

# Mjerni postupak ovjere membranskog plinomjera G4 etalonskim mjerilom sa kritičnim sapnicama

---

**Habulan, Mario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:037405>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-01**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 050/STR/2021

**MJERNI POSTUPAK OVJERE**  
**MEMBRANSKOG PLINOMJERA G4**  
**ETALONSKIM MJERILOM**  
**SA KRITIČNIM SAPNICAMA**

Mario Habulan

Varaždin, rujan 2021.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Diplomski sveučilišni studij Strojtarstvo**



DIPLOMSKI RAD br. 050/STR/2021

**MJERNI POSTUPAK OVJERE**  
**MEMBRANSKOG PLINOMJERA G4**  
**ETALONSKIM MJERILOM**  
**SA KRITIČNIM SAPNICAMA**

Student:

Mario Habulan, 0791/336D

Mentor:

doc. dr. sc. Tomislav Veliki

Varaždin, rujan 2021.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojarstvo		
PRISTUPNIK	Mario Habulan	JMBAG	0231014689
DATUM	14.09.2021.	KOLEGIJ	Procesna mjerenja
NASLOV RADA	Mjerni postupak ovjere membranskog plinomjera G4 etalonskim mjerilom sa kritičnim sapnicama		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Measurement Process in Verification of the Membrane Gas Meter G4 Using Critical Flow Restricting Orifice		
MENTOR	Tomislav Veliki	ZVANJE	doc. dr.sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Doc. dr. sc. Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva		
	2. Doc. dr. sc. Tomislav Veliki, mentor, član		
	3. Doc. dr. sc. Matija Bušić, član		
	4. Prof. dr. sc. Živko Kondić, zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 050/STR/2021

OPIS  
U radu je potrebno obraditi slijedeća područja:

1. Mjeriteljstvo i razlika između umjeravanja i ovjeravanja.
2. Mjerna nesigurnost
3. Mjerna protoka plina i podjela na područja
4. Tipovi plinomjera (Membranski, ultrazvučni, rotacijski, turbinski)
5. Kritične sapnice kao etaloni za protok (princip rada, računski model, mjerne nesigurnosti)
6. Zakonski okvir ovjeravanja plinomjera i tvrtke koje su ovlaštene za djelatnost
7. U eksperimentalnom dijelu potrebno je provesti ovjeravanje membranskog plinomjera, opisati pripremu i postupak, prikazati rezultate mjerenja i iskazati mjernu nesigurnost mjerenja.

ZADATAK URUČEN

16.09.2021.



*Handwritten signature*

# **Predgovor**

Najljepše zahvale upućujem mentoru doc. dr. sc. Tomislavu Velikom koji me je svojim savjetima i idejama usmjeravao prema ispravnom putu u istraživanje ovog područja. Prije svega iskreno mu se zahvaljujem na potpori i poticaju pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, iskreno se zahvaljujem svim djelatnicima poduzeća Termoplin d.d. Varaždin koji su na bilo koji način pridonijeli izradi ovog diplomskog rada, na podršci te nesebičnosti i strpljivosti u prenošenju svojih znanja i iskustava.

Na kraja zahvaljujem obitelji i prijateljima na bezuvjetnoj podršci i vjeri u moj uspjeh tijekom cjelokupnog studiranja i pisanja ovog diplomskog rada.

## Sažetak

U suvremenim poduzećima sve se veća važnost pridaje različitim mjerenjima i analiziranju dobivenih rezultata. Kroz ovaj rad prikazana je priprema i ovjera membranskih plinomjera kao trenutno jednih od najkorištenijih mjerača protoka plina u Hrvatskoj, ali i u svijetu.

Svrha ovog diplomskog rada je prikazati teorijske okvire odnosno logičke modele i zaključke do kojih se došlo različitim istraživanjima, a koji pridonose razumijevanju pripreme i ovjere membranskih plinomjera. Nadalje, prikazani su i brojni zakoni, pravilnici i drugi zahtjevi koji su nužni za razumijevanje analiziranog područja. U radu je provedena detaljna analiza pripreme i ovjere plinomjera, na primjeru membranskog G4 plinomjera u poduzeću Termoplin d.d. Varaždin koja može poslužiti kao pozitivan primjer kontinuiranog unaprjeđenja i razvoja ovog područja.

Analiza prikazanih podataka upućuje na to da su priprema i ovjera plinomjera zaista od iznimne važnosti za poslovanje poduzeća koja se bave ovom djelatnošću. Kao ključno pitanje u ovom radu ističe se mjera nesigurnosti uređaja kojima se ispituju plinomjeri koja zaista utječe na različite aspekte poslovanja poduzeća.

Ključne riječi: plinomjer, mjerna nesigurnost, zakonsko mjeriteljstvo, ovjeravanje, umjeravanje, umjernica.

## Summary

In modern companies, increasing importance is attached to various measurements and analysis of the results obtained. This master's thesis presents the preparation and verification of diaphragm gas meters as currently the only one of the most used gas flow meters in Croatia, but also in the world.

The purpose of this thesis is to present the theoretical framework respectively logical models and conclusions reached by various studies, which contribute to the understanding of the preparation and verification of membrane gas meters. Furthermore, a number of laws and regulations that are necessary to understand the analyzed area are presented. The master's thesis performs a detailed analysis of the preparation and verification of gas meters, on the example of a diaphragm G4 gas meter in the company Termoplin d.d. Varaždin, which can serve as a positive example of continuous improvement and development of this area.

The analysis of the presented data indicates that the preparation and verification of gas meters are indeed extremely important for the business of companies engaged in this activity. A key issue in this master's thesis is the measurement uncertainty of the devices used to test gas meters, which really affects various aspects of the company's business.

Keywords: gas meter, measurement uncertainty, legal metrology, verification, calibration, calibration.



## Popis korištenih kratica

<b>NN</b>	Narodne novine
<b>HRN EN ISO/IEC 17020</b>	Akreditacija - Nadzorne/inspekcijske organizacije
<b>OIML</b>	<i>Organisation Internationale de Métrologie Légale</i> – Međunarodna organizacija za zakonsko mjeriteljstvo
<b>NDP</b>	Najveća dopuštena pogreška
<b>HERA</b>	Hrvatska energetska regulatorna agencija
<b>HAA</b>	Hrvatska akreditacijska agencija
<b>GUM</b>	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement - Uputa za iskazivanje mjerne nesigurnosti
<b>DZM</b>	Državni zavod za mjeriteljstvo
<b>MID</b>	<i>Measuring Instruments Directive</i> – direktiva o mjernim instrumentima
<b>PTB</b>	<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i> - Njemački nacionalni mjeriteljski institut
<b>WELMEC</b>	<i>European Cooperation in Legal Metrology</i> - Europska suradnja u zakonskom mjeriteljstvu

# Sadržaj

Sažetak .....	II
Summary .....	III
Popis korištenih kratica .....	IV
Sadržaj.....	V
1. Uvod.....	1
2. Teorijske osnove mjeriteljstva .....	2
2.1. Ovjeravanje i umjeravanje.....	3
2.2. Mjerna nesigurnost .....	4
3. Mjerači protoka plina .....	6
3.1. Temeljni podaci kod mjerenja plina .....	6
3.2. Podjela i opis plinomjera.....	7
3.2.1. Membranski plinomjeri.....	8
3.2.2. Ultrazvučni plinomjeri .....	13
3.2.3. Rotacijski plinomjeri.....	15
3.2.4. Turbinski plinomjeri .....	17
4. Referentna mjerila protoka .....	19
4.1. Kritične sapnice.....	20
5. Zakonski okvir pripreme i ovjere plinomjera .....	23
6. Važnost ovjeravanja plinomjera u Hrvatskoj.....	25
6.1. Poduzeća koja se bave pripremom i ovjerom plinomjera u Hrvatskoj .....	26
7. Priprema i ovjera plinomjera u poduzeću Termoplin d.d. ....	28
7.1. O poduzeću Termoplin d.d.....	28
7.1.1. Odjel inspekcije plinomjera .....	30
7.2. Ispitivanje i priprema plinomjera za ovjeravanje pomoću uređaja s kritičnim sapnicama.....	32
7.3. Ovjera plinomjera.....	47
8. Procjene mjerne nesigurnosti .....	51
9. Zaključak.....	62
10. Literatura.....	65

Popis slika .....	69
Popis tablica.....	71
Prilozi.....	72

## 1. Uvod

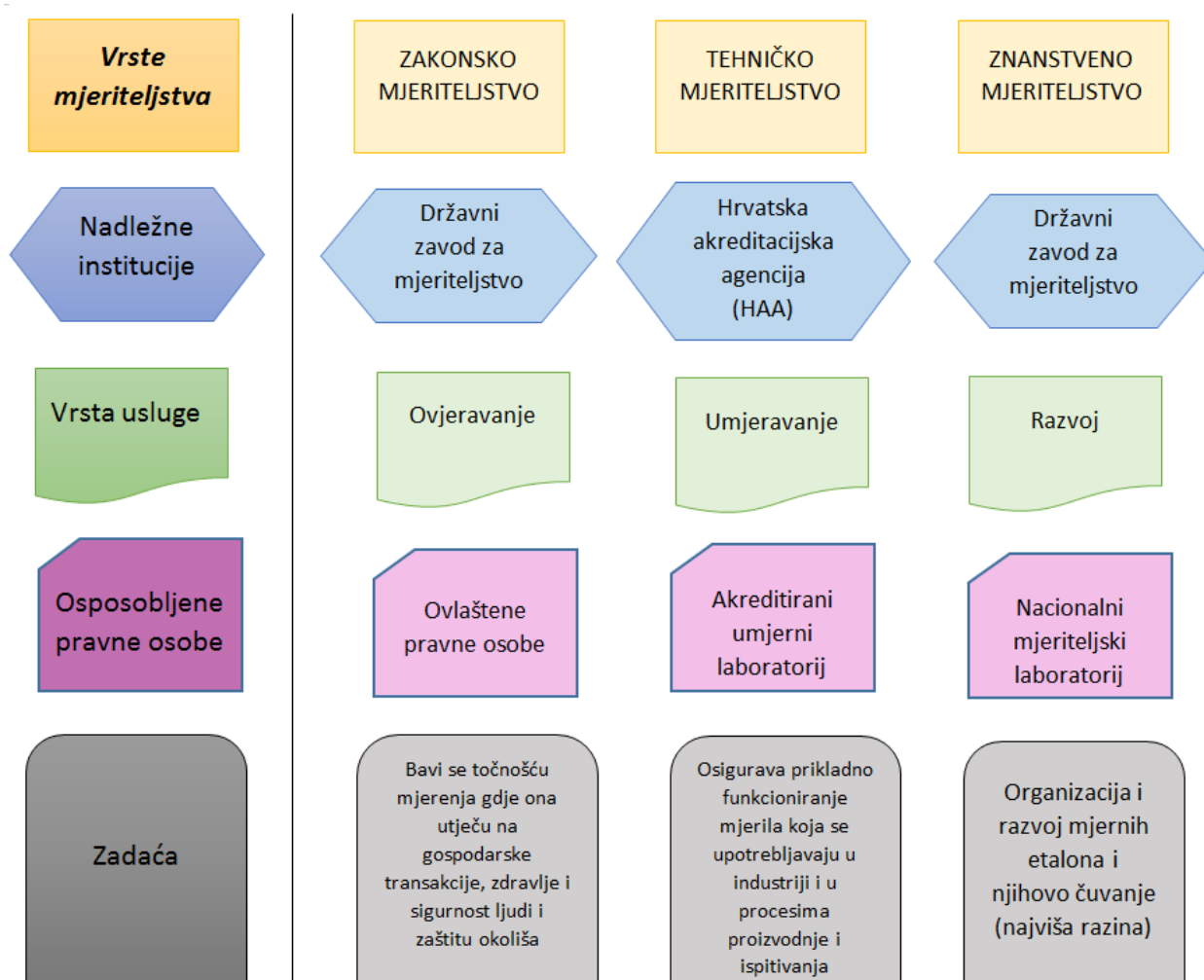
Danas se sve veća pozornost pridaje točnosti mjerenja. Mjerenje, općenito ima veliki značaj, pa je tako i u plinskoj djelatnosti od iznimne važnosti jer omogućuje obračun potrošnje plina, a samim time i naplatu. Naime, zbog visokih cijena energenata na tržištu, ali i zbog zaštite samih potrošača točnost mjerenja i provjera udovoljava li određeno mjerilo propisanim mu zahtjevima, od iznimne su važnosti. Stoga se nameće zahtjev za kontinuiranim poboljšanjem točnosti mjerenja i smanjenjem nesigurnosti prilikom mjerenja zadanih veličina pa tako i protoka plina. Mjerenje je tako vrlo važan dio plinskih distributivnih i transportnih sustava. Kontinuiranim širenjem plinskog distribucijskog i transportnog sustava pa i korištenjem prirodnog plina kao glavnog energenta u privedi, ali i u kućanstvima njegovo mjerenje od iznimne je važnosti. Samim time kontinuirano se unaprjeđuju uređaji za ispitivanje plinomjera i dolazi se do novih saznanja na ovom području.

Kako bi mogli pravilno mjeriti određenu veličinu, u ovom slučaju protok plina, mora se poznavati i primjenjivati zakone, pravilnike i smjernice na državnoj, ali i međunarodnoj razini. Mjerenje protoka plina vrlo je kompleksan zadatak. Problem kod mjerenja protoka je taj što na obujam u velikoj mjeri utječu tlak i temperatura, a kod mjerenja protoka plinova taj je problem još dodatno naglašen zbog stlačivosti plinova. Stoga je kod samog postupka pripreme i ovjere plinomjera vrlo važno održavati osnovne fizikalne veličine ujednačenima koliko je to moguće. Navedene veličine nikako ne smiju izaći iz dozvoljenih granica odstupanja propisanih smjernicama, pravilnicima i zakonima. Pod osnovnim fizikalnim veličinama uglavnom se misli na tlak i temperaturu fluida kojim se ispituje, te na temperaturu, tlak i vlažnost zraka okolnog radnog prostora. Sami uvjeti za ispitivanje plinomjera će detaljnije biti opisani u nastavku rada.

## 2. Teorijske osnove mjeriteljstva

„Mjeriteljstvo je znanost o mjerenju i o primjenama mjerenja“, dok se mjerenje može definirati kao proces eksperimentalnog određivanja vrijednosti određene veličine. Mjeriteljstvo se može podijeliti u tri glavna područja i to su: znanstveno mjeriteljstvo, tehničko ili industrijsko mjeriteljstvo i zakonsko mjeriteljstvo [36].

Na sljedećoj slici prikazana je podjela mjeriteljstva u Hrvatskoj te tko je odgovoran za koje područje mjeriteljstva, vrste usluga kojima se bave, osposobljene pravne osobe i njihove zadaće.



Slika 1. Podjela mjeriteljstva [18]

Znanstveno mjeriteljstvo bavi se organizacijom, razvojem i pohranjivanjem odnosno čuvanjem mjernih etalona. Obuhvaća opće, teorijske i praktične probleme koji su vezani uz mjerne jedinice, ostvarenje i prenošenje mjernih jedinica znanstvenim metodama, također i probleme mjernih pogrešaka, nesigurnosti mjerenja i mjernih svojstava mjerenja [4,18].

Za tehničko ili industrijsko mjeriteljstvo može se navesti kako se ono bavi mjerenjima u proizvodnji, odnosno osiguranjem ispravnosti mjernih uređaja koji se upotrebljavaju u

proizvodnji, industriji i raznim ispitnim procesima, te za upravljanje kakvoćom. Ova vrsta mjeriteljstva obuhvaća postupke umjeravanja, razdoblje umjeravanja, te upravljanje mjernim procesima i mjerilima u industriji, sve u svrhu osiguranja zahtjeva za predviđenu uporabu [4,18].

Zakonsko mjeriteljstvo uređeno je zakonima i propisima u svrhu uspostave povjerenja u rezultate mjerenja u području gdje se primjenjuju zakonita mjerenja. Kao osnovni cilj zakonskog mjeriteljstva može se navesti zaštita građana od posljedica pogrešnih mjerenja što može imati utjecaj na građane u trgovačkom poslovanju, ali i u radnom okruženju, zaštiti na radu i sigurnosti samih građana. Zbog zaštite potrošača zakonita mjerila moraju biti ovjerena i nositi valjane ovjerne oznake [4,18].

## **2.1. Ovjeravanje i umjeravanje**

Bitno je definirati razliku između pojmova ovjeravanje i umjeravanje pošto ih velika većina ljudi miješa i ne razlikuje. Razlika između ta dva pojma je u tome da se umjeriti mogu i „netočna“ mjerila, odnosno mjerila izvan klase, dok kod ovjeravanja to nije moguće. Također, umjerni laboratorij nema pravo odrediti vrijeme valjanosti umjeravanja, već je period umjeravanja na samoj organizaciji ili korisniku koji ga je dao umjeriti. Pošto se mjerilu tijekom korištenja zbog raznih utjecaja (na primjer, vlaga, temperatura) mijenja njegova točnost, umjeravanjem u određenim vremenskim intervalima osigurava se točnost i ispravnost mjerila. Umjeravanjem se dobiva podatak o mjernoj sljedivosti i mjernoj nesigurnosti umjeravanog mjerila, dok kod ovjeravanja to nije tako [4,18,32].

Ovjeravanje je regulirano zakonskim propisima i spada pod zakonsko mjeriteljstvo. Kada je nešto ovjereno ono na sebi nosi valjane ovjerne oznake (utisni žig, naljepnicu i slično) što znači da zadovoljava klasu te da je unutar dozvoljenih granica odstupanja, kolika su ta odstupanja može se iščitati u Izvješću o ispitivanju. Mjerila se ovjeravaju na određeni vremenski period, koliko iznosi taj period ovisi o samoj vrsti mjerila, a period ovjeravanja za pojedina zakonita mjerila definiran je Pravilnikom o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila (NN 133/2020). U konačnici, ovjeravanjem se dobije podatak zadovoljava li određeno mjerilo zahtjeve klase mjerila, te ukoliko zadovoljava zna se da je unutar dozvoljenih granica odstupanja, no ono što se ne zna kod ovjeravanja je s kolikom mjernom nesigurnošću je iskazan rezultat mjerenja [4,18,32].

## 2.2. Mjerna nesigurnost

Zbog činjenice da ne postoji savršeno mjerenje, kod samog postupka ispitivanja i ovjeravanja plinomjera vrlo bitnu ulogu ima i mjerna nesigurnost. Pravilnikom o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19) definirano je da proširena mjerna nesigurnost uređaja za ispitivanje ne smije iznositi više od 1/3 NDP plinomjera [24]. Samim time mora se znati odrediti mjerna nesigurnost kako bi potvrdili da je mjerenje unutar dozvoljenih granica.

Mjernu nesigurnost može se definirati kao: „*Parametar pridružen rezultatu mjerenja koji opisuje rasipanje vrijednosti koje bi se razumno moglo pripisati mjerenoj veličini*“ [7].

**Koraci određivanja mjerne nesigurnosti GUM metodom [10,28]:**

### 1. Izraditi mjerni model

Uspostaviti matematički odnos svih veličina uključenih u proces mjerenja. Mjerne veličine  $Y$  i ulaznih veličina  $X_i$ .

$$Y = f(X_1, X_2, \dots \dots \dots X_n) \quad (1)$$

### 2. Izraditi statistički model za svaku ulaznu veličinu

- Izračunati mjerni rezultat iz procijenjenih vrijednosti ulaznih veličina
- Procijeniti standardne nesigurnosti ulaznih veličina te njihove stupnjeve slobode

Procjene vrste A - zasnivaju se na određivanju mjerne nesigurnosti statističkom metodom obrade eksperimentalnih podataka, odnosno statističkom obradom podataka eksperimentalnih mjerenja.

Procjene vrste B - koristi se kada u mjernom procesu nije moguće odrediti neke sastavnice mjerne nesigurnosti. U ovom slučaju procjena se temelji na stručnoj prosudbi svih dostupnih podataka ulaznih veličina i na iskustvu procjenitelja (na primjer, iskustvo ili poznavanje ponašanja svojstva instrumenta, mjerni podaci iz drugih laboratorija, podaci iz umjernica i ovjernica, podaci iz priručnika i slično)

### 3. Izračunati sastavljenu standardnu nesigurnost

Sastavljena standardna nesigurnost predstavlja procijenjeno standardno odstupanje rezultata, a određuje se iz procijenjenih standardnih odstupanja svih ulaznih veličina, neovisno kojom vrstom procjene (A ili B) su određene.

$$u(y) = \sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2 \dots \dots \dots + u(x_n)^2} \quad (2)$$

#### 4. Izračunati proširenu nesigurnost

Proširenu mjernu nesigurnost određuje raspon oko mjernog rezultata koji obuhvaća velik dio vjerojatnosti koja se može razumno pripisati mjernoj veličini. Do proširene mjerne nesigurnosti dolazi se množenjem sastavljene standardne nesigurnosti  $u_c(y)$  s obuhvatnim faktorom  $k$  (obično  $k=2$ ). Proširena mjerna nesigurnost se označava s  $U$ .

$$U = k \cdot u_c(y) \quad (3)$$

#### 5. Iskazati mjerni rezultat s proširenom nesigurnošću

Mjerni rezultat s proširenom mjernom nesigurnošću iskazuje se kao:

$$Y = y \pm U \quad (4)$$



### 3. Mjerači protoka plina

Mjerenje protoka plina u plinskim sustavima obavlja se mjeracima protoka plina odnosno plinomjerima. Plinomjeri su vrlo važan dio plinske instalacije jer bez njih nije moguće obračunati, a samim time i naplatiti potrošenu količinu plina. Prema Pravilniku o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19), definicija plinomjera glasi: „*Plinomjer je mjerilo konstruirano za mjerenje, pamćenje i pokazivanje količine (obujma ili mase) gorivog plina koji je kroz njega protekao*“ [24]. Može se još navesti definiciju prema Mrežnim pravilima plinskog distribucijskog sustava (NN 50/18, 88/19, 36/20) „*Plinomjer je mjerilo koje mjeri i registrira količinu plina na obračunskom mjernom mjestu, sukladno propisima u području zakonskog mjeriteljstva, ovim Mrežnim pravilima i internim tehničkim aktima operatora distribucijskog sustava*“ [19].

Protok predstavlja odnos količine plina koja je protekla kroz plinomjer i vremena koje je potrebno za protjecanje, dakle to je količina plina koja u nekom vremenu prolazi kroz neku instalaciju, u ovom slučaju kroz plinomjer. Protok može biti maseni, kada se govori o jedinici mase u vremenu ili volumni kada je riječ o jedinici volumna u vremenu. Kod mjerenja protoka plina kao jedinica za protok koristi se volumen u jedinici vremena ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), volumen izmjeren u pogonskom stanju preračunava se na referentno stanje (normalno ili standardno) [30].

Prema Pravilniku o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19) definiran je i ispitni protok kao „*Prosječan protok tijekom ispitivanja, izračunat na osnovi vrijednosti iskazane na umjerenom referentnom uređaju; omjer stvarne količine plina koji je protekao kroz plinomjer te vremena tijekom kojeg je ta količina protekla kroz plinomjer*“ [38].

#### 3.1. Temeljni podaci kod mjerenja plina

Plinomjeri mjere plin u pogonskom stanju. Pogonsko stanje je ono stanje pri kojem se mjerenje provodi pri stvarnim vrijednostima temperature i tlaka, obično ispred plinomjera i pri čemu se redovito navodi i vlažnost plina. No kako bi izmjerene vrijednosti količine plina, izražene u volumnim jedinicama mogli analizirati i uspoređivati, nakon mjerenja ih je potrebno preračunati na referentna stanja, odnosno na normalno ili standardno stanje [30].

Normalno stanje određeno je tlakom 101 325 Pa (1,01325 bar) i temperaturom 273,15 K (0°C) i to su međunarodno dogovorene vrijednosti.

Standardno stanje određeno je tlakom 101 325 Pa (1,01325 bar) i temperaturom 288,15 K (15°C). Navedene su vrijednosti propisane standardom i vrijede u svim zemljama Europske

unije, no u nekim drugim zemljama se koriste drugačije vrijednosti standardnog stanja jer u svijetu ne postoji univerzalno prihvaćeno standardno stanje.

Dopušteno odstupanje plinomjera ovisi o propisima, također prema određenoj vrsti plinomjera postoji propisan rok ispitivanja i ovjere plinomjera u kojem se plinomjeri moraju ispitati i potvrditi da su unutar dopuštenih granica odstupanja kako bi se mogli dalje, odnosno ponovno upotrebljavati. O svemu tome detaljnije će se govoriti u nastavku rada.

### **3.2. Podjela i opis plinomjera**

Kod mjerenja protoka plina danas se koriste različite vrste plinomjera. Najrasprostranjeniji su membranski plinomjeri, odnosno plinomjeri s mijehom koji se masovno primjenjuju u kućanstvima, obrtima te kod manjih industrijskih potrošača. Ultrazvučni plinomjeri u početku su se koristili kod mjerenja iznimno velikih protoka plina kod transportnih sustava i velikih industrijskih potrošača. Brzim razvojem elektronike, u novije vrijeme sve su se više počeli upotrebljavati kod kućanstva, obrta i malih industrijskih potrošača koji ne koriste plin u proizvodnom procesu odnosno kod manjih protoka plina i tako su djelomično počeli mijenjati plinomjere na mijeh. Nadalje, turbinski plinomjeri i plinomjeri s rotirajućim klipovima, odnosno rotacijski plinomjeri uglavnom se koriste kod industrijskih potrošača s velikim protokom plina.

U nastavku su detaljnije opisane prethodno spomenute vrste plinomjera. Treba napomenuti kako je odabir odgovarajućeg mjerila vrlo važan inženjerski zadatak koji iziskuje mnogo pozornosti, budući da odabir neadekvatnog mjerila može imati velik utjecaj na rezultate mjerenja pa samim time ima direktan utjecaj na obračun potrošenog plina u ekonomskom pogledu.

Prema OIML-u (*Organisation Internationale de Metrologie Legale* – Međunarodna organizacija za zakonsko mjeriteljstvo), plinska brojila označavaju se velikim slovom „G“ i pripadajućom brojkom koja označava nazivni protok u pogonskim m<sup>3</sup>/h, bez obzira na vrstu plinomjera, što se može vidjeti u Tablici 1. [33].

Tablica 1. Plinska brojila prema G oznakama [33]

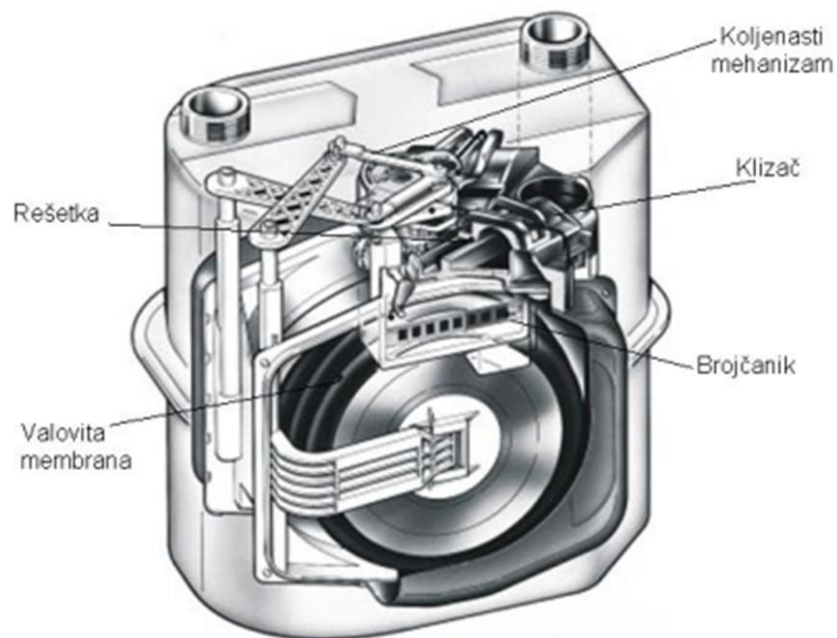
Oznaka plinomjera	Najveći protok (m <sup>3</sup> /h)			
G 1,6	2,5	<b>plinomjeri s mijehom</b> (izravno mjere obujam plina u pogonskom stanju)		
G 2,5	4			
G 4	6			
G 6	10			
G 10	16			
G 16	25			
G 25	40			
G 40	65			
G 65	100			
G 100	160			
G 160	250			
G 250	400			
G 400	650			
G 650	1.000			
G 1000	1.600			
G 1600	2.500			
G 2500	4.000			
G 4000	6.500			
G 6500	10.000			
G 10000	16.000			<b>turbinski plinomjeri</b> (mjere brzinu protjecanja plina koja se preračunava u obujam)
G 16000	25.000			
G 25000	40.000			

Može se još napomenuti kako se danas plinomjeri od G-4 do G-25000 djelomično proizvode kao ultrazvučni mjerači protoka plina.

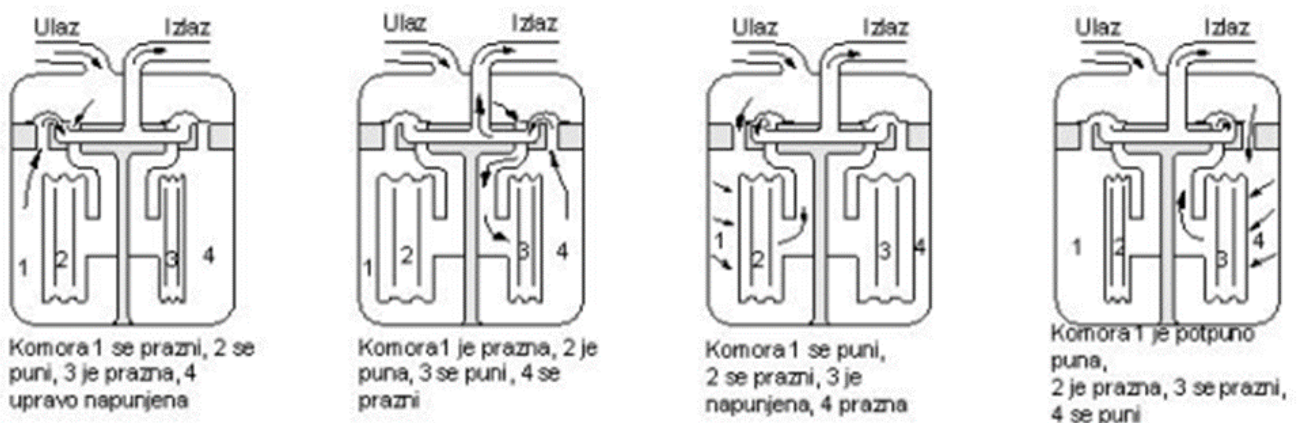
### 3.2.1. Membranski plinomjeri

Membranski plinomjeri, odnosno plinomjeri na mijeh kao što je već navedeno koriste se uglavnom u kućanstvima, obrtima i kod manjih industrijskih potrošača. Praksa pokazuje da su pouzdani već više od stoljeća te su danas najzastupljenija vrsta plinomjera. U pravilu se membranski plinomjeri koriste za mjerenje kod niskog tlaka plina, do tlaka od 100 mbar. Plinomjeri na mijeh rade na temelju potiskivanja volumena plina iz komore u komoru, a pokretačka energija im je razlika tlaka plina na membranama. Potiskivanje volumena plina iz komore u komoru postiže se pomoću membrana, a membrane se mogu definirati kao pomične razdvojene stijenke promjenjivog oblika. Kada se govori o glavnim dijelovima plinomjera na mijeh, može se navesti mjerni dio kućišta i pokazni uređaj. Mjerni dio kućišta može se još podijeliti na kućište plinomjera i upravljački sustav s klizačima i rešetkama, dok se pokazni

uređaj može podijeliti na mjerni mehanizam, dio za podešavanje tj. korekciju i brojčanik plinomjera. Mjerni mehanizam sastavljen je od dviju komora (razdvojenih membranama) koje se tokom radnog ciklus naizmjenično pune i prazne pomoću sustava za upravljanje klizačima. Kada se jedna komora puni i širi, plin se potiskuje u drugu komoru, što se može vidjeti na Slici 3. Traslatorne pokrete membrane i klizača pogon koljenaste osovine pretvara u rotacijsko gibanje, te se to rotacijsko gibanje preko magnetne spojke i zupčanika prenosi na brojčanik plinomjera. Ukoliko je potrebno izvršiti korekciju pogreške mjernog mehanizma kako bi se on nalazio unutar zadanih granica točnosti to se radi pomoću različitih parova zupčanika. Zupčanici preko kojih se vrši korekcija točnost nalaze se između izlazne osovine magnetne spojke mjernog mehanizma i brojača, a zahtjevi na zupčanike za podešavanje odnosno korekciju dani su normom DIN-3374 [30].



Slika 2. Presjek membranskog plinomjera s mjernim mehanizmom [20]



Slika 3. Princip rada membranskog plinomjera [20]

*„Razvoj proizvodnje plinomjera na mijeh uglavnom je bio usmjeren na poboljšanje točnosti mjerenja, produljeno vrijeme uporabe te racionalizaciju proizvodnje i povećanje sigurnosti rada“ [30].*

Nekad se za membrane kod ove vrste plinomjera koristila impregnirana životinjska koža, dok se danas koriste sintetički materijali ojačani elastomerom. Sama izmjena materijala membrana dovela je do poboljšanja točnosti i produljenja vijeka uporabe plinomjera. Također, prije su korištene membrane četvrtastog oblika da bi se preko oblika stadiona došlo do kružnog oblika što je sve dovelo do poboljšanja točnosti i ponovljivosti mjerenja. Prednost kružnih i membrana oblika stadiona naspram kvadratnog je da kod njih imamo paralelan hod te prilikom hoda ne dolazi do gužvanja membrana i zaostajanja plina u njihovim kutovima [33].

Pošto se danas sve više plinomjeri ugrađuju izvan objekta gdje su velike oscilacije temperature, postavlja se zahtjev za temperaturnom kompenzacijom zbog toga jer kao što smo već napomenuli, temperatura nam uvelike utječe na izmjereni volumen plina. Ukoliko se izvan objekta ugrađuje plinomjer bez temperaturne kompenzacije, zimi kada su temperature plina najniže dolazi do velikih odstupanja izmjerene i stvarno potrošene količine plina, a sve na štetu distributera. Danas se koriste dvije vrste temperaturne kompenzacije, a to su mehanička i elektronička.

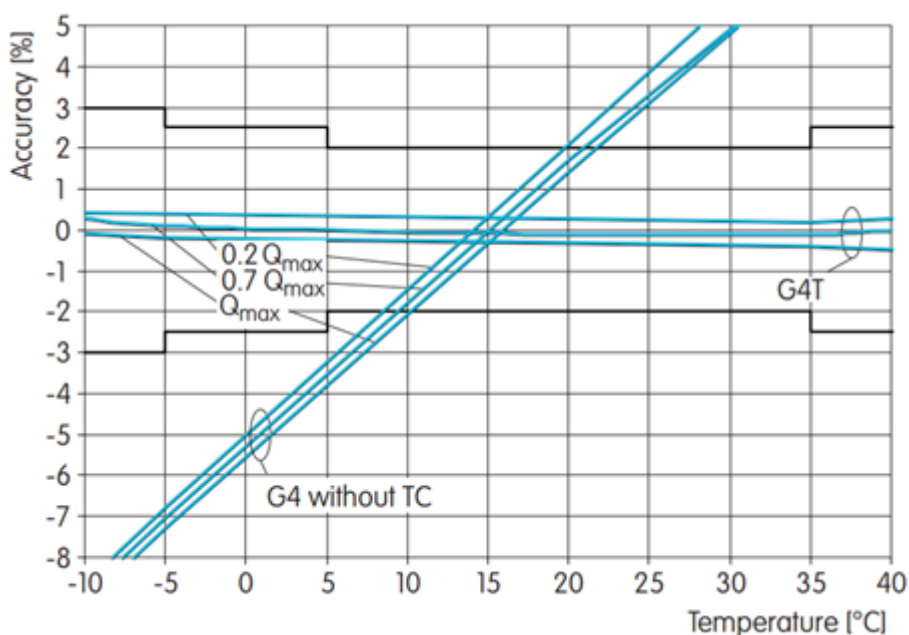
Mehanička kompenzacija ostvaruje se pomoću ugrađene bimetalne trake unutar plinomjera i moguća je u rasponu od  $-34^{\circ}\text{C}$  pa do  $+60^{\circ}\text{C}$ , ova vrsta kompenzacije koristi se kod kućanskih membranskih plinomjera. Promjenom temperature dolazi do linearne deformacije bimetalne trake kojom se onda direktno djeluje na pomicanje membrana čime se izmjereni volumen plina na pogonskoj temperaturi svodi na volumen plina kod standardne temperature od  $15^{\circ}\text{C}$ . Ovo je relativno jeftin princip temperaturne kompenzacije no problem nastaje kada treba popraviti ili zamijeniti bimetal jer je on ugrađen unutar kućišta plinomjera te je teško dostupan [30].

Na Slici 4. prikazana je elektronička kompenzacija, odnosno elektronički korektor obujma plina. Ova vrsta kompenzacije moguća je kod svih veličina plinomjera, no ona je dosta skuplja u odnosu na mehaničku kompenzaciju pomoću bimetala.



Slika 4. Elektronički korektor obujma plina (UNIFLO 1000 TCE) [29]

Na Slici 5. može se vidjeti odstupanje membranskih plinomjera s temperaturnom kompenzacijom i bez nje, a može se zaključiti koliko je bitna upotreba temperaturne kompenzacije, pogotovo kod plinomjera izloženih vanjskim temperaturama.



Slika 5. Prikaz odstupanja membranskih plinomjera s i bez temperaturne kompenzacije [8]

Na sljedećoj tablici prikazati će se oznake i osnovne značajke membranskih plinomjera, prema DIN 3376-1:2005 i DIN 3376-2:2005, navedena tablica je izrađena od strane autora prema podacima iz Plinarskog priručnika [30].

Tablica 2. Oznaka i osnovne značajke membranskih plinomjera [30]

Oznaka	Protok, m <sup>3</sup> /h			Nazivni promjer DN, mm	Razmak između priključaka, mm	Područje primjene
	Nazivni Q <sub>nom</sub>	Najmanji Q <sub>min</sub>	Najveći Q <sub>max</sub>			
G 2,5	2,5	0,025	4	25	160	kućanstva, mali obrti, komercijalni potrošači
G 4	4	0,04	6	25	250	
G 6	6	0,06	10	25	250	
G 10	10	0,10	16	40	280	mali obrti, komercijalni potrošači, manji industrijski potrošači
G 16	16	0,16	25	40	280	
G 25	25	0,25	40	50	335	
G 40	40	0,40	65	80	510	
G 65	65	0,65	100	80	510	zbog cijene i glomaznosti preporuča se zamjena za plinomjere s rotirajućim klipovima
G 100	100	1,00	160	100	710	
G 160	160	1,60	250	150	950	
G250	250	2,50	400	200	1050	

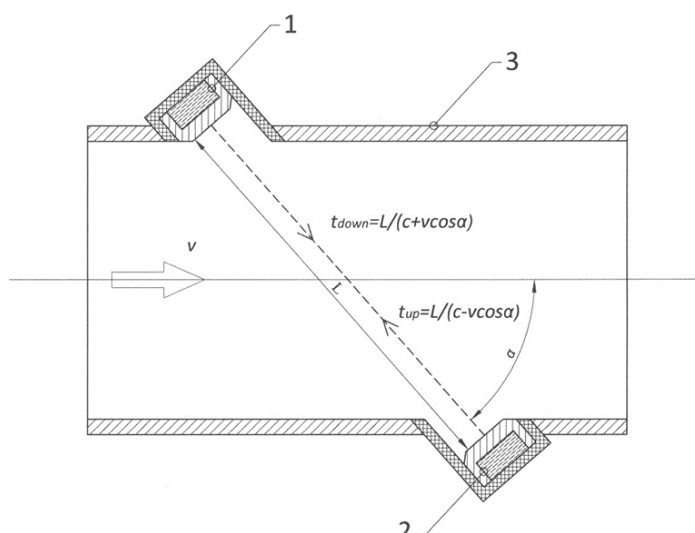


Slika 6. Plinomjeri na mijeh – G4 i G100 (fotografirano 3.8.2021.)

### 3.2.2. Ultrazvučni plinomjeri

Pravilnik o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19) ultrazvučni plinomjer definira kao: „Mjerilo brzine strujanja koje radi na principu mjerenja brzine strujanja plina u cijevi. Taj se princip mjerenja temelji na utvrđivanju vremena potrebnog da ultrazvučni signali prođu kroz plin između jedinica za odašiljanje i primanje ultrazvučnih signala“ [24]. Ultrazvučni mjeraci već se duže vremena koriste za mjerenje protoka kapljevina, no za mjerenje protoka plina počeli su se koristiti tek nedavno. Od svih korištenih vrsta plinomjera, ultrazvučni plinomjeri imaju najviše elektronike pa se može reći da su se počeli primjenjivati tek kada je razvoj elektronike dosegao određenu razinu. Također, može se napomenuti da ova vrsta plinomjera može mjeriti protok u oba smjera i da se mogu koristiti na svim tlakovima. U suštini, ultrazvučni plinomjeri su mjeraci brzine koji mjere vrijeme koje je potrebno ultrazvučnom valu da prijeđe put od predajnika do prijemnika. Brzina ultrazvučnih valova kroz plinove iznosi od 300 m/s do 450 m/s, ovisno o vrsti fluida kroz koji se ti valovi kreću. Princip rada je takav da plin prolazi kroz mjernu sekciju kojom se odašilju ultrazvučni valovi od odašiljača prema prijemniku i natrag, te se mjere vremena prolaska vala u oba smjera. Ultrazvučni signal brže putuje u smjeru protoka, nego u suprotnom smjeru od smjera protoka, što je ta razlika veća, veća je brzina fluida. Danas na tržištu postoji više modela ultrazvučnih plinomjera no princip samog rada uglavnom je isti [30,33].

Ultrazvučni plinomjeri imaju mnogo prednosti, ali im je cijena visoka pa se može reći da trenutno nisu previše zastupljeni, no pretpostavka je da će se to u budućnosti promijeniti.



Slika 7. Mjerenje ultrazvučnim načinom

gdje je:

- 1 - odašiljač / prijemnik
- 2 - odašiljač / prijemnik
- 3 - mjerna cijev



vrijedi za smjer strujanja:

$$t_{up} = \frac{L}{c-v \cdot \cos \alpha} \quad (5)$$

vrijedi suprotno od smjera strujanja:

$$t_{down} = \frac{L}{c+v \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

iz čega slijedi jednačba za brzinu:

$$v = \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \left( \frac{1}{t_{down}} - \frac{1}{t_{up}} \right) \quad (7)$$

gdje je:

$t_{up}$  - vrijeme potrebno signalu da stigne od donje točke do gornje, s

$t_{down}$  - vrijeme potrebno signalu da stigne od gornje točke do donje, s

$c$  - brzina signala (jednaka brzini zvuka u fluidu), m/s

$L$  - mjerna udaljenost (put koji signal prelazi), m

$v$  - brzina strujanja plina, m/s

$\alpha$  - kut između smjera signala i osi cijevi, °

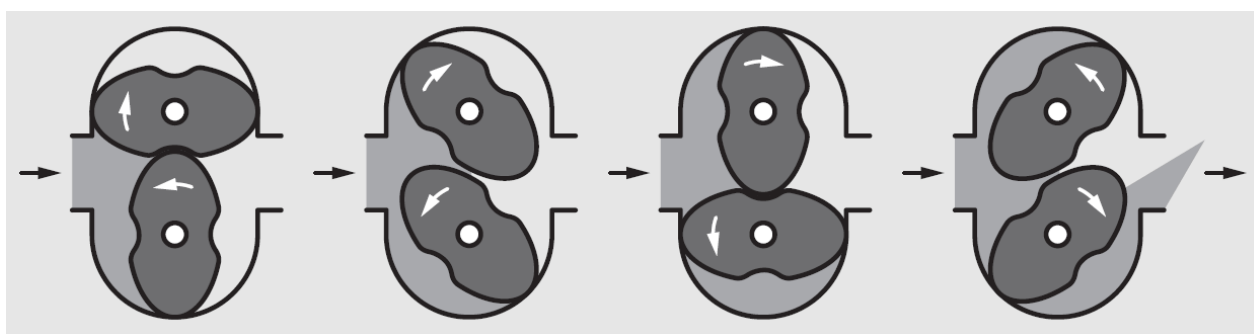
Do informacije o protoku može se doći množenjem brzine s površinom presjeka mjerene cijevi, a zatim integriranjem po vremenima dobiva se volumen. Sve navedeno ultrazvučni plinomjer odrađuje sam, te se na ekranu očitava volumen plina koji je protekao kroz ultrazvučni plinomjer.



Slika 8. Ultrazvučni plinomjer G4 EUS-2 (fotografirano 3.8.2021.)

### 3.2.3. Rotacijski plinomjeri

Rotacijski plinomjeri tj. plinomjeri s rotirajućim klipovima zahvaćaju određenu količinu plina unutar klipova koji su izvedeni u obliku broja osam, te strujanjem plina dolazi do rotacije klipova koji su povezani zupčanim prijenosom pa se na taj način klipovi sinkronizirano rotiraju u kućištu i mjere obujam proteklog plina. Dakle, pokretačka energija rotacijskih plinomjera je pritisak struje plina na klipove koja je uzrok razlike tlaka plina na ulazu i izlazu iz plinomjera. Jednostavnije rečeno, pretjecanjem plina dolazi do rotacije klipova izrađenih u obliku broja osam, između klipova i kućišta plinomjera nalazi se određena količina plina, te se rotacijom klipova ta količina prenosi od ulaza prema izlazu plinomjera kao što se može detaljnije vidjeti na Slici 9.. Rotiranjem klipova okretaji se preko magnetske spojke prenose na broјčanik plinomjera ili na davač impulsa koji bilježi potrošnju odnosno prenesenu količinu plina u radnim uvjetima. U kućištu plinomjera nalaze se dva klipa koji se rotiraju u suprotnim smjerovima bez dodirnih kontakata, jedan nasuprot drugog [30].



Slika 9. Princip rada plinomjera s rotirajućim klipovima [13]

Izmjerenu količinu plina može se odrediti prema sljedećem izrazu [33]:

$$V = n \cdot q \quad (8)$$

gdje je:

- $V$  - ukupno izmjeren obujam plina u pogonskom (radnom) stanju,  $m^3$
- $q$  - obujam mjerne komore,  $m^3$
- $n$  - broj punjenja i pražnjenja u jednom ciklusu, najčešće  $n=4$

Rotacijski plinomjeri koriste se na svim tlakovima distribucije plina, mjere količinu plina u pogonskom, odnosno u radnom stanju i mjerno područje im je u rasponu od 1:50 do 1:160. Uzrok pogreške izmjerene vrijednosti kod ove vrste plinomjera su sile otpora i gubitak plina zbog prolaska plina kroz zračnost između klipova. Govoreći o silama otpora, misli se na trenje u ležajevima, trenje zupčanika i otpor strujanja zbog viskoznosti plina i lokalnih gubitaka.

Pogreška izmjerene vrijednost protoka plina najveća je kod mjerenja malih protoka, odnosno kod minimalnih protoka. Dakle, glavni uzrok netočnosti mjerenja i spomenutog mjernog područja je zračnost između klipova, no izvedbom rotacijskog plinomjera s mjernim umetkom koji je elastično pričvršćen na kućište te se on može izvesti s vrlo malom zračnošću, smanjuje se propusnost te se na taj način postiže veća točnost te veća mjerna područja do čak 1:300 [33].

Maksimalne dozvoljene pogreške mjerenja kod rotacijskih plinomjera su  $\pm 2\%$  kod  $Q_{\min} \leq Q < Q_t$ , odnosno  $\pm 1\%$  kod  $Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ .  $Q_t$  označava prijelazni protok i ovisi o mjernom području (odnosu minimalnog i maksimalnog protoka), a kreće se u rasponu od  $0,05Q_{\max}$  do  $0,2Q_{\max}$ . U najvećem mjernom području moguće je postići točnost mjerenja do  $\pm 0,5\%$  [30].

Rotacijski plinomjeri nisu pogodni za mjerenje potrošnje jednog velikog trošila čiji učinak je jednak maksimalnom protoku plinomjera i bez modularnog upravljanja plamenikom zato jer prilikom zaustavljanja takvih trošila dolazi do povratnog tlačnog vala prema plinomjeru koji može izazvati oštećenja na plinomjeru. Prema navedenom, rotacijski plinomjeri se koriste tamo gdje je ugrađeno više trošila manjeg učinka ili kad imamo modularno upravljane plamenike trošila, dok je kod primjene jednog trošila čiji učinak odgovara maksimalnom kapacitetu plinomjera preporuka da se koristi turbinski plinomjer [30].



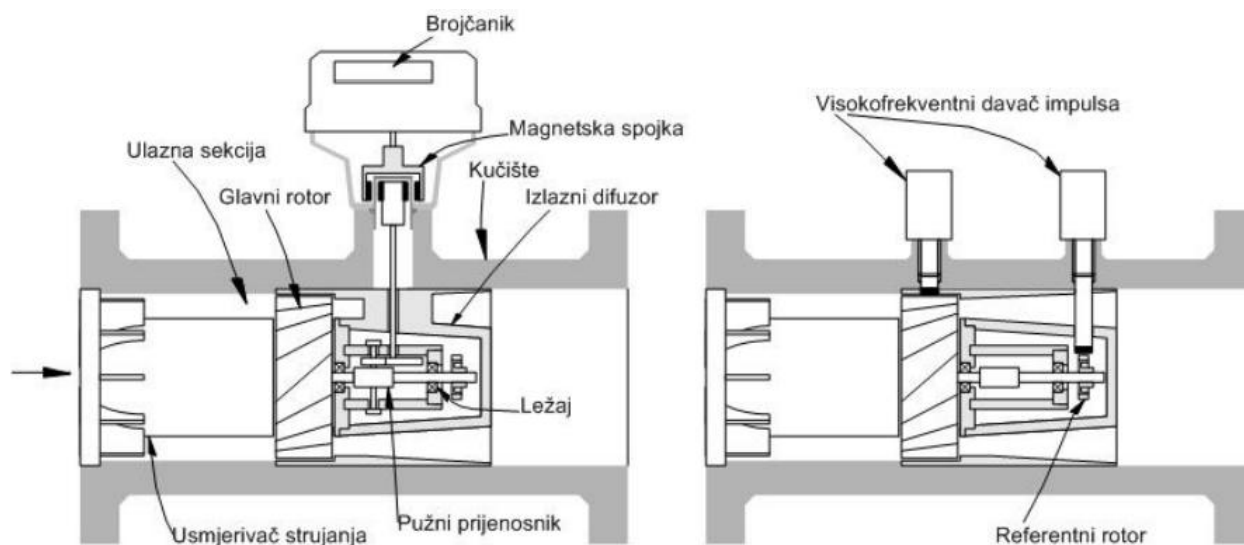
*Slika 10. Rotacijski plinomjer [1]*

### 3.2.4. Turbinski plinomjeri

Za turbinske plinomjere može se navesti da rade po sistemu mjerenja srednje brzine strujanja plina koji protječe kroz poznatu nam površinu presjeka. Glavni dijelovi turbinskih plinomjera su [33]:

- kućište,
- mjerni mehanizam i
- glava s brojčanikom.

Srednja brzina strujanja mjeri se turbinskim rotorom koji je ugrađen u kućište plinomjera. Plin preko usmjerivača strujanja koji je izveden na način da usmjeruje plin na lopatice rotora, ulazi u mjernu sekciju plinomjera te mu se zbog smanjivanja poprečnog presjeka povećava brzina strujanja. Rotor plinomjera pokretan je strujanjem plina preko lopatica plinomjera, te se na taj način preko rotora, pužnim prijenosnikom i dodatnim zupčanicima (sve zajedno smješteno u izlaznom difuzoru) okretaji prenose na brojčanik plinomjera gdje se očitava protekli volumen plina u pogonskom stanju koji se onda korektorom, tj. ispravljачem svodi na standardno stanje. Može se još napomenuti kako se prijenos okretaja preko pužnog prijenosa i zupčanika na brojčanik plinomjera ne prenosi direktno vezom, već su ti dijelovi odvojeni i prijenos se obavlja ugrađenom magnetnom spojkom, a sve u svrhu smanjenja mogućih propuštanja iz kućišta plinomjera. Također postoji i varijanta ugradnje visokofrekventnog davača impulsa okomito na rotor plinomjera (u tom slučaju rotor mora biti izrađen od aluminija), no postoji i opcija ugradnje visokofrekventnog davača impulsa na glavni i referentni rotor, te onda usporedbom količine impulsa glavnog i referentnog rotora moguće je utvrditi da je došlo do oštećenja ili loma unutar turbinskog plinomjera [20,30].



Slika 11. Shema turbinskog plinomjera [20]

Turbinski plinomjer najviše se koristi kod srednjih i visokih tlakova plina, no u nekim slučajevima i kod niskih tlakova, ovisno o distribuiranim količinama plina. Turbinski plinomjeri baš zbog mjerenja velike količine distribuiranog plina koriste se i na primopredajnim stanicama između operatora transportnog i operatora distribucijskog sustava. Dozvoljeno odstupanje kod turbinskih plinomjera propisano je normom HRN EN 12261:2003, ali se granična odstupanja utvrđuju prema preporukama OIML-R 32. Pa su tako dozvoljena odstupanja mjerenja kod turbinskih plinomjera prema OIML-R 32,  $\pm 2\%$  kod  $Q_{\min} \leq Q < Q_t$ , odnosno  $\pm 1\%$  kod  $Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ .  $Q_t$  označava prijelazni protok i ovisi o mjernom području (odnosu minimalnog i maksimalnog protoka), a kreće se u rasponu od  $0,1Q_{\max}$  do  $0,2Q_{\max}$ . Navedene vrijednosti odnose se na turbinske plinomjere kod ispitivanja i ovjeravanja, dok se dozvoljene pogreške u radu povećavaju za 50% [14,30].



*Slika 12. Turbinski plinomjer [34]*

## 4. Referentna mjerila protoka

Kod mjerenja protoka ne postoji osnovni primarni etalon, no postoje već potvrđene i usavršene metode i postupci umjeravanja. Procedura umjeravanja kod većine mjerila protoka zahtijeva uspostavu stacionarnog strujanja kroz ispitnu instalaciju. Nadalje, određuje se volumena ili mase nekog fluida koji je prostrujao kroz mjerilo koje se ispituje u određenom vremenskom intervalu [33].

Kao metode i uređaje za ispitivanje protoka kod plinomjera može se navesti sljedeće [33]:

- kritične sapnice,
- ispitna zvana,
- etalonska mjerila protoka.

Ukratko, kod ispitnih uređaja sa zvonom izravno se uspoređuje obujam plina istisnutog iz zvona (kod ispitivanja plinomjer najčešće se koristi zrak) s onim obujmom kojeg je registrirao ispitivani plinomjer za vrijeme ispitivanja. Kako bi osigurali stabilnost mjerenja bitno je održavati ujednačenu temperaturu okoline, temperaturu kapljevine i plina unutar zvona [30].

Kod etalonskih mjerila protoka ispitivanje i usporedba rezultata odrađuje se na način da se mjerila ugrade u ispitnu instalaciju te se protok koji očitamo na ispitnom mjerilu uspoređuje s protokom na etalonskom mjerilu i na taj način dolazi se do podataka o odstupanju mjerila. Etalonska mjerila protoka samo ćemo nabrojati, pošto nisu predmet ovog diplomskog rada, već će se više pažnje posvetiti metodi ispitivanja s kritičnim sapnicama.

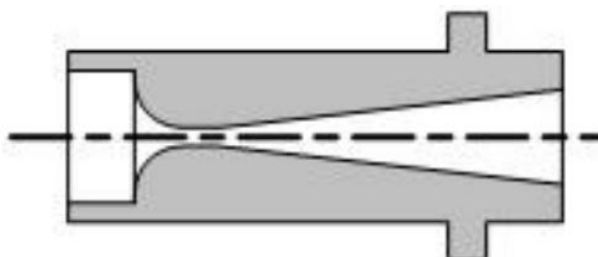
Kao etalonska mjerila protoka mogu se navesti [33]:

- plinomjere s tekućinom,
- plinomjere s rotirajućim komorama,
- plinomjere s rotirajućim klipovima,
- turbinska mjerila protoka.

## 4.1. Kritične sapnice

Mjerila koja rade pomoću kritičnih sapnica u praksi se najčešće primjenjuju za mjerenje i nadzor protoka plinova, ali i kao kalibracijski standardi mjerila protoka plinova te kod laboratorijskih testiranja. Kritične sapnice nude mogućnost pouzdanog mjerenja i reguliranja protoka plinova. Pravilni odabir promjera ušća sapnice rezultira bilo kojim željenim protokom uz pretpostavku da je postignuta brzine zvuka u ušću sapnice [33].

Princip na kojem rade kritične sapnice je sljedeći; prilikom uspostave dovoljno velikog pada tlaka kroz sapnicu dolazi do stvaranja kritičnih uvjeta strujanja koji se uspostavljaju na ušću sapnice. Prilikom uspostavljanja kritičnih uvjeta strujanja brzina strujanja kroz ušće sapnice jednaka je brzini zvuka prostrujavanog plina te u tom slučaju dolazi do zagušenja ušća i maseni protok tada postiže maksimalnu vrijednost za dane ulazne uvijete, bez obzira na daljnje povećanje pada tlaka kroz sapnicu. Pojednostavljeno rečeno, kada plin prolazi kroz sapnicu povećava mu se brzina, a istovremeno dolazi do smanjenja tlaka i gustoće plina. Maksimalna brzina postiže se u sapnici na mjestu najmanjeg promjera (minimalne površine) gdje dolazi do dostizanja brzine zvuka. U tom trenutku protok više nije moguće povećati spuštanjem nizvodnog tlaka te se protok priguši. Sama geometrija sapnica propisana je normom HRN EN ISO 9300:2008 [30].



Slika 13. Presjek kritične sapnice [20]

Pad tlaka kroz sapnicu za kritične uvjete strujanja kroz ušće sapnice uz pretpostavku izentropskog procesa određen je sljedećom jednačinom [30]:

$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (9)$$

gdje je:

$p_1$  - tlak uzvodno od sapnice, Pa

$p_2$  - tlak u ušću sapnice, Pa

$\kappa = \frac{c_p}{c_v}$  - omjer specifičnih toplinskih kapaciteta pri konstantnom tlaku i volumenu

$c_p$  - specifični toplinski kapacitet pri konstantnom tlaku, J/(kgK)

$c_v$  - specifični toplinski kapacitet pri konstantnom volumenu, J/(kgK)

Pomoću jednadžbe za stacionarno izentropsko istrujavanje plina kroz sapnice, jednadžbe kontinuiteta i energetske jednadžbe dolazi se do jednadžbe za maseni protok kod kritičnih uvjeta strujanja, koja je ujedno i jednadžba za idealni maseni protok savršenog plina, dok će se stvarni protok biti nešto drugačiji [30].

$$\dot{m} = \rho_1 \cdot A_1 \cdot \sqrt{2 \cdot R \cdot T} \cdot \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{2}{\kappa-1}}} \quad (10)$$

gdje je:

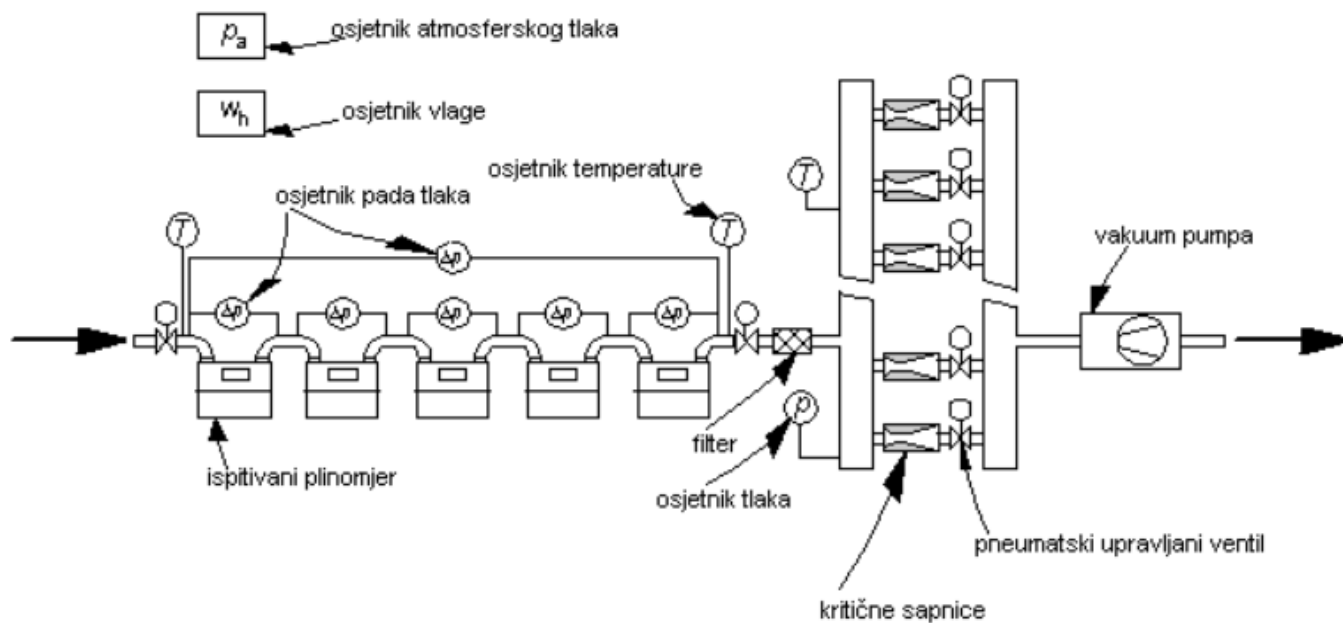
- $\dot{m}$  - maseni protok, kg/s
- $\rho_1$  - gustoća plina uzvodno od sapnice, kg/m<sup>3</sup>
- $A_1$  - površina poprečnog presjeka cjevovoda uzvodno od sapnice, m<sup>2</sup>
- $R$  - plinska konstanta za promatrani plin, J/(kgK)
- $T$  - apsolutna temperatura, K

Kao glavne dijelove uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama može se navesti: ispitna linija, blok s kritičnim sapnicama i pogonski dio. Ispitnu liniju čine ulazni i izlazni ventil, cjevovodi, osjetnici tlaka (za mjerenje atmosferskog tlaka, mjerenje pada tlaka preko svakog ispitivanog plinomjera te za mjerenje pada tlaka preko mjerne linije), osjetnici temperature na ulazu i na izlazu iz ispitne linije i osjetnik vlage. Dok blok s kritičnim sapnicama čine kritične sapnice koje su spojene paralelno, izlazni ventil pojedine sapnice i osjetnici tlaka i temperature na ulazu u kritičnu sapnicu. Kada se govori o pogonskog dijela, upotrebljava se vakuum pumpa čije karakteristike moraju biti takve da se postigne dovoljno velik protok zraka i podtlak da se postigne kritično strujanje na ušću sapnice gdje Machov broj iznosi Ma=1 [21].

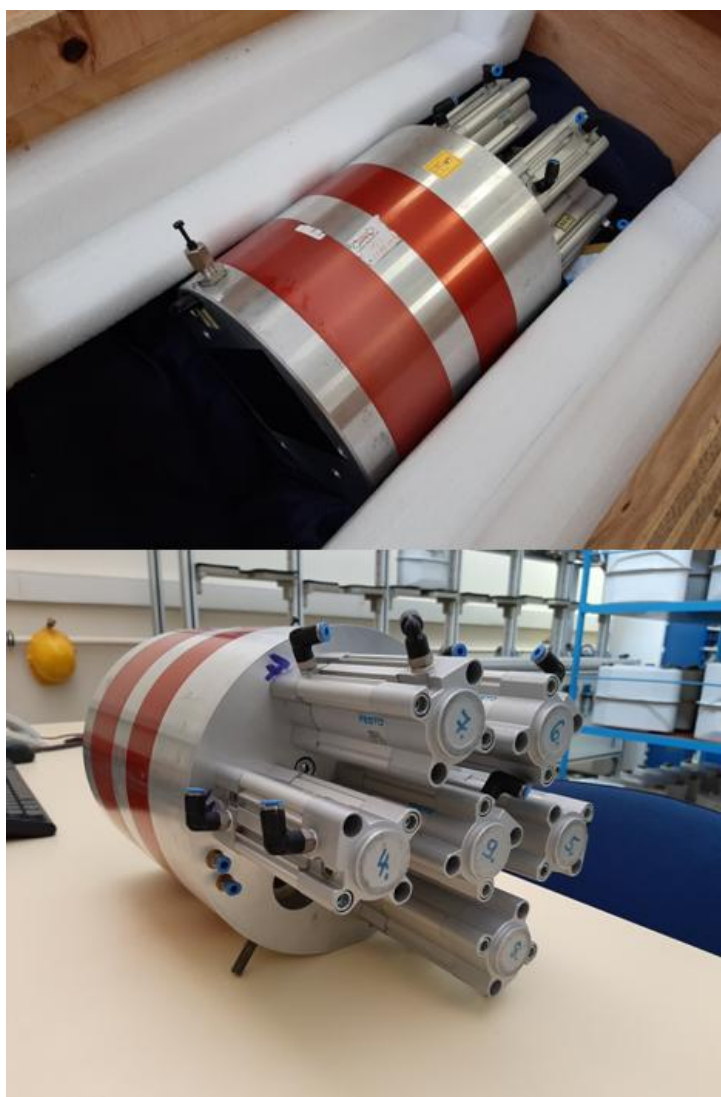
Kod pravilne izvedbe geometrije sapnica prema normi HRN EN ISO 9300, može se postići nesigurnost mjerenja do 0,5%, a umjeravanjem su postizive nesigurnosti manje čak i od 0,2% .

Na Slici 14. prikazana je shema uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama. Princip ispitivanja je sljedeći, vakuum pumpa usisava zrak preko serijski spojenih plinomjera kroz blok u kojem se nalaze kritične sapnice. Kao što se može vidjeti na Slici 14., a već je i navedeno, postavljeni su razni osjetnici: tlaka, padova tlaka, vlage te temperature plina kojim se ispituje. U bloku s kritičnim sapnicama nalazi se više sapnica, umjeravanjem sapnica točno se utvrde protoci kroz svaku sapnicu, mjerna nesigurnost i korekcijski faktor. Pneumatikom se upravlja otvaranjem odnosno zatvaranjem protoka kroz sapnice, a kombinacijom više sapnica mogu se postići različiti protoci.





Slika 14. Shema uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama [21]



Slika 15. Blok s kritičnim sapnicama i pneumatski upravljanim ventilima (fotografirano 28.9.2020.)

## 5. Zakonski okvir pripreme i ovjere plinomjera

Ovjera plinomjera spada u zakonsko mjeriteljstvo te je regulirana Zakonom o mjeriteljstvu (NN 74/14, NN 111/18). Da bi se poduzeće, odnosno pravna osoba uopće mogla baviti ovjeravanjem plinomjera mora zadovoljiti opće uvjete propisane Zakonom o mjeriteljstvu (NN 74/14, NN 111/18) te posebne uvjete propisane Uredbom o posebnim uvjetima koje moraju ispunjavati ovlaštena tijela za obavljanje poslova ovjeravanja zakonitih mjerila i/ili poslova pripreme zakonitih mjerila za ovjeravanje (NN 90/14). Uredbom je između ostalog propisano da pravna osoba koja se bavi pripremom i ovjeravanjem plinomjera treba imati na raspolaganju potrebno osoblje i posjedovati potrebna sredstva. Pravna osoba također mora ispuniti uvjete koji se odnose na etalone, ispitnu opremu i pribor kojima se obavlja priprema i/ili ovjeravanje plinomjera, te mora ispuniti uvjete koji se odnose na prostorije i uvjete u kojima se obavljaju navedeni poslovi. Navedeni uvjeti detaljno su opisani u Dodatku 8. navedene Uredbe. Kada se govori o osoblju, Uredbom je određeno da pravna osoba mora imati zaposlena najmanje dva djelatnika s položenim ispitom za ovlaštenog mjeritelja ukoliko se bavi ovjerom zakonitih mjerila, dok za obavljanje poslova pripreme zakonitih mjerila za ovjeravanje pravna osoba mora imati zaposlenog najmanje jednog djelatnika s položenim ispitom za ovlaštenog servisera. Također Uredbom je propisano da se stručna i tehnička osposobljenost pravne osobe za obavljanje ovih poslova dokazuje potvrdom o akreditaciji koja mora biti izdana od nadležnog tijela za akreditaciju (HAA) u skladu s normom HRN EN ISO/IEC 17020. – zahtjevi za rad različitih tijela koja provode inspekciju. Uredbom je točno propisana dokumentacija koju mora imati ovlašteno tijelo za ovjeravanje i/ili pripremu plinomjera za ovjeravanje [35].

Što se tiče samih uređaja za ispitivanje plinomjera, uređaji moraju zadovoljiti uvjete propisane Pravilnikom o mjeriteljski zahtjevima za uređaje za ispitivanje plinomjera (NN 137/03). U navedenom Pravilniku definirano je što se sve podrazumijeva pod uređajima za ispitivanje plinomjera, definirane su najveće dopuštene pogreške instrumenta za mjerenje i udešavanje protoka zraka, definirano je kakva se mjerila tlaka i temperature moraju upotrebljavati na uređajima te je za svaku vrstu uređaja opisano od čega se sve uređaj sastoji i također je za svaku vrstu priložena shema samog uređaja. Navedenim pravilnikom propisani su još razni drugi zahtjevi, ovisno o vrsti uređaja za ispitivanje plinomjera. Može se napomenuti da što se tiče manometra koji se moraju upotrebljavati na uređajima, manometri moraju biti razreda točnosti 1, a termometri s najvećom vrijednosti podjeljka od 0,1 °C [21].

Kada se govori o zahtjevima koje moraju ispuniti plinomjeri, ovdje se može navesti Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN 21/2016) i dodatak MI-002

koji se direktno odnosi na plinomjere. Spomenutim pravilnikom u pravni poredak Republike Hrvatske prenesena je direktiva 2014/32/EU Europskog parlamenta i Vijeća [25].

Za sam postupka ispitivanja i ovjeravanja plinomjera koji su predmet ovog rada, najvažniji je Pravilnik o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19). Navedenim Pravilnikom između ostalog propisan je sam postupak ispitivanja plinomjera prilikom redovne ili izvanredne ovjere, propisan je sadržaj i rok čuvanja ispitnog izvješća, određena je najveća dopuštena pogreška (NDP) i slično. NDP ovisi o razredu točnosti kao što se može vidjeti u Tablici 3. Također NDP ovisi o tome da li se radi o redovnoj ili izvanrednoj ovjeri ili pak se radi o plinomjerima u uporabi.

Tablica 3. NDP prema razredu točnosti - izrada autora prema Pravilniku [24]

NDP kod redovne i izvanredne ovjere		
Protok ( $m^3/h$ )	Razred točnosti	
	1,5	1,0
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$	3 %	2 %
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$	1,5 %	1 %
NDP kod plinomjera u uporabi		
Protok ( $m^3/h$ )	Razred točnosti	
	1,5	1,0
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$	6 %	3 %
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$	2 %	1 %

Navedene vrijednosti NDP definirane Pravilnikom ne primjenjuju se nužno na sve plinomjere, već prednost NDP za plinomjere koji su stavljeni u uporabu prije stupanja ovog Pravilnika na snagu ima NDP koja je bila utvrđena propisom koji je bio na snazi u vrijeme stavljanja tog mjerila u uporabu, odnosno NDP koja je navedena u tipnom odobrenju mjerila [24].

Prijelazni protok  $Q_t$  protok je između najvećeg i najmanjeg protoka, a ovisi o području protoka, odnosno o omjeru  $Q_{\min}$  i  $Q_{\max}$ . Vrijednosti  $Q_t$  navedene su u Tablici 4. O samim ovjernim razdobljima će se govoriti u sljedećem poglavlju rada.

Tablica 4. Vrijednosti prijelaznog protoka  $Q_t$  [24]

Područje protoka ( $Q_{\min}:Q_{\max}$ )	$Q_t$ (prijelazni protok)
$\leq 1 : 20$	$0,20Q_{\max}$
$1 : 30$	$0,15Q_{\max}$
$1 : 50$	$0,0Q_{\max}$
$> 1 : 50$	$0,05Q_{\max}$

## 6. Važnost ovjeravanja plinomjera u Hrvatskoj

Poslove ispitivanja i ovjeravanja protočnih mjerila obujma plina u neslužbenom razgovoru naziva se baždarenjem pa se često upotrebljavaju termini baždarenje plinomjere ili baždarnica kao naziv za prostor inspekcije u kojem se plinomjeri ispituju i ovjeravaju. Kao što navodi Grgić u svom članku "Muke po umjeravanju ili kalibraciji" iz časopisa Svijet po mjeri (broj 1/2016) baždarenje je zastarjeli naziv, koji se sve rjeđe upotrebljava i koji je naginjao prema pojmu ovjeravanja [31].

Ovjeravanje plinomjera može se podijeliti u tri kategorije, a to bi bilo: prvo, redovno ili izvanredno. Pojam ovjeravanja plinomjera podrazumijeva dokaz da plinomjer zadovoljava utvrđene zahtjeve. Naime, ukoliko je određeni plinomjer ovjeren od strane ovlaštenog tijela nosi ovjerne oznake te udovoljava propisanim mu mjeriteljskim zahtjevima. Stoga određeni plinomjer nakon isteklog ovjernog razdoblja može ponovo na tržište tek kada se ponovno ovjeri od strane ovlaštenog tijela. Za različite vrste plinomjera propisana su različita ovjerna razdoblja pa se tako plinomjeri maksimalnog protoka do  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  ovjeravaju na razdoblje od 10 godina, a ako se mjerna točnost tih plinomjera utvrdi statističkom metodom ispitivanja ovjerno razdoblje im se produljuje za četiri godine. Turbinski plinomjeri i plinomjeri s rotacijskim klipovima maksimalnog protoka do  $250 \text{ m}^3/\text{h}$  ovjeravaju se na rok od 12 godina, a plinomjeri maksimalnog protoka iznad  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ , turbinski plinomjeri i plinomjeri s rotacijskim klipovima maksimalnog protoka iznad  $250 \text{ m}^3/\text{h}$  ovjeravaju se na rok od 16 godina. Sve navedeno propisano je Pravilnikom o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila (NN 133/20) [23]. Kako ne bi došlo do zabune, treba navesti da valjanost ovjernog razdoblja za redovno ovjeravanje zakonitih mjerila, u ovom slučaju plinomjera koji su ovjereni prije stupanja na snagu navedenog Pravilnika vrijedi prema Pravilniku koje je bio na snazi u vrijeme ovjeravanja. U slučaju plinomjera maksimalnog protoka do  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  Pravilnikom o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila (NN 107/2015) definirano je da se plinomjeri maksimalnog protoka do  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  ovjeravaju na razdoblje od osam godina, da bi se Pravilnikom o izmjenama i dopunama pravilnika o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila (NN 66/2018) koji je na snazi od 20.7.2018. godine ovjerno razdoblje promijenilo na 10 godina, što se je zadržalo i u Pravilniku koji je trenutno na snazi. Navedeni pravilnici više nisu na snazi, ali ta ovjerna razdoblja i dalje vrijede za plinomjera koji su bili ovjereni u vrijeme kada su bili na snazi [22,23].

Kada se govori o umjeravanju etalona koji se koriste za ovjeravanje plinomjera, Pravilnikom koji je trenutno na snazi određeno je da je umjerno razdoblje etalona za ovjeravanje plinomjera pet godina.

## **6.1. Poduzeća koja se bave pripremom i ovjerom plinomjera u Hrvatskoj**

Niže su navedena poduzeća koja se u Hrvatskoj bave pripremom i ovjeravanjem plinomjera. Navedena poduzeća ispunjavaju opće i posebne uvjete propisane Zakonom o mjeriteljstvu (NN 74/14 i NN 111/18) i Uredbom o posebnim uvjetima koje moraju ispunjavati ovlaštena tijela za obavljanje poslova ovjeravanja zakonitih mjerila i/ili poslova pripreme zakonitih mjerila za ovjeravanje (NN 90/14). Poduzeća su ovlaštena od strane Državnog zavoda za mjeriteljstvo kao pravne osobe za pregled i pripremanje zakonitih mjerila za ovjeravanje te za samo ovjeravanje zakonitih mjerila, u ovom slučaju plinomjera. U Hrvatskoj postoji sedam ovlaštenih tijela za pripremu za ovjeravanje te pet ovlaštenih tijela za ovjeru protočnih mjerila obujma plina odnosno plinomjera. Mogu se navesti poduzeća koja se bave samo pripremom zakonitih mjerila za ovjeravanje, ali nisu ovlaštena za ovjeru. U ovom slučaju su to prema podacima DZM-a Međimurje-plin d.o.o., Čakovec i Energo d.o.o., Rijeka. Navedena poduzeća sama rade pripremu odnosno ispitivanje plinomjera, dok za njih sve ostale poslove i samu ovjeru obavlja ovlaštena osoba DZM-a. Također, prema podacima DZM-a, ovlaštena tijela za ovjeru plinomjera su slijedeće pravne osobe [5,6]:

- Tot-promet d.o.o. (oznaka 19)
- Gradska plinara Zagreb d.o.o. (oznaka 24)
- IKOM d.o.o. (oznaka 21)
- Termoplin d.d. (oznaka 38)
- Specijalna oprema Lučko d.o.o. (oznaka 40).

Poduzeće Tot-promet d.o.o. čija je djelatnost servis i ovjeravanje vodomjera i plinomjera, trgovina i usluge, od Državnog zavoda za mjeriteljstvo dobilo je odobrenje za obavljanje poslova ovjeravanja zakonitih mjerila. Naime, poduzeće je ovlašteno za poslove redovne i izvanredne ovjere plinomjera maksimalnog protoka do 650 m<sup>3</sup>/h.

Gradska plinara Zagreb d.o.o. obavlja reguliranu energetska djelatnost distribucije plina, a u sklopu Sektora za usluge korisnicima i kupcima ima Službu ispitivanja i umjeravanja mjerno-regulacijske opreme. Prema podacima Državnog zavoda za mjeriteljstvo ovo je poduzeće ovlašteno za poslove redovne i izvanredne ovjere plinomjera protoka  $\leq 400$  m<sup>3</sup>/h.

Poduzeće IKOM d.o.o. bavi se razvojem, proizvodnjom i prodajom mjerno-regulacijske opreme te popratne opreme za vodu i plin. Nadalje, ovlašteni su za poslove redovne i izvanredne ovjere plinomjera maksimalnog protoka do 10 m<sup>3</sup>/h.

Poduzeće Termoplin d.d. čija se osnovna djelatnost distribucija i opskrba plina također ovjerava plinomjere. Naime, Termoplin d.d. ovlašten je za poslove redovne i izvanredne ovjere plinomjera maksimalnog protoka do 10 m<sup>3</sup>/h. Ovjeravanje plinomjera obavlja se u prostoru inspekcije koji se nalazi u krugu poduzeća u Varaždinu. Poduzeće ovjerava plinomjere za vlastite potrebe, ali pruža i usluge ovjeravanja drugim plinarskim društvima. Detaljniji opis pripreme i ovjere plinomjera u poduzeću Termoplin d.d. opisan je u poglavljima u nastavku.

Specijalna oprema Lučko d.o.o. unutar svoje temeljne djelatnosti, razvija, konstruira, proizvodi, montira, servisira, ispituje i ovjerava opremu za potrebe naftne, plinske i petrokemijske industrije. Ovlašteni su tako za ovjeravanje plinomjera maksimalnog protoka do 10 m<sup>3</sup>/h te turbinskih plinomjera i plinomjeri s rotacijskim klipovima maksimalnog protoka do 10 000 m<sup>3</sup>/h.

## 7. Priprema i ovjera plinomjera u poduzeću Termoplin d.d.

### 7.1. O poduzeću Termoplin d.d.

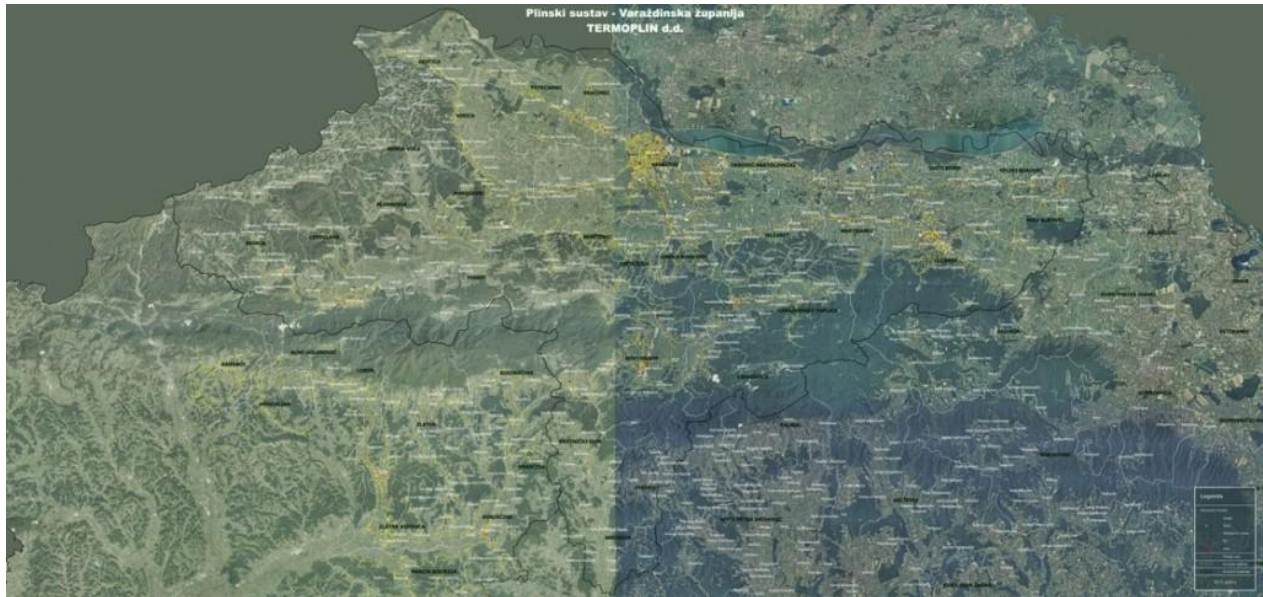
Poduzeće Termoplin d.d. Varaždin registrirano je kod Trgovačkog suda u Varaždinu pod brojem upisa Tt-95/12-2 u svrhu obavljanja temeljene djelatnosti distribucije i opskrbe prirodnim plinom. Posluje kao dioničko društvo s temeljnim kapitalom od 100.026.000,00 kuna podijeljenih na 50.013 redovite dionice na ime, svaka nominalne vrijednosti od 2.000,00 kuna. Upravu društva čini direktorica gospođa Grbac Nevenka, dok je do 17.04.2020. godine to bio direktor gospodin Topolnjak Ivan. Nadzorni odbor sastoji se od predsjednika čiju funkciju obnaša Topolnjak Ivan i pet članova. Poduzeće ima jedno ovisno društvo, a to je Plin Konjščina d.o.o. u kojem je vlasnik 94,88% poslovnog udjela.

Termoplin d.d. Varaždin jedno je od prvih poduzeća koje je nastalo s ciljem distribucije plina na području Republike Hrvatske. Odluka o osnivanju Pogona za plinifikaciju, kako govore prvi službeni podaci, donijeta je na 10. redovnoj sjednici Radničkog savjeta GIK Zagorje Varaždin održanoj 29. listopada 1970. godine. Usporedno s izgradnjom plinske mreže razvija se i organizacijska struktura Pogona za plinifikaciju koji 7. travnja 1972. godine dobiva status Osnovne organizacije udruženog rada (OOUR) u sastavu GIK Zagorje. Naime, tada se mijenja i naziv poduzeća, a daljnje poslovanje razvija se pod današnjim imenom.

Prethodne je godine, odnosno 29. listopada 2020. obilježeno 50 godina Termoplina koji posluje kao dioničko društvo, a osnovna mu je djelatnost opskrba i distribucija prirodnog plina. Misija poduzeća je „*sigurna i pouzdana distribucija te pravovremena i kontinuirana opskrba prirodnim plinom*“. Dok je sama svrha djelovanja uspostavljanje korektnog odnosa sa svim korisnicima poduzeća koji su prepoznali prirodni plin kao ekološki prihvatljiv i sigurni energent. Nadalje, vizija Termoplina d.d. je „*unaprjeđenje kvalitete života svojih krajnjih potrošača kroz nove tehnologije u distribuciji prirodnog plina i stalnim unaprjeđenjem kvalitete usluga*“. Kao strateški cilj poduzeća navodi se „*ostvarenje vodeće uloge među distributerima Sjeverozapadne Hrvatske, ali i okrupnjavanje i pripajanje ovisnih društva, stvaranje neupitnih pretpostavki za povezivanjem i daljnje širenje distribucijske mreže, opremanje telemetrijom i daljinskim nadzorom sve više mjernih mjesta*“ [16].

Poduzeće Termoplin d.d. Varaždin kao jedno od vodećih u plinskoj djelatnosti danas broji oko 33.500 fizičkih osoba i 3.000 pravnih osoba priključenih na distribucijski sustav, uz napomenu da njihov broj konstantno raste. Plinski sustav Termoplina obuhvaća tako gotovo čitavu Varaždinsku županiju. Naime, distribucijsko područje obuhvaća sljedeće gradove: Varaždin, Lepoglava, Ludbreg, Novi Marof (izuzev naselja Završje i Filipići), Varaždinske

Toplice, Ivanec (naselja Radovan, Lovrečan, Škriljevec), a i općine kako slijedi u nastavku: Bednja, Beretinec, Breznički Hum, Cestica, Donji Martijanec, Gornji Kneginec, Jalžabet, Ljubešćica, Mali Bukovec, Maruševac, Petrijanec, Sračinec, Sveti Đurđ, Sveti Ilija, Trnovec Bartolovečki, Veliki Bukovec, Vidovec, Vinica. Navedeno se može vidjeti iz kartografskog prikaza u nastavku.



*Slika 16. Distribucijsko područje Termoplina d.d. Varaždin [16]*

Poduzeće Termoplina d.d. obavlja stoga djelatnost distribucije i opskrbe prirodnim plinom na području 24 jedinice lokalne uprave u Varaždinskoj županiji. Navedeni se podaci mogu pronaći i na mrežnim stranicama Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA) odnosno u aplikaciji iPLIN (Informator za kupce plina iz kategorije kućanstvo koji koriste opskrbu u obvezi javne usluge). Kako bi poduzeće uopće moglo pružiti usluge distribucije plinom mora imati dozvolu od HERA-e. Poduzeću Termoplina d.d. dozvola za distribuciju plina izdana je 04.11.2018.godine na 15 godina pod brojem 07000009-0009-09/03-I/18. Također, dozvola je potrebna i za djelatnost opskrbe plinom koja je Termoplina posljednje izdana 28.01.2008. godine također na 15 godina pod brojem 070000094-0356/08. Dozvolom za opskrbu plinom Termoplina d.d. Varaždin obavlja reguliranu djelatnost opskrbe u obvezi javne usluge i tržišnu djelatnost opskrbe, dok je distribucija plina ustrojena isključivo kao regulirana djelatnost. Također, bitno je napomenuti da je 18. prosinca 2020. donesena odluka o određivanju opskrbljivača plinom za kućanstva koja koriste javnu uslugu za sva distribucijska područja u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 1. travnja 2021. do 30. rujna 2024. godine gdje je Termoplina d.d. Varaždin nakon javnog natječaja dobio distribucijsko područje Varaždinske županije [9].



### 7.1.1. Odjel inspekcije plinomjera

Osnivanjem Odjela inspekcije unutar društva te uvođenjem sustava upravljanja prema normi HRN EN ISO/IEC 17020 omogućen je neovisan i nepristran rad inspeksijskog tijela u poduzeću i osigurana je sljedivost mjernih rezultata prema nacionalnim i međunarodnim etalonima. Poduzeće Termoplin d.d. bavi se ovjeravanjem plinomjera još od 1978. godine. U početku se za ispitivanje plinomjera koristio uređaj sa zvonom koji se može vidjeti na Slici 17.



*Slika 17. Uređaj sa zvonom za ispitivanje plinomjera (fotografirano 30.6.2021.)*

U današnje vrijeme postupak ispitivanja plinomjera odrađuje se pomoću uređaja s kritičnim sapnicama. Naime, Termoplin d.d. posjeduje dvije ispitne linije s kritičnim sapnicama, obje su marke INOTECH. Na prvoj ispitnoj liniji istovremeno se može odrađivati šest serijski spojenih plinomjera, dok druga ispitna linija ima mogućnost istovremenog ispitivanja pet plinomjera, ali njezina prednost je u tome što ima temperaturnu komoru.



*Slika 18. Ispitni uređaj s kritičnim sapnicama- Ispitna linija 1 (fotografirano 30.6.2021.)*



*Slika 19. Ispitni uređaj s kritičnim sapnicama i temperaturnom komorom – Ispitna linija 2 (fotografirano 30.6.2021.)*

## 7.2. Ispitivanje i priprema plinomjera za ovjeravanje pomoću uređaja s kritičnim sapnicama

Prilikom redovne ovjere, kada se plinomjeri zaprimu u Odjel inspekcije sam postupak ispitivanja i pripreme plinomjera za ovjeravanje veoma je kompleksan. Nakon zaprimanja plinomjere je potrebno ispuhati od eventualnih nečistoća koje su možda završile u njima tijekom korištenja. Prilikom ispuhivanja plinomjera važno je regulirati tlak zraka kojim se plinomjer ispuhuje kako ne bi došlo do oštećenja koje bi moglo utjecati na rad. Nadalje, potrebno je čepovima zatvoriti ulaz i izlaz iz plinomjera kako u njemu ne bi završila nečistoća, zatim slijedi pranje plinomjera koje se može obavljati ručno ili u specijalnim perilicama. Nakon završetka pranja plinomjeri se odlažu na police kako bi se osušili.



*Slika 20. Plinomjeri odloženi za pranje (fotografirano 30.6.2021.)*

Poslije sušenja, plinomjerima se skida stara ovjerna oznaka (utisni žig) te se brojčanik plinomjera vraća na stanje „0“ i odlažu se na kolica kojima se transportiraju u prostoriju gdje se radi ispitivanje i priprema plinomjera. Prije samog početka, plinomjer mora u prostoriji u kojoj će se pregledavati i ispitivati provesti najmanje 12 sati, navedeno se provodi kako bi se temperatura plinomjera izjednačila s temperaturom prostorije. Nakon ispunjenja tog uvjeta, prvo se provodi vizualni i funkcijski pregled plinomjera gdje se provjeravaju eventualna mehanička oštećenja na plinomjeru, pojava korozije koja bi eventualno mogla utjecati na točnost mjerenja i slično te se provjerava sukladnost mjerila s odobrenim tipom i kompletni natpisi i oznake na natpisnoj pločici plinomjera [24].



*Slika 21. Natpisna pločica G4 plinomjera (fotografirano 27.8.2021.)*

Ukoliko plinomjer zadovolji sve uvjete kod vizualne i funkcijske kontrole prelazi se na ispitivanje točnosti plinomjera. Kod ispitivanja točnosti plinomjera, plinomjeri se montiraju na ispitnu liniju i uključuje se programska podrška (Slike 23. i 24.) koja upravlja ispitivanjem. Prvo slijedi testiranje samog ispitnog sustava, ukoliko postoji problem u ispitnom sustavu program se ne može nastaviti prije njegova otklanjana.



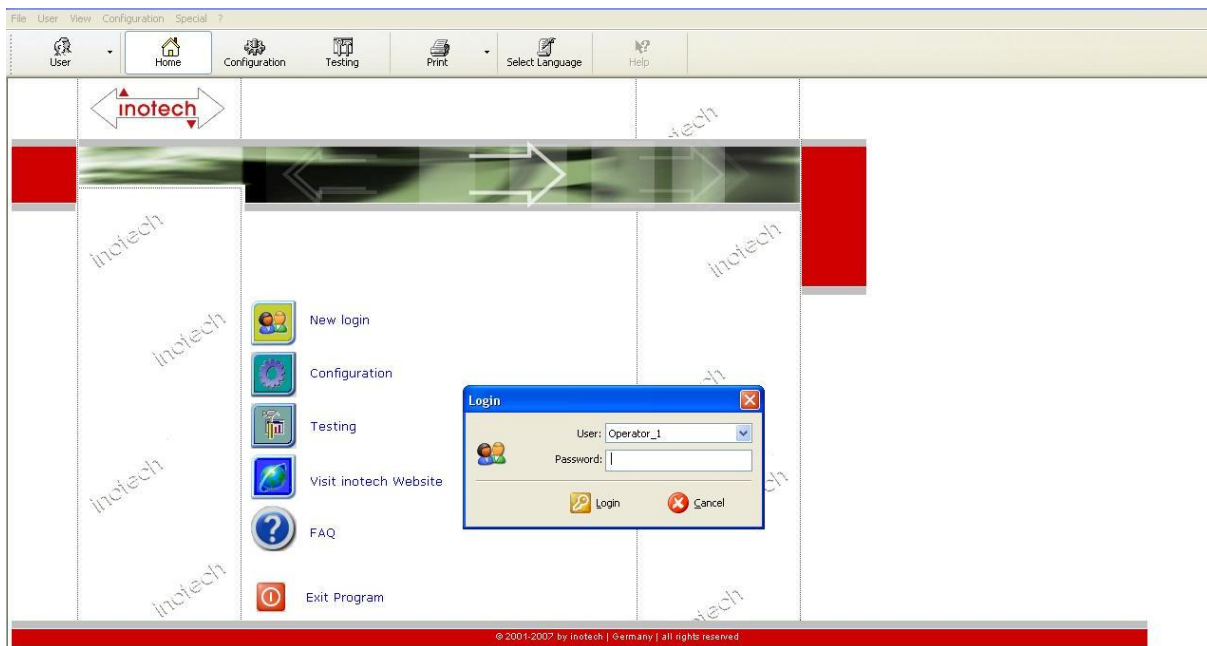
*Slika 22. Plinomjeri G4 montirani na ispitnoj liniji (fotografirano 30.8.2021.)*

Ukoliko testiranje sustava prođe bez problema, izabire se vrsta plinomjera, u ovom slučaju radi se o G4 plinomjerima (Slika 25.) i prelazi se na unos ostalih podataka o plinomjerima koji se nalaze na ispitnoj liniji. U ovom koraku u programsku podršku unose se podaci o plinomjeru kao što su serijski broj, proizvođač plinomjera, godina proizvodnje, tipno odobrenje i slično (Slika 26.). Podaci se mogu unijeti direktno u računalo ili se neki podaci mogu očitati putem daljinskog čitača i prenijeti u računalo. Također ukoliko se ispitivanje plinomjera provodi bez skidanja brojčanika potrebno je unijeti stanje brojčanika. Ako pak se ispitivanje provodi skidanjem brojčanika, na plinomjer se postavi magnetna spojka s podijeljenim poljima prikazana na Slici 22., preko kojih se optički očitava okretanje magnetne spojke te se na taj način izračuna obujam plina koji registrira mehanizam plinomjera. Zatim slijedi odabir procedure (Slika 27.) kojom će se ispitivati plinomjeri i definiranje valjanost ovjerne oznake, potom se može početi s ispitivanjem plinomjera.

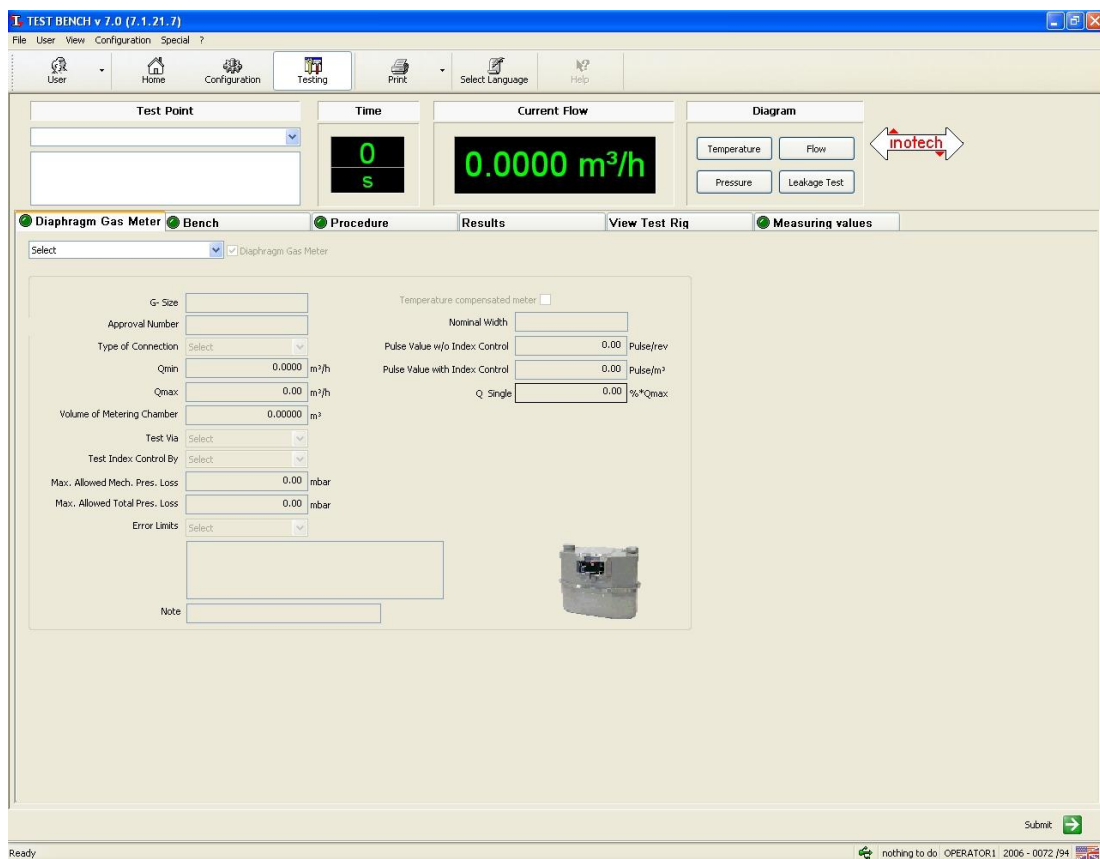
Kod ispitivanja plinomjera temperatura zraka u prostoriji mora biti unutar  $20 \pm 5$  °C, s time da se temperatura zraka pojedinih mjestima prostorije ne smije razlikovati za više od 1°C. Procedura počinje s uhadavanjem plinomjera gdje se kroz plinomjer propušta određena količina zraka pri maksimalnom protoku. Nakon uhadavanja plinomjera, prvo ispitivanje koje se provodi je ispitivanje na nepropusnost. Sam uređaj kompletno ispitivanje nepropusnosti (Slika 28.) obavlja automatizirano i nije moguće nastaviti ispitivanje ukoliko je kućište plinomjera ili bilo koji dio linije za ispitivanje plinomjera propustan. Rezultat ispitivanje nepropusnosti može se vidjeti na zaslonu računala. Zatim slijedi ispitivanje točnosti pokazivanja plinomjera koje se provodi na sljedećim protocima;  $Q_{\min} < Q < 2Q_{\min}$ ;  $0,2Q_{\max}$ ;  $Q_{\max}$ . Od navedenih protoka se može odstupati do 5%, a važno je napomenuti da se plinomjeri koji su u uporabi ispituju na protocima utvrđenim propisima koji su bili na snazi u vrijeme stavljanja u uporabu, odnosno na protocima utvrđenim u tipnom odobrenju [24]. Prvo ispitivanje točnosti provodi se na maksimalnom protoku  $Q_{\max}$  (Slika 29.) pri kojem se kroz plinomjer propušta 300 litara zraka. Nakon završetka ispitivanja točnosti na  $Q_{\max}$  slijedi ispitivanje točnosti kod  $0,2Q_{\max}$  (Slika 30.) gdje se kroz plinomjer propušta 100 litara zraka i za kraj ostaje ispitivanje plinomjera kod  $Q_{\min}$  (Slika 31.) gdje se kroz plinomjer propušta 20 litara zraka [27]. Kod svih ispitivanja točnosti bilježe se padovi tlaka i pogreška mjerenja koju računalo izračunava i bilježi. Kad završe ispitivanja na prethodno navedenim protocima (Slika 32.), računalna podrška uzima u obzir odstupanje mehanizma plinomjera i ponudi par zupčanika i matematički izračunava predviđenu pogrešku s ponuđenim zupčanicima (Slika 33.). Računalo je preko matematičkog modela izračunalo par zupčanika kojim će se greška pokazivanja plinomjera ispraviti, odnosno svesti na optimalnu kod svih protoka na kojima je plinomjer ispitivan. Prikaz plinomjera bez magnetne spojke, te magnetna spojka, par zupčanika i brojčanik prikazani su na Slici 34, dok je na Slici 35. prikazana

tabela promjenjivih parova zupčanika koji se montiraju na plinomjer u svrhu korekcije mjernog mehanizma. Na slici se može vidjeti odstupanje određenog para zupčanika u odnosu na nulu, tj. očekivana vrijednost korekcija svakog para zupčanika. Uzmimo za primjer par zupčanika 32/39, prikazana korekcija u tablici iznosi 2,5% što znači da ukoliko taj par zupčanika montiramo na plinomjer, rezultati mjerenja će se korigirati za 2,5% u pozitivan smjer. Ovo je samo računski model jer se stvarni rezultati uvijek u određenoj mjeri razlikuju od izračunate korekcije stoga se ponovno provodi niže opisana provjera kod  $Q_{\max}$ . Valja još navesti da „*Plinomjer ne smije iskorištavati NDP-ove niti sustavno pogodovati bilo kojoj strani. Ako tijekom ovjere sve pogreške unutar mjernog raspona mjernog instrumenta imaju isti predznak, onda iznos barem jedne od pogrešaka mora biti manji od polovične vrijednosti najveće dopuštene pogreške*“ [24].

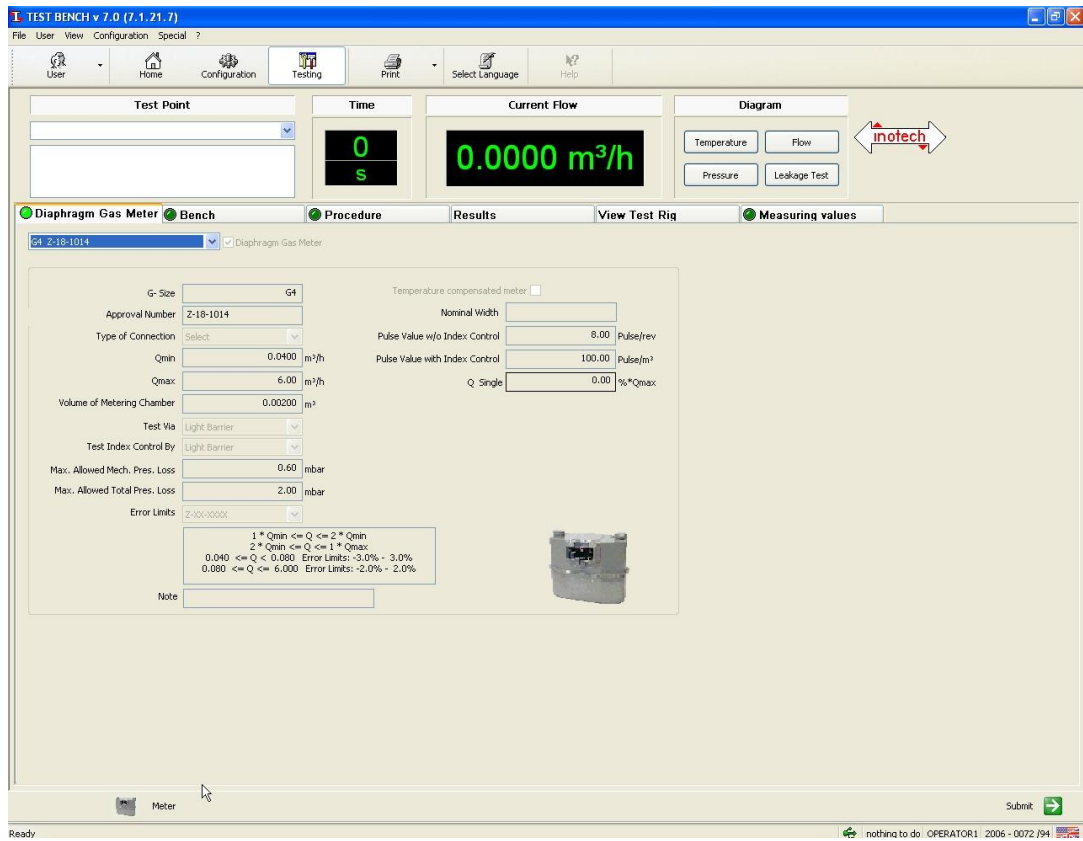
Nakon postavljanja ponuđenih parova zupčanika na ispitivane plinomjere, kao što smo već naveli, slijedi još jedna provjera kod  $Q_{\max}$  (Slika 36.) kako bi se provjerilo da li ti zupčanici zadovoljavaju i kako se u konačnici odnose na mjerni rezultat. Ukoliko se posljednje ispitivanje kod  $Q_{\max}$  nakon montaže zupčanika ne razlikuje za više od  $\pm 0,6\%$  od matematičkog izračuna greške (Slika 33.), i rezultat je još uvijek u dozvoljenim granicama NDP-a, taj plinomjer je zadovoljio uvjete ispitivanja (Slika 37.). Zatim slijedi pohranjivanje na računalo i ispis Izvješća o ispitivanju kojeg potpisuje i stavlja pečat ovlaštenu servisera, na Slici 38. prikazan je primjer takvog Izvješća o ispitivanju. Plinomjeri koji su ispravni, na Izvješću su označeni bijelom bojom, dok su neispravni plinomjeri označeni crvenom bojom (u prikazanom slučaju svi su plinomjeri ispravni). Plinomjeri koji su na Izvješću označeni kao ispravni obilježavaju se i odlažu se na posebna kolica kako ne bi došlo do zamjene plinomjera koji moraju proći statističku kontrolu prije same ovjere, plinomjera za ispitivanje i neispravnih plinomjera. Neispravni plinomjeri koji nisu zadovoljili uvjete, obilježavaju se i odlažu za otpis.



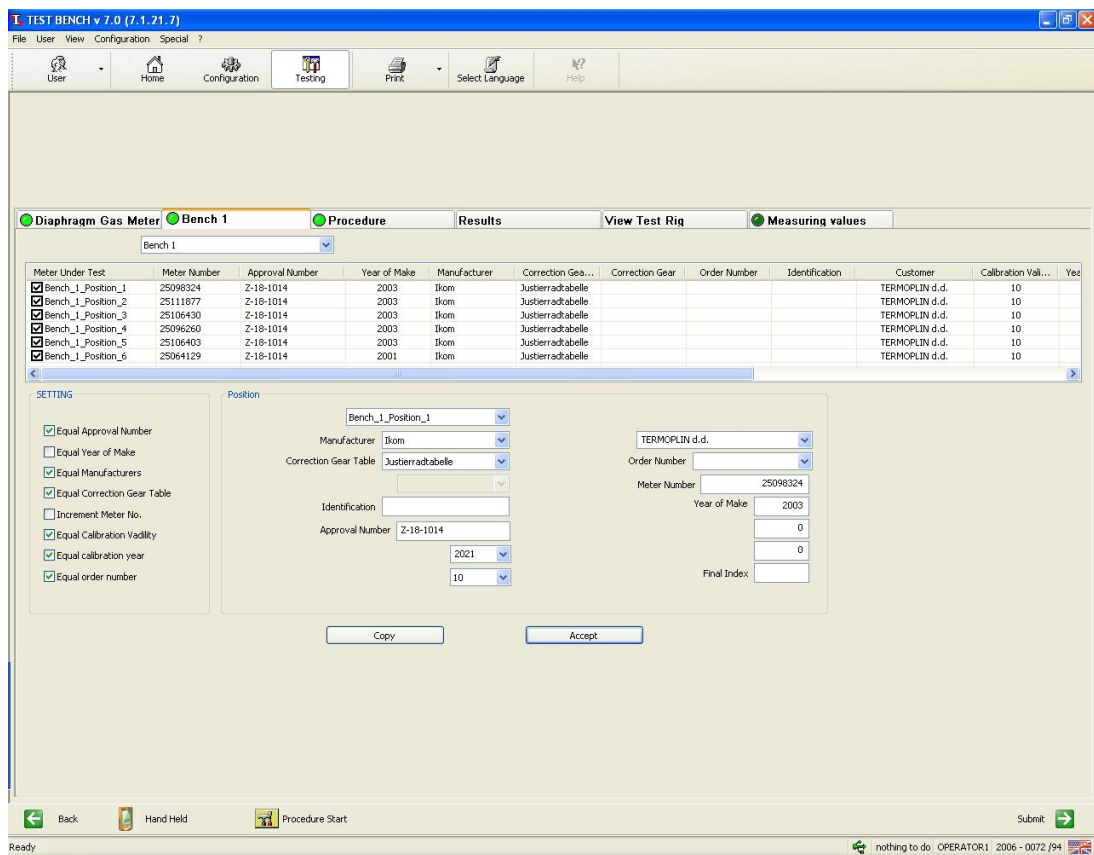
Slika 23. Program za provedbu ispitivanja



Slika 24. Pokretanje programa za provedbu ispitivanja

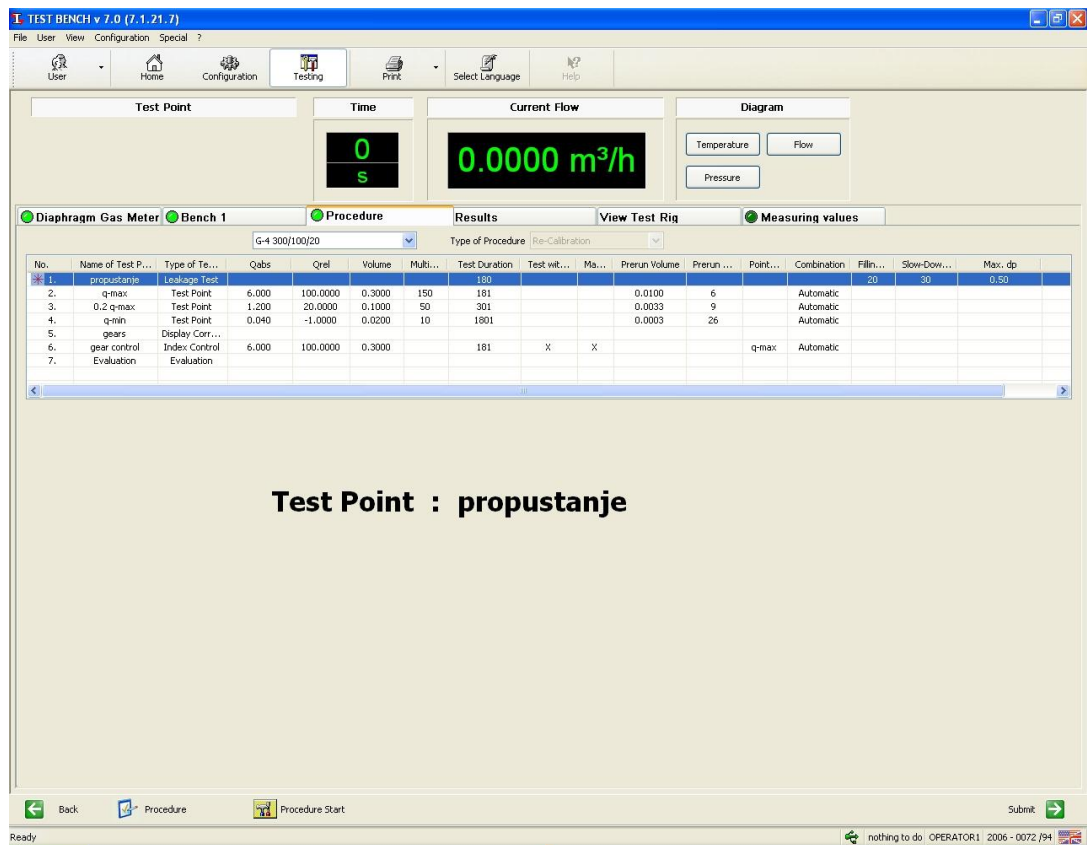


Slika 25. Izbor tipa plinomjera

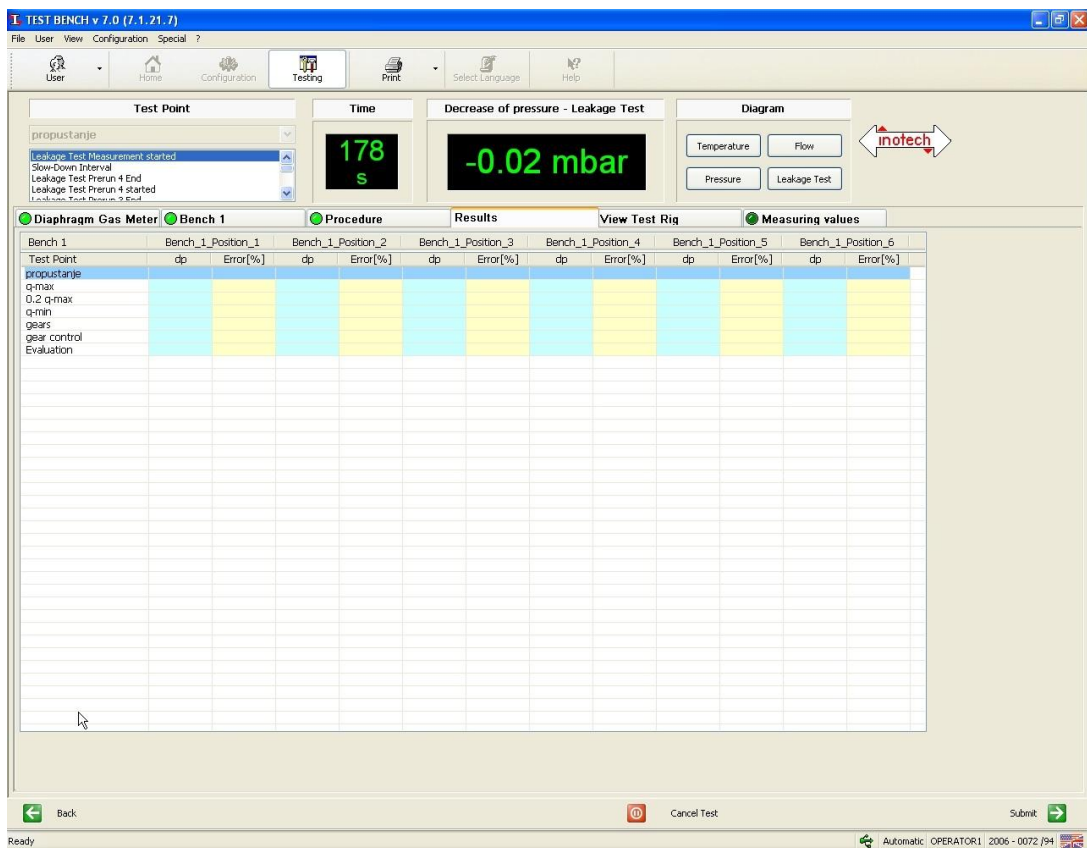


Slika 26. Unos podataka o ispitivanim plinomjerima

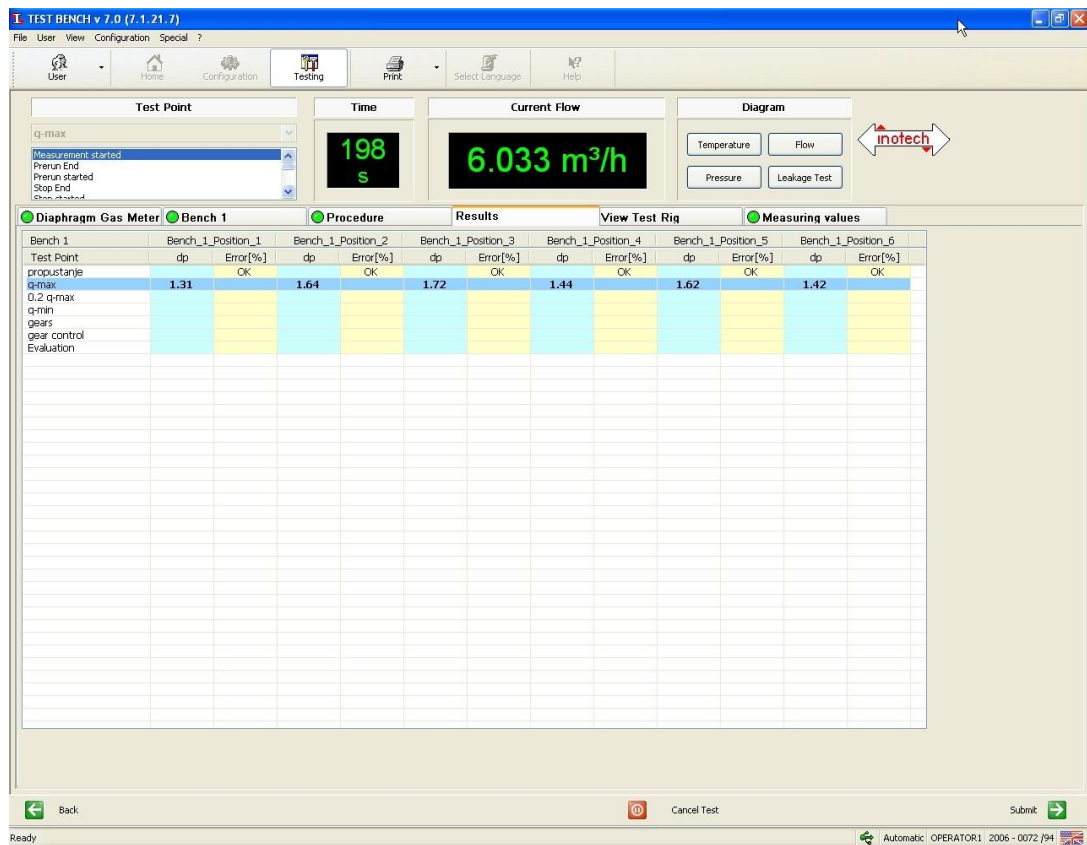




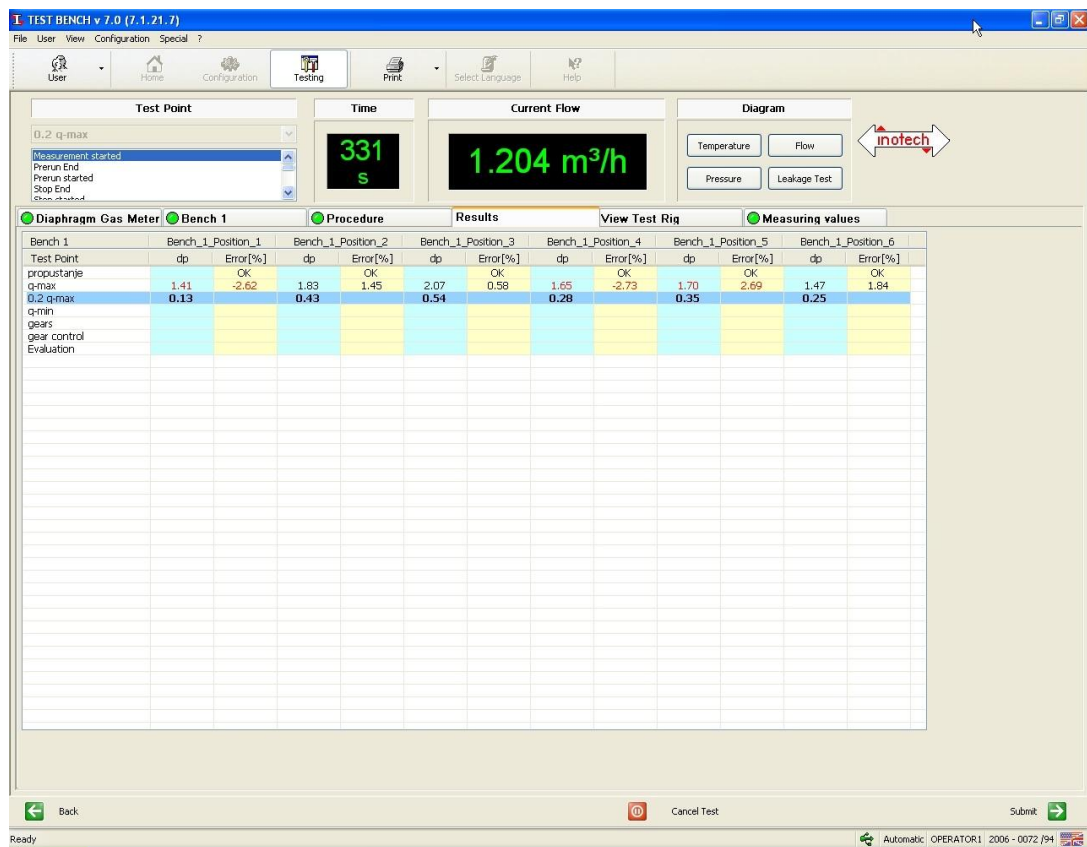
Slika 27. Postavke procedure



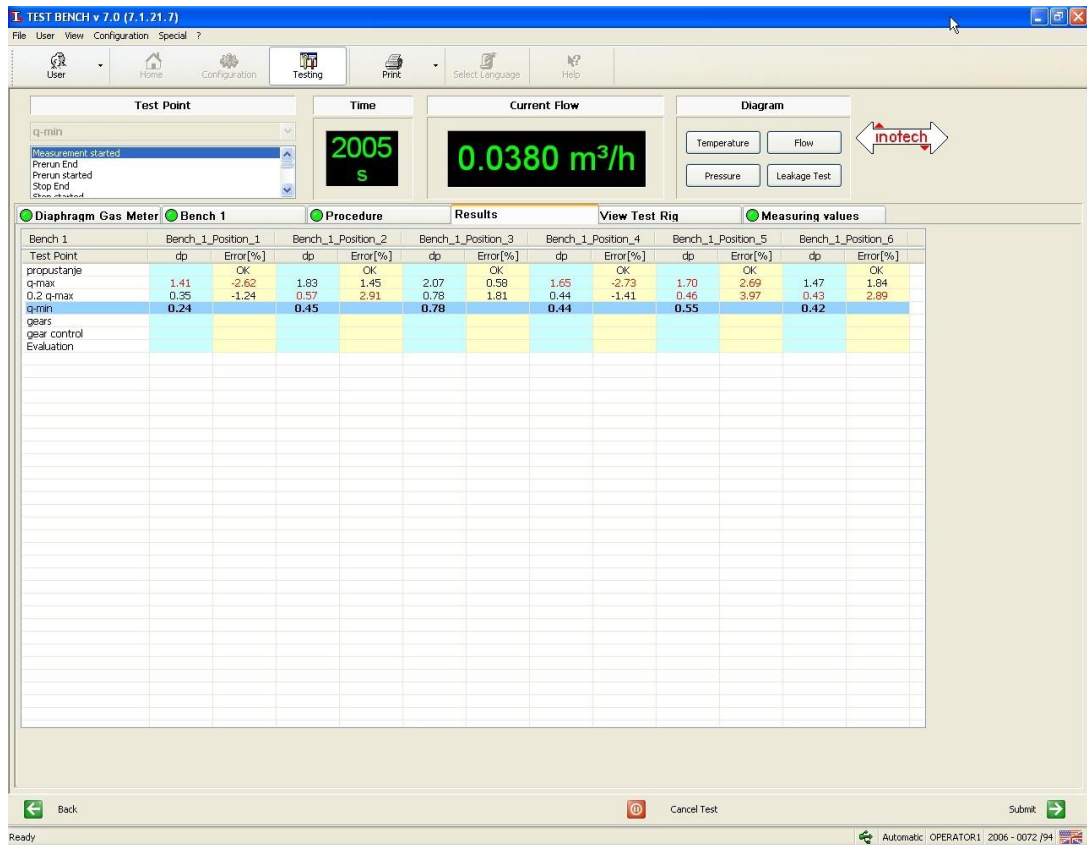
Slika 28. Test propusnosti



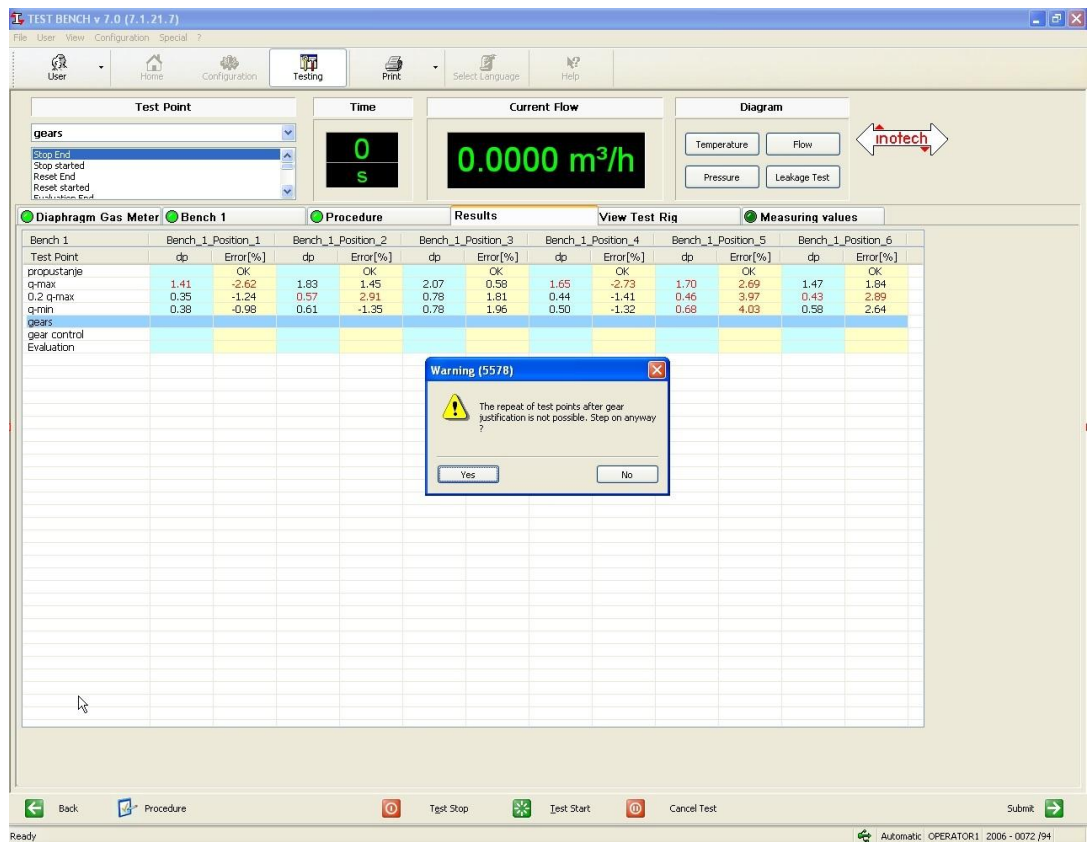
Slika 29. Ispitivanje kod protoka  $Q_{max}$



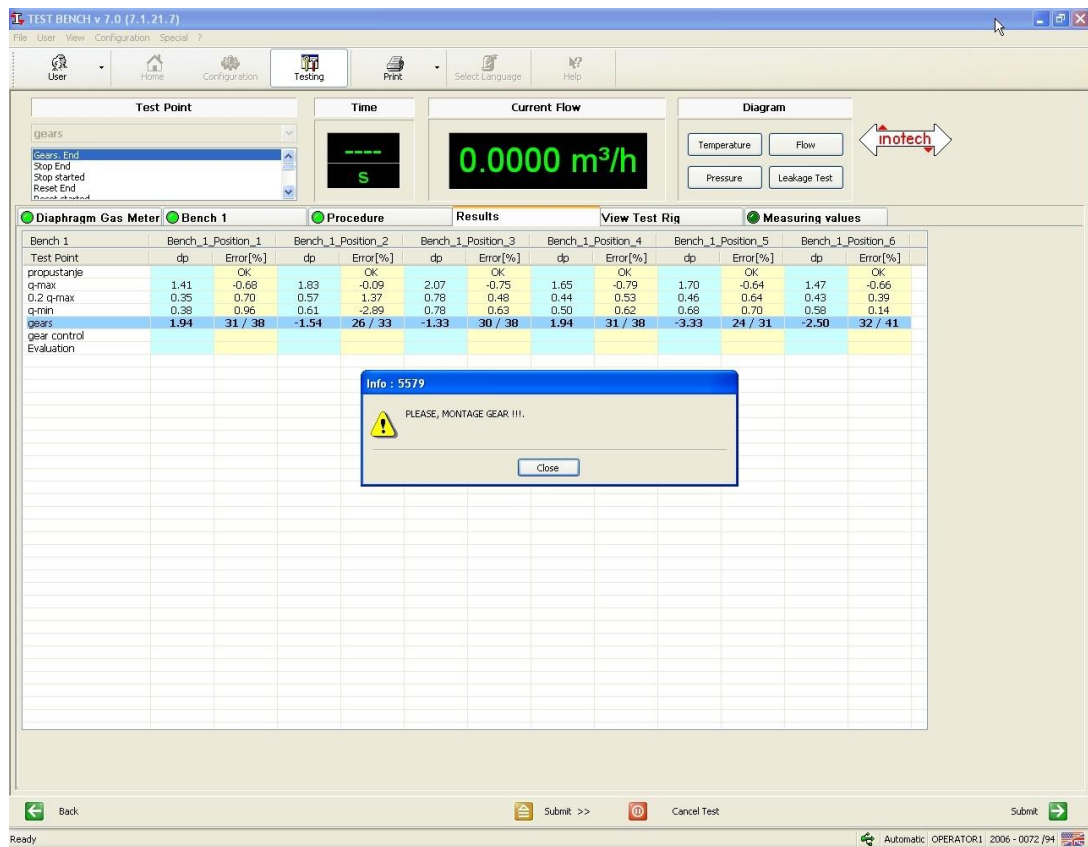
Slika 30. Ispitivanje kod protoka  $0,2Q_{max}$



Slika 31. Ispitivanje kod protoka  $Q_{min}$



Slika 32. Rezultati ispitivanja prije ponuđenih parova zupčanika i uračunate korekcije



Slika 33. Rezultati ispitivanja s ponuđenim parovima zupčanika i uračunatom korekcijom



Slika 34. Prikaz plinomjera, magnetne spojke, para zupčanika i brojčanika (fotografirano 15.9.2021.)

# TABELA PROMJENLJIVIH ZUPCANIKA

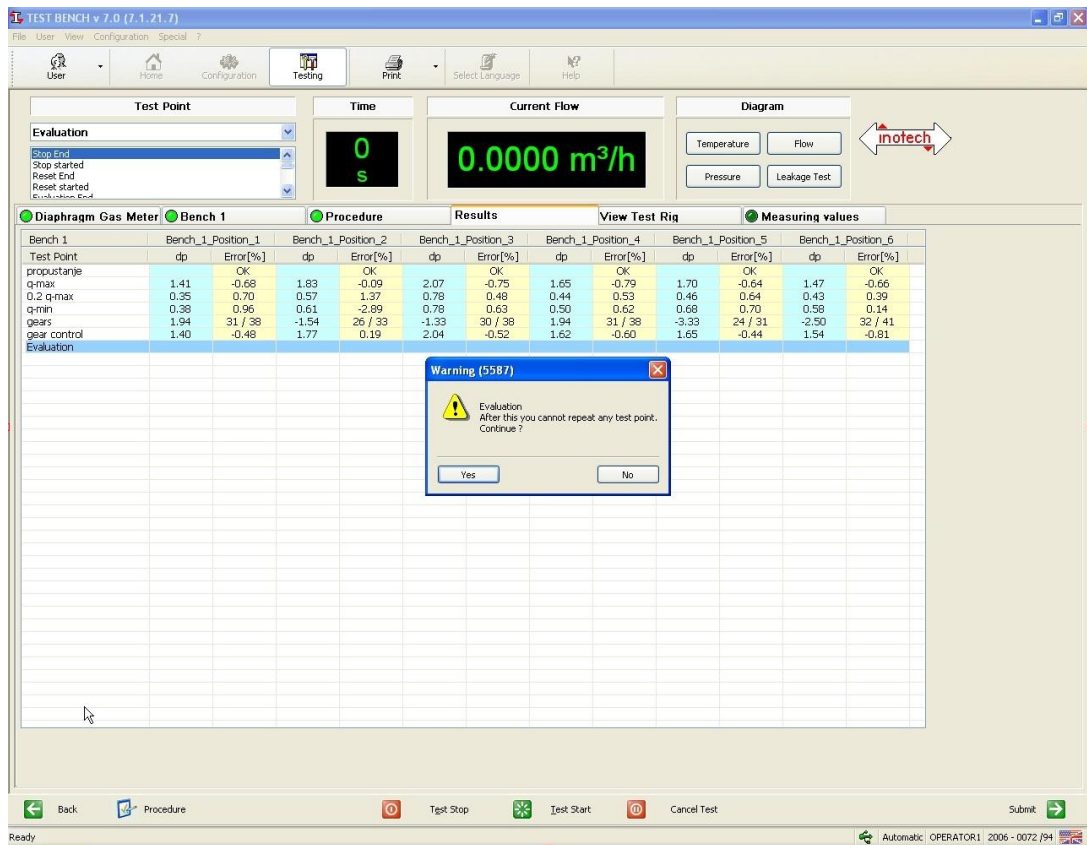
## TABELA PROMJENLJIVIH ZUPCANIKA ZA PLINOMJER

Upotreba za	Par promjenljivih zupčanika		Odstupanje u odnosu na nulu	Upotreba za
	Broj zubi na			
	plinomjeru	brojčaniku		
	38	44	7,37	
	30	35	6,67	
	28	33	5,71	
	32	38	5	
	42	50	4,76	
	36	43	4,44	
	30	36	4	
	44	53	3,64	
	24	29	3,33	
	33	40	3,03	
	28	34	2,86	
	37	45	2,7	
	32	39	2,5	
	36	44	2,22	
	31	38	1,94	
	35	43	1,71	
	26	32	1,54	
	30	37	1,33	
	38	47	1,05	
	25	31	0,8	
	37	46	0,54	
	49	61	0,4	
	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	
	47	59	-0,4	
	35	44	-0,57	
	27	34	-0,74	
	38	48	-1,05	
	30	38	-1,33	
	26	33	-1,54	
	33	42	-1,82	
	29	37	-2,07	
	36	46	-2,22	
	32	41	-2,5	
	28	36	-2,86	
	38	49	-3,16	
	24	31	-3,33	
	34	44	-3,53	
	37	48	-3,78	
	33	43	-4,24	
	29	38	-4,83	
	38	50	-5,26	
	24	32	-6,67	
	32	43	-7,5	
	28	38	-8,57	

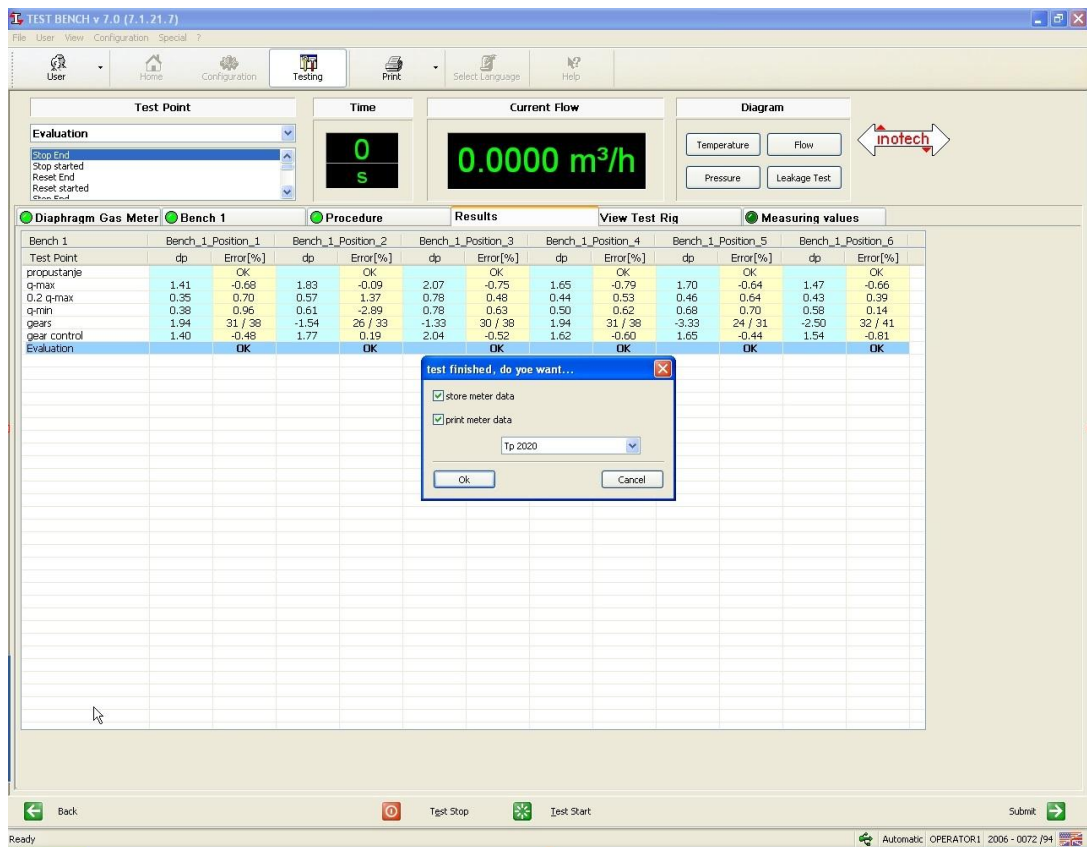
Plus pokazivanje za regulaciju na minus

Minus pokazivanje za regulaciju na plus

Slika 35. Promjenljivi parova zupčanika s prikazom korekcije



Slika 36. Provjera plinomjera s predloženim zupčanicima kod protoka  $Q_{max}$



Slika 37. Ispis rezultata i spremanje u arhivu

**IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU - Linija 1**  
**OTO 38 - TERMOPLIN d.d. Varaždin, V. Spinčića 80, 42000 Varaždin**

Tip:	Plinomjer s mjetom G4	Mjerni volumen (m <sup>3</sup> ): 0.002 Kol. imp. po okr. osovine: 8 Količina imp. po (m <sup>3</sup> ): 100	Valjanost ovjernog žiga: 10 Serviser: OPERATOR1 Datum i vrijeme ispitivanja: 30.8.2021 10:42:00 Način ispitivanja: redovno Broj izvješća: 5966
------	--------------------------	--	--

Mjerna točka	Q [m <sup>3</sup> /h]	Vol [m <sup>3</sup> ]	Tlak [mbar]	Temp. NB [°C]	Vlažnost [%]	Atmosferski tlak [mbar]
Q <sub>max</sub>	6.01	0.308	984.82	20.79	44.79	994.95
0,2 Q <sub>max</sub>	1.21	0.101	993.15	20.79	44.79	995.02
Q <sub>min</sub>	0.04	0.020	993.96	20.80	44.88	995.16
CC	6.02	0.301	985.57		45.74	995.53

**REZULTATI VIZUALNOG PREGLEDA I ISPITIVANJA TOČNOSTI**

Pl	Plinomjer br.	Proizvođač	God. proizv.	Vlasnik mjerila	Tipno odobrenje	Q <sub>max</sub> (%)	0,2 Q <sub>max</sub> (%)	Q <sub>Min</sub> (%)	ZVWK (%)	Zupčanici	Kod pogr.	DP-Max
1	25098324	Ikcm	2003	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.68	0.70	0.96	-0.48	31/38	0	1.41
2	25111877	Ikcm	2003	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.09	1.37	-2.89	0.19	26/33	0	1.83
3	25106430	Ikcm	2003	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.75	0.48	0.63	-0.52	30/38	0	2.07
4	25096260	Ikcm	2003	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.79	0.63	0.62	-0.60	31/38	0	1.66
5	25106403	Ikcm	2003	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.64	0.64	0.70	-0.44	24/31	0	1.70
6	25064129	Ikcm	2001	TERMOPLIN d.d.	Z-18-1014	-0.66	0.39	0.14	-0.81	32/41	0	1.47

*Na svim mjerilima obuhvaćenima ovim ispitivanjem izvršen je vanjski pregled i sva mjerila su u skladu sa propisanim odredbama.*

Ocjena ispravnosti mjerila:  ispravno  neispravno

Naziv mjerne metode: Ispitivanje točnosti pokazivanja plinomjera na uređaju sa kritičnim sapnicama

**Mjeriteljski zahtjevi:**

- Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN 21/16)
- Pravilnik o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19)

Serviser:

Ovlašteni mjeritelj:

str. 1/2

*Slika 38. Izvješće o ispitivanju*

Serviser ispituje sve plinomjere i za sve plinomjere radi se Izvješće o ispitivanju. Zatim plinomjere koji su prošli postupaka ispitivanja, tj. plinomjere koji su označeni kao ispravni serviser preko aplikacije prijavljuje u sustav DZM-a, odnosno predaje zahtjev za ovjeru ovlaštenom tijelu sa svim potrebnim podacima o plinomjeru kako bi naknadno ovlašteni mjeritelj mogao pristupiti statističkom ispitivanju plinomjera. Kao što se može vidjeti na Slici 39. u aplikaciju se unose podaci kao što su: tip zahtjeva (u ovom slučaju radi se o redovnom ovjeravanju), tvornička oznaka, serijski broj, naziv proizvođača, mjerno područje, tipno odobrenje mjerila, broj Izvješća o ispitivanju, naziv korisnika mjerila, njegova adresa i mjesto pregleda mjerila. Kada su svi podaci upisani zahtjev se šalje DZM-u (Slika 40.). Zatim se izrađuje dokument „Ispitna i kontrolna izvješća“ u kojem je sortiran popis svih plinomjera (prema proizvođaču, tipu, vrsti i protoku Q<sub>max</sub>), a sve u svrhu preglednosti i olakšavanja samog postupka statističkog ispitivanja plinomjera. U tablici je točno upisana količina plinomjera prema tipovima i koliki je minimalni uzorak plinomjera za statističku kontrolu. Ovlašteni mjeritelj zatim kontrolira dokument i ukoliko je sve u redu potpisuje ga, stavlja pečat i prelazi na statističko ispitivanje.

Zahtjev (verzija 3.0.1.0)

Postavke    Otvori spremjeni zahtjev    Spremi zahtjev    Pošalji

Ovlašteni servis br.: 180

Tvrtka: TERMOPLIN d.d.    OIB: 70140364776  
 Adresa: V. Spiničića 78    Telefon: 042231444  
 Fax: 042232636    Mjesto: Varaždin 42 000    E. pošta:

Institucija: 38 - TERMOPLIN d.d.

**ZAHTEJEV ZA OVJERU MJERILA**    Broj: 26 / 2021

Redni broj	Šifra mjerila	Tip zahtjeva	Tvornička oznaka mjerila	Serijski broj	Proizvođač mjerila	Mjerno područje		Službena oznaka tipa			Broj izvješća	Naziv korisnika mjerila	Adresa korisnika	Mjesto pregleda	Stari ovjerni žig			
						od	do	Izvor	Grupa	Podgrupa					Br. odobrenja	Država	Institucija	Djelatnik
101	0610	R	G4	12507239	Schlumberger	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1014	4901	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
105	0610	R	G4	11196493	Schlumberger	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1014	4901	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
106	0610	R	G4	20633939	Schlumberger	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1014	4900	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
107	0610	R	G4	20466499	Schlumberger	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1014	4900	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
16	0610	R	G4	11508965	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
17	0610	R	G4	11129315	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
18	0610	R	G4	10673722	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
19	0610	R	G4	16207291	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
20	0610	R	G4	13753321	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
24	0610	R	G4	16201032	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		
26	0610	R	G4	10942607	Kromschroder	0.04m...	6m3/h	HR	Z	18	1013	5956	TERMOPLIN d.d.	V. Spiničića 80, 4...	TERMOPLIN d.d.	HR		

Predloženi datum pregleda: 27. kolovoza 2021.    Potpis i pečat odgovorne osobe

Napomena:

Za mjerilo pod sljedećim rednim brojem molimo izdati ovjernice:    Ukupno: 0

Redni broj:     Datum stvarnog pregleda: 27. kolovoza 2021.

Slika 39. Primjer zahtjeva za ovjeru

Zahtjev (verzija 3.0.1.0)

Postavke    Otvori spremjeni zahtjev    Spremi zahtjev    Pošalji

Ovlašteni servis br.: 180

Tvrtka: TERMOPLIN d.d.    OIB: 70140364776  
 Adresa: V. Spiničića 78    Telefon: 042231444  
 Fax: 042232636    Mjesto: Varaždin 42 000    E. pošta:

Institucija: 38 - TERMOPLIN d.d.

**ZAHTEJEV ZA OVJERU MJERILA**    Broj: 26 / 2021

Redni broj	Šifra mjerila	Tip zahtjeva	Tvornička oznaka mjerila	Serijski broj	Proizvođač mjerila	Mjerno područje		Službena oznaka tipa			Broj izvješća	Naziv korisnika mjerila	Adresa korisnika	Mjesto pregleda	Stari ovjerni žig		
						od	do	Izvor	Grupa	Podgrupa					Br. odobrenja	Država	Institucija
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Zahtjev je uspješno poslan!</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">U redu</a></p> </div>																	

Predloženi datum pregleda: 27. kolovoza 2021.    Potpis i pečat odgovorne osobe

Napomena:

Za mjerilo pod sljedećim rednim brojem molimo izdati ovjernice:    Ukupno: 0

Redni broj:     Datum stvarnog pregleda: 27. kolovoza 2021.

Slika 40. Slanje zahtjeva za ovjeru





**TERMOPLIN** d.d. VARAŽDIN

regionalni distributer

## ISPITNA I KONTROLNA IZVJEŠĆA

OVJERA MJERILA 26/2021

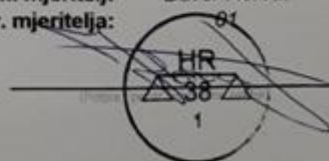
Ovlašteno tijelo za ovjeru: 38  
Ovlašteni servis: 180

### POPIS MJERILA PO TIPOVIMA (sl.oznaka)

Proizvođač	Tv. oz. mjer	Sl. oznaka tipa	TERMOPLIN	uzorak	UKUPNO		
IKOM	G-4	Z-18-1014	21	5	21		
ACTARIS	G-4	Z-18-1014	12	3	12		
ITRON	G-4 MM	DE08MI002PTB006	29	8	29		
ACTARIS	G-4 MM	Z-18-1014	24	5	24		
KROMSCHRODER	G-4	Z-18-1013	7	3	7		
SCHLUMBERGER	G-4	Z-18-1014	16	5	16		
Honeywell	G-4	DE07MI002PTB001	1	1	1		
ELSTER	G-4	DE07MI002PTB001	4	4	4		
ITRON	G-4	DE08MI002PTB006	4	4	4		
UKUPNO:			0	56	0	14	118

datum ovjere: 27.08.2021.

ovlaštenu mjeritelj: Davor Horvat  
br. mjeritelja: 91



Slika 41. Primjer ispitnog i kontrolnog izvješća (fotografirano 30.8.2021.)

### 7.3. Ovjera plinomjera

Ovlašteni mjeritelj počinje provoditi statističko ispitivanje plinomjera, koje se provodi ispitivanjem uzorka „n“ na osnovu veličine ukupne serije „N“. Serija plinomjera može se sastojati samo od plinomjera istog proizvođača, istog tipa, iste vrste i istog protoka  $Q_{max}$ , kao što je to prikazano (sortirano) na Slici 41.. Statističko uzorkovanje može se provesti jednostrukim uzorkovanjem, dvostrukim uzorkovanjem ili slobodno dogovorenim uzorkovanjem. U ovom slučaju ispitivanje će se odraditi jednostrukim uzorkovanjem prema Pravilniku o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19). Veličina uzorka ovisi o tome da li su plinomjeri stavljeni u uporabu temeljem Pravilnika o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN 21/16), za njih vrijedi Tablica 5. ili na temelju propisa koji je bilo na snazi u vrijeme stavljanja mjerila u uporabu, pa tada vrijedi Tablica 6. [24].

*Tablica 5. Jednostruko uzorkovanje plinomjera stavljenih u uporabu na temelju Pravilnika o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila [24]*

Veličina serije N	Jednostruko uzorkovanje	
	n	c
42 - 90	13	0
91 – 150	20	0
151 – 280	50	0
281 – 500	80	0
501 - 1200	32	1

*Tablica 6. Jednostruko uzorkovanje plinomjera koji su stavljeni u uporabu na temelju propisa koji je bio na snazi u vrijeme stavljanja u uporabu [24]*

Veličina serije N	Jednostruko uzorkovanje	
	n	c
9 - 15	3	0
16 – 25	5	0
26 – 41	8	0
42 – 90	13	0
91 – 150	20	1
151 – 280	32	2
281 – 500	50	3
501 - 1200	80	5

gdje je:

- N - veličina serije
- n - veličina uzorka u jedinicama
- c - kriterij prihvaćanja

Nakon određivanja veličine uzorka, kao što je to prikazano na Slici 41. i slučajnim uzimanjem uzorka, slijedi vizualni pregled (prema poglavlju 7.2.), a koji moraju zadovoljiti svi plinomjeri iz uzorka. Potom se provodi ispitivanje točnosti sličnim postupkom kao što je to već također opisano u poglavlju 7.2., no ovoga puta se to radi bez skidanja brojčanika i nisu dozvoljene nikakve korekcije na plinomjeru. Kriterij prihvaćanja „c“ označava broj plinomjera koji mogu biti negativno ocijenjeni prilikom ispitivanja točnosti u ukupnom uzorku, a da se serija može proglasiti zadovoljavajućom. Ukoliko je serija proglašena zadovoljavajućom, a u uzorku je bilo negativno ocijenjenih plinomjera (manje ili jednako dozvoljeno kriterijem prihvaćanja), takvi plinomjeri se uklanjaju. Ukoliko uzorak ne zadovolji (broj plinomjera koji su negativno ocijenjeni je veći od kriterija prihvaćanja „c“), smatra se da svi plinomjeri iz te serije nisu zadovoljili. Mjerila koja nisu zadovoljila označavaju se posebnom naljepnicom „mjerilo je neispravno“ i odlažu se za otpis. Ukoliko uzorci zadovolje sve propisane zahtjeve, plinomjeri se mogu ovjeriti.

Nakon završetka statističkog ispitivanja ispisuje se i pohranjuje Izvješće o ispitivanju kojeg potpisuje i stavlja pečat ovlaštenu mjeritelj, ujedno potpisuje i sva Izvješća o ispitivanju iz kojih je odabran uzorak, ukoliko su svi plinomjeri zadovoljili mjeriteljske i tehničke zahtjeve.

Nakon odrađene statističke kontrole, ovlaštenu mjeritelj prijavljuje se u aplikaciju DZM-a te prihvaća zahtjev za ovjeru predan od strane ovlaštenog servisera i unosi podatke o novom ovjernom žigu (institucija koja ovjerava, djelatnik, godina, valjanost ovjernog žiga i slično) za sve plinomjere koji su zadovoljili mjeriteljske i tehničke zahtjeve.

Nakon završenog postupka na plinomjer se mogu postaviti ovjerne oznake. Sam oblik, vrsta i način postavljanja ovjerne oznake definiran je Pravilnikom o vrsti, obliku i načinu postavljanja državnih ovjernih oznaka koje se rabe kod ovjeravanja zakonitih mjerila, oznaka za označivanje mjerila, oznaka koje rabe ovlaštena tijela za pripremu zakonitih mjerila za ovjeravanje te ovjernih isprava (NN 133/20). Na ovjernom žigu podaci su o ovjeravatelju (ovjernom tijelu), ovlaštenom mjeritelju i o godini ovjeravanja.



Slika 42. Osnovni i godišnji ovjerni žig [23]



Slika 43. Ovjerna oznaka na plinomjeru i kliješta za utiskivanje ovjerne oznake s osnovnim i godišnjim ovjernim žigom (fotografirano 1.9.2021.)

**IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU - Linija 1**  
**OTO 38 - TERMOPLIN d.d. Varaždin, V. Spinčića 80, 42000 Varaždin**

Tip: Veličina:	Plinomjer s mjehom G4	Mjerni volumen (m <sup>3</sup> ): Kol. imp. po okr. osovine: Količina imp. po (m <sup>3</sup> ):	0,002 8 100	Valjanost ovjernog žiga: Serviser: Datum i vrijeme ispitivanja: Način ispitivanja: Broj izvješća:	10 OPERATOR1 26.8.2021 14:55:00 Test 5962	
<b>Mjerna točka</b>	<b>Q [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Vol [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Tlak [mbar]</b>	<b>Temp. NB [°C]</b>	<b>Vlažnost [%]</b>	<b>Atmosferski tlak [mbar]</b>
Q <sub>max</sub>	6.06	0.300	984.54	22.72	44.13	992.45
0,2 Q <sub>max</sub>	1.22	0.099	991.12	22.63	44.13	992.38
Q <sub>min</sub>	0.04	0.010	991.20	22.55	44.15	992.09

**REZULTATI VIZUALNOG PREGLEDA I ISPITIVANJA TOČNOSTI**

PI	Plinomjer br.	Proizvođač	God. proizv.	Vlasnik mjerila	Tipno odobrenje	Q <sub>max</sub> (%)	0,2 Q <sub>max</sub> (%)	Q <sub>Min</sub> (%)	ZWK (%)	Zupcanici	Kod pogr.	DP-Max
1	29389477	Elster	2012	TERMOPLIN d.d.	DE07M002PTB001	0.08	0.57	-0.99			0	1.35
2	28648432	Elster	2011	TERMOPLIN d.d.	DE07M002PTB001	0.48	0.12	-0.27			0	1.44
3	29404660	Elster	2012	TERMOPLIN d.d.	DE07M002PTB001	0.04	0.42	-0.92			0	1.32
4	25547510	Itron	2012	TERMOPLIN d.d.	DE08M002PTB006	-1.48	0.04	-0.18			0	1.20
5	25547452	Itron	2012	TERMOPLIN d.d.	DE08M002PTB006	-0.91	0.56	0.07			0	1.16
6	25547453	Itron	2012	TERMOPLIN d.d.	DE08M002PTB006	-0.63	0.62	0.31			0	1.17

*Na svim mjerilima obuhvaćenima ovim ispitivanjem izvršen je vanjski pregled i sva mjerila su u skladu sa propisanim odredbama.*

Ocjena ispravnosti mjerila:  ispravno  neispravno

Naziv mjerne metode: Ispitivanje točnosti pokazivanja plinomjera na uređaju sa kritičnim sapnicama

**Mjeriteljski zahtjevi:**

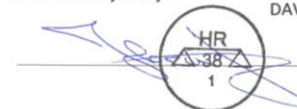
- Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila (NN 21/16)
- Pravilnik o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji (NN 8/19)

Serviser:

ISPITIVANJE UZORAKA SERIJE PROVEO OVLAŠTENI MJERITELJ

Ovlašteni mjeritelj:

DAVOR HORVAT



str. 1/2

Slika 44. Primjer Izvješća o ispitivanju dobivenog nakon provedenog postupka statističkog ispitivanja

Nakon završetka plinomjeri se po potrebi lakiraju pri čemu se moraju zaštititi ulaz i izlaz iz plinomjera i natpisna pločica s brojčanikom. Potom su plinomjeri spremni za ponovnu uporabu. Može se još napomenuti kako „*ovjerno razdoblje plinomjera počinje teći od prvog dana kalendarske godine koja slijedi iza godine u kojoj je mjerilo ovjereno i vrijedi do kraja kalendarske godine ovjernog razdoblja*“ [23] što na ovom primjeru znači da plinomjerima koji se sad ovjere, valjanost ovjernog žiga je do 31.12.2031. godine prema Pravilniku koji je trenutno na snazi.



*Slika 45. Ovjereni plinomjeri (fotografirano 9.9.2021.)*

## 8. Procjene mjerne nesigurnosti

U ovom poglavlju procijeniti će se mjerna nesigurnost uređaja za ispitivanje plinomjera. Uzeti će se rezultati za jedan ispitivani plinomjer sa stvarnim parametrima kod ispitivanja, a sve u svrhu potvrde da proširena mjerna nesigurnost uređaja za ispitivanje plinomjera na prelazi 1/3 NDP-a, kao što je propisano Pravilnikom [24]. Također prema uputi smjernice WELMEC 11.1 koja propisuje najbolju mjernu sposobnost ispitne opreme s kojom se obavlja inspekcija grupe mjerila, između ostalog i prema MID-u - MI 002, mjerna sposobnost mora zadovoljiti sljedeći uvjet [12]:

$$U_{BMC} < \frac{e_{dop}}{3} \quad (11)$$

gdje je:

$U_{BMC}$  - najbolja sposobnost mjerenja (mjerna nesigurnost mjerene veličine bez uzimanja u obzir nesigurnosti ispitivanog mjerila),

$e_{dop}$  - najveća dopuštena pogreška mjerila.

Procjena mjerne nesigurnosti odradit će se pomoću tablica izrađenih u Excel programu, Kragtenovom metodom. Kragtenova metoda temeljena je na GUM načelima, ali ih se primjenjuje na jednostavan način bez upotrebe parcijalnih derivacija. Ova metoda je primjer kako se pomoću jednostavnih rješenja može doći do istih rezultata kao i složenim matematičkim modelima [11].

Pri ovoj analizi nije provedeno razmatranje na temelju egzaktnih matematičkih izvoda već je sačinjena procjena na način da je proračun izvršen za konkretno mjerenje i za karakteristične vrijednosti.

Pri procijeni mjerne nesigurnosti uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnih sapnica u obzir će se uzimati utjecaj etalona koji se odnose na:

- protok plina (protok plina kroz plinomjer i kritične sapnice)
- tlak (barometarski tlak, tlak na kritičnim sapnicama)
- temperaturu (temperatura na kritičnim sapnicama i na plinomjeru)
- relativnu vlažnost.

Sastavnice ukupnog utjecaja na točnost mjerenja proizlaze iz izraza za pogrešku mjerenja kako slijedi [27]:

$$e_{\%} = \frac{V_x - V_e}{V_e} \cdot 100 \quad (12)$$

No, kritične sapnice na uređaju kao referentnu vrijednost generiraju protok, a ne obujam. Stoga se obujam određuje na sljedeći način [27]:

$$V_e = Q_e \cdot \frac{t}{3600} \quad (13)$$

Sam volumni protok kroz kritične sapnice na uređaju proizlazi iz sljedeće formule [37]:

$$Q_e = \frac{\rho_D}{\rho_P} \cdot (1 + 0,169 \cdot x_V) \cdot \sqrt{\frac{T_D}{293,15}} \cdot [1 + c_{pE} \cdot (p_D - 1000)] \cdot Q_{V,20,tr,1000} \quad (14)$$

Odgovarajuća gustoća (vlažnog) zraka izračunava se na sljedeći način:

$$\rho_i = 0,348353 \cdot \frac{p_i}{Z_i T_i} \cdot (1 - 0,3780 \cdot x_V) \quad (15)$$

Odgovarajući faktor stlačivosti određuje se prema:

$$Z_i = 1 - \frac{p_i}{(273,15 + t_i)} \cdot [1,62419 \cdot 10^{-4} - 2,8969 \cdot 10^{-6} \cdot t_i + 1,0880 \cdot 10^{-8} \cdot t_i^2 + (5,757 \cdot 10^{-4} - 2,589 \cdot 10^{-6} \cdot t_i) \cdot x_V + (1,9297 \cdot 10^{-2} - 2,285 \cdot 10^{-4} \cdot t_i) \cdot x_V^2] + \frac{p_i^2}{(273,15 + t_i)^2} \cdot (1,73 \cdot 10^{-7} - 1,034 \cdot 10^{-4} \cdot x_V^2) \quad (16)$$

Dok se molarni udio vodene pare određuje prema sljedećem izrazu:

$$x_V = h \cdot x_{SV}(t_a) \cdot 10^{-2} \quad (17)$$

$$x_{SV}(t_a) = f(p_a, t_a) \cdot \frac{p_{SV}(t_a)}{p_a} \cdot 10^{-2} \quad (18)$$

$$f(p_a, t_a) = 1,00062 + 3,14 \cdot 10^{-6} \cdot p_a + 5,6 \cdot 10^{-7} \cdot t_a^2 \quad (19)$$

$$p_{SV}(t_a) = \exp[1,2811805 \cdot 10^{-5} \cdot (273,15 + t_a)^2 - 1,9509874 \cdot 10^{-2} \cdot (273,15 + t_a) + 34,04926034 - 6,3536311 \cdot 10^3 \cdot (273,15 + t_a)^{-1}] \quad (20)$$

gdje je:

- $e_{\%}$  - pogreška mjerenja, %
- $V_x$  - obujam izmjeren na plinomjeru,  $m^3$
- $V_e$  - obujam ostvaren etalonom,  $m^3$
- $Q_e$  - protok ostvaren etalonom (kritičnom sapnicom),  $m^3/h$
- $t$  - vrijeme tijekom kojega se obavlja mjerenje, s
- $\rho_D$  - gustoća (vlažnog) zraka kod sapnica,  $kg/m^3$
- $\rho_P$  - gustoća (vlažnog) zraka na plinomjeru,  $kg/m^3$
- $x_V$  - molarni udio vodene pare u vlažnom zraku
- $T_i$  - apsolutna temperatura zraka (kod kritičnih sapnica ili na plinomjeru), K
- $p_i$  - apsolutni tlak (na kritičnim sapnicama ili na plinomjeru), mbar
- $t_i$  - temperatura zraka (na kritičnim sapnicama ili na plinomjeru),  $^{\circ}C$
- $Z_i$  - faktor stlačivosti
- $h$  - relativna vlažnost zraka, %
- $Q_{V,20,tr,1000}$  - nazivni protok kritične sapnice-značajka definirana umjeravanjem sapnice,  $m^3/h$
- $c_{pE}$  - faktor funkcijske zavisnosti protoka kroz kritičnu sapnicu o Reynoldsovom broju, značajka definirana umjeravanjem sapnice,  $mbar^{-1}$

Podaci o kritičnim sapnicama dobiveni umjeravanjem prikazani su na sljedećoj tablici:

*Tablica 7. Podaci o kritičnim sapnicama*

Značajka	$Q_{V,20,tr,1000}$	$c_{pE}$	$U$ ; $k=2, P=95\%$
Oznaka sapnice	$m^3/h$	$mbar^{-1}$	%
I06/0308/0,280/A	0,03821	7,47E-05	<b>0,35</b>
I06/0310/1,489/B	1,2047	2,52E-05	<b>0,25</b>
I06/0312/3,313/B	6,0357	1,82E-05	<b>0,25</b>

Podaci o mjernoj nesigurnosti iskazani su uz faktor prekrivanja  $k=2$  i vjerojatnost  $P=95\%$ .

Programska podrška uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama ima mogućnost prihvaćanja značajki za korekciju pa se taj utjecaj prema podacima iz umjernica upisuje u program i automatski se obavlja korekcija.



Tablica 8. Podaci o etalonima

ETALON	Ozn.	Mjer. jed.	Ref. Vrij.	$e_{nova}$	$e_{stara}$	$U_e$	Rez.	Drift	$U$ ; $k=2$ , $P=95\%$
Termometar (ulaz) T1.1	$t_a$	°C	20	-0,09	0,00	0,2	0,01	-0,09	<b>0,32</b>
Termometar (sapnice) T0.2	$t_d$	°C	20	0,07	0,00	0,2	0,01	0,07	<b>0,29</b>
Barometar P0.1	$p_a$	mbar	1000	0,00	0,13	0,1	0,01	-0,13	<b>0,18</b>
Diferencijalni manometar (sapnice) P0.2	$p_d$	mbar	50	0,01	-0,01	0,1	0,01	0,02	<b>0,11</b>
Vlagomjer F01	$h$	%RH	50	4,98	5,10	1,25	0,01	-0,12	<b>6,24</b>

Na prethodnoj tablici prikazani su podaci o etalonima koji će se razmatrati prilikom procjene mjerne nesigurnosti, podaci o mjernim nesigurnostima izračunati su i upisani u prethodnoj tablici. Proširena mjerna nesigurnost iskazana je uz faktor prekrivanja  $k=2$ , što znači da je vjerojatnost  $P=95\%$  da se rezultat nalazi u tom intervalu.

Proširena mjerna nesigurnost određena je prema sljedećoj formuli [27]:

$$U = |e| + 2\sqrt{\left(\frac{U_e}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta u_r}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\delta u_d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (21)$$

gdje je:

- $e$  - pogreška mjerenja (iz umjernice)
- $U_e$  - mjerna nesigurnost umjeravanja (iz umjernice)
- $\delta u_r$  - utjecaj rezolucije
- $\delta u_d$  - utjecaj drifta

Procjena mjerne nesigurnost odraditi će se na primjeru podataka o plinomjeru prikazanih na Slici 46., dok se na Slici 47. može vidjeti Excel tablicu pomoću koje će se procijeniti mjerna nesigurnost. Radi lakšeg razumijevanja slijedi kratak opis tablice i pojašnjenje načina na koji se izračunava nesigurnost na primjeru podataka ispitivanog mjera kod  $Q_{min}$ .

**Company**  
Adresse

customer:	TERMOPLIN d.d.	diameter:	0	validity of calibration:	10
meter No:		innervolume:	0.0020	meter reading:	0
type:	Balngaszähler	approval number.:	Z-18-1014	tester:	OPERATOR1
size:	G4	pulse value woCC:	8	date of test:	30.8.2021
manufacturer:	Ikom	pulse value wCC:	100	test procedure:	re-calibration
ident. No:	25098324	error code:	0	ProtocolNo.:	5966
year of make:	2003	gear. wheels:	31/38		

	Temp [°C]	pressure [mbar]	Time [s]	Volume [m³]	Q [m³/h]	Error [%]	dp dyn [mbar]	dp stat [mbar]
<b>Test point: 2</b>		humidity: 44.79 [%]		air pressure: 994.95 [mbar]				
Meter	21.70	994.95		0.3000	6.01	-0.68	1.30	1.41
Nozzle Block 2(Nr.5)	20.79	984.82	184,5840	0.3082				
<b>Test point: 3</b>		humidity: 44.79 [%]		air pressure: 995.02 [mbar]				
Meter	21.70	995.02		0.1000	1.21	0.70	0.23	0.35
Nozzle Block 2(Nr.3)	20.79	993.15	301,2720	0.1013				
<b>Test point: 4</b>		humidity: 44.88 [%]		air pressure: 995.16 [mbar]				
Meter	21.35	995.16		0.0200	0.04	0.96	0.14	0.38
Nozzle Block 2(Nr.1)	20.80	993.96	1896,3730	0.0202				

Slika 46. Podaci o parametrima ispitivanja odabranog plinomjera

		SAPNICA - 106/0308/0,280/A							
		$c_{p,E}$	7,47E-05 1/mbar						
		$Q_{V,20,tr,1000}$	0,03821 m³/h						
		$U$	0,35 %						
		$u(Q_v)$	0,00007 m³/h						
		$u(Q_v)$	$u(h)$	$u(t_p)$	$u(t_{pp})$	$u(t_d)$	$u(t_{pd})$	$u(t)$	
		0,00007	3,20000	0,16000	0,10000	0,15000	0,10000	0,01000	
		df	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	
Ulazna varijabla	Vrijednost	$Q_v$	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	m³/h
$h$	44,88000	44,88000	48,08000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	%RH
$t_p$	21,35000	21,35000	21,35000	21,51000	21,35000	21,35000	21,35000	21,35000	°C
$p_p$	995,16000	995,16000	995,16000	995,16000	995,26000	995,16000	995,16000	995,16000	mbar
$t_d$	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,95000	20,80000	20,80000	°C
$p_d$	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	994,06000	993,96000	mbar
$t$	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,38300	s
Rezultat	0,0201989	0,0202343	0,0202017	0,0202103	0,0201969	0,0201937	0,0202011	0,0201990	m³
$u_{c_i}$	0,00004	0,00004	0,00000	0,00001	0,00000	-0,00001	0,00000	0,00000	$c_i u_i$
df	128222,35	87,8%	0,5%	9,1%	0,3%	1,9%	0,3%	0,0%	$(c_i u_i)^2$
$k$	2	0,52883	0,00000	0,00007	-0,00002	-0,00003	0,00002	0,00001	$\sum rel(c_i u_i)^2$
$U$	0,00007 m³	0,37% $U_{relat. \%}$							

Slika 47. Excel tablica za procjenu mjerne nesigurnost

1 - podaci o sapnici. Prve tri vrijednosti su podaci iz umjernice sapnice dok je posljednja vrijednost izračunata standardna nesigurnost same sapnice u m³/h.

$c_{pE}$  - faktor funkcijske zavisnosti protoka kroz kritičnu sapnicu o Reynoldsovom broju, u ovom slučaju  $c_{pE} = 7,47E-05 \text{ mbar}^{-1}$

$Q_{V,20,tr,1000}$  - nazivni protok kritične sapnice,  $Q_{V,20,tr,1000} = 0,03821 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

$U$  - mjerna nesigurnost umjeravanja sapnice,  $U = 0,35\%$  ; ( $k=2, P=95\%$ )

$u$  - izračunata standardna nesigurnost sapnice  $u = 0,00007 \frac{m^3}{h}$

- 2 - ulazne varijable. Ovdje se upisuju simboli ulaznih varijabli i njihove vrijednost prilikom ispitivanja. Ulazne varijable u ovom slučaju su protok kroz kritičnu sapnicu ( $Q_v$ ), vlažnost zraka ( $h$ ), temperatura na plinomjeru i kod sapnice ( $t_p, t_d$ ), tlak na plinomjeru i kod sapnice ( $p_p, p_d$ ) te vrijeme ( $t$ ). Vrijednosti su unesene prema Slici 46.
- 3 - standardna nesigurnost. U ovo polje unose se standardne nesigurnosti ulaznih varijabli čije su proširene mjerne nesigurnosti izračunate u Tablici 8. Proširene mjerne nesigurnosti „ $U$ “ iz tablice podijeljene su s dva (faktor prekrivanja,  $k=2$ ) kako bi se dobila standardna nesigurnost ulaznih varijabli.  $u = \frac{U}{2}$
- 4 - stupnjevi slobode. Stupanj slobode pokazuje nesigurnost s kojom je procijenjena sastavnica mjerne nesigurnosti. Ukoliko je stupanj slobode visoki označava malu nesigurnost, dok niski označava veliku nesigurnost u procjeni sastavnice mjerne nesigurnosti.
- 5 – izračun obujma. Ovdje je upisana jednadžba (13) za izračun obujma koji je protekao kroz kritičnu sapnicu, ista jednadžba kopirana je u sva sljedeća polja iste boje. Na taj smo način u prvom polju dobili vrijednost obujam kod stvarnog ispitivanja ( $V_e = 0,0201989 m^3$ ), a u svim ostalim poljima vrijednost obujma zraka ako uzmemo u obzir vrijednost standardne nesigurnosti svake posebne ulazne varijable, time je postavljen okvir vrijednosti.
- 6 – doprinos nesigurnost svake zasebne varijable. Razlika vrijednost izračunatog obujma kod uzimanja u obzir standardne mjerne nesigurnosti svake zasebne ulazne varijable i vrijednosti obujma kod stvarnih vrijednosti ispitivanja (Slika 46.), redak ispod predstavlja kvadrat doprinosa nesigurnosti svake zasebne varijable.
- 7 - izračunata postotna vrijednost doprinosa svake standardne nesigurnosti. Kvadrati doprinosa ulaznih varijabli podijeljeni s kvadratom sastavljene nesigurnosti. Iz izračuna je vidljivo da najveći utjecaj na ukupnu mjernu nesigurnost, i to čak 87,8% ima nesigurnost same sapnice.
- 8 - aproksimacije koeficijenta osjetljivosti, koje pokazuju kako će se mijenjati izlazna veličina s malim promjenama ulazne veličine. Doprinos nesigurnosti određene varijable podijeljen sa standardnom nesigurnošću te varijable.
- 9 - sastavljena standardna nesigurnost, u ovom slučaju  $u = 0,00004 m^3$
- 10 - efektivni stupnjevi slobode izračunati su pomoću Welch-Satterthwaitove jednadžbe iz standardnih nesigurnosti svih ulaznih varijabli, u ovom slučaju iznose  $df = 128222,35$

11 - obuhvatni faktor  $k$ . S faktorom  $k = 2$ , vjerojatnost  $P = 95\%$  da se rezultat nalazi u određenom intervalu.

12 - proširena mjerna nesigurnost,  $U = 0,00007 \text{ m}^3$  ( $k = 2, P = 95\%$ )

13 - relativna proširena mjerna nesigurnost,  $U_{rel} = 0,37\%$

Nakon opisa tablice prikazat će se procjena mjerne nesigurnost na temelju rezultata dobivenih nakon ispitivanja odabranog plinomjera kod protoka  $Q_{min}$ ,  $0,2Q_{max}$  i  $Q_{max}$ .

Također, može se vidjeti na Slici 48. kako se vrijednost obujma koji je protekao kroz kritičnu sapnicu, a koji je izračunao ispitni uređaj poklapa s vrijednošću obujma koji je izračunat matematičkim modelom pomoću Excel tablica. Ovime smo potvrdili ispravnost unesene jednadžbe.

		u(Qv)	u(h)	u(tp)	u(pp)	u(td)	u(pd)	u(t)	
		0,00007	3,20000	0,16000	0,10000	0,15000	0,10000	0,01000	
df		100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	
Ulazna varijabla	Vrijednost								
Qv	0,03821	0,03828	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	m <sup>3</sup> /h
h	44,88000	44,88000	48,08000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	%RH
t <sub>a</sub>	21,35000	21,35000	21,35000	21,51000	21,35000	21,35000	21,35000	21,35000	°C
p <sub>a</sub>	995,16000	995,16000	995,16000	995,16000	995,26000	995,16000	995,16000	995,16000	mbar
t <sub>d</sub>	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,95000	20,80000	20,80000	°C
p <sub>s</sub>	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	994,06000	993,96000	mbar
t	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,38300	s
<b>Rezultat</b>	<b>0,0201989</b>	<b>0,0202343</b>	<b>0,0202017</b>	<b>0,0202103</b>	<b>0,0201969</b>	<b>0,0201937</b>	<b>0,0202011</b>	<b>0,0201990</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
		0,00004	0,00000	0,00001	0,00000	-0,00001	0,00000	0,00000	c <sub>i</sub> u <sub>i</sub>
u <sub>o</sub>	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	(c <sub>i</sub> u <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
df	128222,35	87,8%	0,5%	9,1%	0,3%	1,9%	0,3%	0,0%	←rel(c <sub>i</sub> u <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
k	2	0,52883	0,00000	0,00007	-0,00002	-0,00003	0,00002	0,00001	c <sub>i</sub>
U	0,00007 m <sup>3</sup>								Σrel(c <sub>i</sub> u <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>
									100,0%
									0,37% U <sub>relat</sub> , %

Test point: 4      humidity: 44.88 [%]      air pressure: 995.16 [mbar]

Meter	21.35	995.16		0.0202	0.04	0.96	0.14	0.38
Nozzle Block 2(Nr.1)	20.80	993.96	1896.3730	0.0202				

Slika 48. Obujam izračunat pomoću Excel tablice i obujam koji je izračunao ispitni uređaj

SAPNICA - I06/0308/0,280/A		
$c_{p,E}$	7,47E-05	1/mbar
$Q_{v,20,pr,1000}$	0,03821	m <sup>3</sup> /h
$U$	0,35	%
$u(Q_v)$	0,00007	m <sup>3</sup> /h

		u(Qv)	u(h)	u(tp)	u(pp)	u(td)	u(pd)	u(t)	
		0,00007	3,20000	0,16000	0,10000	0,15000	0,10000	0,01000	
<b>df</b>		100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	
Ulazna varijabla	Vrijednost								
$Q_v$	0,03821	0,03828	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	0,03821	m <sup>3</sup> /h
$h$	44,88000	44,88000	48,08000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	44,88000	%RH
$t_p$	21,35000	21,35000	21,35000	21,51000	21,35000	21,35000	21,35000	21,35000	°C
$p_p$	995,16000	995,16000	995,16000	995,16000	995,26000	995,16000	995,16000	995,16000	mbar
$t_d$	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,80000	20,95000	20,80000	20,80000	°C
$p_d$	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	993,96000	994,06000	993,96000	mbar
$t$	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,37300	1896,38300	s
<b>Rezultat</b>	<b>0,0201989</b>	<b>0,0202343</b>	<b>0,0202017</b>	<b>0,0202103</b>	<b>0,0201969</b>	<b>0,0201937</b>	<b>0,0202011</b>	<b>0,0201990</b>	m <sup>3</sup>
		0,00004	0,00000	0,00001	0,00000	-0,00001	0,00000	0,00000	$c_i u_i$
$u_o$	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	$(c_i u_i)^2$
<b>df</b>	128222,35	87,8%	0,5%	9,1%	0,3%	1,9%	0,3%	0,0%	$\leftarrow \text{rel}(c_i u_i)^2$ 100,0%
<b>k</b>	2	0,52883	0,00000	0,00007	-0,00002	-0,00003	0,00002	0,00001	$c_i$ $\Sigma \text{rel}(c_i u_i)^2$
<b>U</b>	0,00007 m <sup>3</sup>	<b>0,37% <math>U_{\text{relat.}}</math> %</b>							

Slika 49. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka  $Q_{min}$

SAPNICA - I06/0310/1,489/B		
$c_{p,E}$	2,52E-05	1/mbar
$Q_{v,20,pr,1000}$	1,2047	m <sup>3</sup> /h
$U$	0,25	%
$u(Q_v)$	0,00151	m <sup>3</sup> /h

		u(Qv)	u(h)	u(tp)	u(pp)	u(td)	u(pd)	u(t)			
		0,00151	3,20000	0,16000	0,10000	0,15000	0,10000	0,01000			
df		100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00			
Ulazna varijabla	Vrijednost										
$Q_v$	1,20470	1,20621	1,20470	1,20470	1,20470	1,20470	1,20470	1,20470	1,20470	m <sup>3</sup> /h	
$h$	44,79000	44,79000	47,99000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	%RH	
$t_p$	21,70000	21,70000	21,70000	21,86000	21,70000	21,70000	21,70000	21,70000	21,70000	°C	
$p_p$	995,02000	995,02000	995,02000	995,02000	995,12000	995,02000	995,02000	995,02000	995,02000	mbar	
$t_d$	20,79000	20,79000	20,79000	20,79000	20,79000	20,94000	20,79000	20,79000	20,79000	°C	
$p_d$	993,15000	993,15000	993,15000	993,15000	993,15000	993,15000	993,25000	993,15000	993,15000	mbar	
$t$	301,27200	301,27200	301,27200	301,27200	301,27200	301,27200	301,27200	301,27200	301,28200	s	
Rezultat	0,1012591	0,1013857	0,1012734	0,1013162	0,1012489	0,1012331	0,1012695	0,1012625	0,1012625	m <sup>3</sup>	
		0,00013	0,00001	0,00006	-0,00001	-0,00003	0,00001	0,00000	0,00000	$c_i u_i$	
$u_o$	0,00014	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	$(c_i u_i)^2$	
df	155138,84	78,6%	1,0%	16,0%	0,5%	3,3%	0,5%	0,1%	0,1%	$\leftarrow \text{rel}(c_i u_i)^2$	
$k$	2	0,08405	0,00000	0,00036	-0,00010	-0,00017	0,00010	0,00034	0,00034	$c_i$	
$U$	0,00028 m <sup>3</sup>	0,28% $U_{\text{relat.}}$ %									$\Sigma \text{rel}(c_i u_i)^2$

Slika 50. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka  $0,2Q_{max}$

SAPNICA - I06/0312/3,313/B		
$c_{p,E}$	1,82E-05	1/mbar
$Q_{v,20,pr,1000}$	6,0357	m <sup>3</sup> /h
$U$	0,25	%
$u(Q_v)$	0,00754	m <sup>3</sup> /h

		u(Qv)	u(h)	u(tp)	u(pp)	u(td)	u(pd)	u(t)		
		0,00754	3,20000	0,16000	0,10000	0,15000	0,10000	0,01000		
df		100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00	100000,00		
Ulazna varijabla	Vrijednost									
$Q_v$	6,03570	6,04324	6,03570	6,03570	6,03570	6,03570	6,03570	6,03570	6,03570	m <sup>3</sup> /h
$h$	44,79000	44,79000	47,99000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	44,79000	%RH
$t_p$	21,70000	21,70000	21,70000	21,86000	21,70000	21,70000	21,70000	21,70000	21,70000	°C
$p_p$	994,95000	994,95000	994,95000	994,95000	995,05000	994,95000	994,95000	994,95000	994,95000	mbar
$t_d$	20,79000	20,79000	20,79000	20,79000	20,79000	20,94000	20,79000	20,79000	20,79000	°C
$p_d$	984,82000	984,82000	984,82000	984,82000	984,82000	984,82000	984,92000	984,82000	984,82000	mbar
$t$	184,58400	184,58400	184,58400	184,58400	184,58400	184,58400	184,58400	184,58400	184,59400	s
Rezultat	0,3082082	0,3085935	0,3082518	0,3083820	0,3081772	0,3081292	0,3082401	0,3082249		m <sup>3</sup>
		0,00039	0,00004	0,00017	-0,00003	-0,00008	0,00003	0,00002		$c_i u_i$
$u_o$	0,00043	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000		$(c_i u_i)^2$
df	155428,11	78,5%	1,0%	16,0%	0,5%	3,3%	0,5%	0,1%	$\leftarrow \text{rel}(c_i u_i)^2$	100,0%
$k$	2	0,05106	0,00001	0,00109	-0,00031	-0,00053	0,00032	0,00167	$c_i$	$\Sigma \text{rel}(c_i u_i)^2$
$U$	0,00085	0,28% $U_{\text{relat.}} \%$								

Slika 51. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka  $Q_{max}$

Nakon obrade podataka koji su prikazani na prethodnim slikama, iz rezultata procjene mjerne nesigurnosti može se zaključiti sljedeće:

*Tablica 9. Prikaz podataka o mjernoj nesigurnosti*

Protok	$e_{dop}$	$U_{BMC(dop)}$	$U_{BMC(proc)}$
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	3 %	1 %	<b>&lt; 0,4 %</b>
$Q_t \leq Q \leq Q_{max}$	1,5 %	0,5 %	<b>&lt; 0,3 %</b>

Iako je u primjeru obrađeno ispitivanje plinomjera tipnog odobrenja Z-18-1014 čije su granice dopuštene pogreške kod određenih protoka nešto veće od prikazanih u tablici, namjerno su uzete vrijednosti prikazane u tablici pošto su to trenutno najstroži zahtjevi dozvoljene pogreške za ovu vrstu plinomjera. Stoga su te vrijednosti uzete u svrhu usporedbe procijenjene mjerne nesigurnost uređaja s maksimalnom dozvoljenom mjernom nesigurnošću, odnosno kao bi potvrdili da nam najbolja mjerna sposobnost uređaja za ispitivanje zadovoljava propisane zahtjeve za bilo koje tipno odobrenje kod ispitivanja G4 plinomjera.

Ukoliko bi razmatrali sam utjecaj na ukupnu mjernu nesigurnost, iz provedene procjene može se zaključiti kako najveći utjecaj i to čak skoro 90% kod protoka  $Q_{min}$ , te skoro 80% kod protoka  $0,2Q_{max}$  i  $Q_{max}$  ima nesigurnost same sapnice u odnosu na sve ostale etalone. Iako smo zadovoljili zahtjeve mjerne nesigurnosti uređaja za ispitivanje plinomjera, u slučaju povećanja te vrijednosti i približavanja graničnim vrijednostima kako bi smanjili mjernu nesigurnost nudi se opcija da sapnice umjerava laboratorij koji može garantirati manju mjernu nesigurnost umjeravanja, ali u konačnici to utječe na cijenu umjeravanja.

Također, može se napomenuti kako je na ovaj način odrađena validacija jer je istu vrijednost obujma koji je protekao kroz kritičnu sapnicu izračunao uređaj za ispitivanje plinomjera i matematički model u Excel tablici. Tako je potvrđena ispravnost jednadžbe, potvrđeno je da su parametri o sapnicama ispravno uneseni u postavke uređaja, te svi ostali parametri tijekom ispitivanja plinomjera ispravno upisani u Excel tablicu. Ukoliko bi se vrijednosti obujma razlikovale potrebno je pronaći i otkloniti uzrok.



## 9. Zaključak

Kroz cijeli ovaj rad ističe se kako je proces mjerenja od iznimne važnosti za plinsku djelatnost. Samo se mjeriteljstvo u Hrvatskoj i u svijetu promatra kao znanost, a ističu se tri glavna područja mjeriteljstva odnosno zakonsko, tehničko i znanstveno mjeriteljstvo. Pritom je za postupak pripreme i ovjere plinomjera najvažnije zakonsko mjeriteljstvo koje ukazuje na niz zakona, pravilnika i smjernica kojih se moraju pridržavati poduzeća koja se bave ovom djelatnošću.

Kao predmet analize u ovom radu odabrani su membranski mjerači protoka plina odnosno membranski G4 plinomjeri. Naime, bitno je istaknuti da danas postoje različite vrste mjerača protoka plina koji su namijenjeni potrošačima ovisno o predviđenom protoku plina. Osnovne skupine u koje se mogu podijeliti plinomjeri su membranski, ultrazvučni, rotacijski i turbinski. U novije doba pametni plinomjer sve više dobivaju na važnost upravo iz razloga olakšanog očitavanja stanja i drugih dodatnih mogućnosti. I kod klasičnih membranskih plinomjera postoji mogućnost nadogradnje za daljinsko slanje podataka, ali to iziskuje veće troškove. Za membranske plinomjere može se navesti kako su baš oni i najrasprostranjenija vrsta plinomjera, to se može pripisati njihovoj jednostavnosti, dugom vijeku trajanja, masovnoj i jeftinoj proizvodnji, dokazanoj kvaliteti i jednostavnosti. Stoga su upravo iz razloga što su najkorišteniji kako kod kućanstva, tako i kod manjih poduzeća za predmet analize odabrani membranski G4 plinomjeri.

U razgovorima umjesto pojma ovjeravanje moguće je da ćemo čuti pojam baždarenje plinomjera. Samim time govori se i o baždarnicama kao specijaliziranim prostorijama u poduzećima gdje se „baždare“ odnosno ispituju te u konačnici i ovjeravaju plinomjeri. Baždarnice su opremljene uređajima za ispitivanje plinomjera kao i raznom drugom opremom da bi uopće mogle obavljati postupak pripreme i ovjere plinomjera. U Hrvatskoj postoji samo sedam poduzeća koja su od strane Državnog zavoda za mjeriteljstvo ovlaštena za pripremu plinomjera za ovjeravanje, te pet poduzeća s ovlaštenjem za samu ovjeru protočnih mjerila obujma plina – plinomjera.

Tijekom ovog rada prikazani su razni zakoni, pravilnici i smjernice koji reguliraju područje pripreme i ovjere plinomjera, a koji se moraju poštovati da bi sam proces pripreme i ovjere bio uspješan. Također, važno je spomenuti Državni zavod za mjeriteljstvo koji između ostalog izdaje rješenja pravnim osobama koje su zadovoljile propisane uvjete, provodi kontrolu nad dostavljenim podacima te provodi nadzor rada ovlaštenih tijela.

Postupak pripreme i ovjere membranskih G4 plinomjera detaljno je analiziran u poduzeću Termoplin d.d. Varaždin koje obavlja pripremu i ovjeru plinomjere za svoje potrebe, ali pruža iste usluge i kupcima. Naime, poduzeće se navedenim uslugama bavi već dugi niz godina, a kako

je prikazano u radu kontinuirano ulaže u uređaje i opremu. U radu je detaljno prikazan svaki korak od zaprimanja plinomjera, preko ispitivanja i ovjeravanja kako bi se došlo do konačnog cilja koji je ponovna uporaba plinomjera.

Prikazana je procjena mjerne nesigurnosti uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama, gdje je dokazano da uređaj zadovoljava propisane uvjete. Iako nam od svih sastavnica mjerne nesigurnosti, na ukupnu mjernu nesigurnost najviše utječu same kritične sapnice, vrijednosti su još uvijek dovoljno daleko od graničnih. Također treba navesti kako je važno redovito umjeravati etalone jer se tako osigurava sljedivost mjernih rezultata i pravovremeno se može reagirati i izbjeći neželjene posljedice. Poželjno je često i svakako nakon umjeravanja etalona provesti validaciju i procjenu mjerne nesigurnosti.

Na kraju ovog rada može se zaključiti kako je postupak pripreme i ovjere plinomjera izrazito složen proces koji je potrebno sagledati s različitih aspekata. U ovom radu postupak pripreme i ovjere odrađen je pomoću uređaja s kritičnim sapnicama koji je zadovoljio sve propisane uvjete.

U Varaždinu 29. rujna 2021.



**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, Mario Habulan pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom MJERNI POSTUPAK OVJERE MEMBRANSKOG PLINOMJERA G4 ETALONSKIM MJERILOM SA KRITIČNIM SAPNICAMA te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:  
Mario Habulan

  
(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, Mario Habulan neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom MJERNI POSTUPAK OVJERE MEMBRANSKOG PLINOMJERA G4 ETALONSKIM MJERILOM SA KRITIČNIM SAPNICAMA čiji sam autor.

Student:  
Mario Habulan

  
(vlastoručni potpis)

## 10. Literatura

- [1] Bell Flow Systems (bez dat.) MRM - Metreg Rotary Gas Flow Meter. Dostupno na: <https://www.bellflowsystems.co.uk/mrm-metreg-rotary-gas-flow-meter-dn80-g160.html> (18.05.2021.)
- [2] Dietrich, H. i sur. (2003). PTB Testing Instructions. Volume 29. Dostupno na: <https://metrologilegal.files.wordpress.com/2011/06/ptb-vol-29.pdf> (07.08.2021.)
- [3] Direktiva 2014/31/EU Europskog parlamenta i Vijeća o usklađivanju zakonodavstava država članica u odnosu na stavljanje na raspolaganje mjernih instrumenata na tržištu (2014). Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0032> (17.06.2021.)
- [4] Državni zavod za mjeriteljstvo [DZM] (bez dat.) O mjeriteljstvu. Dostupno na: <https://dzm.gov.hr/istaknute-teme/zakonsko-mjeriteljstvo/o-mjeriteljstvu/431> (07.06.2021.)
- [5] Državni zavod za mjeriteljstvo [DZM] (bez dat.) Ovlaštena tijela za pripremu zakonitih mjerila za ovjeravanje. Dostupno na: <https://dzm.gov.hr/istaknute-teme/zakonsko-mjeriteljstvo/priprema-mjerila-za-ovjeravanje/ovlastena-tijela-za-pripremu-zakonitih-mjerila-za-ovjeravanje/203> (03.07.2021.)
- [6] Državni zavod za mjeriteljstvo [DZM] (bez dat.) Popis ovlaštenih tijela za ovjeravanje zakonitih mjerila. Dostupno na: <https://dzm.gov.hr/istaknute-teme/zakonsko-mjeriteljstvo/ovjeravanje-mjerila/popis-ovlastenih-tijela-za-ovjeravanje-zakonitih-mjerila/208> (03.07.2021.)
- [7] Državni zavod za mjeriteljstvo [DZM] (2008). Vrednovanje mjernih podataka – Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti. Dostupno na: [https://dzm.gov.hr/UserDocsImages/Zakonsko%20mjeriteljstvo/Publikacije/mjerna\\_nesigurnost.pdf](https://dzm.gov.hr/UserDocsImages/Zakonsko%20mjeriteljstvo/Publikacije/mjerna_nesigurnost.pdf) (18.06.2021.)
- [8] Elster Vital Connections (2012). *BK-G4 and BK-G4T. High quality residential diaphragm gas meters*. Dostupno na: [http://meterbuy.com/wp-content/uploads/160226-Elster-DS\\_BK\\_4\\_EN.pdf](http://meterbuy.com/wp-content/uploads/160226-Elster-DS_BK_4_EN.pdf) (22.05.2021.)
- [9] Hrvatske energetska regulatorna agencija [HERA] (2020). *Priopćenje\_2020-12-18\_01*. Dostupno na: [https://www.hera.hr/hr/docs/2020/Priopcenje\\_2020-12-18\\_01.pdf](https://www.hera.hr/hr/docs/2020/Priopcenje_2020-12-18_01.pdf) (05.07.2021.)
- [10] Hrvatsko mjeriteljsko društvo [HMD] (2015). *Mjerna nesigurnost za praktičare*. 4. izdanje. Seminar Hrvatskog mjeriteljsko društva. Zagreb

- [11] Hrvatsko mjeriteljsko društvo [HMD] (2020). *Pojednostavljeni pristup računanju mjernih nesigurnosti primjenom Excel tablica*. Dostupno na: <https://www.hmd.hr/events/kragten/> (06.08.2021.)
- [12] European Cooperation in Legal Metrology [WELMEC] (2020). *Measuring Instruments Directive 2014/32/EU Common Application for Utility Meters*. Dostupno na: [https://www.welmec.org/welmec/documents/guides/11.1/2020/WELMEC\\_Guide\\_11.1\\_v2020.pdf](https://www.welmec.org/welmec/documents/guides/11.1/2020/WELMEC_Guide_11.1_v2020.pdf) (02.08.2021.)
- [13] Instrumentation Tools (bez dat.) *Lobed Impeller Flow Meters Working Principle*. Dostupno na: <https://instrumentationtools.com/lobed-impeller-flow-meters-working-principle/> (16.05.2021.)
- [14] International organization of legal metrology [OIML] (2006). *OIML R 137-1 Gas meters*. Dostupno na: [https://www.oiml.org/en/files/pdf\\_r/r137-1-e06.pdf](https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r137-1-e06.pdf) (30.05.2021.)
- [15] Itron Gas Marketing Communications Department (2009). *Gas Book Metering & Systems*. France
- [16] Korporativne stranice poduzeća Termoplin d.d. Varaždin. Dostupno na: <http://www.termoplin.com/> (05.07.2021.)
- [17] Markutović, H. (2018). *Pregled komunikacijskih tehnologija i protokola za primjenu u sustavima daljinskih očitavanja potrošnje prirodnog plina*. Diplomski rad. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija Osijek
- [18] Marus-atm (bez dat.) *Osnovni pojmovi mjeriteljstva*. Dostupno na: <http://www.marus-atm.hr/lab-osp.htm> (16.06.2021.)
- [19] Mrežna pravila plinskog distribucijskog sustava NN 50/2018 (NN 36/2020). Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_06\\_50\\_1004.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_06_50_1004.html) (17.05.2021.)
- [20] Pavlović, B. (2010). *Razvoj etalonskog mjernog sustava za male protoke plina*. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje.
- [21] Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za uređaje za ispitivanje plinomjera NN 137/2003. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003\\_08\\_137\\_2021.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_08_137_2021.html) (13.06.2021.)
- [22] Pravilnik o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila NN 107/2015 (NN 66/2018). Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_10\\_107\\_2095.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_10_107_2095.html) (15.06.2021.)
- [23] Pravilnik o ovjernim razdobljima za pojedina zakonita mjerila i načinu njihove primjene i o umjernim razdobljima za etalone koji se upotrebljavaju za ovjeravanje zakonitih mjerila

- NN 133/2020. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_12\\_133\\_2544.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_12_133_2544.html) (15.06.2021.)
- [24] Pravilnik o postupku ispitivanja plinomjera namijenjenih za uporabu u kućanstvu, trgovini i lakoj industriji NN 8/2019. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_01\\_8\\_176.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_8_176.html) (12.05.2021.)
- [25] Pravilnik o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila NN 21/2016. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_03\\_21\\_593.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_03_21_593.html) (17.06.2021.)
- [26] Pravilnik o vrsti, obliku i načinu postavljanja državnih ovjernih oznaka koje se rabe kod ovjeravanja zakonitih mjerila, oznaka za označivanje mjerila, oznaka koje rabe ovlaštena tijela za pripremu zakonitih mjerila za ovjeravanje te ovjernih isprava NN 133/2020. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020\\_12\\_133\\_2545.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_12_133_2545.html) (19.06.2021.)
- [27] Radne upute i operativni postupci poduzeća Termoplin d.d. Varaždin
- [28] Runje, B. (2013). *Predavanje iz kolegija mjeriteljstvo*. Dostupno na: [http://repositorij.fsb.hr/6115/1/764202.Predavanja1\\_MJERITELJSTVO.pdf](http://repositorij.fsb.hr/6115/1/764202.Predavanja1_MJERITELJSTVO.pdf) (27.07.2021.)
- [29] SPP Distribucia (bez dat.) *Meradla informačne memorandum*. Dostupno na: <https://www.spp-distribucia.sk/wp-content/uploads/2018/10/Inform%C3%A1cie-o-meradl%C3%A1ch.pdf> (21.05.2021.)
- [30] Strelec i sur. (2014). *Plinarski priručnik*. 7. izdanje. Energetika marketing: Zagreb
- [31] Svijet kvalitete (2017). *Muke po umjeravanju ili kalibraciji*. Dostupno na: <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/umjeravanje/3740-muke-po-umjeravanju-ili-kalibraciji> (02.07.2021.)
- [32] Svijet kvalitete (2013). *Umjeravanje vs. ovjeravanje*. Dostupno na: <https://www.svijet-kvalitete.com/index.php/umjeravanje/717-umjeravanje-vs-ovjeravanje> (09.06.2021.)
- [33] Šunić, M. i Pavlović, B. (2000) *Efikasnost mjerenja i obračuna potrošnje plina*. Energetika marketing: Zagreb
- [34] Turbine Meter Company (bez dat.) *About Actaris Meters*. Dostupno na: <https://actaris-meters.com/wp-content/uploads/2019/10/Actaris-Fluxi-2000-Turbine-Gas-Meter.png> (29.05.2021.)
- [35] Uredba o posebnim uvjetima koje moraju ispunjavati ovlaštena tijela za obavljanje poslova ovjeravanja zakonitih mjerila i/ili poslova pripreme zakonitih mjerila za ovjeravanje NN 90/2014. Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_07\\_90\\_1810.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_07_90_1810.html) (14.06.2021.)

- [36] Veliki, T. (2020). *Procesna mjerenja*. Multimedijski sustavi (Merlin). Sveučilište Sjever, Odjel strojarstvo, Varaždin
- [37] Wendt, G. i sur. (1998). *PTB Testing Instructions*. Volume 25. Heckner Print-Service GmbH, Wolfenbüttel (07.08.2021.)
- [38] Zakon o mjeriteljstvu NN 74/2014 (NN 111/2018). Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_06\\_74\\_1391.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_06_74_1391.html) (25.05.2021.)

## Popis slika

Slika 1. Podjela mjeriteljstva [18] .....	2
Slika 2. Presjek membranskog plinomjera s mjernim mehanizmom [20].....	9
Slika 3. Princip rada membranskog plinomjera [20] .....	9
Slika 4. Elektronički korektor obujma plina (UNIFLO 1000 TCE) [29] .....	11
Slika 5. Prikaz odstupanja membranskih plinomjera s i bez temperaturne kompenzacije [8] .....	11
Slika 6. Plinomjeri na mijeh – G4 i G100 (fotografirano 3.8.2021.).....	12
Slika 7. Mjerenje ultrazvučnim načinom.....	13
Slika 8. Ultrazvučni plinomjer G4 EUS-2 (fotografirano 3.8.2021.) .....	14
Slika 9. Princip rada plinomjera s rotirajućim klipovima [13] .....	15
Slika 10. Rotacijski plinomjer [1].....	16
Slika 11. Shema turbinskog plinomjera [20] .....	17
Slika 12. Turbinski plinomjer [34] .....	18
Slika 13. Presjek kritične sapnice [20] .....	20
Slika 14. Shema uređaja za ispitivanje plinomjera s kritičnim sapnicama [21] .....	22
Slika 15. Blok s kritičnim sapnicama i pneumatski upravljanim ventilima (fotografirano 28.9.2020.).....	22
Slika 16. Distribucijsko područje Termoplina d.d. Varaždin [16] .....	29
Slika 17. Uređaj sa zvonom za ispitivanje plinomjera (fotografirano 30.6.2021.).....	30
Slika 18. Ispitni uređaj s kritičnim sapnicama- Ispitna linija 1 (fotografirano 30.6.2021.) .....	31
Slika 19. Ispitni uređaj s kritičnim sapnicama i temperaturnom komorom – Ispitna linija 2 (fotografirano 30.6.2021.) .....	31
Slika 20. Plinomjeri odloženi za pranje (fotografirano 30.6.2021.) .....	32
Slika 21. Natpisna pločica G4 plinomjera (fotografirano 27.8.2021.) .....	33
Slika 22. Plinomjeri G4 montirani na ispitnoj liniji (fotografirano 30.8.2021.).....	33
Slika 23. Program za provedbu ispitivanja .....	36
Slika 24. Pokretanje programa za provedbu ispitivanja .....	36
Slika 25. Izbor tipa plinomjera .....	37
Slika 26. Unos podataka o ispitivanim plinomjerima.....	37
Slika 27. Postavke procedure.....	38
Slika 28. Test propusnosti .....	38
Slika 29. Ispitivanje kod protoka $Q_{max}$ .....	39
Slika 30. Ispitivanje kod protoka $0,2Q_{max}$ .....	39
Slika 31. Ispitivanje kod protoka $Q_{min}$ .....	40



Slika 32. Rezultati ispitivanja prije ponuđenih parova zupčanika i uračunate korekcije .....	40
Slika 33. Rezultati ispitivanja s ponuđenim parovima zupčanika i uračunatom korekcijom.....	41
Slika 34. Prikaz plinomjera, magnetne spojke, para zupčanika i brojčanika (fotografirano 15.9.2021.).....	41
Slika 35. Promjenljivi parova zupčanika s prikazom korekcije .....	42
Slika 36. Provjera plinomjera s predloženim zupčanicima kod protoka $Q_{max}$ .....	43
Slika 37. Ispis rezultata i spremanje u arhivu .....	43
Slika 38. Izvješće o ispitivanju .....	44
Slika 39. Primjer zahtjeva za ovjeru .....	45
Slika 40. Slanje zahtjeva za ovjeru .....	45
Slika 41. Primjer ispitnog i kontrolnog izvješća (fotografirano 30.8.2021.).....	46
Slika 42. Osnovni i godišnji ovjerni žig [23].....	48
Slika 43. Ovjerna oznaka na plinomjeru i kliješta za utiskivanje ovjerne oznake s osnovnim i godišnjim ovjernim žigom (fotografirano 1.9.2021.) .....	49
Slika 44. Primjer Izvješća o ispitivanju dobivenog nakon provedenog postupka statističkog ispitivanja.....	49
Slika 45. Ovjereni plinomjeri (fotografirano 9.9.2021.).....	50
Slika 46. Podaci o parametrima ispitivanja odabranog plinomjera .....	55
Slika 47. Excel tablica za procjenu mjerne nesigurnost .....	55
Slika 48. Obujam izračunat pomoću Excel tablice i obujam koji je izračunao ispitni uređaj .....	57
Slika 49. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka $Q_{min}$ .....	58
Slika 50. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka $0,2Q_{max}$ .....	59
Slika 51. Procijenjena mjerna nesigurnost kod protoka $Q_{max}$ .....	60

## Popis tablica

Tablica 1. Plinska brojila prema G oznakama [33] .....	8
Tablica 2. Oznaka i osnovne značajke membranskih plinomjera [30].....	12
Tablica 3. NDP prema razredu točnosti - izrada autora prema Pravilniku [24] .....	24
Tablica 4. Vrijednosti prijelaznog protoka $Q_t$ [24].....	24
Tablica 5. Jednostruko uzorkovanje plinomjera stavljenih u uporabu na temelju Pravilnika o tehničkim i mjeriteljskim zahtjevima koji se odnose na mjerila [24].....	47
Tablica 6. Jednostruko uzorkovanje plinomjera koji su stavljeni u uporabu na temelju propisa koji je bio na snazi u vrijeme stavljanja u uporabu [24].....	47
Tablica 7. Podaci o kritičnim sapnicama.....	53
Tablica 8. Podaci o etalonima.....	54
Tablica 9. Prikaz podataka o mjernoj nesigurnosti.....	61

## **Prilozi**

1. Umjernica termometra
2. Umjernica kritične sapnice



**BMB Laboratorij Breković**  
Umjerni laboratorij  
BMB Laboratory Breković - Calibration laboratory



**Laboratorij za umjeravanje mjerila tlaka, temperature i relativne vlažnosti**  
*Laboratory for the calibration of pressure, temperature and relative humidity devices*

**Potvrda o umjeravanju**  
**Calibration certificate**

Umjerna naljepnica  
Calibration label



Predmet umjeravanja <i>Object</i>	<b>Pretvornik temperature sa pokazivačem, -30 do 120 °C</b>	Potvrda o umjeravanju dokazuje sljedivost prema nacionalnim etalonima koji ostvaruju mjerne jedinice u skladu s Međunarodnim sustavom jedinica (SI). Korisnik se obvezuje na ponovno umjeravanje u odgovarajućim vremenskim razmacima. Umjeravanje je provedeno u skladu s akreditacijom i mjernim mogućnostima laboratorija. Dobivena mjerna nesigurnost ne uzima u obzir moguće promjene predmeta umjeravanja kroz dulje razdoblje. <i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realise the units of measurement according to the International System of Units (SI). The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals. The calibration is performed according to the accreditation and measurement capabilities of the laboratory. The reported uncertainty does not include an estimation of long-term variations.</i>
Proizvođač <i>Manufacturer</i>	<b>Dressel + Phoenix Contact</b>	
Tip <i>Type</i>	<b>Pt100</b>	
Tvornički broj <i>Serial number</i>	<b>T1.1 + 3010057263 (lin 1)</b>	
Naručitelj <i>Customer</i>	<b>Termoplin d.d. (Varaždin) V. Špinčića 42000 Varaždin</b>	
Vlasnik <i>Owner</i>		
Oznaka zahtjeva <i>Order no.</i>	<b>U1811/04</b>	
Ukupan broj stranica potvrde <i>Number of pages of the certificate</i>	<b>3</b>	
Datum umjeravanja <i>Date of calibration</i>	<b>06.12.2018.</b>	

Mjerna nesigurnost navedena u ovoj potvrdi o umjeravanju odgovara vrijednosti složene nesigurnosti pomnožene s faktorom pokrivanja  $k = 2$ . Ona je određena prema EA-4/02. Navedeni rezultat mjerenja normalno se nalazi u naznačenim granicama vrijednosti s područjem povjerenja od približno 95 %.

Potvrda o umjeravanju smije se umnožavati samo u cijelosti, osim uz odobrenje BMB Laboratorija Breković.

Potvrda o umjeravanju nije valjana bez potpisa i žiga.

*There is stated that expanded uncertainty of measurement results from combined standard uncertainty by multiplying with the coverage factor  $k = 2$ . It was determined according to EA-4/02. The value of the measurand is normally within the assigned interval of values with a confidence level of approximately 95 %.*

*This calibration certificate may be reproduced only in full, except with the permission of BMB Laboratory Breković. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

	Datum <i>Date</i>	Voditelj laboratorija <i>Head of the laboratory</i>
	07.12.2018.	<i>Marijan Mužević</i> Marijan Mužević, dipl.inž

BMB Laboratorij Breković - Umjerni laboratorij  
10040 ZAGREB, Čulmečka cesta 87, tel.: ++385 (1) 2866-893, 2865-184, fax: ++385 (1) 2866-892  
IBAN: HR2623400091160428706 Privredna banka, MBO: 90741587, OIB: 47590958254  
*e-mail: info@bmb-laboratorij.hr; www.bmb-laboratorij.hr*

Metoda umjeravanja: Predmet je umjeravan prema odobrenom postupku UP16 Umjeravanje otporničkih termometara, pretvornika temperature i termometara s direktnim pokazivanjem (Izdanje 9, 2016) sukladnom sa Uputom DKD-R 5-1, Umjeravanje otporničkih termometara (Ed. 10, 2003).

Calibration method: Item is calibrated according to the approved procedure UP16 Calibration of resistance thermometers, temperature transmitters and direct reading thermometers (Issue 9, 2016) compatible with the Guideline DKD-R 5-1, Calibration of Resistance Thermometers (Ed. 10, 2003).

Podaci klime okoliša:  
Environment conditions:

	Temperatura zraka Air temperature (°C)	Relativna vlažnost Humidity (%)	Tlak zraka Air pressure (hPa)
Mjereno Measured	20,4 ... 21,1	32,1 ... 38,1	1004,6 ... 1005,8
Mjer. nesigurnost (U) Uncertainty	0,3	2,5	0,2

Opis predmeta  
umjeravanja:  
Item description:

Pretvornik temperature sa pokazivačem, mjernog područja -30 do 120 °C, najmanjeg podjeljka 0,01 °C, sonda Ø 3/6 × 133 mm, duljina kabela 10000 mm

Etalonska oprema:  
Used standards:

- Blok-kalibrator WIKA; -35/165 °C, umjeren u BMB Laboratoriju Breković, HAA 2275, naljepnica B-7328-18-12
- Digitalni termometar HART Scientific, model 1521, ser. br. AOC539 + MATERM sonda MWT110, ser. br. OT42 umjeren u BMB Laboratoriju Breković, HAA 2275, naljepnica B-5968-18-05

Mjerni uvjeti:  
Measurement conditions:

Mjerilo je umjeravano na terenu kod korisnika.

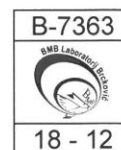
Zapažanja:  
Notes:

Mjerilo je očitano na računalu u software-u Test Rig Software, version 7.1.21.7. Na zahtjev podnositelja zahtjeva mjerilo je umjereno u točkama: 15, 20, 25 °C.

Rezultati umjeravanja odnose se na navedeno mjerilo i uvjete pri umjeravanju.  
The results of calibration are referred to specific object and conditions.

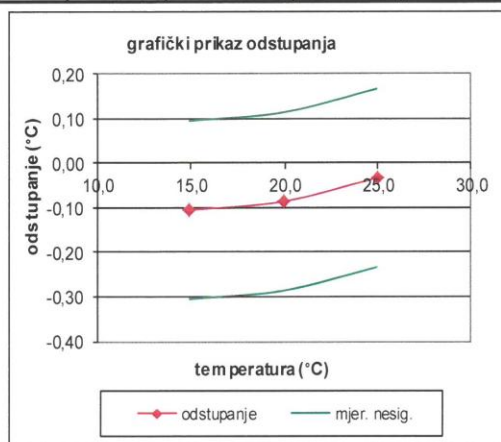
Priklom umjeravanja mjerila u software su bile upisane sljedeće korekcije mjerila:

Number of Test Points	Default Value	Actual Value
3	14.87000	14.88000
	19.90000	19.90000
	24.92000	24.84000



Rezultati mjerenja:  
Measurement results:

Redni broj	Etalonska temp.	Očitavanje termometra	Odstupanje	Mjerna nesig. U
	TR (°C)	(°C)	(°C)	(°C)
1.	14,93	14,82	-0,10	0,20
2.	19,95	19,87	-0,09	0,20
3.	24,96	24,93	-0,03	0,20



Mjerenje obavili / Measured by:

Mario Remenar, dipl. ing. stroj.

Davor Matavulj

Kraj Potvrde o umjeravanju  
End of Calibration certificate

BMB Laboratorij Brcković – Umjerni laboratorij  
10040 ZAGREB, Čulinečka cesta 87, tel.: ++385 (1) 2866-893, 2915-987, fax: ++385 (1) 2866-892  
IBAN: HR2623400091160428706 Privredna banka, MBO: 90741587, OIB: 47590958254  
e-mail: info@bmb-laboratorij.hr, www.bmb-laboratorij.hr

UF19/11



Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium

issued by the calibration laboratory



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-K-18457-01-00



SINN MESSTECHNIK e.K.  
Theodor-Storm-Straße 13  
24800 Elsdorf-Westermühlen

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

002651
D-K- 18457-01-00
2020-09

Gegenstand <i>Object</i>	kritisch betriebene Venturidüse <i>critical venturi nozzle</i>	<p>Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.</p> <p><i>This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i></p>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	k.A. <i>not specified</i>	
Typ <i>Type</i>	DIN EN ISO 9300 <i>DIN EN ISO 9300</i>	
Serien-Nr. <i>Serial number</i>	I06/0308/0,280/A	
Kundendaten <i>Customer</i>	inotech Meter Calibration Systems Obere Hardt 15 76467 Bietigheim	
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	552	
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheins <i>Number of pages of the certificate</i>	3	
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	08.09.2020	

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine sind bei Nennung des für die Freigabe Verantwortlichen in Klarschrift auch ohne Unterschrift gültig.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. Calibration certificates with the full name of the approval responsible person are valid without signature.*

Datum der Ausstellung <i>Date of issue</i>	Freigabe des Kalibrierscheins durch <i>Approval of the certificate of calibration by</i>
10.09.2020	Peter Sinn

SINN MESSTECHNIK e.K.  
Theodor-Storm-Straße 13  
24800 Elsdorf-Westermühlen

002651
D-K- 18457-01-00
2020-09

Kalibriergegenstand <i>Calibration object</i>	kritisch betriebene Venturidüse <i>critical venturi nozzle</i>
Kalibrierverfahren <i>Calibration method</i>	gem. PTB-Prüfregeln, Band 25 <i>in accordance with PTB-Prüfregeln, Band 25</i>
Umgebungsbedingungen <i>Environmental conditions</i>	
Atmosphärendruck <i>Atmospheric pressure</i>	1019,63 mbar ± 0,5 mbar
Raumtemperatur <i>Room temperature</i>	21,95 °C ± 0,1 °C
relative Raumluftfeuchte <i>Room air relative humidity</i>	45,5 % ± 2 %

**Kalibrierergebnisse:**

<b>Düsenkennzahl <math>Q_{V,20,tr,1000}</math>:</b> <i>Nozzle characteristic:</i>	<b>0,038210 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Messunsicherheit <math>U_{rel}</math>:</b> <i>Uncertainty of measurement:</i>	<b>0,35 %</b>
<b>Korrekturfaktor für die Eingangsdruckabhängigkeit <math>c_{pE}</math>:</b> <i>Correction factor:</i>	<b>7,47E-05 mbar<sup>-1</sup></b>
<b>kritisches Druckverhältnis <math>p_2/p_0</math>:</b> <i>Critical pressure ratio:</i>	<b>0,45 ± 0,03</b>
<b>Rekalibrierung empfohlen bis:</b> <i>Recalibration recommended until:</i>	<b>30.09.2023</b>

**Es wurde kein Kalibrierzeichen auf dem Kalibriergegenstand angebracht.**  
*It was no calibration mark affixed on the calibration object.*

Die angegebene Messunsicherheit bezieht sich auf die mit der Düsenkennzahl  $Q_{V,20,tr,1000}$  und dem  $c_{pE}$ -Wert berechneten Durchflusswerte. Die angegebene Düsenkennzahl gilt für Luft im Absolutdruckbereich des Kalibriergegenstandes zwischen 850 und 1050 mbar. Angegeben ist die erweiterte relative Messunsicherheit  $U_{rel}$ , die sich aus der relativen Standardmessunsicherheit  $u_{rel}$  durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (ISO, 1995) ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Wertintervall. Alle angegebenen Werte einschließlich Messunsicherheit gelten bei Einhaltung des kritischen Druckverhältnisses und sind auf eine Eingangstemperatur von 20 °C, eine relative Feuchte von 0 % und einen Eingangsdruck von 1000 mbar bezogen. Das kritische Druckverhältnis wurde unter der Berücksichtigung der Unsicherheit des Messverfahrens festgelegt. Ein Sicherheitszuschlag ist nicht enthalten. Die zugehörigen Gleichungen zur Berechnung des Volumen- bzw. Massestromes befinden sich auf Seite 3 dieses Kalibrierscheins.

The specified uncertainty refers to the flow rates calculated by the nozzle characteristic and the correction factor.

The specified nozzle characteristic applies for air in the absolute pressure range from 850 to 1050 mbar.

The uncertainty stated is the expanded uncertainty obtained by multiplying the standard uncertainty by the coverage factor  $k = 2$ . It has been determined in accordance with the "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (ISO, 1995). The value of the measurand lies within the assigned range of values with a probability of 95 %. All values specified including the uncertainty of measurement are applicable as long as the pressure ratio is critical and are converted to an input temperature of 20 °C, a relative air humidity of 0 % and a reference pressure of 1000 mbar. The critical pressure ratio was fixed in consideration of the uncertainty of the measurement method. A safety surcharge is not included. The describing equations for the calculation of the volume flow rate resp. mass flow rate are to be found on the third page of this calibration certificate.



002651
D-K- 18457-01-00
2020-09

SINN MESSTECHNIK e.K.  
Theodor-Storm-Straße 13  
24800 Elsdorf-Westermühlen

Die zugehörigen Gleichungen für die Berechnungen des durch die Düse bei ihrer Anwendung am Einbauort des Prüflings erzeugten Durchflusses lauten:

*For the theoretical value of the flow rate of the nozzle, converted to the thermodynamic state on the test unit, the following equations apply:*

- Für den Volumendurchfluss  $Q_{V,P}$   
for volume flow rate

$$\frac{Q_{V,P}}{\text{m}^3/\text{h}} = \frac{\frac{\rho_D}{\text{kg}/\text{m}^3}}{\frac{\rho_P}{\text{kg}/\text{m}^3}} \cdot (1 + 0,169 \cdot x_v) \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{T_D}{^\circ\text{C}} + 273,15\right)}{293,15}} \cdot \left[ 1 + \frac{c_{pE}}{1/\text{mbar}} \cdot \left(\frac{p_D}{\text{mbar}} - 1000\right) \right] \cdot \frac{Q_{V,20, \text{tr}, 1000}}{\text{m}^3/\text{h}}$$

- Für den Massedurchfluss  $Q_{m,P}$   
for mass flow rate

$$\frac{Q_{m,P}}{\text{kg}/\text{h}} = \frac{\rho_D}{\text{kg}/\text{m}^3} \cdot (1 + 0,169 \cdot x_v) \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{T_D}{^\circ\text{C}} + 273,15\right)}{293,15}} \cdot \left[ 1 + \frac{c_{pE}}{1/\text{mbar}} \cdot \left(\frac{p_D}{\text{mbar}} - 1000\right) \right] \cdot \frac{Q_{V,20, \text{tr}, 1000}}{\text{m}^3/\text{h}}$$

mit	$p_D$	absoluter Düseneingangsdruck
with		<i>absolute nozzle inlet pressure</i>
	$T_D$	Düseneingangstemperatur
		<i>nozzle inlet temperature</i>
	$X_v$	molarer Anteil des Wasserdampfes in feuchter Luft
		<i>molar fraction of water in humid air</i>
	$\rho_D$ bzw. $\rho_P$	Dichte der Prüfluft an der Düse bzw. am Prüfling
		<i>density of humid air at nozzle resp. at meter</i>

Prüfluftdichte und molarer Wasserdampfanteil sind gemäß der BIMP-Empfehlung für die Bestimmung der Dichte von feuchter Luft (Giacomo, P.: Formel für die Bestimmung der Dichte von feuchter Luft. In: PTB-Mitteilungen 89, 4/79, S. 271 ff.) zu bestimmen.

*The density of air and molar fraction of water vapour are to be determined in compliance with the BIMP-recommendation for the determination of the density of humid air (Giacomo, P.: Formel für die Bestimmung der Dichte von feuchter Luft. PTB-Mitteilungen 89, 4/79, S. 271 ff.)*