3 \quad (4.3.)$$

pri tome su oznake  $V_1, V_2$  volumni udjeli komponenata ( $m^3$ ).

Protok plina je količina plina  $Q$ , koja u nekom vremenu  $t$  protječe kroz plinovod, te se izražava kao:

volumenski protok:

$$Q_v = \frac{V}{t}, \text{ izražen u } \frac{m^3}{s} \text{ ili } m^3/h \quad (4.4.)$$

protok mase:

$$Q_m = \frac{m}{t}, \text{ izražena u } \frac{\text{kg}}{\text{s}} \text{ ili u } \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (4.5.)$$

Masa plina sadržana u 1 kmol plina naziva se molna masa  $M$ , te se izražava u kg/kmol.

Prividna molna masa plinske smjese  $M_{smj}$  dobiva se iz odnosa:

$$M_{smj} = \frac{V_1 M_1 + V_2 M_2 + \dots}{V_1 + V_2 + \dots} \quad (4.6.)$$

pri tome su:

$V_{1,2}$  - volumni udjel komponenata [%]

$M_{1,2}$  - molna masa komponenata [kg/kmol]

Količina plina koja sadrži  $M$  kg plina naziva se kilomol. Tisuću puta manja količina naziva se mol. Kod idealnog plina pri istom tlaku i istoj temperaturi 1 mol zauzima jednaki volumen. Za normalne uvjete ( $0^\circ\text{C}$ ,  $101325 \text{ N/m}^2$ ) molni volumen  $V_M$  iznosi:

$$V_M = \frac{MRT_n}{p_n} = \frac{8314,41 \times 273,15}{101325} = 22,4138 \text{ m}^3/\text{kmol} \quad (4.7.)$$

Ova jednadžba se naziva Avogadrov zakon.

Druga formulacija Avogadrova zakona govori da pri istom tlaku i pri istoj temperaturi u jednakim volumenima plinovi sadrže isti broj molekula. Taj broj se naziva Loschmidtov broj, a iznosi  $N_L = 6,023 \times 10^{26}$  molekula/kmol plina ( $\text{kmol}^{-1}$ ).

Molarni volumen  $V_M$  jednak je odnosu molarne mase i gustoće:

$$V_M = \frac{M}{\rho} \quad (4.8.)$$

Ili

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (4.9.)$$

Pri čemu su:

$V_M$  - molarni volumen [ $\text{m}^3/\text{kmol}$ ]

$M$  - molarna masa [kg/kmol]

$\rho$  - gustoća plina [ $\text{kg/m}^3$ ]



### 4.3. Tlak plina

Stanje u kojem nestaje razlike između kapljevite i plinske faze naziva se kritično stanje. To stanje ovisi o kritičnoj temperaturi i kritičnom tlaku. Ukoliko se plin ne ohladi ispod kritične temperature, neće se ukapljati niti na najvišim tlakovima. Stoga, kritična temperatura  $T_k$  je temperatura iznad koje se plin ni pod kojim tlakom ne može prebaciti u tekuće stanje. Dok je kritični tlak  $P_k$  najniži tlak koji je dovoljan da se na kritičnoj temperaturi plin prebaci u tekuću fazu.

Ukoliko se plin nalazi u zatvorenoj posudi, zbog gibanja molekula, tzv. Brownovo gibanje, nastaje tlak prema stijenkama posude. U tom slučaju tlak se širi na sve strane podjednako. Što je gibanje molekula intenzivnije to je tlak veći. Porastom temperature, odnosno smanjenjem volumena dolazi do rasta intenziteta gibanja.

U SI mjerama tlak izražavamo u Pa (paskal), što odgovara djelovanju sile 1 N na površinu 1 m<sup>2</sup>, tj.:

$$p = \frac{F}{A} \quad (4.10.)$$

Pri tome su:

$F$  - sila [N]

$A$  - površina [m<sup>2</sup>]

$p$  - tlak [N/m<sup>2</sup>], [Pa]

Kako je 1 N = 1 kg m/s<sup>2</sup>, te je 1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup> = 1 kg m/s<sup>2</sup>m<sup>2</sup> = 1 kg/s<sup>2</sup>m, uočavamo da se tlak može izraziti i u dimenziji kg/s<sup>2</sup>m. Ovakav slučaj imamo kod hidrauličkog proračuna plinovoda. U području plinske tehnike uglavnom niži tlakovi, do 1 bar, izražavaju se u mbar, a tlakovi preko 1 bar u bar. Također se dosta koriste i megapaskali, tj. 1 MPa = 10 bar = 1 N/mm<sup>2</sup>.

Nazivi "visoki" i "niski" tlak uvedeni su u plinsku tehniku iz sigurnosno-tehničkih razloga, a vrijednosti granica se razlikuju u pojedinim zemljama.

Tlak plinske smjese sastoji se od zbroja parcijalnih tlakova pojedinih komponenata (Daltonov zakon), a računa se prema formuli:

$$p = p_1 + p_2 + \dots \quad (4.11.)$$

Pri tome su:

$p$  - tlak plinske smjese [Pa]

$p_{1,2}$  - parcijalni tlak komponenata [Pa]

U području plinske tehnike tlak " $p$ " se mjeri kao relativni tlak (mjereno kao statički), u odnosu na atmosferski ili barometarski tlak. Kada je tlak  $p < 0$ , nazivamo ga podtlakom ili vakumom, a kada je  $p > 0$  pretlakom. Tlak se mjeri manometrom, vakumometrom ili vakumomanometrom (slika 4.1.).



Slika 5. - Manometar

Barometarski ili atmosferski tlak  $p_B$  je tlak koji se javlja kao posljedica težine zemljine atmosfere. Barometarski tlak opada s porastom visine, a mjerimo ga barometrom.

Apsolutni tlak  $p_A$  jednak je zbroju barometarskog i relativnog tlaka, pa je onda:

- kod pretlaka ( $p_e > p_B$ )

$$p_A = p_B + p_e \quad (4.12.)$$

- kod podtlaka ( $p_e < p_B$ )

$$p_A = p_B - p_e \quad (4.13.)$$

Od velike je važnosti visina tlaka u dovodnoj instalaciji za besprijekoran rad plinskih trošila. Prema tome treba razlikovati tlak plina u mirovanju i tlak plina u protjecanju.

Tlak plina u mirovanju je pretlak plina prema atmosferskom tlaku uz zatvorenu slavinu. Mjeri se manometrom kao statički tlak, što je ujedno i totalni tlak plina unutar instalacije, tj.:

$$p_{mir} = p_{st} + p_{tot} \quad (4.14.)$$

pri tome su:

- $p_{mir}$  - tlak plina u mirovanju [N/m<sup>2</sup>]
- $p_{st}$  - statički tlak plina u mirovanju [N/m<sup>2</sup>]
- $p_{tot}$  - totalni tlak plina u mirovanju [N/m<sup>2</sup>]

Protočni tlak ili tlak plina u protjecanju je pretlak plina prema atmosferskom kada je slavina otvorena. Mjeri se također manometrom kao statički tlak. Taj statički tlak je ustvari manji od statičkog tlaka plina u mirovanju. Ako zanemarimo visinsku razliku i promjenu unutarnje energije, razliku čini dinamički tlak uzrokovan energijom čestica plina koje se kreću brzinom  $w$ .

Pri tome vrijedi:

$$p_{stprot} = p_{stmir} - p_d \quad (4.15.)$$

stoga su:

- $p_{stprot}$  - protočni tlak mjeren kao statički [N/m<sup>2</sup>]
- $p_{stmir}$  - statički tlak plina u mirovanju [N/m<sup>2</sup>]
- $p_d = \rho w^2/2$  - dinamički tlak [N/m<sup>2</sup>]
- $\rho$  - gustoća plina [kg/m<sup>3</sup>]
- $w$  - brzina strujanja plina [m/s]

#### 4.4. Relativna gustoća

Gustoća ili specifična masa ( $\rho$ ) nekog plina je masa od 1 m<sup>3</sup> izražena u kg:

(4.16.)

Normalna gustoća ( $\rho_n$ ) nekog plina je masa 1 m<sup>3</sup> pri normalnom stanju izražena u kg:

$$\rho_n = \frac{M}{V_n} \quad (4.17.)$$

Relativna gustoća ( $d$ ) nekog plina je odnos njegove gustoće i gustoće zraka pri jednakim uvjetima tlaka i temperature, tj.:

$$d = \frac{\rho_{plin}}{\rho_{zrak}} \quad (4.18.)$$

Odnos između gustoće plina u normalnom i pogonskom stanju izražen je formulom:

$$\rho = \rho_n f_R \quad (4.19.)$$

pri tome su:

$\rho$  - gustoća plina u pogonskom stanju [kg/m<sup>3</sup>]

$\rho_n$  - gustoća plina u normalnom stanju [kg/m<sup>3</sup>]

$f_R$  - faktor redukcije

Normalna gustoća plinske smjese izražena je formulom:

$$\rho_{n,smj} = \frac{V_1 \rho_{n1} + V_2 \rho_{n2} + \dots}{V_1 + V_2 + \dots} \quad (4.20.)$$

pri tome su:

$\rho_{n,smj}$  - normalna gustoća plinske smjese [kg/m<sup>3</sup>]

$V_{1,2}$  - volumni udjel komponenata [m<sup>3</sup>]

$\rho_{n1,n2}$  - normalne gustoće komponenata [kg/m<sup>3</sup>]

## 5. PLINSKE INSTALACIJE

Pod nazivom plinska instalacija podrazumijeva se cjelokupan plinski sustav potrošača plina, koji se sastoji od plinskih cjevovoda, plinskih naprava, trošila i ložišta, te s njima povezanih uređaja i opreme, te također od sustava za dovođenje zraka i odvođenje produkata izgaranja.

Instalacija iza glavnog zapora (GZ) na kućnom priključku do ispusta dimovodnog uređaja u atmosferu naziva se unutarnja plinska instalacija, a sastoji se od cijevne instalacije plinskih naprava i uređaja, sustava opskrbe zrakom za izgaranje i sustava za odvođenje dimnih plinova.

Izolacija cijevi plinovoda može se izvesti tvornički ili na terenu, a izvodi se strojno ili ručno. Najčešće se upotrebljavaju polietilenska izolacija nanescena tvornički na cijev, bitumenska izolacija pojačana staklenom vunom, polietilenske trake, te epoksidne smole. Kvaliteta tako nanešene izolacije, prije nego što se spusti u rov, se provjerava na probojnost ispitnim naponom od 20.000 volti.

Za vrijeme izgradnje plinovoda ili tijekom njegove eksploatacije, često dolazi do oštećenja izolacije plinovoda, pa dolazi do povećanja opasnosti od intenzivnih korozivskih procesa, stoga je nužno dodati katodnu zaštitu plinovodima i priključcima. Ova vrsta zaštite izuzetno je važna u urbanim sredinama, gdje postoje tramvaji i električni vlakovi, te se javljaju lutajuće struje koje imaju utjecaj na plinovode, te može doći do oštećenja stijenki cjevovoda. Koriste se dva osnovna tipa katodne zaštite, s vanjskim izvorima koji radi na principu nametanja prednapona na plinovod koji preuzima zaštitnu ulogu i poništava utjecaj lutajućih struja. Drugi tip je galvanskim anodama koji se koristi za kratke dionice plinovoda i na mjestima gdje nema mrežnog napona.

Osnovni objekti koji se koriste na plinovodima su sakupljači kondenzata, postavljaju se na najnižim točkama plinovoda i služe za sakupljanje vode, koja se naknadno otklanja. Zaporni organi koriste se na plinskim mrežama iz sigurnosnih razloga i kako bi se pomoću njih mogli isključiti pojedini dijelovi plinovoda iz uporave. Odzračnici se obično koriste na krajnjim položajima plinske mreže i na najvišim točkama, a služe za ispuštanje zraka iz plinovoda tijekom njegovog punjenja prirodnim plinom i ispuštanje prirodnog plina iz plinovoda ukoliko se dogodi nekakav kvar ili u slučaju potrebe popravka.

## 5.1. Podjela plinovoda

Osnovni elementi plinskog energetskog sustava su plinovodi. Njihova temeljna funkcija je dovođenje plina iz izvora ili proizvodnih postrojenja do mjesta potrošnje. Plinovodna mreža je skup međusobno povezanih plinskih cjevovoda koji su opskrbljeni potrebnom opremom i uređajima, te kao takvi čine funkcionalnu cjelinu na većem ili manjem prostoru.

Plinovode razlikujemo prema namjeni:

a) Magistralne plinske mreže omogućuju isporuku plina regionalnom odnosno većem lokalnom distributeru na nekom području, ali i nekom drugom velikom potrošaču, npr. kao što je proizvodnja električne i toplinske energije. Ove mreže sastoje se od visokotlačnih plinovoda za transport plina od izvora do velikih potrošača, tj. do primopredajnih mjerno-regulacijskih stanica.

b) Razvodne plinovodne mreže se dijele na:

- primarne plinovode koje sačinjavaju primarni visokotlačni plinovodi za transport plina, kojima je radni tlak veći od 4 bar, od primopredajnih mjerno-regulacijskih stanica do većih udaljenih potrošačkih središta primarnih regulacijskih stanica.

- sekundarni plinovodi koje sačinjavaju sekundarni srednjetačni plinovodi za transport i distribuciju plina od primopredajnih mjerno-regulacijskih stanica ili od primarnih regulacijskih stanica do industrijskih i ostalih potrošača, pa sve do tercijalne distributivne mreže, odnosno sekundarne regulacijske stanice ili plinskog regulacijskog uređaja. Ovim plinovodima radni tlak iznosi do 4 bar.

- tercijalne plinovodne mreže koje sačinjavaju tercijalni srednjetačni i niskotlačni plinovodi i priključci za distribuciju plina do krajnjih potrošača. Radni tlak za srednjetačni plinovod iznosi do 4 bar, a za niskotlačni do 100 mbar.

Najveći dopušteni radni tlakovi plinovodnih mreža:

a) visokotlačni plinovodi (služe za prijenos plina i njegovo skladištenje)

- područje A                    od 4,0 bar do 16,0 bar
- područje B                    od 16,0 bar do 63,0 bar
- područje C                    od 63,0 bar do 100,0 bar

b) srednjetlačni plinovodi

- područje A od 0,1 bar do 1,0 bar

- područje B od 1,0 bar do 4,0 bar

c) niskotlačni plinovodi

- do maksimalno 0,1 bar, odnosno 100 mbar

Prema mjestu polaganja, odnosno položaju u prostoru, razlikujemo podzemne, nadzemne i podmorske plinske mreže. Visokotlačni plinovodi osim što služe za transport i distribuciju, mogu se koristiti i za skladištenje plina.



*Slika 6. - Zavarivanje magistralnog plinovoda*

Plinska razvodna mreža za javnu distribuciju plina danas se izvodi kao niskotlačna, s najvišim radnim tlakom do 100 mbar (0,1 bar), ili kao srednjetlačna s najvišim radnim tlakom do najviše 5 bar (norma HRN EN 1775: 1998.). Najviši ulazni tlak s kojim plin ulazi u kuću pri tome je ograničen na 100 mbar. Plinska instalacija korisnika plina priključena je na plinsku mrežu distributera plinskim priključnim cjevovodom. Plinski cjevovod se sastoji od cjevovoda nemjerenog i mjerenog plina. Pod cjevovod nemjerenog plina ubraja se i kućni priključak, koji je s jedne strane spojen na plinski razvodni cjevovod, a s druge strane završava glavnim zaporom (GZ) objekta, te isto tako cjevovodi unutarnje plinske instalacije od glavnog zapora do plinomjera. Cjevovodi mjerenog plina se nalaze iza plinomjera pa sve do potrošnih mjesta plinskih uređaja.

Opskrbljivač odnosno distributer plina je nadležan i odgovoran za ispravnost, održavanje i zamjenu uličnog priključka plinovoda, glavnog zapora i plinomjera, dok je za ostale dijelove unutarnje plinske instalacije nemjerenog i mjerenog plina odgovoran vlasnik instalacije.

Nadležni ovlaštenu područni dimnjačar koji ima koncesiju odgovoran je za održavanje i kontrolu sustava dovoda zraka i odvoda plinova izgaranja, te kojem je vlasnik plinske instalacije dužan podmiriti troškove njihova nadzora i održavanja.

Nadležni serviser ovlašten od proizvođača i registriran kod nadležnih organa, odgovoran je za održavanje i nadzor plinskih naprava i uređaja, te koji svoju obavezu izvršava na poziv korisnika plinske instalacije.



### 5.1.1. Polaganje plinovoda u zemlji

Plinovodi se u pravilu polažu podzemno, a samo u slučaju potrebe i nadzemno, što se događa jako rijetko. Ulaz plinskog priključka u građevine može biti izveden kao podzemni i kao nadzemni. Na uvedeni priključak u objekt, nastavlja se plinska instalacija koja se najčešće polaže izvana, a rijede u zid, a samo ponekad u kanale.

Polaganje plinovoda se obavlja na dubini ispod granice smrzavanja tla. Određena dubina polaganja nužna je i iz sigurnosnih razloga. Najčešća prosječna dubina postavljanja plinovoda mjereno od gornjeg ruba cijevi iznosi:

- za magistralne visokotlačne plinovode	od 0,8 do 1,5 m
- za visokotlačne i srednjetačne plinovode	od 0,8 do 1,5 m
- za niskotlačne plinovode	od 0,8 do 1,3 m
- za kućne priključke	od 0,6 do 1,0 m

Polietilenski plinovodi nebi se smjeli polagati na dubine veće od 2 m. Polagati možemo i na manjim dubinama, ali samo na kraćim dionicama i uz odgovarajuću zaštitu. Prijelazi ispod željezničkih pruga, važnijih cesta, te prolazi kroz zidove izvode se bušenjem i umetanjem cjevovoda u zaštitnu cijev, ali pri tome je važno da je međuprostor zabrtvljen. Zbog sigurnosnih razloga pri polaganju plinovoda voditi računa o izboru trase, te potrebnim sigurnosnim udaljenostima s obzirom na nadzemne i podzemne građevine, komunalne instalacije, kategoriju zemljišta i tip uređene javne površine, te dostupnost plinovoda u fazi korištenja.

Plinovodi se dijele na sekcije koje su međusobno odvojene zapornim elementima, koji su smješteni u zemlji. Rukovanje zapornim elementima koji su smješteni direktno u zemlji obavlja se preko produžnog zapornog vretena. Blokiranje pojedinih dijelova plinovoda važno je zbog sigurnosnih razloga u slučaju oštećenja, havarije, ispitivanja, ispuhivanja nečistoća ili kod puštanja u rad plinovoda.

Blok stanice koje automatski zatvaraju protok plina u slučaju puknuća plinovoda ugrađuju se kod magistralnih i glavnih visokotlačnih plinovoda. Plinovodi se uglavnom polažu u rov na pripremljeni sloj finog pijeska minimalne debljine 5 do 10 cm. Ovisno o sastavu tla postoji mogućnost direktnog polaganja plinovoda u iskopani rov bez pijeska.

Zbog moguće pojave kondenzata koji se može pojaviti iz tehnoloških razloga ili pri izgradnji plinovoda, potrebno je na najniže točke plinovoda ugraditi posude za sakupljanje kondenzata. Te je tako distributivne plinovode potrebno položiti u odgovarajućim nagibima prema posudama za sakupljanje kondenzata. Ti nagibi uobičajeno iznose za plinovode do DN 200 minimalno 0,5%, dok za plinove veće od DN 200 minimalno 0,3%.

Po polaganju plinovod se zatrpa slojem finog pijeska ili čiste zemlje s debljinom nadsloja iznad vrha cijevi minimalno 10 cm. Preostalo zatrpavanje vrši se u slojevima po 30 cm, uz propisno nabijanje. Cijevi plinovoda od čelika uglavnom se spajaju zavarivanjem. Svi zavareni spojevi ispituju se vizualno, a naknadno se zavari ispituju rengenki ili radiografski zbog provjere strukture. Za visokotlačne i srednjetačne plinovode ispituju se svi zavari i svi montažni zavari, dok se kod niskotlačnih plinovoda ispituje 30% zavora i 100% montažnih zavora i zavora u zaštitnim cijevima.

Ispitivanje zavarenih spojeva radi se prema DIN 8563-3. Samo certificirani zavarivači smiju obavljati zavarivanje plinovoda. Ispitivanje zavarivača obavlja se prema DIN 8560. Plinovodi izrađeni od ljevano željeznih cijevi s kolčakom, uglavnom se brtve katraniziranim lanenim užetom ili katraniziranom kudeljom i uljevanjem olovnih prstenova debljine 35 do 55 mm. Plinovodi s Union spojevima brtve se gumenim prstenom koji se priteže odgovarajućim maticama. Cijevi plinovoda mogu biti spojene i prirubnički, prvenstveno sa zapornom armaturom. Te spojeve potrebno je propisno izolirati. Spajanje cijevi plinovoda polietilenom visoke gustoće (PE-HD) uglavnom se izvodi:

- a) fuzijom pomoću topline
  - sučeono
  - elektrospojnicama
- b) prirubnicama
- c) pomoću kompresijskih spojnica (ali ne može biti glavni način spajanja)
  - konusnih spojnica
  - zupčastih spojnica



*Slika 7. - Polaganje plinovoda u zemlju*

Sučeonni zavari kontroliraju se pomoću ultrazvuka. Plinovode od polietilena dozvoljeno je polagati i zavarivati do temperature okoline od 0 °C. Moguće ih je polagati i pri temperaturama između 0 °C i 5 °C, ali uz primjenu određenih mjera, kao što su postavljeni šator za zavarivanje, predgrijavanje cijevi u zagrijanim prostorijama, itd. Samo certificirani zavarivači mogu obavljati zavarivanje PE-HD cijevi, te se spajanje obavlja prema DVGW GW330.

### **5.1.2. Nadzemni plinovodi**

Nadzemni plinovodi uglavnom se izvode u tvornicama, industrijskim postrojenjima i sličnim objektima. Jednostavnije i jeftinije ih je polagati i održavati, te se uglavnom nalaze u prostoru koji nije dostupan neovlaštenim osobama.

Nadzemni plinovodni mogu se izvoditi pri prijelazu preko rijeka i vodotoka, po mostovima ili po vlastitim mosnim konstrukcijama. Uglavnom se postavljaju s nizvodne strane. Nužno je ugraditi kompenzator zbog toplinskih dilatacija.

Nadzemni plinovodi uglavnom moraju biti obojeni s dva sloja temeljne i s dva sloja uljene boje, a nerijetko su zaštićeni i toplinskom izolacijom, te se uglavnom izvode od čeličnih cijevi.

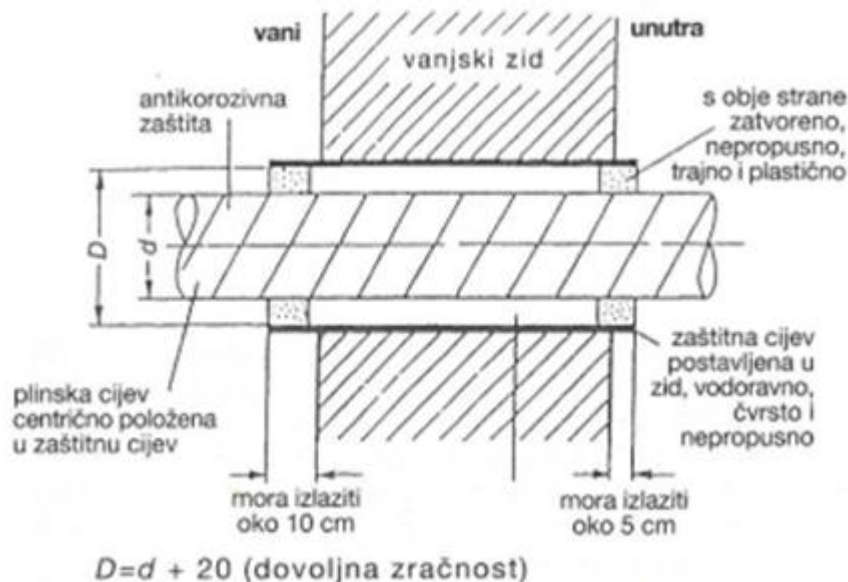
### 5.1.3. Kućni priključci

Kućni priključak služi spajanju plinske instalacije u zgradi s ukopanim plinovodom u zemlji. Priključak se uglavnom polaže s nagibom prema plinovodu, a svaka zgrada ima samo jedan priključak. Velike stambene zgrade s više ulaza, imaju za svaki ulaz poseban priključak. Pri projektiranju i izgradnji najbolje bi bilo da se predvidi posebna prostorija za ulaz plinskog priključka u zgradu. Kućni priključak u zgradi može završiti u podrumu, ulazu, fasadnom ormariću ili nazidnom ormariću.

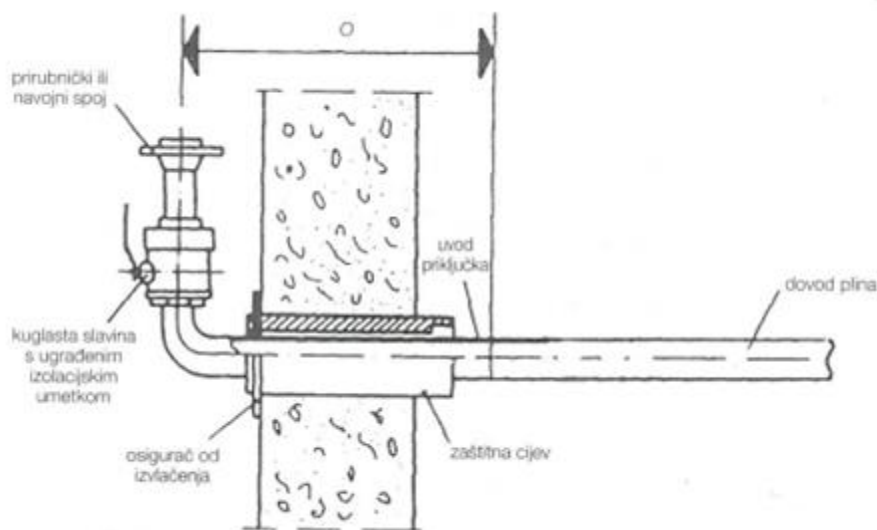
Kućni priključak završava na:

- niskotlačnoj plinskoj mreži s glavnim zapornim organom
- srednjetačnoj plinskoj mreži s glavnim zapornim organom i regulacijsko sigurnosnim uređajem.

Kod podrumске izvedbe kućnog priključka posebno se treba voditi briga o prolazu kroz vanjski zid, koji treba biti ostvaren kroz zaštitnu cijev (klasično) ili u obliku kapsule, te onda biti propisno zabrtvljen (slika 8 i 9).



Slika 8. - Ulaz cjevovoda u kuću kroz zaštitnu čeličnu cijev



*Slika 9. - Ulaz cjevovoda u kuću pomoću kapsule*

Glavni zaporni organ smješten u objektu mora izdržati toplinsko opterećenje od 650 °C. Glavni zaporni organ uvijek mora biti dostupan za uporbu. Kvalitetu je potrebno dokazati certifikatom ovlaštene ustanove.

Kod izvedbe kućnog priključka u podrumu, za priključke veće od DN 80, te isto tako za priključke javnih zgrada ne važno kojih dimenzija kućnog priključka, potrebno je predvidjeti dodatni zaporni organ koji se ugrađuje na priključku ispred zgrade.

Kod izvedbe kućnog priključka od polietilena na dijelu udaljenom minimalno 1 m od zgrade pa sve do glavnog zapornog organa, treba koristiti čelične cijevi. Cijevi kućnih priključaka uglavnom se spajaju zavarivanjem, kao i kod plinovoda, a na dijelovima u zgradi mogu biti spojene prirubnicama i navojima.

## 5.2. Definicija i podjela plinskih naprava

Naziv plinske naprave označava sve aparate, uređaje ili ložišta koji kao pogonsko gorivo koriste plin, a plinove izgaranja odvođe u slobodnu atmosferu putem dimovodnog uređaja (npr. plinska ložišta), kao i one bez dimovodnog uređaja (plinska kuhala, štednjaci, laboratorijski plamenici). Plinskim se napravama smatraju naprave za kuhanje u ugostiteljstvu, domaćinstvu i drugdje, grijači vode i ložišta za grijanje prostorija, te moraju odgovarati hrvatskim normama. Plinske naprave koje su izrađene u zemljama Europske unije, označene su pločicom s oznakom CE. Nadalje, sve plinske naprave moraju imati upute za postavljanje i upute za uporabu na hrvatskom jeziku, bez obzira gdje su proizvedene.

Prema načinu odvođenja plinova izgaranja i opskrbe zrakom za izgaranje, plinske naprave se dijele na tri osnovne vrste:

Vrsta A - naprave koje zrak za izgaranje uzimaju iz prostorije za postavljanje (plinski šednjak, kuhalo, ugradbena plinska pećnica, laboratorijski plamenik), nemaju dimovodni uređaj, te dimni plinovi struje u prostoriju. Dije se na:

vrsta A - bez ventilatora

vrsta A - s ventilatorom iza plamenika / izmjenjivača topline

vrsta A - s ventilatorom ispred plamenika

Vrsta B - naprave koje zrak za izgaranje uzimaju iz prostorije za postavljanje (razna ložišta), imaju dimovodni uređaj, te dimni plinovi struje kroz dimnjak u okolinu. Dije se na:

vrsta B<sub>1</sub> - ložište s osiguračem strujanja

B<sub>11</sub> - bez ventilatora

B<sub>12</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

Ova vrsta se dodatno označava oznakom BS (blocked safety) ložišta s uređajem za kontrolu izlaza plinova izgaranja na osiguraču strujanja (npr. B<sub>11BS</sub>)

vrsta B<sub>2</sub> - ložišta bez osigurača strujanja

B<sub>22</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

B<sub>23</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta B<sub>3</sub> - ložišta bez osigurača strujanja kod kojih se svi dijelovi puteva plinova izgaranja koji su pod pretlakom oplakuju zrakom za izgaranje

B<sub>32</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

B<sub>33</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

Vrsta C - naprave koje zrak za izgaranje uzimaju putem zatvorenog sustava iz slobodne atmosfere (ložišta neovisna o zraku prostorije za postavljanje), imaju dimovodni uređaj kroz koji odvođe plinove izgaranja u slobodnu atmosferu. Dodatna oznaka "x" za naprave vrste C s ventilatorom kojima se svi dijelovi puteva plinova izgaranja pod pretlakom oplakuju zrakom za izgaranje ili ispunjavaju povećane zahtjeve za nepropusnošću tako da nije moguće istjecanje opasnih količina plinova izgaranja (C<sub>13x</sub>).

Ovakve vrste naprava dijele se na:

vrsta C<sub>1</sub> - ložište kojem se zrak za izgaranje dovodi i plinovi izgaranja odvođe vodoravno kroz vanjski zid, te se nalaze u neposrednoj blizini i istom području tlaka

C<sub>11</sub> - bez ventilatora

C<sub>12</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>13</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta C<sub>3</sub> - naprava kojoj se zrak za izgaranje i plinovi izgaranja odvođe vertikalno iznad krova, te se nalaze u neposrednoj blizini i istom području tlaka

C<sub>31</sub> - bez ventilatora

C<sub>32</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>33</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta C<sub>4</sub> - ložište s dovodom zraka za izgaranje i odvodom plinova izgaranja s priključenjem na dovodno-odvodni sustav LAS

C<sub>42</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>43</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta C<sub>5</sub> - naprave s odvojenim dovodom zraka za izgaranje i odvodom plinova izgaranja. Ispusti se nalaze u različitim područjima tlaka

C<sub>52</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>53</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta C<sub>6</sub> - naprava s predviđenim ložištem za priključak za dovod zraka za izgaranje i odvod plinova izgaranja, koji nisu ispitani s ložištem

C<sub>62</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>63</sub> - s ventilatorom ispred plamenika

vrsta C<sub>8</sub> - ložište koje se priključuje na zajednički dimovodni uređaj (s podtlakom), a zrak za izgaranje dovodi se odvojeno iz slobodne atmosfere

C<sub>82</sub> - s ventilatorom iza izmjenjivača topline

C<sub>83</sub> - s ventilatorom ispred plamenika



Plinske se naprave kategoriziraju prema broju plinskih skupina za koje su prilagođene, pa tako razlikujemo sljedeće kategorije:

kategorija 1 - za jednu plinsku skupinu

kategorija 2 - za dvije plinske skupine

kategorija 3 - za tri plinske skupine.

### 5.2.1. Uvjeti opskrbe zrakom za izgaranje

Da bi dobili zadovoljavajuće uvjete opskrbe zrakom za izgaranje u prostoriji za postavljanje, uz podtlak od 0,04 mbar (4 Pa) u odnosu na vanjski atmosferski tlak, dotječe na prirodan način ili uz pomoć tehničkih mjera količina zraka za izgaranje od 1,6 m<sup>3</sup>/h po svakom 1 kW nazivne toplinske snage svih ložišta i naprava (na plin, tekuća i kruta goriva) koje uzimaju zrak za izgaranje iz te prostorije.

Fiktivna nazivna snaga za kaljeve peći uzima se 1 kW po svakom 1 m<sup>2</sup> površine peći.

Zadovoljavajuću opskrbu zrakom za izgaranje može se postići:

- a) putem vanjskih raspورا (fuga) prostorije za postavljanje
- b) putem vanjskih raspورا (fuga) povezivanjem zraka za izgaranje
- c) putem otvora prema slobodnoj atmosferi
- d) putem vanjskih raspورا (fuga) i elemenata za propuštanje vanjskog zraka u prostoriju za postavljanje
- e) putem posebnih tehničkih uređaja.

### 5.3. Općenito o odvođenju plinova izgaranja

Za pravilno izvođenje, dimenzioniranje i održavanje dimovodnih uređaja potrebno je pridržavati se Zakona o zaštiti od požara (NN br. 58/1993) i Tehničkog propisa za dimnjake u građevinama (NN br.3/2007). Plinove izgaranja iz plinskih naprava moguće je odvoditi putem vlastitog dimovodnog uređaja, putem zajedničkog dimovodnog uređaja ili putem mješovitog dimovodnog uređaja.

Dimovodi se izvode u raznim izvedbama, a kod plinskih naprava vrste B, C4, C6 i C8 plinovi izgaranja moraju se odvoditi putem kućnih dimnjaka, putem vertikalnih dimovoda kao što su dimovodi s općim građevinskim odobrenjem, putem slobodnostojećih dimovoda, putem okana koji moraju minimalno odgovarati zahtjevima za dimovodne uređaje ili putem ventilacijskog sustava koji zadovoljava potrebne odredbe.

Ta plinska ložišta moraju biti priključena na dimovodne uređaje u sklopu istog kata na kojem su postavljena, te za njih vrijede sljedeći zahtjevi: dimnjaci koji prolaze kroz više katova moraju biti postavljeni u okna, osim u dijelu prostora u kojem je postavljeno plinsko ložište, te moraju raditi u uvjetima podtlaka; u zajednički kanal se može postaviti veći broj dimovoda samo kada su dimovodi izrđeni od negorivih materijala, ukoliko su pripadajuća ložišta smještena na istom katu, te ukoliko imaju potrebno građevinsko odobrenje; zahtjevana vatrootpornost dimovodnih okana je najmanje 90 minuta, ili u obiteljskim kuća sa po 2 stana, 30 minuta.

Plinske naprave vrste B priključuju se na vlastiti dimovodni uređaj ukoliko su postavljene u prostorijama s konstantno otvorenim otvorom za dobavu zraka ili su postavljene iznad 5. kata, te u tom slučaju ne smiju biti postavljene u istu prostoriju.

Veći broj plinskih ložišta smije se priključiti na zajednički dimovodni uređaj samo u slučajevima: kada je dimenzioniranjem dimovodnog uređaja osigurano nesmetano odvođenje plinova izgaranja u svakom pogonskom stanju; kada je isključena mogućnost da prilikom odvođenja plinova izgaranja pod predtlakom dođe do prestrujavanja plinova izgaranja između prostorija postavljanja i ložišta koja nisu u pogonu; kada je zajednički vod dimovodnog uređaja izrađen od negorivih materijala ili kada je prijelaz požara između katova spriječen automatskim zapornim uređajem.

Na zajednički dimovodni uređaj mogu biti priključene samo plinske naprave iste vrste.

#### **5.4. Ispitivanje nepropusnosti plinske instalacije**

Plinsku instalaciju je potrebno provesti tako da nije izložena riziku od mehaničkog oštećenja, kemijskih utjecaja ili toplinskog naprezanja. Cijevi se ne smiju postavljati u podove, stupove, grede i zidove, isto tako ne smiju se voditi kroz skladišta raznih goriva, vodovodnih kanala, odvodnih kanala, okna dizala, ventilacijskih kanala i dr.

Cijevi se također ne smiju postavljati u prostorije koje nisu ventilirane ili nisu dovoljno ventilirane, kao što su podrumi, prizemlja, prostori nedovoljno visoki za kretanje ljudi, spuštene stropovi, itd. Cjevovodi plina ne smiju biti sastavni dio konstrukcije, niti služiti kao njeno ojačanje. Kod postavljanja plinskih cijevi potrebno je osigurati dovoljan razmak između cijevi za plin i drugih vodova. Pa se tako ne smiju postavljati ispod cijevi koje sadrže druge fluide ili pod cijevima kod kojih je moguća kondenzacija. U slučaju prolaza kroz zid koristi se zaštitna cijev. U kotlovnici cijevi se vode nadžbukno uz zidove, ispod stropova, te uz bok kotla do plinske rampe, gdje je potrebno osigurati mjesto za ispuštanje kondenzata i krutih nečistoća.

Prema članku 16. Zakona, građevni se proizvodi mogu koristiti za gradnju i održavanje plinovoda i plinskih instalacija samo ako je dokazana njihova upotrebljivost. Certifikatom o sukladnosti i izjavom dobavljača o sukladnosti građevni proizvod dokazuje potrebne zahtjeve za uporabivosti. Isto tako u slučaju da nisu doneseni tehnički propisi ili su ustanovljena odstupanja od njih, građevni proizvod uporabiv je samo ako ima tehničko dopuštenje i svjedodžbu o ispitivnju. Samo ustanove sa ovlaštenjem Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo i ministarstva nadležnog za graditeljstvo smiju obavljati ispitivanje sastavnih dijelova plinovoda i plinskih instalacija. Kako bi se utvrdila ispravnost istih, potrebno je provesti ispitivanje na nepropusnost i čvrstoću, odnosno tlačno ispitati.

### 5.4.1. Provjera ispravnosti plinske instalacije

Potreba za provjerom i ispitivanjem plinskih instalacija je nužna da bi se pronašle i otklonile neispravnosti, kao što su:

- propusnost plinskog cjevovoda, uređaja, naprava i opreme
- nepravilna ili nepouzdana ugradnja plinske opreme ili naprava
- nepravilno, nepouzdana ili nedovoljno dovođenje zraka za izgaranje
- nepravilno, nepouzdana ili nepotpuno odvođenje produkata izgaranja
- neispravno, loše održavano ili korodirano stanje plinske instalacije, plinske opreme
- nedovoljna udaljenost zagrijanih dijelova plinske opreme od lako zapaljivih materijala.

Postupak provjere ispravnosti plinske instalacije obuhvaća provjeru ispunjavanja zahtjeva sigurnosti kod izbora i uporabe materijala i dijelova, izrade, sklapanja i ugradnje, te provedbe potrebnih ispitivanja. Također zahvaća i provjeru korištenja, odnosno uporabe i održavanja plinskih instalacija na ispravan i za pogon siguran način.

Da bi se ispitala ispravnost, nepropusnost i sigurnost plinskih naprava i ložišta, kao i s njima povezane opreme, uređaja i dijelova, potrebno je provjeriti sigurnost i ispravnost postavljanja ugradnje, sigurnost i ispravnost podešavanja izgaranja, sigurnost i ispravnost dovođenja zraka za izgaranja i provjetravanje, sigurnost i ispravnost odvođenja produkata izgaranja.

Svi postupci ispitivanja obavljaju se na način koji je propisan odgovarajućim pravilnicima hrvatskih normi (HRN) ili europskih normi (EN) u zadanim rokovima, a omogućuju određivanje uporabljivosti plinske instalacije, pronalaženje propusnih mjesta na plinskoj instalaciji i određivanje načina sanacije plinske instalacije.

Postupci koji uključuju ispitivanja novih i postojećih plinskih instalacija su: vizualni pregled plinske instalacije; ispitivanje čvrstoće novoizgrađene ili rekonstruirane plinske instalacije - tlačna proba; ispitivanje nepropusnosti novoizgrađene ili rekonstruirane plinske instalacije; provjera ispravnosti plinske instalacije u pogonu ili neposredno prije puštanja plina, koji nazivamo fitness test; provjeru ispravnosti i sigurnosti rada plinskih naprava i ložišta; provjera ispravnosti, sigurnosti i pouzdanosti rada sustava dovoda zrakaza izgaranje i odvoda produkata izgaranja; davanje ocjene ispravnosti i nepropusnosti plinske instalacije od glavnog zavora do plinomjera i plinskih naprava, te ispravnosti funkcije plinskih naprava, ložišta i dimovodnih sistema.

#### 5.4.2. Provjera uporabivosti plinske instalacije

Plinska instalacija koja se planira pustiti u pogon mora biti sigurna za uporabu, iz tog razloga potrebno je provesti provjeru uporabljivosti. Da bi se mogla potvrditi upotrebljivost plinske instalacije mora se ispitati njena ispravnost i nepropusnost neposredno prije puštanja u pogon, pri čemu instrumenti za kontrolu tlaka ne smiju prikazati nikakav pad tlaka.

U slučaju da se ustanovi propuštanje instalacije potrebno je obaviti ispitivanje zrakom pod tlakom od 50 mbar, 55 mbar ili 110 mbar, ovisno o tome je li tlak plina u instalaciji ispred plinskih naprava, ložišta i uređaja 20 mbar, 50 mbar ili 100 mbar. Pri čemu se mogu upotrijebiti dva postupka: grafički i računski. Kod jednog i drugog postupka prvo je potrebno odrediti volumen, a najjednostavnije ga je odrediti uz pomoć nomograma, gdje se može odmah na ordinati očitati volumen. Traženi volumen cijele instalacije dobije se zbrajanjem volumena svih cijevi u instalaciji.

Ispitivanu instalaciju je potrebno podvrgnuti ispitnom tlaku zraka, te određenim mjernim instrumentom očitati pad tlaka u mbar/min. Očitana vrijednost pada tlaka i proračunati volumen instalacije unose se u odgovarajući dijagram, a sjecište koordinata izmjerenih vrijednosti pada u određeno područje upotrebljivosti instalacije, te može biti:

- neograničena uporabivost instalacije - propusnost manja od 1 l/h
- smanjena uporabivost instalacije - propusnost veća od 1 l/h, a manja od 5 l/h, nedostatke je potrebno sanirati u roku 30 dana
- neupotrebljivost instalacije - propusnost veća od 5 l/h, ovakve instalacije je potrebno odmah isključiti iz uporabe.

Ukupna količina propuštanja u pogonskom stanju iznosi:

$$V_{pl} = V_{zr} \times (p_{pl}/p_{zr}) \times f \times 60 \text{ [l/h]}$$

pri čemu je:

$V_{pl}$  - količina propuštanja plina u pogonskom stanju [l/h]

$p_{pl}$  - maksimalni radni tlak [mbar]

$p_{zr}$  - ispitni predtlak zraka na početku mjerenje [mbar]

$f$  - faktor koji uzima u obzir odnos apsolutnog viskoziteta zraka i plina

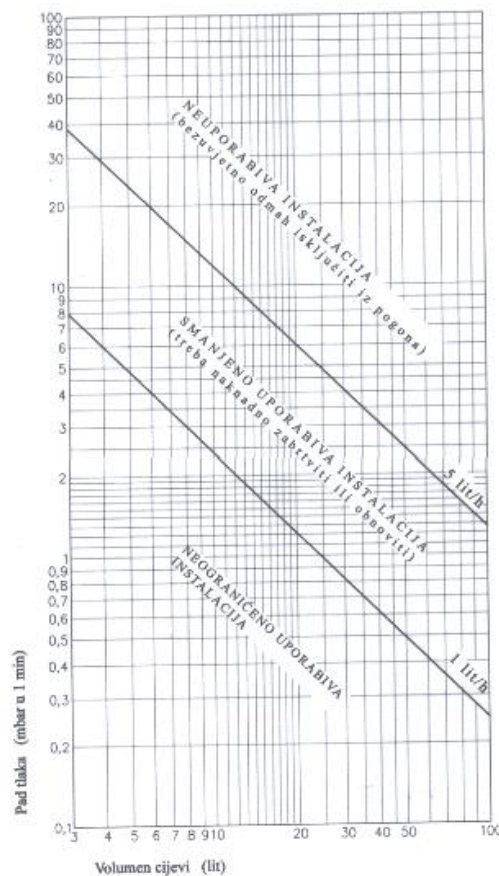
	Vrijednosti faktora f
Prirodni plin	1,68
Propan	2,26
Butan	2,44
Vodik	2,06

Tablica 1. - Vrijednosti faktora f

Tako dobivenom propusnosti  $V_{pl}$  u l/h određuje se upotrebljivost instalacije ovisno o tome u koje područje dijagrama pada izračunata vrijednost (Slika 4.1.)

Nije na odmet još jednom naglasiti da ocjenu uporabljivosti osim provjere plinske cijevne instalacije, čine i ove provjere:

- provjera ispravnosti, sigurnosti i pouzdanosti rada priključenih plinskih naprava
- provjera ispravnosti, sigurnosti i pouzdanosti sustava za dovođenje zraka za izgaranje i odvođenje produkata izgaranja, te je tako u skladu sa samom definicijom pojma plinske instalacije.



Slika 10. - Dijagram ocjene uporabivosti plinske instalacije

### 5.4.3. Periodička ispitivanja plinskih instalacija

Prema važećim propisima potrebno je obaviti provjeru i ispitivanje:

- novoizgrađenih ili obnovljenih plinskih instalacija prije prvog puštanja plina
- nakon odspajanja, zamjene ili priključenja plinomjera
- nakon svih radova isključenja plina radi ispitivanja ili popravaka plinske instalacije, ugradnje novih plinskih naprava, čiji zahvati mogu narušiti nepropusnost i sigurnost plinske instalacija.

Pored toga, članak 9. u Zakonu o zapaljivim tekućinama i plinovima propisuje rokove redovnih pregleda:

- u građevini namjenjenoj za stanovanje redovni pregledi se moraju obaviti minimalno jednom u 10 godina
- u građevinama tijela državne vlasti, državne uprave i jedinice lokalne uprave i samouprave koji koriste plin kao sredstvo zagrijavanja svojih prostora ili u tehnološke svrhe pregled moraju obaviti minimalno jednom u 5 godina

Ostali propisi i pravilnici predviđaju:

- minimalno jednom u 10 godina potrebno je obaviti ispitivanje u stambenim zgradama svakog stana svih veličina
- minimalno jednom u 5 godina potrebno je obaviti ispitivanje radnih prostora obrta i male privrede, te njihovih tehnoloških instalacija
- minimalno jednom u 5 godina potrebno je obaviti ispitivanje instalacija javnih, poslovnih i državnih objekata
- najmanje 1 godišnje potrebno je obaviti ispitivanje i pregled instalacija kotlovnice u svim objektima, snage veće od 350 kW
- jednom godišnje obavlja se pregled plinskih instalacija industrijskih, mjerno-regulacijskih tehničkih i tehnoloških uređaja, ako nisu propisani drugi rokovi.

Propisani obrasci su sadržani u već postojećim pravilnicima, Potvrde pogonskog stanja plinske instalacije, koje je ispitivač dužan ispuniti i dostaviti vlasniku plinske instalacije i dobavljaču plina, koji ih pohranjuje kao trajni dokument.

Pored predviđenih rokova za redovni pregled, plinske se instalacije podvrgavaju izvanrednim pregledima u nekim slučajevima:

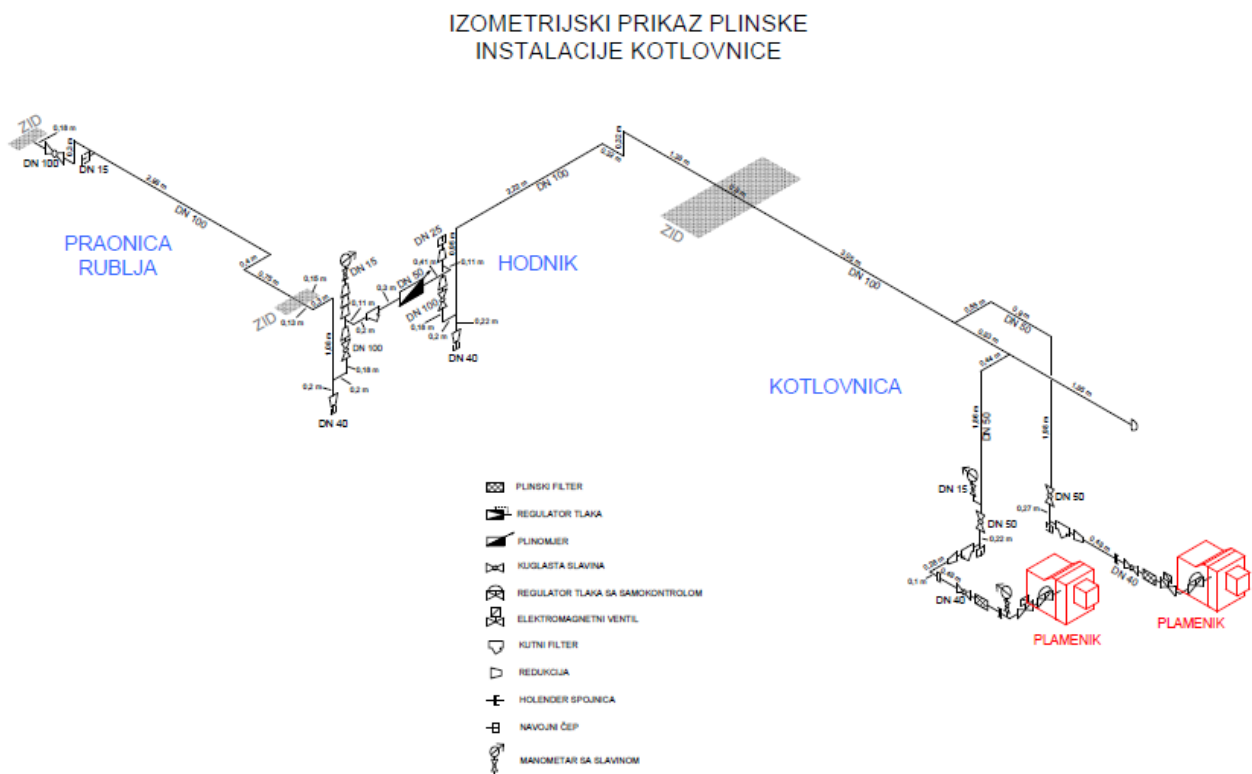


- po završetku građenja, a prije puštanja u pogon - dobavljač plina obavlja prvi izvanredni pregled, a obuhvaća provjeru čvrstoće i nepropusnosti instalacije na temelju dokumentacije koju je dostavio izvođač radova.
- nakon obavljenih radova na obnovi ili zamjeni dijela plinske instalacije - ukoliko se na plinskoj instalaciji provede izmjena, nadogradnja, zamjena spojnih dijelova, mjernih, sigurnosnih i regulacijskih uređaja, opreme i plinskih naprava, takvu instalaciju potrebno je provjeriti u izvanrednom roku.
- temeljem indikacija o neispravnosti ili propuštanju - ukoliko se kod provjere uporabivosti pronađe propuštanje instalacije u granicama od 1 do 5 l/h (0,001 do 0,005 m<sup>3</sup>/h), dobavljač plina ima ovlasti propisati obavljanje provjere u kraćim izvanrednim rokovima pregleda, uz procjenu mogućeg daljnjeg pogoršanja.
- izvanredni pregled stare ili problematične plinske instalacije - ukoliko plinska instalacija u svom sastavu ima dijelove ili opremu stariju od 20 godina dobavljač plina ima ovlasti propisati obavezni pojačani nadzor i obavljanje provjere ispravnosti u kraćim izvanrednim rokovima. Instalacije koje ne pokazuju smanjenje uporabivosti i sigurnosti, ovi rokovi ne mogu biti kraći od polovine roka redovnog pregleda.

Pri uočavanju smanjenja uporabivosti ili pouzdanosti, što se može dogoditi kod uznapredovale korozije ili trošenja dijelova, lošeg ili nepotpunog održavanja uređaja ili naprava, dobavljač plina može uz pojačani nadzor odrediti obavljanje provjere ispravnosti u rokovima koji mogu biti i kraći od polovine roka redovnog periodičkog pregleda. Dobavljač plina može odrediti iste mjere i za instalacije koje u svom sastavu imaju opremu stariju od 30 godina ili su im dijelovi plinske instalacije postavljeni u prikrivenim i za provjeru teško dostupnim ili nedostupnim mjestima. Ovakvi izvanredni pregledi zahtjevaju cjelokupnu provjeru ispravnosti s ispitivanjem nepropusnosti, kakav je predviđen za redovni periodički pregled plinske instalacije.

## 6. PRIMJER ISPITIVANJA PLINSKE INSTALACIJE U PRAKSI

Za konkretan primjer iz prakse uzeta je plinska instalacija koju je tvrtka "Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti" d.o.o. ovom prilikom pregledala i ispitala. Na plinsku instalaciju su priključena dva plinska kotla pojedinačne snage 200 kW, koji se nalaze u kotlovnici objekta. Plinski kotlovi se koristi za centralno grijanje, te zagrijavanje sanitarne tople vode.



Slika 11. - Izometrijski prikaz plinske instalacije

Na plinskom priključku unutar objekta, postavljen je glavni zaporni ventil, do njega se nalazi slobodni priključak sa čepom za slučaj potrebe spajanja na instalaciju. Nakon toga cjevologija, dimenzije DN 100, se vodi nadžbukno sve do hodnika gdje se nalazi mjerna stanica plinske instalacije, u tom djelu se reducira promjer cijevi na DN 50. Poslije mjerne stanice promjer cijevi je opet početnih DN 100, u nastavku cjevologija se vodi također nadžbukno do kotlovnice, gdje se odvaja na tri ogranka.

Prvi ogranak se odvaja prema plinskom kotlu broj 1, promjera DN 50, te se na njemu nalazi manometar sa zapornom slavinom, zaporna slavinna ogranka, slobodni priključak sa čepom, filter, potom se cijev reducira na DN 40, slijedi zaporna slavinna pred kotlom, manometar sa zapornim ventilom, elektromagnetski ventil, te regulator tlaka sa samokontrolom.

Drugi ogranak se također reducira na DN 50, slijedi zaporna slavinna ogranka, slobodni priključak s čepom, filter, redukcija cijevi na DN 40, potom zaporni ventil pred kotlom, filter, elektromagnetski ventil, te regulator tlaka sa samokontrolom.

Posljedni ogranak je promjera DN 100, koji je zavaren na kraju cijevi, a završava u kotlovnici, te je potencijalno mjesto za spajanje na instalaciju.



*Slika 12. - Mjerna stanica plinske instalacije*

Plinska mjerna stanica (slika 12) sastoji se od zapornog ventila ispred plinomjera, mjernog uređaja, filtera, plinomjera, te zapornog ventila poslije plinomjera. Postavljena je u hodniku ispred kotlovnice, ali tehnički nije odabrano najpovoljnije mjesto, iz razloga što je dosta otežan pristup zapornoj slavinu prije plinomjera, te samom plinomjeru.

Potrebno je proći cijelu plinsku instalaciju od vanjskog priključka pa sve do trošila koja su spojena na istu, da bi se dobio dojam u kakvom je stanju plinska instalacija, te da vidimo sve njezine komponente i trošila. Nakon toga, potrebno je ručno nacrtati skicu cijele instalacije na komadu papira, koja će naknadno biti nacrtana u digitalnom obliku na računalu, te kasnije i priložena uz zapisnik instalacije. Pri crtanju skice potrebno je voditi brigu o dimenzijama cijevne instalacije, te se unose točne vrijednosti mjera promjera cijevi i pripadne vrijednosti dužine cijevi. Na taj način imamo mogućnost izračunati ukupni volumen plinske cijevne instalacije. Kod izrade zapisnika izmjerene vrijednosti unosimo u tablicu kreiranu u programu MS Excel, te nam se na ekranu prikaže vrijednost ukupnog volumena cijevne instalacije (Tablica 2.).

Nazivni promjer	Vanjski promjer (mm)	Volumen po metru dužnom (l/m <sup>3</sup> )	Dužina cjevovoda (m)	Volumen cjevovoda (l)
DN 200	219,1	33,49		0,00
DN 150	165,1	18,95		0,00
DN 125	139,7	11,39		0,00
DN 100	114,3	8,32	18,99	158,00
DN 80	88,9	4,74		0,00
DN 65	76,1	3,31		0,00
DN 50	60,3	1,97	8,10	15,96
DN 40	48,3	1,26	2,10	2,65
DN 32	42,4	0,8		0,00
DN 25	33,7	0,49		0,00
DN 20	26,9	0,31		0,00
DN 15	21,3	0,18	0,45	0,08
DN 10	17,2	0,145		0,00
Volumen plinomjera (l)				
<b>UKUPNI VOLUMEN INSTALACIJE V (l)</b>				<b>176,68</b>

Tablica 2. - Proračun ukupnog volumena instalacije

Iz tablice možemo vidjeti da je dobivena vrijednost ukupnog volumena instalacije 176,68 litara, te s tim podatkom možemo izračunati propusnost instalacije u litrama po satu [l/h] u slučaju pada tlaka na instalaciji prilikom mjerenja. Na taj način se može odrediti je li plinska instalacija zadovoljavajuće nepropusna.

Nakon što smo skicirali instalaciju, potrebno je ustanoviti da se na cijevima nije pojavila korozija, odnosno da nije uznapredovala do stupnja u kojem bi propuštala plin, te tako postala potencijalno opasna. Pregledom je ustanovljeno da je antikorozivna zaštita zadovoljavajuća. Također je bitno provjeriti je li instalacija ispravno učvršćena i zavarena, jesu li nosači postavljeni na mjestima gdje je to potrebno, te ustanoviti da sama plinska instalacija ne služi kao dio neke druge konstrukcije. Zaporni ventili se moraju moći zatvarati pri djelovanju vrlo malih sila, te ih je potrebno kontrolirati. Pogotovo se to odnosi na glavni zaporni ventil (slika 13) koji mora biti dostupan i uvijek ispravan, tj. mora se moći zatvoriti, jer u slučaju havarije, upravo na tom ventilu bi se trebao obustaviti dotok plina u instalaciju.



*Slika 13. - Glavni zaporni ventil plinske instalacije*

Potom slijedi vizualni pregled plinskih trošila i kontrola njihovog rada. Bitno je provjeriti na koji način su postavljeni i na kojim mjestima, te vrstu njihovog temeljenja. Trošila je potrebno pokrenuti, te uočiti ima li odstupanja od uobičajenog režima rada, tj. provjeriti je li plamen u ložištu kontinuiran, jesu li upravljačke funkcije ispravne, postoje li signalni uređaji, te općenito zaštitni uređaji. Kod kotlova velike snage, kao što je slučaj kod kotlova (slika14) koji su dio ove instalacije, toplovodne cijevi je potrebno toplinski izolirati, kao i ostale dijelove kotla koji su izloženi zagrijavanju.

Kao što prikazuje slika vidimo da su ručice kotlova toplinski izolirane, plamenici su ispravno zaštićeni, toplovodne cijevi su toplinski izolirane, kao i dimovodni uređaj. Plinska trošila je ispravno spojeno na plinsku instalaciju, priložena je dokumentacija o servisiranju plinskih kotlova, kao i dokumentacija o dimnjačarskom nalazu, te nisu uočeni nikakvi nedostaci. Može se reći da ovaj dio ispitivanja zadovoljava propisima.



*Slika 14. - Plinski kotlovi pojedinačne snage 200 kW*

U slijedećoj fazi potrebno je pregledati i provjeriti postoje li odzračni i dozračni otvori, zadovoljavaju li njihove dimenzije, koje direktno ovise o snazi trošila postavljenih u određenoj prostoriji, konkretno u našem slučaju u kotlovnici. Ventilacija je jedan od važnijih preduvjeta da bi se omogućio pravilan rad plinskih trošila. Ukoliko ventilacija, odnosno

dovod zraka u prostoriju nije zadovoljavajući, može doći do nepotpunog izgaranja, te kao posljedica toga i stvaranje ugljikovog monoksida, koji je poguban i u malim količinama. Druga svrha ventilacije je da se u slučaju propuštanja plina kroz ventilacijski sustav izbacuje plin, te se tako spriječava stvaranje eksplozivne atmosfere. Dozračni ventilacijski otvor kotlovnice iznosi  $2100 \text{ cm}^2$ , a odzračni ventilacijski otvor iznosi  $2 \times 1040 \text{ cm}^2$ . Mrežice na otvorima u našem slučaju ne zadovoljavaju, jer oko mrežice je manje od propisanog minimuma od 10 mm, stoga bi bilo poželjno da se promjene i postave prema propisu, da ne bi došlo do začepjenja istih, te bi se samim time smanjio dotok zraka u kotlovnicu. Također kotlovnica posjeduje i prisilnu ventilaciju.

Indikatorom plina možemo proći i ispitati određene dostupne dijelove plinske instalacije, kao što su spojevi oko plinskih trošila, plinske rampe, zapornih i mjernih uređaja, itd., ali one teže dostupne koje su ili na velikim visinama, ili pod stropom, ili podžbukno vođene cijevi ispitujemo tlačnom probom.

Tlačna proba se izvodi tako da se sva plinska trošila isključe iz pogona, te se glavni zaporni ventil zatvori. Na taj način se cjevologija optereti s radnim tlakom, te se promatra hoće li doći do pada tlaka. Ukoliko je plinska instalacija nepropusna, tlak bi treba biti isti nakon određenog vremena, tj. ne bi trebalo doći do opadanja tlaka. U konkretnom slučaju odabran je najpovoljniji položaj za priključenje digitalnog mjernog instrumenta na instalaciju, a to je priključak na ogranku instalacije kotla broj 1, gdje se nalazi manometar.

Alat koji je korišten kod ispitivanja (slika 15): digitalni manometar, indikator plina, metar, digitalni metar, plinska traka za brtvljenje, teflonska traka za brtvljenje, dva para kliješta, te pjenušavo sredstvo.



*Slika 15. - Oprema korištena pri ispitivanju*

Prvo je potrebno zatvoriti zaporni ventil koji se nalazi ispred manometra, te nakon toga možemo početi skidati manometar, a da ne dođe puštanja plina u kotlovnicu. Prvim kliještima držimo zaporni ventil, da nebi došlo do odvrtnja cijelog spoja sa zaporom, dok se drugim kliještima vrši odvijanje manometra (slika 16).



*Slika 16. - Odvijanje manometra pomoću kliješta*



*Slika 17. - Priključak za mjerni uređaj*



Nakon što se skine manometar, potrebno je priključak zaporne slavine očistiti od stare plinske trake (slika 17).

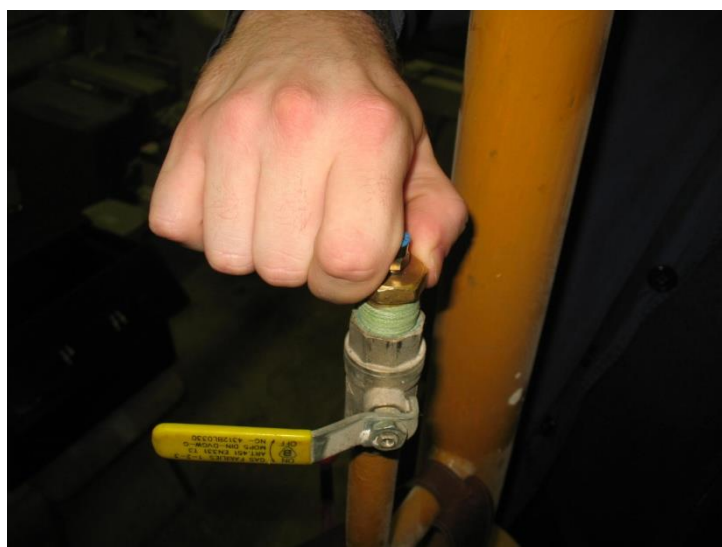
Potom je na priključak digitalnog mjernog uređaja potrebno namotati novi sloj teflonske trake za brtvljenje, a namatamo je u suprotno smjeru od navoja priključka (slika 18).



*Slika 18. - Namatanje teflonske trake za brtvljenje na priključak*

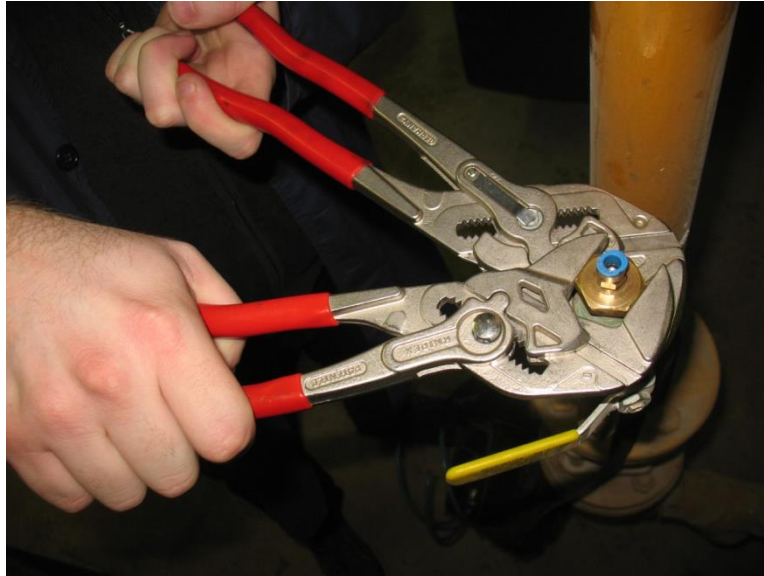
Pri ovom postupku potrebno je cijelo vrijeme držati napeto teflonsku traku, jer u slučaju olabljivanja, može doći kod pritezanja priključka do istjerivanja trake iz navojnih žljebova.

Priključni komad prvo zavrtimo rukom nekoliko puta, tako da navoj zahvati maticu, te da spriječimo istjerivanje teflonske trake (slika 19).



*Slika 19. - Pritezanje priključka rukom*

Nakon toga možemo upotrijebiti kliješta, u ovom slučaju je također potrebno koristiti kliješta u paru, iz sličnog razloga, da se ne dogodi preveliko pritezanje navoja zapornog ventila, te se tako ošteti spoj. Prvim kliještima onemogućavamo pomicanje zapora, dok drugim pritežemo priključak, ali ne treba pretjerivati u pritezanju, da ne dođe do oštećenja teflonske trake za brtvljenje (slika 20).



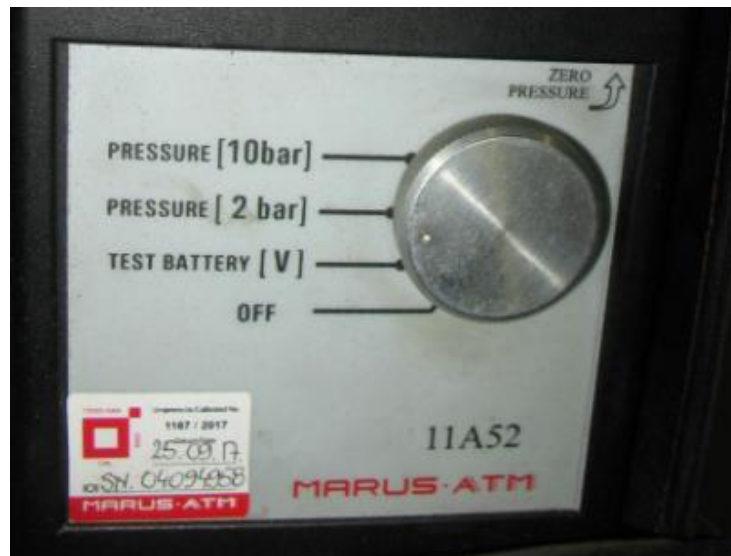
*Slika 20. - Pritezanje priključka kliještima*

Po završetku pritezanja potrebno je spojiti priključak sa digitalnim mjernim uređajem pomoću pneumatske cjevčice (slika 21).



*Slika 21. - Digitalni mjerni uređaj spojen na instalaciju*

Prije početka mjerenja, indikatorom plina provjeravamo je li novi spoj nepropusan. Ukoliko indikator plina ništa ne pokaže, možemo početi s mjerenjem. Digitalni mjerni uređaj je potrebno uključiti te postaviti na mjerno područje od 2 bar (slika 22).



Slika 22. - Postavljanje na mjerno područje od 2 bar

Po odabiru mjernog područja, potrebno je pričekati određeno vrijeme dok se uređaj ne stabilizira, te nakon toga možemo početi pratiti display uređaja (slika 23) te svaku promjenu zabilježiti u tablicu mjerenja. Slika prikazuje trenutnu vrijednost tlaka instalacije.



Slika 23. - Trenutna vrijednost tlaka u instalaciji

Tlačna proba provedena je u vremenu od 30 minuta, koliko je i zakonski propisano. Iz tablice mjerenja može se uočiti da je početni statički tlak instalacije 42,5 mbar, a završni statički tlak 42,3 mbar, te da je došlo do blagog pada tlaka od 0,2 mbar u vremenu od pola sata. Taj podatak unosimo u tablicu u programu MS Excel-u (tablica 4), te ćemo moći očitati kolika je zapravo propusnost instalacije i zadovoljava li potrebne zahtjeve i standarde.

Tlačna proba		
	Vrijeme očitavanja	Očitano stanje
1.	14:05	42,5 mbar
2.	14:10	42,5 mbar
3.	14:15	42,4 mbar
4.	14:20	42,4 mbar
5.	14:25	42,4 mbar
6.	14:30	42,3 mbar

Tablica 3. - Prikaz vrijednosti stanja tlačne probe

PRIRODNI PLIN			
Pogonsko stanja tlaka	<b>ppl</b>	22,0	mbar
Vrijeme tlačni probe		30,0	min
Pad tlaka pri tlačnoj probi		0,2	mbar
Pad tlaka u minuti	<b>Dp</b>	0,007	mbar/min
Ispitini tlak	<b>pi</b>	42,5	mbar
Barometarsko stanje	<b>pb</b>	1030,0	mbar
Apsolutni ispitini tlak na početku	<b>p1</b>	1072,5	mbar
Apsolutni ispitni tlak na kraju	<b>p2</b>	1072,5	mbar
Količina propuštanja dušika	<b>Vn2</b>	0,001	l/min
Faktor viskoziteta	<b>f</b>	1,00	
Količina propuštanja plina u pogonskom stanju	<b>Vpl</b>	<b>0,034</b>	l/h

Tablica 4. - Prkaz količine propuštanja plina

Iz tablice 4. sada možemo očitati količinu propuštanja plina, te u našem slučaju iznosi 0,034 litre po satu [l/h]. Pošto je dopušteno propuštanje do 1 litre po satu, tako možemo zaključiti da je izmjereno propuštanje u granicama dozvoljenog, te je ova plinska instalacija zadovoljavajuće nepropusna.

Po završetku mjerenja, potrebno je instalaciju dovesti u stanje u kojem smo je i zatekli. Potrebno je zatvoriti zaporni ventil kod mjernog mjesta, te nakon toga možemo prvo otvoriti glavni zaporni ventil, da regulator tlaka ne padne u blokadu, pa tek onda uključiti i pustiti u pogon plinske kotlove.



*Slika 24. - Skidanje priključnog dijela sa instalacije*

Nakon što smo skinuli priključni dio sa instalacije parom kliješta (slika 24), očistimo navoje od stare teflonske trake i nečistoća skinutog manometra, te namotamo novu teflonsku traku obrnuto od smjera navoja, koja će spriječiti propuštanje plina.



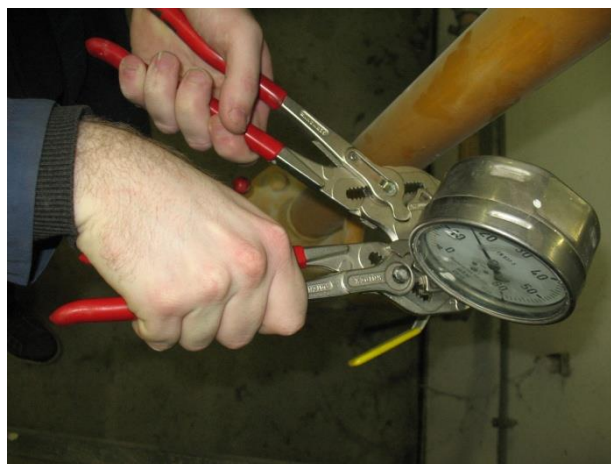
*Slika 25. - Namatanje teflonske trake na navoj manometra*

Pri namatanju potrebno je traku držati konstantnom napetom (slika 25). Nakon što smo namotali teflonsku traku, također kao što je ranije rečeno, potrebno je prvo rukom lagano pritegnuti navoj manometra na maticu zapornog ventila (slika 26), da se ne ošteti teflonska traka.



*Slika 26. - Pritezanje manometra rukom*

Nakon što smo dovoljno zategnuli manometar rukom, sada ga možemo pritegnuti do kraja sa kliještima (slika 27), ali ne treba pretjerivati da ne bi došlo do oštećenja teflonske trake.



*Slika 27. - Pritezanje manometra parom kliješta*

Kada smo vratili manometar na njegovo mjesto, preporuča se taj spoj pregledati s indikatorom plina (slika 28), da bi potvrdili dobro namješten spoj, tj. da bi utvrdili da nema propuštanja.



*Slika 28. - Pregled spoja indikatorom plina*

Korišteni indikator plina, proizvođač SEWERIN, tip Ex-tec PM4, ima jako veliki raspon mjerenja, te jako osjetljiv senzor i na vrlo male količine plina. Indikator plina je opremljen pumpicom, senzorom plina, displayom za prikaz količine plina, te filterom zraka. Radi na principu uvlačenja zraka kroz filter, do senzora plina. Konkretno ovaj indikator se može koristiti osim za prirodni plin  $\text{CH}_4$  i za ukapljeni naftni plin  $\text{C}_3\text{H}_8$ , samo se mora podesiti u postavkama na drugi režim rada. Inače, potrebno ga je umjeravati svake godine, kod ovlaštene tvrtke za umjeravanje plinskih indikatora. Također, nakon određenog vremena korištenja, potrebno je promijeniti filter zraka da bi imali preciznije mjerenje. Pronađene vrijednosti prikazuju se na displayu u ppm-u i postotcima [%]. Ukoliko propuštanje plina iznosi preko 0,5% pali se zvučna i svjetlosna signalizacija, te ukazuje na ozbiljniju propusnost.

Kao što se vidi na slici, indikatorom plina nije pronađena nikakva propusnost, što je znak da je postavljeni spoj dobro zabrtvljen.

Na početku plinske instalacije kod plinomjera, na jednoj cjevnoj grani koja završava navojnim čepom, pronađena je mala količina propuštanja (slika 29), koja ne predstavlja neposrednu opasnost, ali je navedena u zapisniku, te je preporučeno saniranje pri prvom redovnom servisu plinske instalacije.



*Slika 29. - Indikatorom plina pronađeno propuštanje*

Pronalaskom ovakvih spojeva, potvrđuje se blago propuštanje instalacije koje smo već ranije utvrdili prilikom tlačne probe.

Osim indikatora plina, za ispitivanje nepropusnosti instalacije koristimo još i pjenušavo sredstvo, te pomoću njega možemo odrediti točno mjesto propuštanja ili se uvjeriti da propuštanja nema. Pjenušavo sredstvo u obliku spreja, je pod tlakom, te se nanosi na spoj špricanjem (slika 30). Potrebno je pričekati određeno vrijeme za željenu reakciju spreja. Ukoliko se počnu pojavljivati mjehurići, to je znak da se na tom mjestu pojavila propusnost plina, te je potrebna sanacija.



*Slika 30. - Provjera spoja pjenušavim sredstvom*



## 7. ZAKLJUČAK

Plin pomiješan sa zrakom u određenom volumskom udijelu stvara eksplozivnu atmosferu, te kao takav predstavlja potencijalnu opasnost za ljude i objekte. Veće koncentracije plina u zraku, tj. prostoriji, predstavljaju opasnost od gušenja. Također, ukoliko kod plinskih trošila ne postoji dovoljno zraka za izgaranje ili se dogodi da je neispravan dimovodni uređaj uz povrat dimnih plinova u prostoriju, dolazi do stvaranja otrovnog ugljičnog monoksida, koji može biti koban i u malim količinama. Sve su to razlozi zbog koji se problematici pregleda i ispitivanja plinskih instalacija treba pristupati vrlo ozbiljno i odgovorno. Plin se intenzivno razvio kao energent, te se koristi u mogim domaćinstvima, te posebno u industriji. Pa je tako potrebno raditi periodičke preglede plinskih instalacija, koje su podložene fizičkim oštećenjima, koroziji, te su i u mnogim slučajevima nepravilno postavljene. Isto tako potrebno je održavati plinske naprave, dijelove plinske instalacije, kao i dimovodne uređaje. Pravilnik o uvjetima provjere ispravnosti plinskih instalacija (HSUP-P601.111) i Tehnički propisi za plinske instalacije (HSUP-P600) nalažu da propusnost ispravne plinske instalacije ne smije biti veće od jedne litre po satu (1 l/h), što je po mom mišljenju razumna vrijednost za korisnike, ali pod uvjetom da su svi ili bar što više ostalih propisa zadovoljeni, kao što je veličina prostorije smještaja plinskih trošila, prirodna ventilacija, odvod i dovod zraka propisanih dimenzija, ukoliko je potrebna i prisilna ventilacija, te ostale mjere sigurnosti.

Korisnici plinskih instalacija obavezu pregleda i ispitivanja uglavnom shvaćaju ozbiljno i odgovorno, te žele da se sve temeljito pregleda, te da im se ukaže na eventualne neispravnosti. Dok s druge strane postoje i korisnici koji nisu toliko skloni održavanju i popravcima neispravnih ili djelomično ispravnih komponenata. Mislim da bi baš zbog ovakvih korisnik bilo potrebno provoditi temeljito sve propise i mjere sigurnosti, te ima ukazati na potencijalne opasnosti.

Pregledom i ispitivanjem plinske instalacije koja je opisana u ovome radu, možemo zaključiti da ima vrlo malu, odnosno zanemarivu propusnost, koja iznosi 0,034 l/h, što je puno manje od dozvoljene 1 litre po satu. Komponente na plinskoj instalaciji, te plinski kotlovi su redovito servisirani i održavani, isto kao i dimovodni uređaj. Stoga je instalacija dobila pozitivno uvjerenje.

## 8. LITERATURA

- [1] Strelec, Vladimir i suradnici: "Plinarski priručnik", Energetika marketing, Zagreb, 1995.
- [2] Miklaužić, Marijan: "Priručnik za polaganje stručnog ispita i dobivanje ovlasti za ispitivanje plinskih instalacija na nepropusnost", Hrvatska stručna udruga za plin, Zagreb, 2010.
- [3] Darmopil, Željko: "Mjere sigurnosti pri distribuciji i uporabi prirodnog plina", Zagreb, 1995.
- [4] Nepoznati autor, "Plin", <https://hr.wikipedia.org/wiki/Plin>
- [5] Nepoznati autor, "Prirodni plin", [https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodni\\_plin](https://hr.wikipedia.org/wiki/Prirodni_plin)
- [6] Nepoznati autor, "Plinski zakoni", [https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinski\\_zakoni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Plinski_zakoni)
- [7] Bronzan, B.: "LNG", Energetika marketing, Zagreb, 1999.
- [8] Labudović, B.: "Ukapljeni naftni plin - osnovne primjene", Energetika marketing, Zagreb, 2000.

## 9. PRILOG

### Popis oznaka

$A$	- površina [ $m^2$ ]
$C_v$	- specifična toplina pri konstantnom volumenu [ $J/kg\ K$ ]
$C_p$	- specifična toplina pri konstantnom tlaku [ $J/kg\ K$ ]
$F$	- sila [ $N$ ]
$f_R$	- faktor redukcije
$M$	- molarna masa [ $kg/kmol$ ]
$M_x$	- udjel molne mase komponenata u smjesi [%]
$MR$	- opća plinska konstanta [ $J/kmol\ K$ ]
$p$	- tlak [ $N/m^2$ ], [ $Pa$ ]
$p_x$	- parcijalni tlak komponenata [ $Pa$ ]
$p_{mir}$	- tlak plina u mirovanju [ $N/m^2$ ]
$p_{st}$	- statički tlak plina u mirovanju [ $N/m^2$ ]
$p_{tot}$	- totalni tlak plina u mirovanju [ $N/m^2$ ]
$p_{stprot}$	- protočni tlak mjeren kao statički [ $N/m^2$ ]
$p_{stmir}$	- statički tlak plina u mirovanju [ $N/m^2$ ]
$p_d$	- dinamički tlak [ $N/m^2$ ]
$R$	- plinska konstanta [ $J/kg\ K$ ]
$T$	- temperatura plina [ $K$ ]
$V$	- volumen 1 kg plina [ $m^3$ ]
$V_x$	- volumni udjel komponenata [%]
$V_M$	- volumen 1 kmol [ $m^3$ ]
$V_n$	- volumen plina u normalnom stanju [ $m^3$ ]
$v$	- specifični volumen plina [ $m^3/kg$ ]
$w$	- brzina strujanja plina [ $m/s$ ]
$\kappa$	- adijabatski eksponent
$\rho$	- gustoća plina [ $kg/m^3$ ]
$\rho$	- gustoća plina u pogonskom stanju [ $kg/m^3$ ]
$\rho_n$	- gustoća plina u normalnom stanju [ $kg/m^3$ ]
$\rho_{n,smj}$	- normalna gustoća plinske smjese [ $kg/m^3$ ]
$\rho_x$	- normalne gustoće komponenata [ $kg/m^3$ ]
$Z$	- faktor kompresibiliteta

Podatci o cjevima koji se najčešće koriste kod plinskih instalacija

Nazivni promjer DN [mm]	Nazivni promjer u Colima [mm]	Vanjski promjer [mm]	Debljina stjenke [mm]	Težina [1m/kg]
DN 10	3/8"	Ø 17,2	1,8	0,688
DN 15	1/2"	Ø 21,3	2	0,962
DN 20	3/4"	Ø 26,9	2,3	1,41
DN 25	1"	Ø 33,7	2,6	2,01
DN 32	5/4"	Ø 42,4	2,6	2,57
DN 40	6/4"	Ø 48,3	2,6	2,95
DN 50	2"	Ø 60,3	2,9	4,14
DN 65	2 1/2"	Ø 76,1	3,2	5,8
DN 80	3"	Ø 88,9	3,4	7,63
DN 100	4"	Ø 108	4	9,33