



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## ZAVEDENÍ METROLOGICKÝCH POSTUPŮ PRO URČOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI MĚŘIDEL V OBLASTI TRIBOLOGIE

THE INTRODUCTION OF METROLOGICAL PROCEDURES FOR DETERMINING THE ELIGIBILITY OF  
GAUGES IN TRIBOLOGY

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lada Rozlílková

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Šrámek

BRNO 2019



# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	<b>Lada Rozlílková</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jan Šrámek</b>
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Zavedení metrologických postupů pro určování způsobilosti měřidel v oblasti tribologie**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Výrobní podnik se dodává komponenty pro automobilový průmysl. Pro zajištění efektivnosti výroby, je nutné stanovit podmínky pro způsobilost pracovních (nestanovených) měřidel, aby bylo možno vyhodnotit jejich použitelnost v procesu měření. V současné době jsou měřidla kalibrována, avšak pouze dle specifikací udávaných výrobcem. Není zde zajištěno plnění požadavků zákazníka na kvalitu.

Nelze tedy s určitostí konstatovat, že jsou tato měřidla způsobilá pro použití v daném výrobním procesu. Je tedy nutné vytvořit systém pro zajišťování způsobilost měřidel používaných pro kontrolu klíčových parametrů ve výrobním procesu.

### **Cíle bakalářské práce:**

Analýza současného stavu procesu měření.

Výběr vhodných metod měření, postupů a vhodných měřidel.

Návrh metrologických postupů pro proces vyhodnocení způsobilosti měřidel.

Zavedení a odzkoušení nově navrženého systému v praxi.

Vyhodnocení dopadů nově zavedeného systému na kvalitu výroby.

### **Seznam doporučené literatury:**

PERNIKÁŘ, Jiří a TYKAL, Miroslav. Strojírenská metrologie II. 1. vydání. Brno: CERM, 2006. ISBN 80-214-3338-8.

ŠRÁMEK, Jan. Nejistoty měření přesných délkových měření II. Diplomová práce práce. Brno: VUT FSI – ÚVSSR, 2011.

TNI 01 0115:2009. Mezinárodní metrologický slovník - Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 90 stran. Třídící znak 83031.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce pojednává o metrologických postupech při určování způsobilosti měřidel ve výrobě firmy fungující v oblasti přesného strojírenství.

Hlavním cílem každého podniku je jeho konkurenceschopnost v daném odvětví a spokojenost zákazníka. Z tohoto důvodu je v podnicích kladen velký důraz na modernizaci a optimalizaci procesu výroby, logistiky a na snížení dopadů na životní prostředí.

Nároky zákazníka se neustále zvyšují, a proto je kladen důraz na přesnost výrobku. Je proto nejen nutná správná a přesná výroba, ale také kontrola jeho kvality, zda zapadá do daných tolerancí a vyhovuje tak zákaznickově požadavkům.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with metrological procedures in determining the capability of measuring instruments in production in a company operating in the field of precision engineering.

The main goal of each business is its competitiveness in the industry and the satisfaction of customer. Therefore in companies is a great deal of emphasis on modernizing and optimizing the production process, logistics, and reducing the enviromental impact.

The customer's demands are constantly increasing and that is why the accuracy of the product is emphasized. So it is not only necessary to produce the product correctly and accurately, but also to check its quality, whether it fits within the given tolerances and meets the customer's requirements.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Metrologie, měření, měřidlo, postup měření, způsobilost měřidla, kalibrace, tribologie, kvalita.

## **KEYWORDS**

Metrology, measurement, measuring instrument, measruement procedure, meter capability of measuring instrument, calibration, tribology, quality.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ROZLÍLKOVÁ, L. *Zavedení metrologických postupů pro určování způsobilosti měřidel v oblasti tribologie*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2019, 56 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Šrámek.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu této bakalářské práce Ing. Janu Šrámkovi za jeho odborné vedení a konzultování této bakalářské práce a za poskytnutí cenných rad, připomínek a doporučení při zpracovávání informací.

Dále bych ráda poděkovala firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o. v Chomutově, která mi umožnila bakalářskou práci zpracovat. Zejména bych chtěla poděkovat Stanislavovi Lhotskému a pracovnímu kolektivu divize MSDE za poskytnutí velkého množství námětů, rad, nápadů a informací. Také bych chtěla poděkovat Zdeňkovi Hrdličkovi z firmy I&C Energo a. s. který mi umožnil sledovat postup při kalibraci měřidel a poskytl mi mnoho informací z oblasti metrologie a kalibrace měřidel.

V neposlední řadě bych však chtěla poděkovat zejména rodině za všestrannou podporu při mém studiu, svým přátelům a kolegům.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠ ENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Šrámka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 23. 5. 2019

.....

Rozlilková Lada



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PARKER HANNIFIN INDUSTRIAL S. R. O.</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>19</b>
3.1	Metrologie.....	19
3.1.1	Normy z oblasti metrologie .....	19
3.2	Jakost; kvalita .....	20
3.3	Způsobilost.....	20
3.4	Kalibrace .....	20
3.5	Ověření.....	21
3.6	Tribologie.....	21
3.6.1	Tření.....	21
3.6.2	Opotřeбенí .....	21
<b>4</b>	<b>MĚŘENÍ</b> .....	<b>25</b>
4.1	Rozdělení měřidel .....	26
4.1.1	Etalon.....	26
4.1.2	Stanovená pracovní měřidla .....	26
4.1.3	Nestanovená pracovní měřidla .....	26
4.1.4	Certifikované referenční materiály .....	26
4.2	Nejistota měření .....	26
4.3	Návaznost měření .....	27
4.4	Zkouška.....	28
4.5	Kontrola .....	28
<b>5</b>	<b>MĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH VELIČIN</b> .....	<b>29</b>
5.1	Měření tlaku.....	29
5.1.1	Druhy tlakoměrů.....	29
5.2	Měření průtoku .....	31
5.3	Měření délek .....	33
5.3.1	Koncové měrky.....	33
5.3.2	Délkoměry .....	34
5.3.3	Posuvná měřidla .....	35
5.3.4	Mikrometry .....	35
<b>6</b>	<b>VYHODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI</b> .....	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK</b> .....	<b>49</b>
10.1	Seznam tabulek .....	49
10.2	Seznam obrázků.....	49
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>51</b>



# 1 ÚVOD

Při výrobě ventilů do diesellových motorů ve společnosti Parker Hannifin Industrial s. r. o. je kladen důraz na jejich kvalitu a přesnost, proto je pro podnik důležitá nejen efektivní výroba, ale také kvalitní a přesné měřicí přístroje kontrolující důležité parametry výrobků, tak aby byl zákazník spokojen s jejich kvalitou. K zajištění efektivnosti a přesnosti výroby se stanovují předpoklady pro způsobilost pracovních měřidel, tak aby bylo možné zhodnotit použitelnost měřicího postupu ve výrobě.

Oborem, zabývajícím se touto problematikou je metrologie. Metrologie se nezabývá pouze měřidly, ale také jednotlivými veličinami, jednotkami a v neposlední řadě i postupy a jejich následným převedením do praxe. Pro co nejvyšší přesnost měřicího procesu je nutné měřidla používaná v podniku pravidelně kalibrovat, aby si udržela svou přesnost a byla tak zajištěna kvalita výrobku.

Nyní jsou měřidla kalibrována dle vymezení, která udává výrobce měřidel, tudíž není akceptováno naplnění nároků na kvalitu od zákazníka. Nelze tedy s určitostí říci, zda jsou měřidla používaná ve výrobě způsobilá. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit systém, jehož cílem bude zajistit způsobilost měřidel, která kontrolují hlavní parametry.

Cílem této bakalářské práce je tedy analyzovat proces měření v současnosti a zhodnotit současný stav. Na základě těchto poznatků vybrat vhodná měřidla, měřicí metody a postupy měření. Dále pak navrhnout metrologické postupy, jimiž se bude provádět vyhodnocování způsobilosti daných měřidel. Tyto metody vyzkoušet v praxi a vyhodnotit efekt nového systému na kvalitu výroby.





## 2 PARKER HANNIFIN INDUSTRIAL S. R. O.

Je mezinárodní společnost v oblasti technologií a systémů pro řízení pohybu v mobilních, průmyslových a leteckých oborech, založena v roce 1917. Je zaměstnavatelem asi 55000 zaměstnanců v 49 zemích na celém světě. Společnost se zabývá devíti hlavními obory, kterými jsou hydraulika, pneumatika, elektromechanika, filtrace, řízení procesů, manipulace s tekutinami a plyny, těsnění a stínění, klimatizace, letectví a kosmonautika.

V roce 1991 bylo založeno Obchodní a servisní centrum pro Českou republiku a Slovensko, o dva roky později začala společnost spolupracovat s českými firmami. V České republice se nachází dva závody společnosti Parker Hannifin Industrial s. r. o. a to konkrétně v Sadské a v Chomutově. V chomutovském závodě (na obrázku č. 1) se nachází sedm divizí: HTA+PFDE (hadicové montáže, trubkové ohyby a Polyflex), MSDE (hydraulické cartridgeové systémy), PDE (pneumatika), HFDE (hydraulické filtry), PMD (čerpadla a motory), EME (elektromechanika) a FCDE (solenoidové ventily). [1]



Obr. 1) Výrobní závod Parker Hannifin Industrial s. r. o. v Chomutově [1]



## 3 ZÁKLADNÍ POJMY

V České republice slouží k definování jednotlivých základních metrologických pojmů Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů a Mezinárodní slovník legální metrologie, které jsou volně přístupné ke stažení na webových stránkách Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

### 3.1 Metrologie

Metrologie se obecně zabývá měřením. Jedná se o zjišťování totožnosti a správnosti měření. Zajímá se zejména o měřidla, jednotky a jejich provedení etalony, způsoby vyhodnocení výsledků, chyb a nejistot měření.

Metrologii dělíme podle jejího zaměření na:

- Teoretickou, která se zabývá teoretickými problémy měření.
- Praktickou zabývající se měřením dané veličiny.
- Obecnou řešící problémy společné pro více oborů měření.
- Legální, která úzce souvisí s legálními hledisky metrologického charakteru. Jejím úkolem je zajistit pořádek v metrologii vyhlášením měřících jednotek a daných metod. Vydává měřicí předpisy právně-technického charakteru.
- Státní.
- Podnikovou, která se zabývá metrologickou problematikou v rámci systému kvality v podmínkách konkrétního podniku.

V oblasti metrologie v České Republice působí několik organizací. Řízení státní politiky v oblasti metrologie, vypracování plánu rozvoje metrologie, řízení Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) a Českého metrologického institutu (ČMI) má na starost Ministerstvo průmyslu a obchodu. [2]

Dodržováním zákonů České Republiky, které upravují technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a oblast technických předpisů a norem, které jsou uplatňovány v rámci Evropské unie, se zabývá Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [3]

Sjednocenost a přesnost měřidel a měřících postupů ve všech odvětví zajišťuje Český metrologický institut. Zajišťuje například uchování státních etalonů, výzkum a vývoj metrologie, kalibraci pracovních měřidel, schvalování a ověřování měřidel. Provádí také certifikaci referenčních materiálů. [4]

Český institut pro akreditaci byl založen Českou republikou a notifikován Evropskou komisí, aby zajišťoval akreditační systém v České republice a vedl registr žadatelů o akreditaci a akreditovaných míst a dokumentů. Jeho úkolem je v rámci jednotného evropského akreditačního systému, který je tvořen národními akreditačními orgány, akreditovat podle mezinárodně uznávaných norem či nařízení Evropského parlamentu. [2][5]

Další organizací působící v oblasti metrologie v České republice jsou autorizovaná metrologická střediska (AMS), která jsou autorizována k metrologickým výkonům a střediska kalibrační služby. [2]

#### 3.1.1 Normy z oblasti metrologie

- Normy ČSN, kategorie 99 Metrologie
- ČSN EN ISO 10 012:2003 Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení

- ČSN ISO 11843-2:2001 Detekční schopnost, část 2: Metodologie v případě kalibrace,
- ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří

### 3.2 Jakost; kvalita

„*Jakost; kvalita je stupeň plnění požadavků souborem inherentních znaků.*“.

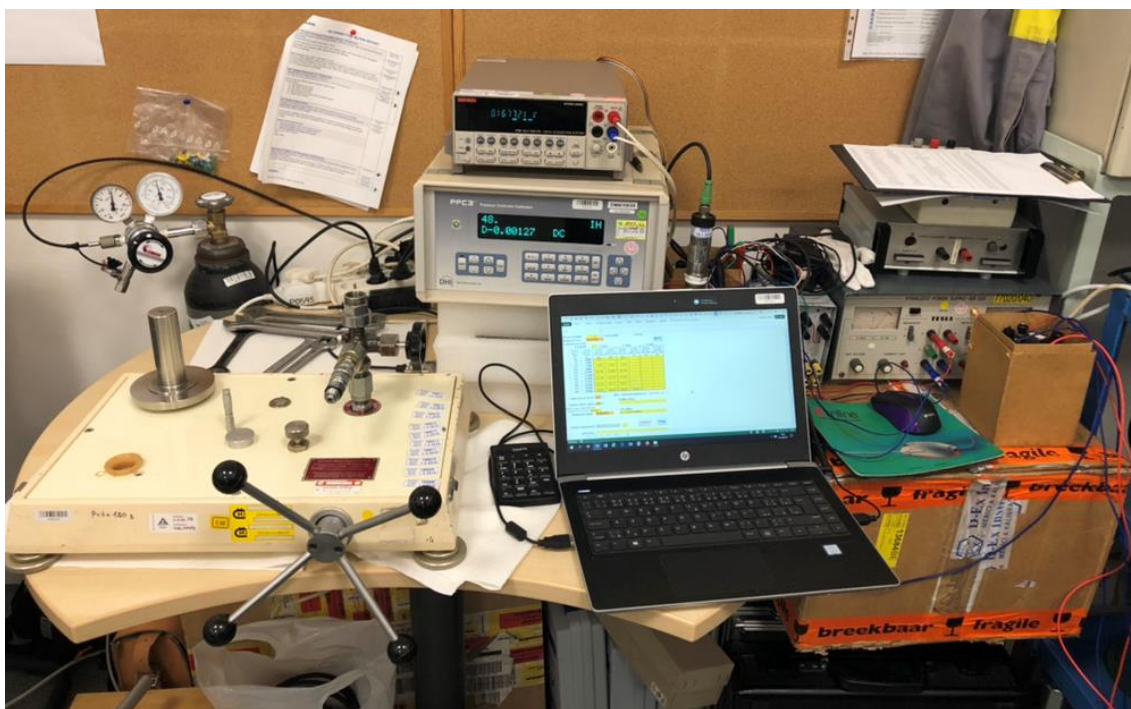
Pojem „kvalita“ se používá s různými přívlakty jako například výborná, nedostatečná, špatná. Pojem „inherentní“ označuje vlastnost, která je „vrozená“. [6]

### 3.3 Způsobilost

Způsobilostí rozumíme schopnost měřicího procesu trvale dosahovat stanovená kritéria. Tato schopnost je v příručce MSA (Measurement Systems Analysis) označena jako přijatelnost zatímco v německé příručce VDA 5 (Verband der Automobilindustrie) je popsána jako vhodnost. Příručky MSA a VDA 5 jsou používány v automobilovém průmyslu, kterému poskytují postupy jak zákazníkovi prokázat způsobilost. Způsobilost se zabývá vazbou mezi určitým požadavkem (kritériem) a schopností systému tento požadavek realizovat. Požadavek je fakt, který není závislý na měřicím systému. Jediné s čím lze pracovat a dojít tak k optimální vazbě požadavku a schopnosti (způsobilosti) je systém měření. [7] [8]

### 3.4 Kalibrace

Pojem kalibrace definuje proces, který za daných podmínek nejprve určuje souvislost mezi hodnotami určité veličiny a nejistotami měření této veličiny danými etalony a odpovídajícími indikacemi s přiřazenými nejistotami měření, dále se tyto poznatky využívají k určení vztahu k získání výsledku měření. Cílem kalibrace je určit metrologické charakteristiky přístroje, materiálu, nebo celého systému. Výstupem kalibrace je kalibrační list a kalibrované měřidlo, které musí být opatřeno štítkem. Kalibrace je ve firmě prováděna externími firmami. Zařízení pro kalibraci tlakových snímačů firmy I&C Energo a. s. je zobrazeno na obrázku č. 2. [4]



Obr. 2) Soustava pro kalibraci tlakoměrů

### 3.5 Ověření

Ověřením rozumíme proces, jehož cílem je určit zda stanovené měřidlo splňuje požadované metrologické vlastnosti. Pokud je měřidlo v souladu s požadavky stanovenými opatřeními obecné povahy, pak můžeme tento požadavek uvažovat jako splněný.

Postupy ověřování stanovených měřidel je dáno vyhláškou Ministerstva dopravy a průmyslu. Toto ověření uděluje Český metrologický institut, nebo autorizované metrologické středisko tak, že vydá ověřovací list, nebo úřední značku (nebo použije obě možnosti). To, jak má značka vypadat a jaké náležitosti musí být splněny, určuje vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu.

Ověření a kalibrace vznikly z podobných postupů. Rozdílem je, že při ověření se zajímá o shodu metrologických charakteristik měřidel s úředně danými požadavky, hlavně s maximálními povolenými chybami. Oproti tomu kalibrace kvantitativně zjišťuje souvislost mezi naměřenou hodnotou a hodnotou jmenovitou, která je nastavená etalonem. Každá z činností je formou metrologické návaznosti měřidel. [4]

### 3.6 Tribologie

Tribologie se obecně zabývá třením, opotřebením a mazáním. Předmětem zkoumání tribologie je tření a opotřebení. Název byl odvozen z řeckého slova tribos, v českém jazyce znamenající tření. [9]

#### 3.6.1 Tření

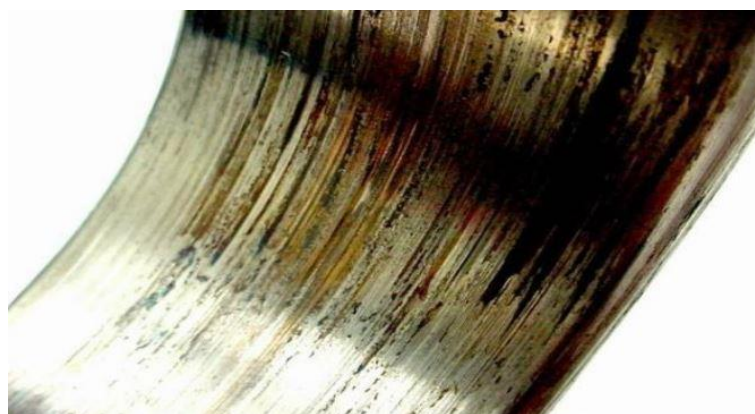
Tření je složitý pojem, který lze zjednodušeně popsat jako tečnou sílu, která působí ve stykové ploše těles vůči sobě se nepohybujících. U spojů předpokládáme, že je tečná síla velká tak, že se celé zatížení přenesou a nedochází tak k relativnímu pohybu a tudíž nedochází ani k žádnému opotřebením. Při zatížení pohyblivých kontaktů je tření negativním jevem, protože v jeho důsledku dochází k opotřebením třecích ploch a ke snížení účinnosti při převodu mechanické energie. [9]

#### 3.6.2 Opotřebení

Opotřebení znamená odebrání částic z funkčního povrchu, v jehož důsledku dochází ke změně tvaru, rozměrů a k zhoršení kvality povrchu.

Rozlišujeme sedm druhů opotřebením: [9]

- a) Abrazivní, při němž dochází k oddělování částic z funkčních povrchů způsobeného působením drsného a tvrdého povrchu jiného tělesa, nebo částicemi vyskytujícími se mezi funkčními povrchy.



Obr. 3) Abrazivní opotřebení [16]

- b) Adhezivní, které zapříčiňuje vznik mikro svarů a těsné přilnutí. Adhezní síly vytrhávají částice z funkčních povrchů. Mazivo mezi funkčními povrchy odděluje kovové povrchy a tím zastaví proces opotřebování.



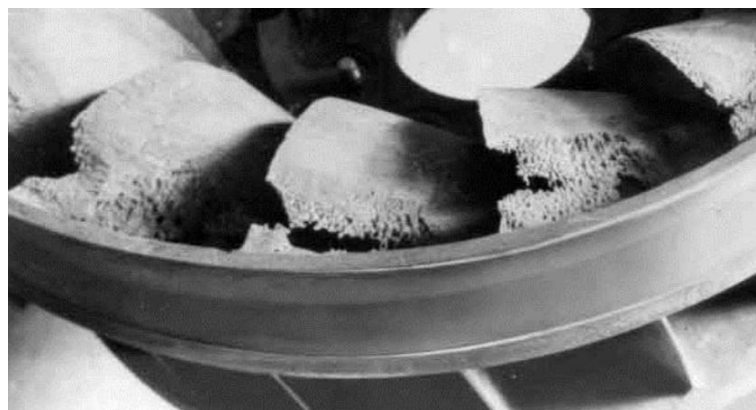
Obr. 4) Adhezivní opotřebení [17]

- c) Erozivní, vznikající jako následek působení částic unášených proudem kapaliny či plynu. Vzniká v tekutinových mechanismech.



Obr. 5) Erozivní opotřebení [17]

- d) Kavitační, vyskytující se rovněž v tekutinových mechanismech stejně jako opotřebení erozivní. Vzniká v důsledku rostoucí rychlosti proudění a současného poklesnutí tlaku.



Obr. 6) Kavitační opotřebení [18]

- e) Únavové, se kterým se setkáváme u povrchů součástí, které jsou cyklicky zatěžovány velkými tlaky (valivá ložiska, ozubená kola). Pod povrchem vznikají trhliny a postupně dochází k oddělování částic materiálu (dolíčky).



Obr. 7) Únavové opotřebení [16]

- f) Koroze, která může být způsobena buď vlhkostí, nebo vzniká v důsledku vzájemného tření funkčních částí, nebo dvou ploch přicházejících do kontaktu. Dochází ke vzniku porušení vrstvy a následnému vzniku koroze v těchto místech.



Obr. 8) Koroze [17]

- g) Vibrační neboli fretting, vznikající v důsledku kontaktu stykových povrchů. Vzniká po vyčerpání elasticity povrchu a začínají se tvořit malé částice otěru. Při tomto druhu opotřebení vznikají důlky (viz obrázek č. 9). [21]



Obr. 9) Vibrační opotřebení [16]



## 4 MĚŘENÍ

Měření je dle ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník Základních a všeobecných termínů v metrologii (ISO OIML VIM 1993): soubor činností, jejichž cílem je stanovit hodnotu veličiny. [10]

Proces měření je dle ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník definován jako soubor úkonů ke stanovení hodnoty měřené veličiny.

Měřidlo je zařízení, jehož funkcí je stanovit hodnotu veličiny, která nás zajímá. [10]

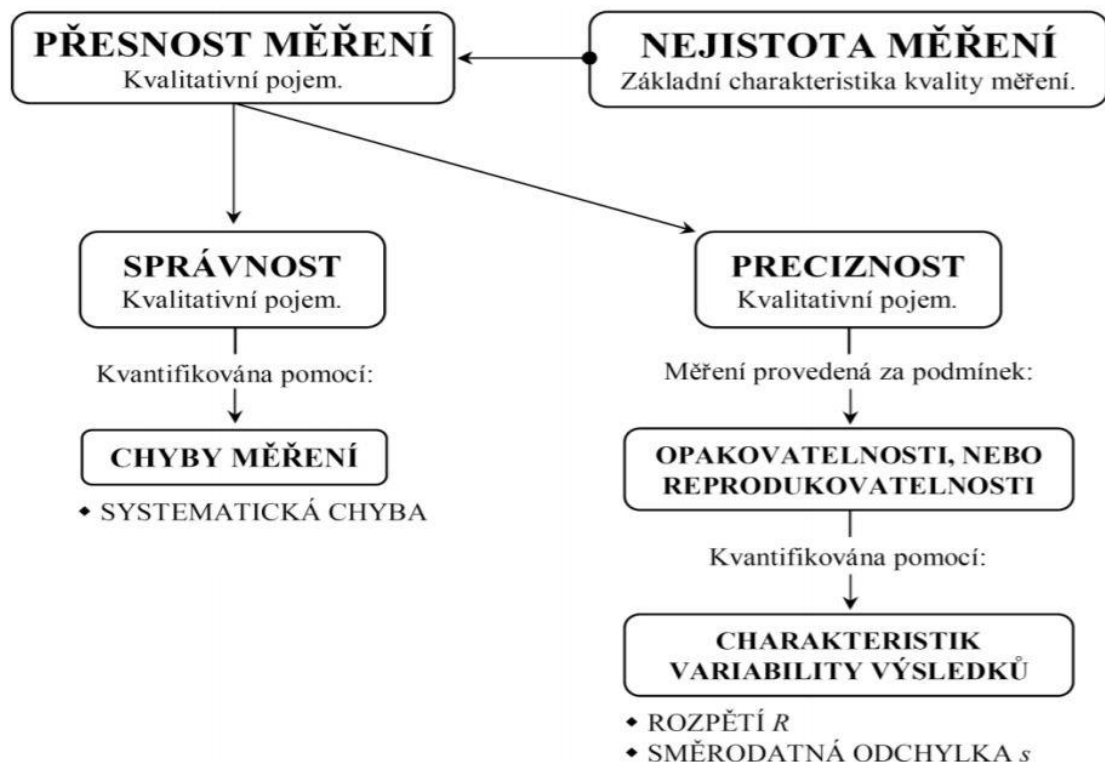
Měřicí přístroj dle ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník Základních a všeobecných termínů v metrologii (ISO OIML VIM 1993): samostatné zařízení, nebo ve spojení s přídatným zařízením (přídavnými zařízeními).

Měřicí zařízení dle ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník: měřicí přístroj, software, etalon, referenční materiál a/nebo pomocný přístroj, nebo jejich kombinace, které jsou nezbytné k realizaci procesu měření. [10]

Shodnost je míra shody mezi výsledky opakovaných měření. [4]

Přesnost měření je popis rozdílu mezi reálně naměřenými hodnotami a hodnotami, které bychom měli naměřit. Jedná se o kvalitativní parametr, k jehož kvantifikaci lze použít nejistotu měření. [4]

Správnost vyjadřuje těsnost shody mezi průměrem naměřených výsledků a přijatou referenční hodnotou. [11]



Obr. 10) Vztah mezi nejistotou a přesností měření [15]

## 4.1 Rozdělení měřidel

Měřidla dělíme na etalony, stanovená měřidla (stanovená pracovní měřidla), pracovní měřidla (nestanovená pracovní měřidla) a certifikované referenční materiály. [10]

### 4.1.1 Etalon

Etalonem neboli standardem měřicí jednotky je měřidlo. Měřidlo slouží k uskutečnění a uchování určité jednotky, nebo stupnice a přenesení této veličiny na jiná měřidla nižších přesností. Uchování etalonu zahrnuje všechny úkony vedoucí k zachování metrologických znaků etalonu v daných mezích.

Předpokladem pracovních měřidel je jejich jednotnost, kterou zajišťuje kalibrace. Kalibraci provádí výrobce měřidla (prvotní kalibrace), při používání se pak provádí kalibrace v pravidelných intervalech (periodická kalibrace), nebo v případě potřeby. Jsou měřidla, u kterých není potřeba periodickou kalibraci provádět z časových a finančních důvodů. Je důležité správně určit, v jakých intervalech je nutné kalibraci provádět.

Měřidla, u kterých není periodická kalibrace nutná, nazýváme orientační měřidla. Jsou to měřidla, která neovlivňují kvalitu výrobku, nebo bezpečnost práce. Zpravidla to jsou jednoduchá měřidla, jako jsou mikrometry, posuvná měřidla, pravítka, úhlooměry, teploměry. [4][6]

### 4.1.2 Stanovená pracovní měřidla

Jsou měřidla, která jsou vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu stanovena k povinnému ověřování z těchto důvodů:

1. V závazkových vztazích (například při určování výše náhrad škod).
2. Stanovení sankcí, poplatků, tarifů, daní.
3. Ochrana zdraví.
4. Ochrana životního prostředí.
5. Bezpečnost při práci.
6. Ochrana jiných veřejných zájmů. [4][6]

### 4.1.3 Nestanovená pracovní měřidla

*„Nestanovená pracovní měřidla jsou měřidla, která nejsou etalonem ani stanoveným měřidlem.“* [4]

### 4.1.4 Certifikované referenční materiály

Mají přesně stanovené vlastnosti či složení. Slouží k ověřování a kalibraci, vyhodnocování metod a určování vlastností materiálu. [4]

## 4.2 Nejistota měření

Je parametr, který se vztahuje k výsledku měření. Popisuje vychýlení hodnot dané veličiny. Nejistota měření je určena mnoha různými způsoby. Akreditační orgány využívají doporučený postup „GUM“ (Guide to the expression of uncertainty in measurement). Existují 4 druhy nejistot měření:

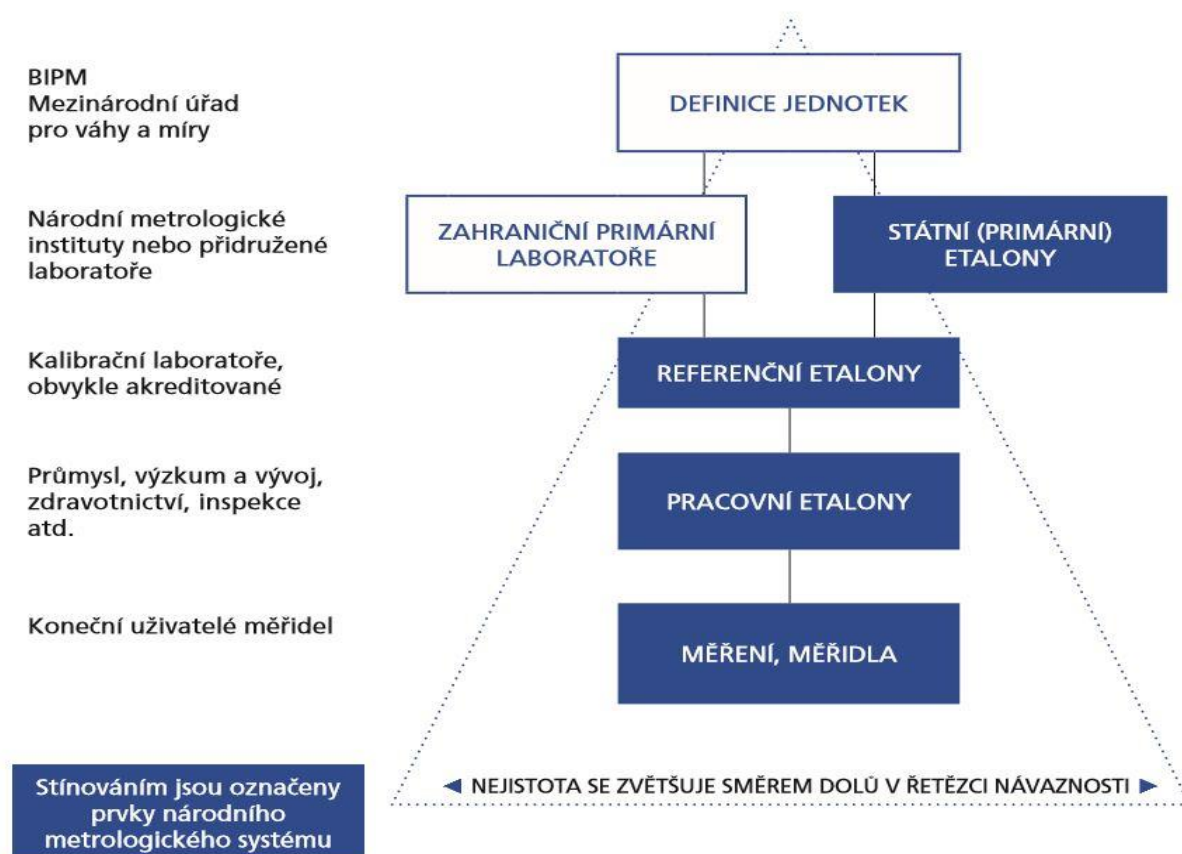
- Standardní nejistota typu A, která vyplývá z opakujících se měření konkrétní veličiny a následným výpočtem směrodatné odchylky ze změřených hodnot. Hodnota této nejistoty se s rostoucím počtem měření snižuje.
- Standardní nejistota typu B je nejistota, která není závislá na počtu měření. Je způsobena nedokonalostí měřících prostředků, metod měření, nestabilními podmínkami při měření, vlivem operátorů či nedokonalostmi konstant, závislostí a vztahů použitých při výpočtech.

- Geometrickým sečtením předešlých nejistot dostáváme takzvanou kombinovanou standardní nejistotu, jež určuje pravděpodobnost výskytu právě hodnoty veličiny v daném intervalu.
- Je-li vyžadována vyšší pravděpodobnost výskytu hodnot měřené veličiny, uplatňuje se rozšířená neboli celková standardní nejistota. [4]

### 4.3 Návaznost měření

Návaznost je znak výsledku měření či hodnoty etalonu, jíž je daný poměr k národním či mezinárodním etalonům pomocí nepřerušného řetězce porovnání s uvedením odpovídajících nejistot. V podstatě jde o zařazení měřidel do nepřerušené posloupnosti přenosu hodnoty veličiny začínající etalonem nejvyšší metrologické jakosti. Řetězec návaznosti je celistvý řetězec srovnání, pro který jsou dány nejistoty. Vztažnost k referencím vyšší úrovně, až k primárním etalonům zajišťuje výsledek měření či hodnota etalonu. Uživatel tak získává návaznost na nejvyšší mezinárodní úrovni prostřednictvím akreditované sekundární kalibrační laboratoře či národního metrologického institutu. Podle různých mezinárodních ujednání o vzájemném uznávání může být návaznost zajištěna i pomocí laboratoří mimo zemi uživatele.

Zjednodušeně je to znak výsledku měření, nebo hodnoty etalonu, který určuje souvislost s národními či mezinárodními etalony nepřerušenou řadou porovnání s uvedením nejistot. [4]



Obr. 11) Řetězec metrologické návaznosti [12]

#### **4.4 Zkouška**

Zkouškou rozumíme činnost, která se provádí s cílem jednoznačně předepsat určené charakteristiky výrobku, nebo provozu. Dle ČSN ISO 9001 Systémy managementu jakosti- Požadavky je pojem zkouška definován jako technická operace, při níž se zjistí jeden, nebo více znaků výrobku, procesu, nebo služby podle specifikovaného postupu. [10]

#### **4.5 Kontrola**

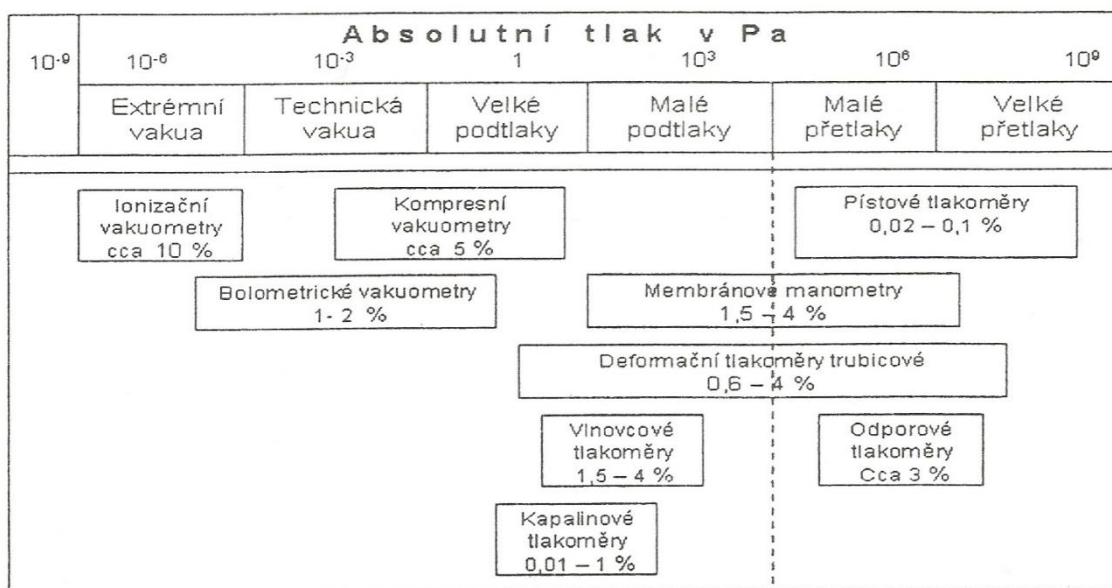
Je činnost, jejímž úkolem je dokázání shody daných požadavků. Dle ČSN EN ISO 9000 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník: Činnost jako měření, zkoumání, porovnávání kalibrem jednoho, nebo několika znaků výrobku, nebo služby a jejich porovnávání se specifickými požadavky s cílem určit shodu. [10]

## 5 MĚŘENÍ JEDNOTLIVÝCH VELIČIN

### 5.1 Měření tlaku

Hlavní veličinou, která je měřena při výrobě ventilů ve firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o. je právě tlak. Aby byla tato veličina měřena přesně a vyrobený ventil splňoval zákaznickovy požadavky, je nutné tyto snímače tlaku kalibrovat. Kalibrace je prováděna externími firmami jedenkrát ročně.

Tlak je fyzikální veličina. Její jednotkou je Pascal, který lze také definovat jako jeden Newton [N] (jednotka síly) působící na jeden metr čtverečný. V praxi se setkáváme nejčastěji s jejími násobky a to konkrétně kilopascaly [kPa], megapascaly [MPa], nebo v Evropě nejčastěji používané bary, kdy 1 bar je roven 1 MPa. Dalšími jednotkami jsou fyzikální atmosféra [atm], která je odvozena od atmosférického tlaku, či technická atmosféra [at]. [6]



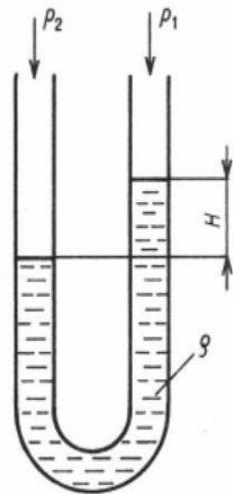
Obr. 12) Rozdělení tlakoměrů podle rozsahu [6]

#### 5.1.1 Druhy tlakoměrů

Nejjednodušší tlakoměry jsou tlakoměry hydrostatické, které fungují na principu hydrostatického tlaku, který je roven součinu hustoty  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>], Newtonovy gravitační konstanty  $g$  [m/s<sup>2</sup>] a výšky  $h$  [m], která je jedinou proměnnou.

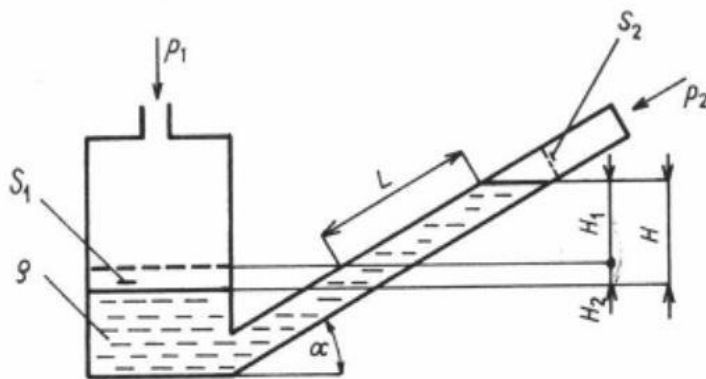
Tyto druhy tlakoměrů jsou využívány zejména v metrologických laboratořích pro jejich vysokou přesnost.

Dalším typem je U-trubicový tlakoměr, který je nejjednodušším provedením manometru. Jak je z názvu zřejmé, jedná se o trubku tvarem připomínající písmeno U. Tato trubice je z části naplněna tlakoměrnou kapalinou a oba konce jsou otevřené. Rozdíl tlaku je patrný z rozdílu výšek v U-trubici (viz obrázek č. 13). [12]

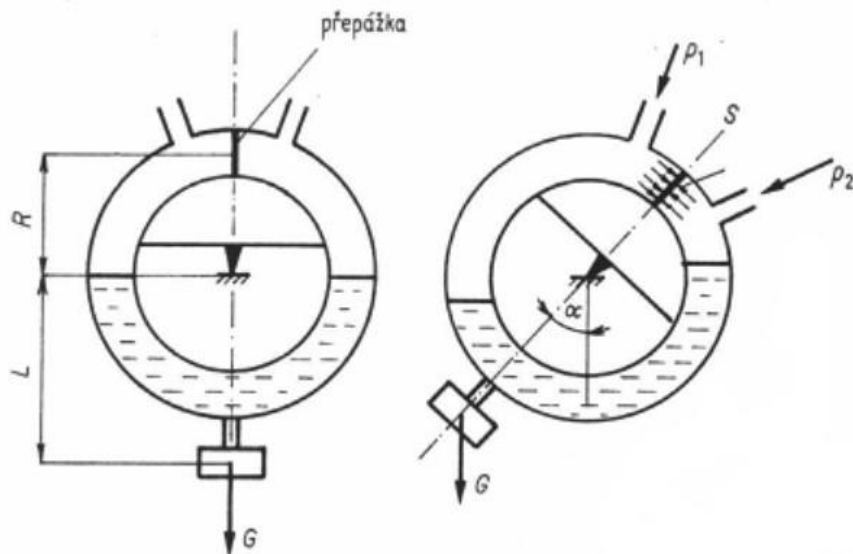


Obr. 13) U- trubicový tlakoměr [14]

Měření tlaků se provádí mnoha druhy tlakoměrů, například nádobové se svislou či šikmou trubicí a prstencové tlakoměry, jejichž princip je obdobný jako u U-trubicových tlakoměrů. Schematicky jsou tyto tlakoměry zobrazeny na obrázcích č. 14 a 15. [6] [12]



Obr. 14) Nádobový tlakoměr se šikmou trubicí [14]



Obr. 15) Prstencový tlakoměr [14]

V laboratořích je pro velice přesné měření používán také Betzův tlakoměr, kdy se snímá hladina plováčkem vyrobeným ze skla, který plave na hladině a na něm je zavěšena skleněná stupnice. Hodnota se odečítá z takzvané matnice, na kterou je promítána hodnota ze stupnice. Dalším druhem tlakoměrů jsou tlakoměry pístové, které slouží ke kalibraci ostatních snímačů tlaku. Pístový tlakoměr je součástí kalibrační soustavy na obrázku č. 2. Na obrázku č. 16 je zaznamenán převodník tlaku WIKA S-10 s rozsahem 0–6 bar, výstupem 4–20 mA a přesností 0,5% používaný ve výrobě. [12]



Obr. 16) Převodník tlaku WIKA S-10

## 5.2 Měření průtoku

Měření průtoku provádíme takzvanými průtokoměry. Měření průtoku je založeno na třech základních principech. Nejpřesnější metodou je metoda objemová, která je používána pro hodnotící měření. Slouží jako etalon při prověřování jiných průtokoměrů.

Principem měření průtoku objemovou metodou je odměření protékající tekutiny v odměrném prostoru. Průtok je dán přírůstkem objemu kapaliny za určitou dobu, pak mluvíme o měřidle s nespojitou funkcí. V praxi se setkáváme s průtokoměry lopatkovými, oválovými, nebo s průtokoměry s oběžnými koly založené na tomto principu. Na obrázku č. 10 je zobrazen zubový průtokoměr Parker Hannifin Industrial s. r. o., používaný ve výrobě. [13]

Druhou metodou užívanou k měření průtoku je metoda rychlostní. Jde o změření rychlosti, jakou kapalina proudí v potrubí, jehož průřez musíme znát. Z těchto dvou hodnot (rychlosti a průřezu) je pak vypočítán průtok. Nevýhodou této metody je, že je nutné znát exaktní rozměry potrubí, aby bylo možné průtok vypočítat co nejpřesněji. V praxi však narážíme na problém nepřesně vyrobeného potrubí, kde se jednotlivé průřezy mohou lišit. Příkladem těchto průtokoměrů jsou průtokoměry indukční, nebo průřezové.

Třetí metodou je metoda hmotnostní, kdy se průtokoměrem měří veličiny, které jsou přímo úměrné hmotnostnímu průtoku. Tato metoda je využívána zejména ve velkorozměrových potrubních systémech, kterými jsou například ropovody, nebo plynovody. Příkladem průtokoměrů pracujících na této metodě jsou Coriolisův průtokoměr, nebo hmotnostní termoanemometr.

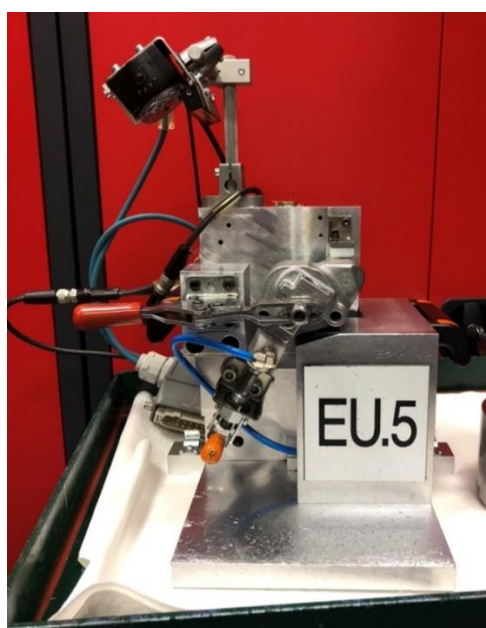
V praxi je možné se setkat s ultrazvukovými průtokoměry, které pracují na principu změny rychlosti šíření ultrazvukových vln. Rychlost ultrazvukových vln vyvolaných piezoelektrickým měničem je měřena mezi vysílačem a přijímačem umístěných v potrubním systému na jeho stěně. [13]

Měření průtoku ve společnosti Parker Hannifin Industrial s.r.o. při výrobě ventilů je spolu s měřením tlaku nejdůležitější měřenou veličinou. Přímou ve výrobě jsou používány kromě zubových průtokoměrů průtokoměry turbínové neboli vrtulkové, které patří do kategorie objemových průtokoměrů. Na obrázku č. 17 je vyfocen turbínový průtokoměr jehož výrobcem je Parker Hannifin Industrial s. r. o. s rozsahem 0–15 l/min, výstupem 4–20 mA.



Obr. 17) Turbínový průtokoměr SCFT-015-22.07

Na následujícím obrázku je zobrazeno finální zařízení pro měření tlaku i průtoku, jehož součástí je výše uvedený průtokoměr a snímač tlaku, do kterého se vyrobený ventil upíná.



Obr. 18) Zařízení pro měření tlaku a průtoku ve ventilu



### 5.3 Měření délek

Je nejpoužívanější měření ve strojírenství. Délku lze vyjádřit několika jednotkami. Základní jednotkou délky v soustavě SI je metr [m]. Metr je definován jako vzdálenost, kterou projde světlo vakuem za určitý časový úsek.

*„Metr je délka, kterou uběhne ve vakuu světlo za dobu 1/299792458 sekundy“ [6]*

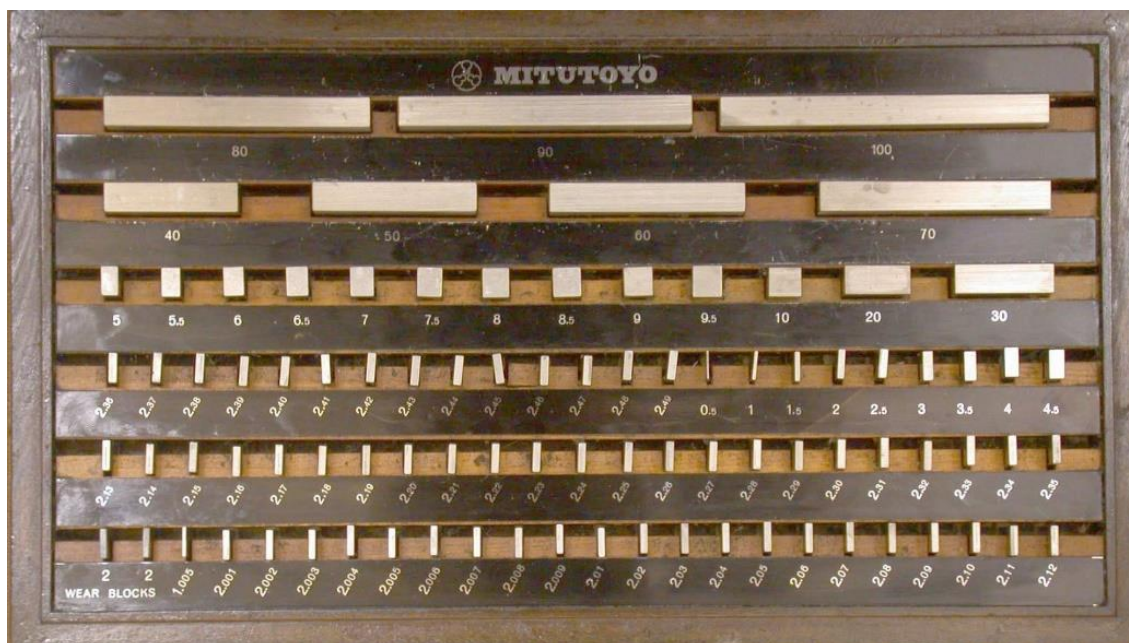
**Rozdělení délkových měřidel:** Měřidla délky ve strojírenství dělíme do základních skupin dle jejich využití či principu: [6]

- koncové měrky,
- kalibry,
- posuvná měřidla a mikrometry,
- měřidla s převodem (mechanickým, mechanicko-optickým, elektrickým, nebo pneumatickým),
- optické měřicí přístroje (interferenční komparátory, laser-interferometry, holografie)
- délkoměry,
- mikroskopy,
- měřidla malých děl
- měřidla určena k měření velkých rozměrů,
- aktivní sledovací měřidla
- více rozměrová měřidla
- měřicí stanice
- souřadnicové měřicí stroje.

#### 5.3.1 Koncové měrky

Koncová měrka dle ČSN EN ISO 3650: *„Ztělesněná míra pravoúhlého průřezu, vyrobená z materiálu odolného proti opotřebení, s jedním párem rovinných, navzájem rovnoběžných měřicích ploch, které mají schopnost přilnout k měřicím plochám jiných měrek, nebo pomocným povinným destičkám.“*

Délka je koncovými měrkami určena vzdáleností přesně broušených a lapovaných koncových ploch. Koncové měrky mají tvar kvádrů o průřezu 9x30 mm a liší se délkou. Díky přesným rozměrům, drsnosti povrchu a vzájemné rovinnosti je možné měrky spojovat nasunutím na sebe, kdy jsou u sebe drženy molekulovými přitažlivými silami. Koncové měrky se používají jako etalony délky, nebo k prověření jiných měřidel délky. Při výrobě koncových měrek je kladen velký důraz na materiál, ze kterého jsou vyrobeny. Tento materiál musí být vysoce odolný vůči opotřebení, tvrdý, odolný proti korozi, musí mít vysokou stabilitu rozměrů s malým koeficientem délkové roztažnosti. V České republice je nejčastěji používaným materiálem k výrobě koncových měrek nástrojová ocel ČSN 19 422 (POLDI EK), ovšem jeho nevýhodou je nízká odolnost vůči korozi, proto je při jejich používání důležité pracovat s nimi v rukavicích a po použití provést důkladnou konzervaci, zejména funkčních ploch. Dalšími používanými materiály jsou karbid wolframu, nebo oxydokeramika. [23]



Obr. 19) Koncové měrky sada 0,5–100 mm [19]

### 5.3.2 Délkoměry

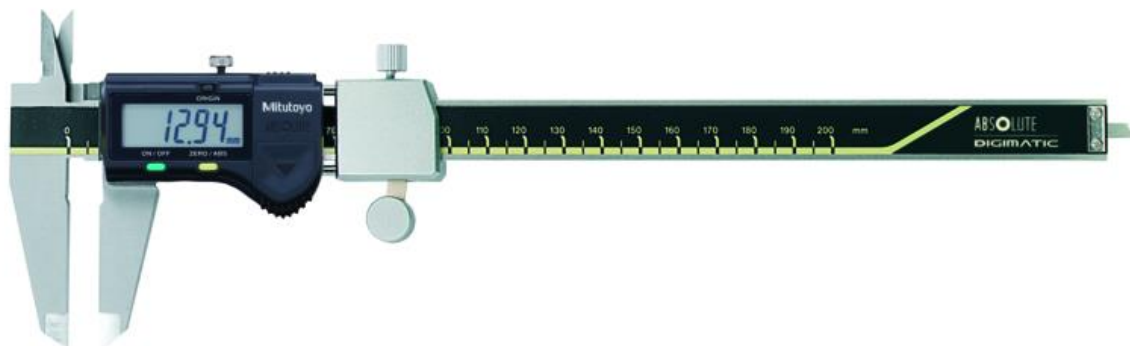
Délkoměry jsou zpravidla digitální s rozlišitelností standardně  $0,1\mu\text{m}$ , původní optické s rozlišitelností  $1\mu\text{m}$  mohou být modernizovány digitalizací. Jsou to přesné jednoúčelové měřicí přístroje, které z pravidla slouží k přesnému měření tvarově jednoduchých výrobků a měřidel. Na obrázku č. 20 je laboratorní délkoměr Labconcept od firmy Trimos s rozsahem 0–1500 mm, jehož cena se pohybuje v řádu jednotek milionů. [6]



Obr. 20) Laboratorní délkoměr Trimos Labconcept [22]

### 5.3.3 Posuvná měřidla

Posuvná měřidla slouží k měření vnějších i vnitřních rozměrů a hloubky. Posuvná měřidla jsou buď s noniem, kruhovým číselníkem či digitální. Jsou to v praxi nejpoužívanější měřidla. [6]



Obr. 21) Posuvné měřidlo Mitutoyo [20]

### 5.3.4 Mikrometry

Mikrometry jsou přibližně o jeden řád přesnější, než jsou měřidla posuvná. Mikrometry jsou konstruovány z mikrometrického šroubu se stoupáním buď 0,5 mm, nebo 1 mm na délce 25 mm. Délka je pouze 2,5 cm za účelem zachování přesnosti měření. V praxi se obvykle setkáváme s mikrometry třmenovými (viz obrázek č. 22).



Obr. 22) Mikrometr Mitutoyo [20]



## 6 VYHODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI

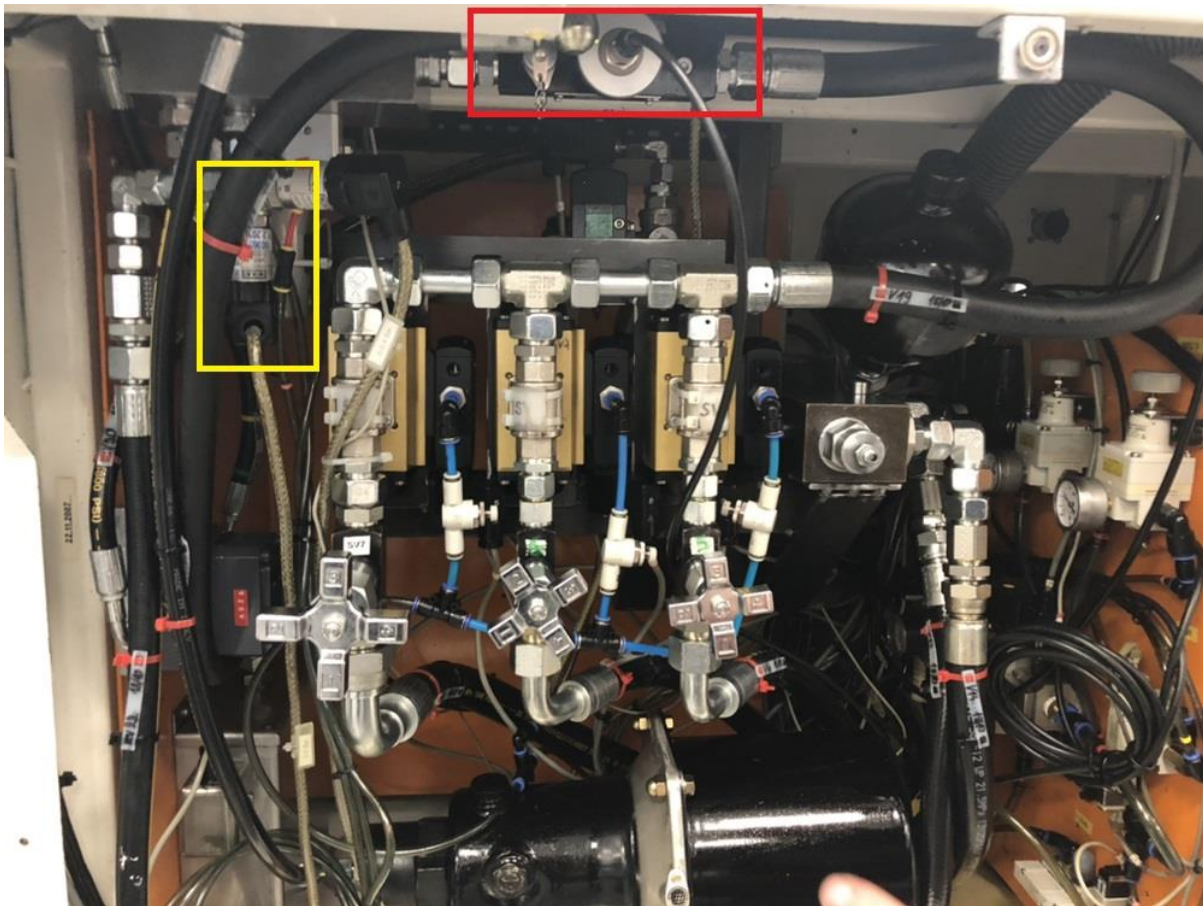
Při výrobě ventilů do dieselových motorů kamionů Volvo se dbá na přesnost výroby. Aby se předešlo výrobě zmetků, jsou před zahájením montáže ventilů jednotlivé součásti omyté tak, aby byly zbaveny prachu a jiných nečistot, které se zde mohly usadit při skladování, či při jejich dovozu. Omyté součásti jsou zkompletovány operátory ve výrobě.



Obr. 23) Výrobní buňka hydraulických ventilů [1]

Každý operátor provádí vizuální kontrolu vyrobeného ventilu. V případě nutnosti provede korekci, tak aby ventil byl kompletní. Hotový ventil je upnut do testovacího zařízení, kde je kontrolován tlak při průtoku 3,8 l/min. Hodnota tohoto tlaku se musí pohybovat v rozmezí 1,1–1,4 bar. Tento tlak je měřen převodníkem tlaku WIKA S-10 s rozsahem 0–6 bar, výstupem 4–20 mA a přesností 0,5%. Průtok je kontrolován turbínovým průtokoměrem typu SCFT-015-22-07 s rozsahem 0–15 l/min, výstupem 4–20 mA.

Na obrázku č. 24 níže je vyfoceno otevřené zařízení pro měření tlaku při daném průtoku. Červeně je zvýrazněn průtokoměr SCFT-015-22.07, který je v kapitole 5, na obrázku č. 17 vyfocen odpojený mimo zařízení. Žlutě je zvýrazněn převodník tlaku WIKA S-10, který je taktéž v kapitole 5 na obrázku č. 16.



Obr. 24) Otevřené zařízení pro měření tlaku při daném průtoku

Všechna měřidla jsou kalibrována externími firmami. Po kalibraci je firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o. vystaven kalibrační list ke každému kalibrovanému měřidlu. Kalibraci průtokoměrů provádí Český metrologický institut. Kalibrace probíhá externě mimo firmu Parker Hannifin Industrial s. r. o. Průtokoměr typu SCFT-015-22-07 byl kalibrován Mgr. Jindřichem Bílkem (příloha B). Kalibrace tlakoměrů probíhá na rozdíl od kalibrace průtokoměrů v laboratoři divize MSDE přímo ve firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o. externí firmou I&C Energo a. s. Kalibraci prováděl Ing. Zdeněk Hrdlička. Kompletní kalibrační listy průtokoměru SCFT-015-22-07 i tlakoměru WIKA S-10 jsou v příloze této bakalářské práce.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny naměřené hodnoty tlaků [bar], ze kterých probíhalo vyhodnocení. Naměřená data ke zpracování byla poskytnuta firmou Parker Hannifin Industrial s. r. o. Jedná se o 100 naměřených hodnot z roku 2017, kdy byl tlak měřen při průtoku 3,8 l/min.

Tab 1) Tabulka hodnot tlaku.

Reálná hodnota									
číslo měření	tlak [bar]	číslo měření	tlak [bar]	číslo měření	tlak [bar]	číslo měření	tlak [bar]	číslo měření	tlak [bar]
1	1,17	21	1,19	41	1,15	61	1,19	81	1,18
2	1,20	22	1,17	42	1,19	62	1,18	82	1,20
3	1,18	23	1,21	43	1,18	63	1,18	83	1,16
4	1,20	24	1,19	44	1,17	64	1,19	84	1,19
5	1,21	25	1,19	45	1,16	65	1,18	85	1,18
6	1,23	26	1,19	46	1,18	66	1,22	86	1,20
7	1,17	27	1,16	47	1,17	67	1,15	87	1,19
8	1,22	28	1,17	48	1,18	68	1,18	88	1,17
9	1,19	29	1,19	49	1,17	69	1,19	89	1,19
10	1,25	30	1,14	50	1,17	70	1,20	90	1,19
11	1,23	31	1,17	51	1,19	71	1,21	91	1,18
12	1,21	32	1,19	52	1,19	72	1,21	92	1,20
13	1,21	33	1,19	53	1,19	73	1,17	93	1,20
14	1,19	34	1,19	54	1,18	74	1,19	94	1,18
15	1,22	35	1,18	55	1,19	75	1,20	95	1,17
16	1,19	36	1,19	56	1,19	76	1,23	96	1,19
17	1,20	37	1,18	57	1,18	77	1,22	97	1,19
18	1,19	38	1,20	58	1,17	78	1,17	98	1,19
19	1,14	39	1,19	59	1,18	79	1,20	99	1,19
20	1,22	40	1,19	60	1,23	80	1,19	100	1,19
<b>Průměr:</b>								<b>1,19</b>	
<b>Směrodatná odchylka:</b>								<b>0,019</b>	
<b>Výsledek [bar]:</b>								<b>(1,19±0,019)</b>	

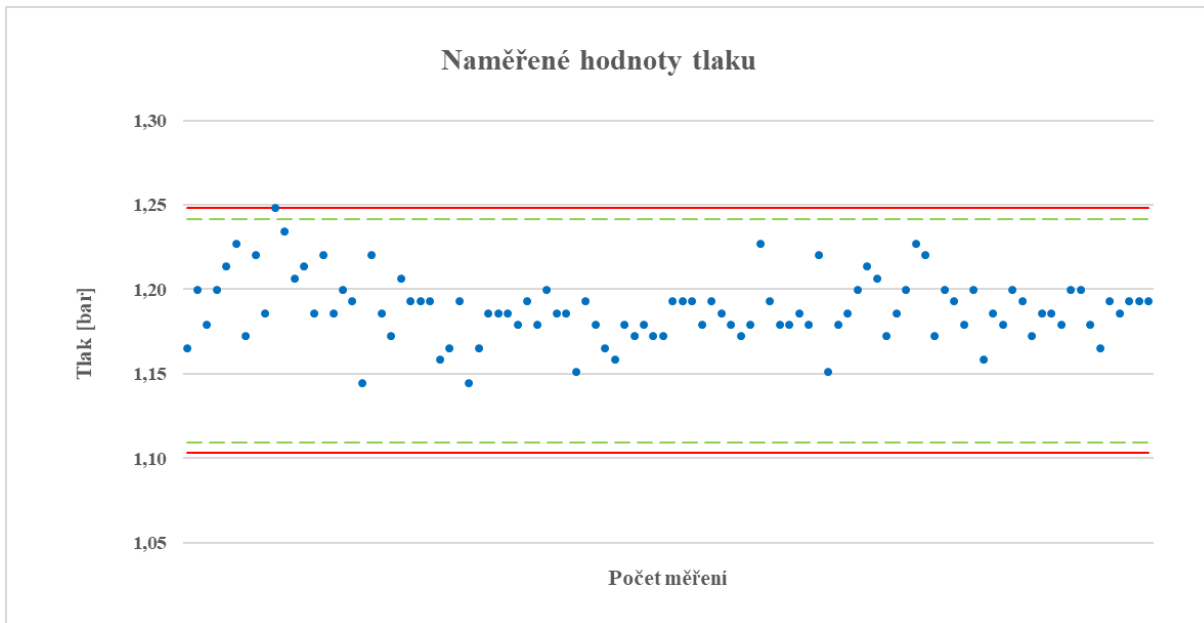
Příslušnost hodnot tlaku do mezních povolených hodnot je uvedena v grafu na obrázku č. 25. Čáry červené barvy znázorňují povolené mezní hodnoty tlaku při výrobě ventilu–viz. výrobní dokumentace. Zelené přerušované čáry značí standardní nejistotu měřidla, která byla zjištěna z kalibračního listu pro tlakoměr WIKA S-10 (viz příloha A), který vystavila firma I&C Energo a. s. Tento kalibrační list mi byl poskytnut firmou Parker Hannifin Industrial s. r. o. Pole nejistoty se pohybuje mezi červenou čarou a zelenou přerušovanou čarou. Tato oblast vznikla odečtením nejistoty měřidla od požadovaných hodnot tlaku. Modré body představují hodnoty tlaku naměřené při výrobě.

**MPE** (maximální dovolená chyba měřidla je hraniční chyba měřidla. Je dána výrobcem, normou či specifikací měřidla. Zpravidla dosahuje hodnot vyšších než je rozlišitelnost měřidla. Je počítána ze vztahu:

$$\delta_m = \pm(A - B \times L) \leq C \quad (1)$$

- A představuje konstantu, která zahrnuje vliv náhodných chyb (byla při výpočtu zanedbána, ale ovlivňuje konstantu B).

- $B$  je konstantou, jež zahrnuje vliv systematických chyb (zde směrodatná odchylka).
  - $L$  je hodnotou měřené veličiny [bar]
  - $C$  je hranicí chyby  $\delta_m$
- $$\delta_m = \pm(0,19 \times 1,19) \leq C \rightarrow -0,02261 \leq -0,14 \text{ [bar]}$$



Obr. 25) Graf příslušnosti hodnot tlaků do daných mezí

Z grafu je patrné, že všechny hodnoty spadají do daných mezí 1,1–1,4 bar. 1% naměřených hodnot se však nachází v oblasti nejistoty, respektive přesně na horní mezní povolené hodnotě. U této hodnoty není možné určit, zda s naprostou jistotou spadá do daných mezí tlaku při průtoku 3,8 l/min.

Na základě vyhodnocených dat hodnotím snímač tlaku WIKA S-10 jako způsobilý. I přes tuto skutečnost doporučuji zvolit tlakový snímač s menším rozsahem (například 0–3 bary) a s vyšší přesností, protože tlaky měřené při výrobě ventilu se pohybují v rozmezí 1,0–1,3 bar. Tato výrobní buňka vyrábí pouze jeden typ ventilu, tudíž není potřeba, aby byl snímač tlaku univerzální pro více druhů výrobků. Jako alternativu doporučuji snímač tlaku WIKA S-20 s rozsahem 2–2,5 bar, stejným výstupem 4–20 mA a přesností 0,25%.





Obr. 26) Tlakový snímač WIKA S-20 [24]

Průtokoměr je součástí testovacího zařízení, avšak neslouží zde pro kontrolu výstupních hodnot pro zákazníka, ale k regulaci kapaliny proudící do ventilu (k udržení stálého průtoku 3,8 l/min). Průtok nemá vliv na požadavek zákazníka. Z tohoto důvodu se u průtokoměru nezjišťuje jeho způsobilost, je jen součástí zařízení, které reguluje správné množství protékající kapaliny (hydraulického oleje) při testování.

Komponenty, ze kterých je ventil zkompletován jsou dodávány externími dodavateli, tudíž si jejich kvalitu (správné rozměry) kontroluje samotný výrobce. Neprojde-li ventil kontrolou výstupního tlaku, provádí se takzvané re-testování. Pokud ventil ani při re-testu nevyhovuje, je provedena vizuální kontrola ventilu (zda ventil obsahuje veškeré komponenty, nebo zda není některý z dílů porušen). Pokud operátor výroby nenachází vizuální kontrolou žádné nedostatky, následuje orientační měření rozměrů komponent pomocí posuvného měřidla, nebo mikrometru. Pokud rozměry neodpovídají, znamená to, že se jedná o zmetek. V takovém případě je kontaktován dodavatel, a tato dodávka se stává předmětem reklamace. Měření délek je pouze orientační, proto se nevyhodnocuje způsobilost posuvného měřidla či mikrometru.



## 7 ZHODNOCENÍ

V současné době je ve firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o. na divizi MSDE prováděna kontrola parametrů výrobku kalibrovanými měřidly. Měřidla jsou kalibrována v pravidelných intervalech jednou ročně, aby byla zajištěna jejich přesnost. Jejich kalibrace ale nezaručuje, že je měřidlo automaticky způsobilé.

Z tohoto důvodu byla zpracována tato bakalářská práce. Jedním z účelů této bakalářské práce bylo právě zhodnotit způsobilost tlakoměru, jímž se kontroluje výstupní tlak vyrobeného ventilu, tak aby splňoval požadavek zákazníka. Zákazníkem je firma Volvo. Tyto ventily jsou součástí dieselových motorů nákladních aut.

Vyhodnocení způsobilosti snímače tlaku bylo provedeno ze 100 naměřených hodnot tlaku, které jsou uvedeny v tabulce č. 1. Na základě těchto dat byl vypočítán průměrný tlak a jeho směrodatná odchylka a sestaven graf znázorňující příslušnost hodnoty tlaku v povolených mezních hodnotách.

Ve výrobě jsou používány i průtokoměry. Průtokoměry jsou součástí zařízení, které reguluje množství vpouštěného hydraulického oleje do ventilu. Z tohoto důvodu není v této bakalářské práci zjišťována jeho způsobilost, jelikož nemá vliv na požadavek zákazníka. Tlaky měřené v této bakalářské práci byly měřeny při průtoku 3,8 l/min.

Měřidla délky (posuvné měřidlo a mikrometr) jsou ve výrobě používána pouze zřídka. Slouží pouze k přeměření rozměrů dodávaných komponent a to v případě, že ventil neprošel testem ani re-testem, včetně vizuální kontroly všech obsažených komponent a jejich neporušenosti. Z tohoto důvodu nebyla u těchto měřidel vyhodnocena jejich způsobilost, jsou zde používány pro orientační měření.



## 8 ZÁVĚR

První kapitola této bakalářské práce je samotný úvod, kde je popsán současný stav a současná problematika, jíž se zabývá metrologie v podniku a důvod, proč byla tato práce zpracována.

Druhá kapitola je věnována firmě Parker Hannifin Industrial s. r. o., pro kterou byla zpracována a vyhodnocena způsobilost snímače tlaku WIKA S-10 při výrobě hydraulických ventilů do dieselových motorů nákladních aut značky Volvo. Je zde stručně popsána historie této společnosti a její výskyt po celém světě. V České republice se nachází dva podniky této společnosti (v Sadské a v Chomutově). Tato bakalářská práce byla zpracována ve spolupráci s výrobním podnikem v Chomutově. Výrobní podnik v Chomutově provozuje sedm divizí, které jsou konkrétně zmíněny i s jejich specializací v kapitole 2.

Ve třetí kapitole jsou podrobněji popsány důležité pojmy týkající se této práce. Jedná se o pojmy metrologie, měření, kalibrace, způsobilost a tribologie. Tyto pojmy byly popsány na základě odborné literatury a příslušných norem, které jsou v této kapitole uvedeny. Zmínila bych normy ČSN, kategorie 99 Metrologie a ČSN EN ISO 10 012:2003 Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Působícími organizacemi v oblasti metrologie v České republice jsou Český metrologický institut (ČMI), Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a zkušebnictví (ÚNMZ), které jsou řízeny Ministerstvem průmyslu a obchodu. Další institucí jsou autorizovaná metrologická střediska.

Ve čtvrté kapitole jsou popsány jednotlivé pojmy týkající se samotného měření a rozdělení měřidel. Tyto pojmy byly popsány na základě normy ČSN 01 0115 Mezinárodní slovník Základních a všeobecných termínů v metrologii (ISO OIML VIM 1993), nebo odborné literatury.

Pátá kapitola se zabývá jednotlivými měřidly, jež jsou ve výrobě hydraulických ventilů pro Volvo používány. Nejdůležitějšími měřidly jsou tlakoměry, jejichž principy a druhy jsou popsány v této kapitole. Ve výrobě je používán tlakoměr WIKA S-10 s rozsahem 0–6 bar, výstupem 4–20 mA a přesností 0,5%. Ve výrobě je důležité, aby se tlak měřil při správném průtoku, z tohoto důvodu je zde využíván průtokoměr. V této kapitole jsou dále popsána měřidla délek. Měření délek je spíše kontrolního charakteru z důvodu, že jednotlivé komponenty pro montáž jsou dodávány a jejich kvalitu kontroluje samotný dodavatel.

V kapitole šest je na základě poskytnutých dat vyhodnocena způsobilost snímače tlaku WIKA S-10. Způsobilost byla vyhodnocována ze 100 naměřených hodnot výstupního tlaku ventilu při průtoku 3,8 l/min. Z grafu na obrázku č. 25 je patrné, že 99% hodnot se nachází v oblasti shody a pouze 1% hodnot se nachází v oblasti nejistoty. Proto není možné určit, zda tato hodnota spadá do povolených hodnot tlaku. Snímač tlaku byl vyhodnocen jako způsobilý. I přes tuto skutečnost byl navržen jiný snímač tlaku od stejné firmy WIKA typ S-20. Jeho rozsah je 2–2,5 bar, se stejným výstupem 4–20 mA, ale je oproti stávajícímu typu S-10 přesnější (jeho přesnost je 0,25% oproti stávajícímu s přesností 0,5%).



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Výrobní závod Parker v Chomutově - Parker. *Hydraulika / Pneumatika / Průmyslová automatizace - Parker* [online]. Copyright © Parker Hannifin 2014 [cit. 09.05.2019]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/parker/vyrobní-zavod-parker-v-chomutově/>
- [2] TŮMOVÁ, Olga. *Metrologie a hodnocení procesů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-249-7.
- [3] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/o-uradu>
- [4] Český metrologický institut [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.cmi.cz/node/537>
- [5] Český institut pro akreditaci, o.p.s [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.cai.cz>
- [6] ČECH, Jaroslav, Jiří PERNÍKÁŘ a Kamil PODANÝ. *Strojírenská metrologie*. Vyd. 4., přeprac., V Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3070-2.
- [7] TOŠENOVSKÝ, Josef. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-040-X.
- [8] NĚMEČEK, Pavel. *Způsobilost nereplikovatelných procesů kontroly*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015. ISBN 978-80-02-02609-9.
- [9] KLIMEŠ, Pavel. *Části a mechanismy strojů*. Brno: CERM, 2003. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství). ISBN 80-214-2422-2.
- [10] NĚMEČEK, Pavel. *Nejistoty měření*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008. Kvalita, quality, Qualität. ISBN 978-80-02-02089-9.
- [11] PELENČÁR, R. – KUREKOVÁ, E. – HALAJ, M. *Výkladový a prekladový slovensko-anglický/anglicko-slovenský pojmov z oblasti metrologie, manažérstva kvality, normalizácie, certifikácie, skúšebnictva a štatistických metód*. Grafické štúdio Ing. Peter Juriga, Bratislava 1999.
- [12] BOJKO, Marian, Milada KOZUBKOVÁ a Jana RAUTOVÁ. *Základy hydromechaniky a zásobování hasiv*. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-033-3.
- [13] HRADIL, J. Měření průtoku kapalin. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 69s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Beneš, Ph.D.
- [14] *Měření tlaku* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.maryshfmmi.webzdarma.cz/mertl.htm>
- [15] KIRCHNER, J. Využití nanovláknových tenzometrů pro konstrukci snímačů délky. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 47 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Perníkář, CSc.
- [16] SCHREIER, J. Základní příčiny poškození valivých ložisek a jejich diagnostika. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Mazal, CSc.

- [17] SKF Group. *Repasování ložisek SKF: Návod pro posouzení poškození ložiska*. 2011
- [18] LECNAR, L. Opotřebenění materiálu kavitační erozí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 71 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Rudolf, Ph.D.
- [19] Koncové měrky. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki>
- [20] *Mitutoyo* [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs\\_CZ/](https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/)
- [21] *TechPark vydavatel'stvo* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22011>
- [22] *Metrology s. r. o.* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.metrology.cz/8-laboratorni-delkomer-labconcept>
- [23] PAŘOUR, Ladislav. *Kalibrace digitálního výškoměru Mitutoyo*. Zlín, 2013. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Martin Řezníček.
- [24] *WIKA* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [https://en.wika.com/s\\_20\\_en\\_co.WIKA](https://en.wika.com/s_20_en_co.WIKA)



# 10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 10.1 Seznam tabulek

TAB 1) TABULKA HODNOT TLAKU. ....	39
-----------------------------------	----

## 10.2 Seznam obrázků

OBR. 1) VÝROBNÍ ZÁVOD PARKER HANNIFIN INDUSTRIAL S. R. O. V CHOMUTOVĚ [1] .....	17
OBR. 2) SOUSTAVA PRO KALIBRACI TLAKOMĚRŮ .....	20
OBR. 3) ABRAZIVNÍ OPOTŘEBENÍ [16] .....	21
OBR. 4) ADHEZIVNÍ OPOTŘEBENÍ [17].....	22
OBR. 5) EROZIVNÍ OPOTŘEBENÍ [17].....	22
OBR. 6) KAVITAČNÍ OPOTŘEBENÍ [18].....	22
OBR. 7) ÚNAVOVÉ OPOTŘEBENÍ [16].....	23
OBR. 8) KOROZE [17] .....	23
OBR. 9) VIBRAČNÍ OPOTŘEBENÍ [16].....	24
OBR. 10) VZTAH MEZI NEJISTOTOU A PŘESNOSTÍ MĚŘENÍ [15] .....	25
OBR. 11) ŘETĚZEC METROLOGICKÉ NÁVAZNOSTI [12] .....	27
OBR. 12) ROZDĚLENÍ TLAKOMĚRŮ PODLE ROZSAHU [6].....	29
OBR. 13) U- TRUBICOVÝ TLAKOMĚR [14].....	30
OBR. 14) NÁDOBOVÝ TLAKOMĚR SE ŠIKMOU TRUBICÍ [14] .....	30
OBR. 15) PRSTENCOVÝ TLAKOMĚR [14].....	30
OBR. 16) PŘEVODNÍK TLAKU WIKA S-10 .....	31
OBR. 17) TURBÍNOVÝ PRŮTOKOMĚR SCFT-015-22.07 .....	32
OBR. 18) ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ TLAKU A PRŮTOKU VE VENTILU .....	32
OBR. 19) KONCOVÉ MĚRKY SADA 0,5–100 MM [19].....	34
OBR. 20) LABORATORNÍ DÉLKOMĚR TRIMOS LABCONCEPT [22] .....	34
OBR. 21) POSUVNÉ MĚŘIDLO MITUTOYO [20].....	35
OBR. 22) MIKROMETR MITUTOYO [20] .....	35
OBR. 23) VÝROBNÍ BUŇKA HYDRAULICKÝCH VENTILŮ [1] .....	37
OBR. 24) OTEVŘENÉ ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ TLAKU PŘI DANÉM PRŮTOKU .....	38
OBR. 25) GRAF PŘÍSLUŠNOSTI HODNOT TLAKŮ DO DANÝCH MEZÍ.....	40
OBR. 26) TLAKOVÝ SNÍMAČ WIKA S-20 [24] .....	41



## 11 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha A Kalibrační list převodníku tlaku WIKA S-10  
Příloha B Kalibrační list průtokoměru SCFT-015.22.07



# PŘÍLOHY

## Příloha A – Kalibrační list převodníku tlaku WIKA S-10



Kalibrační laboratoř  
Husova 434  
431 51 Klášterec nad Ohří

### Kalibrační list

č. ZE07531/ZMK/190098

Datum vystavení: 15.4.2019

Celkový počet stran: 1

**Zákazník:** Parker Hannifin Industrial s.r.o., Na Moráni 5480, 430 01 CHOMUTOV  
**Místo kalibrace:** Parker Hannifin Industrial s.r.o., laboratoř MSDE  
**Kalibrované měřidlo:** Převodník tlaku WIKA S-10, výr. číslo 1109CR8E  
**Označení měřidla:** A131  
**Datum převzetí:** 11.04.2019  
**Rozsah a přesnost:** 0 bar až 6 bar, výstup 4 mA až 20 mA, přesnost 0,5 % z FS  
**Kalibrační postup:** Přímým porovnáním s etalonovým tlakoměrem PPC3, v.č. 552 s tlakovým médiem plyn, dle kalibračního postupu TP/00158 (EURAMET cg-17/v.3.0). Elektrický signál byl měřen multimetrem K2700, v.č. 1233730 přes odporový normál R321, v.č. 038096. Použité etalony jsou navázány na národní etalony.

Teplota okolí při zkoušce: 21,1 °C ± 0,5 °C

Relativní vlhkost vzduchu: 23 % ± 5 %

Výsledek porovnání:

Pozn. FS = rozpětí výstupního signálu převodníku

Hodnoty tlaku na etalonu bar	Výstupní signál dle etalonu mA	Výstupní signál při růstu tlaku mA	Relativní chyba převodníku % z FS	Výstupní signál při poklesu tlaku mA	Relativní chyba převodníku % z FS	Relativní hystereze převodníku % z FS	Nejistota měření pro k=2 mA
0,000	4,000	3,991	-0,06	3,982	-0,11	0,06	0,020
1,200	7,200	7,188	-0,08	7,177	-0,14	0,07	0,019
2,400	10,400	10,387	-0,08	10,375	-0,16	0,08	0,018
3,600	13,600	13,585	-0,09	13,574	-0,16	0,07	0,015
4,800	16,800	16,785	-0,09	16,776	-0,15	0,06	0,015
6,000	20,000	19,984	-0,10	19,979	-0,13	0,03	0,014

Převodník tlaku vyhovuje v naměřených hodnotách přesnosti stanovené výrobcem.

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95%.

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA 4/02.

**Datum provedení:** 11.04.2019

**Kalibroval a schválil:**

Ing. Zdeněk Hrdlička - vedoucí laboratoře



Výsledky porovnání se týkají pouze výše uvedeného měřidla.

Bez souhlasu vydávající laboratoře nesmí být dokument rozmnožován jinak, než celý.



## Příloha B– Kalibrační list průtokoměru SCFT-015.22.07

Strana 1:



**Český metrologický institut**

Okružní 31, 638 00 Brno

tel. +420 545 555 111

www.cmi.cz

**Pracoviště:** Oblastní inspektorát Brno, Okružní 31, 638 00 Brno  
Oddělení primární etalonáže průtoku kapalin, rychlosti proudění a tepla  
tel. +420 545 555 111, fax. +420 545 555 183

### KALIBRAČNÍ LIST

**6015-KL-P0434-18**

**Datum vystavení:** 19. června 2018

List 1 ze 2 listů

**Zákazník:** Parker Hannifin Industrial s.r.o.  
Na Moráni 5480  
430 01 Chomutov

**Měřidlo:** Turbinový průtokoměr

**Výrobce:** Parker Hannifin GmbH.

**Typ:** SCFT-015-22-07

**Výrobní číslo:** GE00232 F3

**Ostatní údaje:** A134

Výsledky kalibrace byly získány za podmínek a s použitím postupu uvedených v tomto kalibračním listě a vztahují se pouze k době a místu provedení kalibrace.

**Použité etalony:** Objemový kalibrátor průtoku Flow Dynamics FDI-PDCL-300 ev.č. 60310005-B, kalibrováno ČMI OI Brno, kalibrační listy č. 6014-KL-D0079-17, 6014-KL-D0080-17.

Použité etalony mají metrologickou návaznost na státní etalon ČR.

**Datum kalibrace:** 19. června 2018

**Kalibraci provedl:**

**Ředitel OI Brno:**

Mgr. Jindřich Bílek



Ing. Radovan Wiecek

*Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů.*

## KALIBRAČNÍ LIST

6015-KL-P0434-18

List 2 ze 2 listů

- Kalibrační postup:** Dynamická objemová metoda dle pracovního postupu č. 615-MP-C143.  
Pro zkoušku použit proudový výstup měřidla.
- Místo kalibrace:** ČMI Ol Brno
- Podmínky prostředí:** Teplota vzduchu ( $24 \pm 1$ ) °C; RV vzduchu ( $45 \pm 10$ ) %
- Podmínky kalibrace:** Kalibrační kapalina tech. benzín + olej; teplota ( $24 \pm 1$ ) °C; kin. viskozita 30 mm<sup>2</sup>/s
- Výsledky kalibrace:**

Průtok	Proudový výstup	Kombinovaná rozšířená nejistota
[dm <sup>3</sup> /min]	[mA]	[mA]
0,978	4,911	0,002
3,681	7,819	0,003
7,247	11,546	0,005
11,498	16,036	0,007
14,622	19,130	0,033

Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-4/02. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu  $k$ , který odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %, což pro normální rozdělení odpovídá koeficientu rozšíření  $k = 2$ .

Konec kalibračního listu.

Český metrologický institut  
Oblastní inspekční úřad  
Okružní 31  
602 00 Brno  
18

*Tento dokument nesmí být bez písemného souhlasu provádějící laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu listů.*