



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní ■

Turbodmychadlo a jeho využití v laboratoři

Turbocharger and Its Use in the Laboratory

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301R00 – Strojní inženýrství

Autor práce: **Radomír Honč**

Vedoucí práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant: doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radomír Honč**
Osobní číslo: **S11000754**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Turbodmychadlo a jeho využití v laboratoři**
Zadávací katedra: **Katedra energetických zařízení**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Popište současný stav měřicí tratě s turbodmychadlem a naměřte charakteristiku turbodmychadla.
2. Navrhněte a zkonstruuje měřicí trať umístěnou na výtlačné části turbodmychadla.
3. Navrhněte čtyři způsoby měření průtoku na měřicí trati.
4. Pro jednotlivá měření vypracujte návody na měření, uveďte teorii jednotlivých metod a zpracujte výkresovou dokumentaci pro chybějící části měřicí tratě.




Rozsah grafických prací: **Výkresy potřebných zařízení**
Rozsah pracovní zprávy: **30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

- [1] **DVOŘÁK, V. et al., 2005.** *Technická měření - Návody na cvičení*, Liberec: TUL.
[2] **LIŠKA, A., NOVÁK, P., 1999.** *Kompresory*. Praha: ČVUT.
[3] **KADRNOŽKA, J., 2004.** *Tepelné turbíny a kompresory*. Brno: CERM.
[4] **MISÁREK, D., 1963.** *Turbokompresory*. Praha: SNTL.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Novotný, CSc.**
Katedra energetických zařízení
Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.**
Katedra energetických zařízení
Datum zadání bakalářské práce: **2. března 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2016**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




doc. Ing. Václav Dvořák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 2. března 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

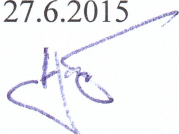
Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 27.6.2015

Podpis:



Poděkování:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petr Novotnému, CSc. a Doc. Ing. Václavu Dvořákovi, Ph.D. za čas věnovaný této práci a cenné rady, které mi pomohly řešit problémy, se kterými jsem se potýkal v průběhu psaní této práce. Také bych rád poděkoval své rodině za podporu a pomoc při studiu. Dále bych rád poděkoval Ing. Macháčkovi za čas a asistenci při měření a na závěr společnosti Autodesk za poskytnutí studentské verze konstruktérského programu Inventor Professional.

Anotace

Cílem této bakalářská práce je naměření charakteristik na trati s turbodmychadlem nacházející se v laboratořích Katedry energetických strojů a zařízení. V úvodní části je rozepsána teorie průtokoměrů, která je nezbytná k zvládnutí dané problematiky. Dále popíšeme měřící trať, včetně nezbytných přístrojů a zařízení. Praktická část obsahuje měření průtočného množství na turbodmychadle pomocí clony. V dalším oddílu jsou prezentovány výsledky měření včetně vypracování laboratorní úlohy. V závěru celé práce je návrh dalších způsobů měření průtočného množství včetně potřebných úprav tratě s turbodmychadlem a vypracování laboratorních úloh pro jednotlivé způsoby měření.

Klíčová slova

Průtok vzduchu, turbodmychadlo, objemový průtok, hmotnostní průtok, měření, průtokoměr, laboratorní úloha

Annotation

The goal of this bachelor thesis is the measurement of the characteristics on the track with the turbocharger located in the laboratories of the Energy Machines and Equipment Department. In the introductory part, the flow meter theory is detailed, which is necessary for managing the issues in question. Furthermore, we will describe the measuring track, including the necessary instruments and equipment. The practical part contains the measurement of the flow quantity in the turbocharger using a screen. In the next section, the measurement results are presented, including the elaboration of the laboratory task. In the conclusion of the thesis there is a proposal of further manners of flow quantity measurement, including the needed modifications of the track with the turbocharger and elaboration of the laboratory tasks for the individual manners of measurement.

Keywords

Airflow, turbocharger, volume flow, mass flow, measurement, flowmeter, laboratory task.

Seznam použitých indexů a symbolů

<u>Symbol</u>	<u>Název</u>	<u>Jednotka</u>
Q_v	objemový průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Q_m	hmotnostní průtok	$[kg \cdot s^{-1}]$
V	objem	$[m^3]$
t	čas	$[s]$
S	plocha	$[m^2]$
v	rychlost proudění (střední)	$[m \cdot s^{-1}]$
ρ	hustota	$[kg \cdot m^{-3}]$
Re	Reynoldsovo číslo	$[-]$
D	vnější průměr	$[m]$
d	vnitřní průměr	$[m]$
η	dynamická viskozita	$[N \cdot s \cdot m^{-2}]$
ν	kinetická viskozita	$[m^2 \cdot s^{-1}]$
p_s	statický tlak	$[Pa]$
Δp	diferenční tlak	$[Pa]$
p_1	tlak před clonou	$[Pa]$
p_2	tlak za clonou	$[Pa]$
Δp_z	tlaková ztráta	$[Pa]$
g	gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
f	frekvence	$[Hz]$
b	šířka čelní plochy tělesa	$[m]$
S_r	Strouhalovo číslo	$[-]$
k	transformační konstanta snímače	$[m^{-3}]$
n	otáčky	$[s^{-1}]$
T_1	termodynamická teplota před	$[K]$
T_2	termodynamická teplota za	$[K]$
A	konstanta	$[s^2 \cdot K^2 \cdot K^{-2}]$
c_p	izobarická měrná tepelná kapacita	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$

P	tepelný příkon	$[J \cdot s^{-1}]$
P_b	barometrický tlak	$[torr]$
φ	relativní vlhkost	$[\%]$
M_k	kroučící moment	$[Nm]$
t	teplota	$[^{\circ}C]$
ε	tlakový poměr	$[-]$
γ	expanzní součinitel	$[-]$
κ	Poissonova konstanta	$[-]$
p''	tlak nasycených par	$[Pa]$
e	Eulerovo číslo	$[-]$
r_v	plynová konstanta pro suchý vzduch	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
r_p	plynová konstanta pro páru	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
α	uhrný součinitel průtoku	$[-]$
A_{ad}	měrná izoentropická práce pro stlačení	$[J \cdot kg^{-1}]$
η	účinnost	$[-, \%]$
P_{ob}	statický izoentropický příkon	$[W]$
h	výška	$[m]$
U	napětí	$[W]$
A,B	experimentálně zjištěné konstanty	$[-]$
m	poměr zúžení	$[1]$

Indexy

1	vstupní hodnoty
2	výstupní hodnoty
cl	hodnoty měřené na clone

Obsah

Seznam použitých indexů a symbolů	6
1. Úvod.....	11
1.1. Způsoby měření průtoku tekutin	11
1.1.1. Objemový průtok	11
1.1.2. Hmotnostní průtok	12
1.2. Druhy proudění.....	12
1.2.1. Turbulentní proudění	13
1.2.2. Laminární proudění	13
2. Základní metody	14
2.1. Měření tlakové diference před a za primárním prvem.....	14
2.1.1. Měření pomocí clony.....	14
2.1.2. Venturiho trubice	15
2.1.3. Pitotova trubice	16
2.2. Měření rychlosti proudění tekutiny	17
2.2.1. Vírové průtokoměry	17
2.2.2. Turbínkový průtokoměr.....	18
2.2.3. Ultrazvukové průtokoměry.....	19
3. Měření objemového průtoku.....	20
4. Měření hmotnostního průtoku	20
4.1. Coriolisův průtokoměr.....	20
4.2. Tepelný hmotnostní průtokoměr	21
4.2.1. Termoanemometry	21
4.2.2. Kalorimetrické průtokoměry	22
5. Popis měřicí tratě	23
5.1. Ovládací panel	23
5.2. Rozvaděč	24

5.3.	Dynamometr	24
5.4.	Turbodmychadlo.....	25
5.5.	Výměník tepla	26
5.6.	Uklidňovací komora	27
5.7.	Výstupní škrťící člen.....	27
5.8.	Tlakoměry.....	28
5.9.	Teploměry.....	28
6.	Měření charakteristiky turbodmychadla	29
7.	Vyhodnocení naměřených hodnot	31
7.1.	Tlaková charakteristika	31
7.2.	Příkonová charakteristika	32
7.3.	Účinnostní charakteristika	32
8.	Měření - clonou	33
8.	Návrh měření průtoku na měřicí trati	36
8.1.	Annubar 3051 SFA.....	37
8.2.	Optiswirl 4070C 1R.....	37
8.3.	Proline t-mass 65i.....	38
8.4.	Venturiho trubice.....	38
10.	Návody na měření.....	40
10.1.	Laboratorní úloha - clona.....	40
10.2.	Laboratorní úloha - Venturiho trubice	40
10.3.	Laboratorní úloha – Annubar 3051 SFA.....	41
10.4.	Laboratorní úloha - Optiswirl 4070C 1R.....	42
10.5.	Laboratorní úloha - Proline t-mass 65i	43
11.	Závěr.....	45
	Použité zdroje	46
	Seznam obrázků.....	48

Seznam tabulek.....	49
Seznam grafů.....	49
Seznam příloh.....	50

1. Úvod

Měření průtoku tekutin patří mezi časté a velmi využívané způsoby měření, které se uplatňují v průmyslových odvětvích, jako je zdravotnictví (přístroje pro měření průtoku krve), přesné dávkování surovin v letectví nebo potravinářství, měření průtoku při vypouštění přehrad atd. Moderní průtokoměry mají velmi široké pracovní podmínky a to z hlediska čistoty měřených látek (od čistých tekutin, až po agresivní směsi), rozsah teplot (od kryogenických, až po velmi vysoké teploty v řádu stovek stupňů) a další. [2] V současnosti je na trhu velké množství průtokoměrů, a proto při výběru vhodného přístroje hrají největší roli cena, princip měření, chyba přístroje a jeho rozsah. Všechny tyto faktory dále ovlivňují ekonomické parametry technologického procesu.

1.1. Způsoby měření průtoku tekutin

Pro měření průtoku a protékajícího množství plynů a kapalin existuje velké množství rozličných přístrojů, které využívají celé řady fyzikálních principů. [4] Vznik celé řady průtokoměrů je podmíněn tím, že existují velké rozdíly v chemických i fyzikálních vlastnostech průmyslových tekutin. Výsledek měření průtoku může být udáván buď jako hmotnostní, nebo jako objemový průtok.

1.1.1. Objemový průtok

Objemový průtok Q_V udává objem tekutiny V , který proteče potrubím za jednotku času t . Pro plyny se nejčastěji udává v $[m^3 \cdot h^{-1}]$. [6] Pro zjištění objemového průtoku se využívá měření pomocí rozdílů tlaků, nebo výpočet z rychlosti proudění tekutiny v potrubí o známém průřezu. Je zde však předpoklad, že tekutina zaplňuje celé potrubí, což nemusí vždy odpovídat skutečnosti (měření volné hladiny v průtokových kanálech). [4]

$$Q_v = \frac{V}{t} \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

kde

V – objem tekutiny $[m^3]$

t – čas $[s]$

nebo z rychlosti průtoku

$$Q_v = \int v \cdot dS = S \cdot v \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

kde

$$v - \text{střední rychlost proudění} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$S - \text{plocha měřícího potrubí} \quad [m^2]$$

1.1.2. Hmotnostní průtok

Hmotnostní průtok Q_m udává hmotnost tekutiny, která proteče potrubím za jednotku času, a je nezávislý na stlačení. Pro přímé měření využíváme dvě základní metody – průtoky založené na Coriolisově principu a tepelné hmotnostní průtokoměry. Nepřímo lze hmotnostní průtok vypočítat z objemového průtoku a z hustoty tekutiny. [4]

$$Q_m = Q_v \cdot \rho \quad [kg \cdot s^{-1}]$$

kde

$$Q_v - \text{objemový průtok} \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

$$\rho - \text{hustota tekutiny} \quad [kg \cdot s^{-1}]$$

1.2. Druhy proudění

Reálná kapalina není dokonale tekutá a je nepatrně stlačitelná. Uvnitř kapaliny působí síly vnitřního tření, které brzdí jeho pohyb. [5] Rozlišujeme proto dva základní typy proudění a to laminární a turbulentní. Rozlišnost těchto proudění je dána Reynoldsovým číslem, které vyšetřuje poměr mezi setrvačnými a třecími silami. [6]

$$Re = \frac{\rho v^2 D}{\eta v} = \frac{\rho v D}{\eta} = \frac{v D}{\nu} \quad [-]$$

kde

$$\rho - \text{hustota tekutiny} \quad [kg \cdot m^{-3}]$$

$$v - \text{rychlost proudění} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$D - \text{průměr potrubí} \quad [m]$$

$$\eta - \text{dynamická viskozita} \quad [N \cdot s \cdot m^{-2}]$$

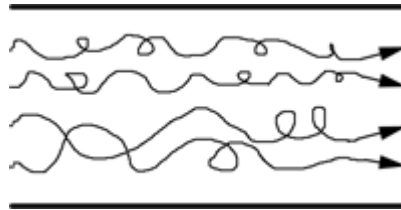
$$\nu - \text{kinetická viskozita} \quad [m^2 \cdot s^{-1}]$$

$$Re - \text{Reynoldsovo číslo vzaté k průměru potrubí} \quad [-]$$

Za pomoci simulací se zjistilo, že mezní hranice Re_{krit} mezi těmito dvěma prouděními je 2320, avšak tato hodnota platí pouze pro uzavřené kanály s kruhovým průřezem. [6] Při proudění kanálem vzniká také tzv. **mezní vrstva**, což je tenká vrstva, která vzniká na stěně při proudění tekutinou. Rychlost v celém profilu je téměř stálá s výjimkou mezní vrstvy, kde dochází k velmi prudké změně v závislosti na vzdálenosti od stěny.

1.2.1. Turbulentní proudění

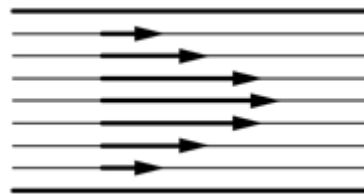
Při turbulentním prouděním dochází k promíchávání proudnic, tedy proudových čar, které popisují pohyb jednotlivých částic při proudění kapalinou. Vytvářejí se víry, které nepřispívají k průtoku. [1] Obecně se udává, že tento jev nastává při $Re > 2320$. Turbulentní proudění často nastává při vysokých rychlostech a tlacích.



Obr. 1.1 Proudnice u turbulentního proudění

1.2.2. Laminární proudění

U laminárního proudění je směr proudnic rovnoběžný se směrem proudění tekutiny. Částice kapaliny se pohybují vedle sebe, jako by ve vrstvách a vzájemně se nepromíchávají. Nejvyšší rychlost částice dosahují v ose potrubí a nejmenší v místě styku hraničních vrstev. [1] Rychlostní profil má tvar paraboly a obecně nastává při $Re < 2320$. Nejčastěji vzniká při malých rychlostech, kdy dosáhneme ustáleného proudu. [6]



Obr. 1.2 Proudnice laminárního proudění

2. Základní metody

Mezi základní metody měření průtoku patří:

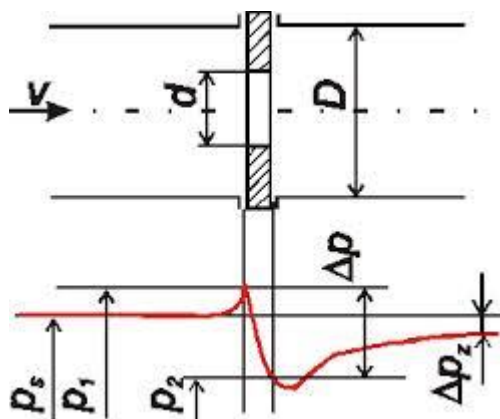
1. Měření tlakové diference před a za primárním prvkem
2. Měření rychlosti proudění tekutiny
3. Měření objemového průtoku
4. Měření hmotnostního průtoku

2.1. Měření tlakové diference před a za primárním prvkem

Využívá se principu zachování energie v proudící tekutině popsaného Bernoulliho rovnicí. Kinematická energie proudu vyvolává růst dynamického a pokles statického tlaku, celkový tlak zůstává zachován. Rychlost proudění získáme z dynamického tlaku. Dynamický tlak je určen rozdílem statických tlaků před a za primárním prvkem. [7] Základními prvky těchto průtokoměrů jsou škrťací orgány, jako jsou clony, dýzy, Venturiho trubice atd. Dalšími průtokoměry založenými na snímání tlaku patří rychlostní sondy, jako jsou Pitotova trubice, Prandtlova trubice, plováčkový průtokoměr, kolenový průtokoměr a další.

2.1.1. Měření pomocí clony

Clona je plochá kovová deska s otvorem, která je vložena do potrubí kolmo na směr proudění. Průměr škrťacího otvoru a jeho umístění je dán podle typu proudící tekutiny. [4] Měřená místa statických tlaků jsou před a za deskou. Náběhová hrana musí být vždy ostrá, proto jsou náchylné na znečištění, které může ovlivnit naměřenou tlakovou diferenci. [4] Před clonou je převážně potřeba větší uklidňovací prostor než u ostatních průtokoměrů. Tlaková ztráta Δp_z je tím větší, čím více uzavřený průřez redukuje a čím větší je průtok. [2]



p_s – vstupní statický tlak

Δp – diferenční tlak

v – rychlost proudění

p_1 – snímání tlaku před clonou

p_2 – snímání tlaku za clonou

Δp_z – tlaková ztráta

Obr. 2.1 Tlakové poměry na cloně

Výhody:

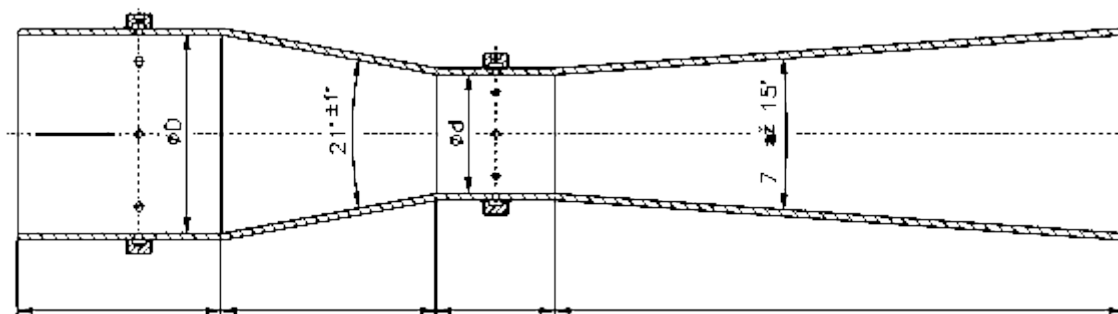
- nízká pořizovací cena
- robustnost
- chyba přístroje kolem 1 – 2%
- jednoduchost

Nevýhody:

- náchylnost na opotřebení
- vyšší tlakové ztráty s rostoucím průtokem

2.1.2. Venturiho trubice

Měřené médium je ve Venturiho trubici zrychleno v kuželovém konfuzoru, což má za následek pokles statického tlaku, který je měřen z rozdílů tlaků před a za zúžením. Dále potom pokračuje do difuzoru, kde se průměr potrubí rozšiřuje zpět na původní světlost potrubí. Tlak proudícího média se vrací téměř na původní hodnotu. [6] Odběrná místa pro měření jsou na začátku Venturiho trubice a v místě zúžení viz obrázek (Obr. 2.2).



Obr. 2.2 Venturiho trubice

Výhody:

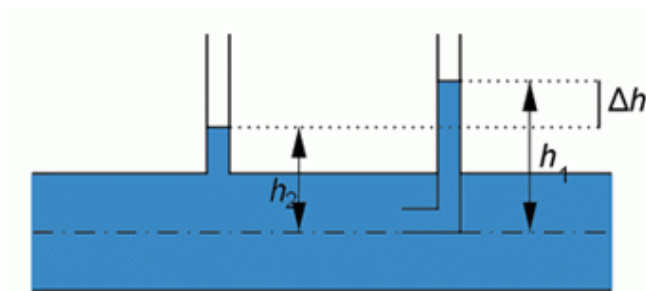
- menší tlaková ztráta než u clony (4 až 20% z naměřené difference)
- velká přesnost měření
- malý vliv na opotřebení

Nevýhody:

- vysoká pořizovací cena
- větší rozměry, oproti jiným průtokoměrům

2.1.3. Pitotova trubice

Pitotova trubice je jednou z nejstarších a patří k nejjednodušším metodám k zjištění rychlostního průtoku vůbec. Hlavním prvkem Pitotova trubice je tenká trubička umístěná kolmo k potrubí a otočená proti směru proudění. Využívá se hlavně pro měření velmi čistých plynů a kapalin, jiné využití v podstatě není možné kvůli náchylnosti trubičky k znečištění. [4] Přesnost měření závisí na rychlostním profilu.



$$\Delta p = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

Δp – tlaková difference [Pa]

ρ – hustota média [kg.m⁻³]

g – gravitační zrychlení [m.s⁻²]

Obr. 2.3 Pitotova trubice

Výhody:

- jednoduchost
- velmi přesné měření (Annubar)
- dlouhá životnost

Nevýhody:

- nutná čistota tekutiny
- závislost na rychlostním profilu
- malý rozdíl tlaků
- vysoká pořizovací cena

2.2. Měření rychlosti proudění tekutiny

Při měření rychlosti průtoku je výstupní signál snímače přímo úměrný rychlosti proudění. Tím nenastává chyba při umocňování, jako je to například u měření na cloně. [6] U tohoto typu měření se stanovuje objemový průtok ze vztahu [4] :

$$Q_v = v \cdot S$$

kde

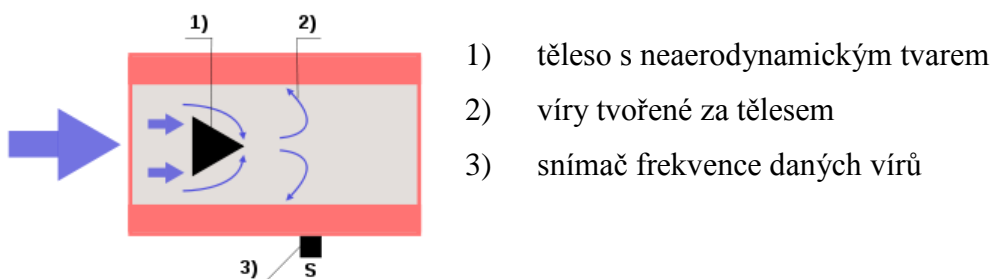
v – střední rychlost proudění tekutiny [$m \cdot s^{-1}$]

S – průřez potrubí [m^2]

Průtokoměry, které pracují na tomto principu, jsou turbínkové, vírové, elektromagnetické a ultrazvukové.

2.2.1. Vírové průtokoměry

Vírové průtokoměry jsou založeny na von Karnamově efektu, kdy je do měřicího kanálu vložena překážka neaerodynamického tvaru, která je následně obtékána tekutinou. Na obou stranách se střídavě oddělují víry, které vytvářejí tzv. von Karmanovu stezku. Frekvence vzniklých vírů se zaznamenává a je v určitém rozsahu hodnot Reynoldsova čísla úměrná rychlosti proudění a tedy i průtoku. [4]



Obr. 2.4 Hlavní části vírového průtokoměru

$$\frac{Q_v}{f \cdot D^3} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{S_r} \cdot \frac{b}{D}$$

kde

Q_v – objemový průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]

f – základní frekvence vloženého tělesa [Hz]

D – průměr potrubí [m]

b – šířka čelní plochy vloženého tělesa [m]

S_r – Strouhalovo číslo [–]

Strouhalovo číslo – je podobnostní číslo, které se používá v oblasti nízkých Reynoldsových čísel ($Re < 300$) a je bezrozměrné. Dává do vztahu frekvenci vytvářených vírů za překážkou, jejich charakteristický rozměr a rychlost proudění. [8]

$$Sr = \frac{f \cdot L}{v}$$

L – charakteristický rozměr	[m]
f – frekvence vírů	[Hz]
v – rychlost proudění	[m. s ⁻¹]

Výhody:

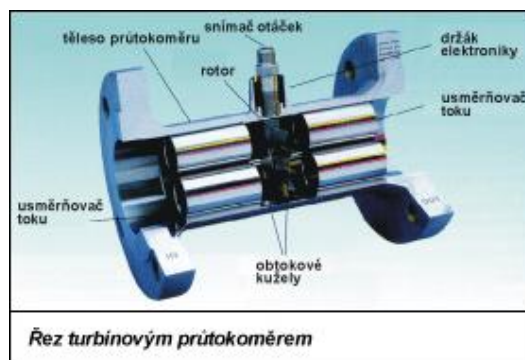
- relativní necitlivost na změnu tlaku, teploty, a hustoty média
- malá tlaková ztráta
- rozsah

Nevýhody:

- nelze použít při malé rychlosti proudění
- nelze měřit u tekutin s malou viskozitou

2.2.2. Turbínkový průtokoměr

Jeho hlavními částmi jsou turbínka jako rotační část a snímač otáček. Turbínka se otáčí vlivem proudění a většinou pomocí indukčního snímače je vyhodnocována rychlost otáčení. Výsledkem jsou napěťové pulzy, které se dále zpracovávají. Při bezdotykovém měření otáček se používají i pro vyšší pracovní tlaky. [6] Tyto průtokoměry se liší zejména v uložení turbínky.



Obr. 2.5 Části turbínkového průtokoměru

$$Q_v = \frac{n}{k} \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

kde

k – transformační konstanta snímače $[m^{-3}]$

n – otáčky $[s^{-1}]$

Výhody:

- rozsah měřených rychlostí
- i pro velké průměry potrubí
- reprodukovatelnost měření

Nevýhody:

- nepoužitelnost u vířících tekutin
- nejsou vhodné pro tekutiny s velkou viskozitou
- náchylnost na opotřebení

2.2.3. Ultrazvukové průtokoměry

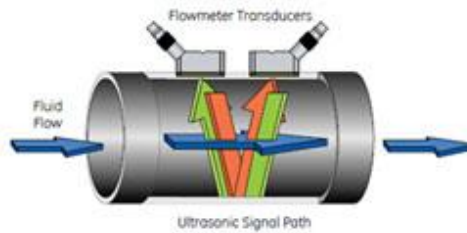
Ultrazvukové průtokoměry používají pro měření v potrubí ultrazvukové vlnění.

Dva základní principy měření pomocí:

- Dopplerova efektu
- Doby průchodu médiem

Měření pomocí Dopplerova efektu – Přístroj do potrubí vysílá ultrazvukové vlny s konstantní frekvencí a přijímá vlnění odražené buď od částic, nebo od bublin v tekutině. Vzhledem k pohybu částic je frekvence odražená od bublin, nebo částic odlišná. Rozdíl frekvencí je pak úměrný rychlosti proudění. [6] Využívá se pouze u kapalin.

Měření pomocí doby průchodu médiem – Dvě jednotky (vysílací a přijímací) jsou vloženy za sebou ve směru proudění. Jeden vysílač vysílá po směru proudění a druhý proti směru proudění. Rozdíl časů průchodu obou signálů k druhé jednotce je potom úměrný rychlosti proudění. [6] Používá se pouze u měření čistých tekutin.



Obr. 2.6 Měření doby průchodu vlny

Výhody:

- žádné tlakové ztráty
- minimální opotřebení

Nevýhody:

- pro větší rychlosti

3. Měření objemového průtoku

Průtokoměry měřící objemový průtok měří přímo rozdělením procházejícího objemu média do samostatně rozdělených prostor se známým objemem. Objemové průtokoměry většinou ukazují celkový proteklý objem, ale mohou i na výstupu vysílat impulsy, které jsou rovny počtu naplněných prostor. Tyto průtokoměry se liší tvarem, uložením lopatek, velikostí naplňovaného prostoru atd. Vzhledem k tomu, že obsahují velké množství pohyblivých částic, nejsou vhodné pro měření průtoku znečištěných kapalin. Vzhledem k problematice s utěsněním těchto průtokoměrů nejsou vhodné pro měření plynů. [4]

4. Měření hmotnostního průtoku

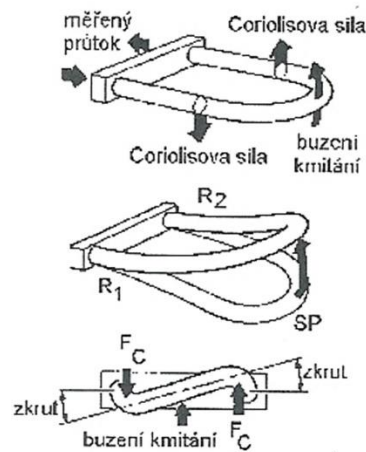
Kromě nepřímého způsobu zjištění hmotnostního průtoku existuje jen málo způsobů, jak tento průtok změřit přímou metodou. Hlavní způsoby jsou:

- Coriolisův průtokoměr
- Tepelný hmotnostní průtokoměr

4.1. Coriolisův průtokoměr

Princip tohoto měření spočívá ve vyhodnocování deformace měřící trubice způsobené Coriolisovou silou. Tato síla vzniká při průtoku záměrně rozkmitanou měřicí

trubicí, kterou daná kapalina protéká. Pohyb tekutiny se skládá ze společného pohybu s potrubím a relativního pohybu vzhledem k potrubí. Pokud směr rychlosti proudění není shodný s osou kmitání (buzeno elektromagneticky), vzniká Coriolisova síla a dochází k deformaci potrubí. Trubice tvaru U se vrtulovitě zkrucuje, kroučící moment je úměrný součinu hmotnosti m a rychlosti proudění v v proudící tekutiny. Měří se úhel zkrutu trubice vzhledem ke klidové poloze při nulovém průtoku. [7]



Obr. 4.1 Princip Coriolisova průtokoměru

Výhody:

- nejpřesnější způsob měření průtoku
- nezávislý na teplotě, tlaku, viskozitě
- nečistoty v tekutině nemají vliv

Nevýhody:

- rozsah
- cena

4.2. Tepelný hmotnostní průtokoměr

Tepelný hmotnostní průtokoměry pracují na principu výměny tepla mezi zdrojem tepla a okolím, které tvoří proudící médium. Hlavní dva způsoby měření jsou:

- Termoanemometry
- Kalorimetrické průtokoměry

4.2.1. Termoanemometry

Termoanemometr je vyhřívaná sonda vložená do potrubí. Množství tepla, které odebírá proudící kapalina, je závislé na proudění, hustotě, vodivosti a na hustotě proudící

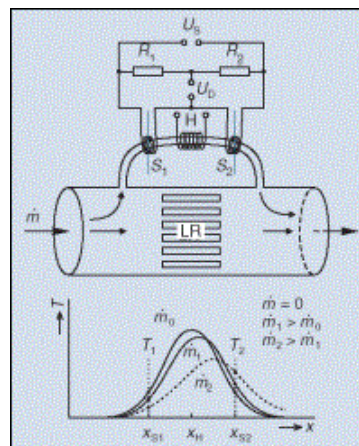
kapaliny. První typ termoanemometru má vyhřívanou sondu konstantním elektrickým proudem, se změnou průtoku se mění teplota sondy a tato změna teploty se dále vyhodnocuje. Dalším typem je sonda vyhřívána konstantní teplotou, kde při změně rychlosti proudu regulujeme velikost elektrického proudu, abychom docílili konstantní teploty na sondě. [6]



Obr. 4.2 Termoanemometr od firmy Endress Hauser

4.2.2. Kalorimetrické průtokoměry

Kalorimetrické průtokoměry mají sondy umístěné do středu profilu. Při nulovém průtoku se šíří teplo od sondy rovnoměrně na obě strany, avšak při proudění média potrubím, se šíří teplo pouze od sondy ve směru proudění. Snímače jsou rozmístěny na obou stranách od zdroje tepla. Diference naměřených teplot před a za zdrojem tepla a tedy i výstupní signál, je závislý na hmotnostním průtoku Q_m . [6]



Obr. 4.3 Kalorimetrický průtokoměr

$$Q_m = \frac{(T_2 - T_1)}{A \cdot c_p \cdot P}$$

kde

A – konstanta

$$[s^2 \cdot K^2 \cdot K^{-2}]$$

c_p – izobarická měrná tepelná kapacita

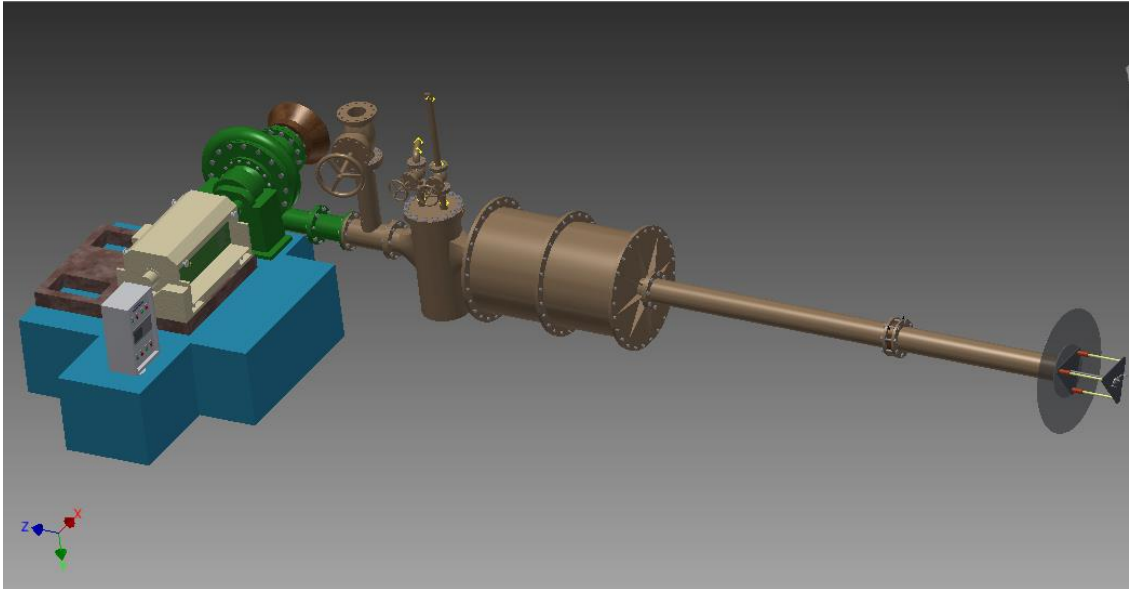
$$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$$

P – tepelný příkon

$$[J \cdot s^{-1}]$$

5. Popis měřicí tratě

Měřicí trať se nachází v budově E Technické univerzity v Liberci a je umístěna v laboratořích Katedry energetických strojů a zařízení. Trať zabírá přibližnou plochu o velikosti 8900 x 3300 mm a je složena z více prvků. Hlavní části tratě a jejich funkce jsou popsány v této kapitole.



Obr. 5.0 3D model měřicí tratě

5.1. Ovládací panel

Ovládací panel SIMATIC S7 slouží k zapnutí čerpadla pro mazání turbodmychadla a také jako řídicí prvek pro dynamometr. Za pomoci řídicího systému



Obr. 5.1 Ovládací panel OP277

jsme schopni zjistit příkon na dynamometru a můžeme nastavit konstantní otáčky, nebo konstantní moment, tyto hodnoty jsou zobrazeny ve dvou sloupcích na barevném displeji od firmy SIEMENS. [3] V prvním sloupci je požadovaná hodnota a v druhém skutečná hodnota. Hlavní výhodou tohoto panelu je jeho jednoduchost v ovládnání a robustnost. Nepřesnosti však můžeme dosáhnout při odečítání krouticího momentu, který se pohybuje v přesnosti $\pm 0,5 Nm$. Obsluha tohoto panelu si však musí dát pozor také na nastavované otáčky, které jsou kvůli převodu 5x menší než otáčky na tu turbodmychadlu.

5.2. Rozvaděč

Na měřicí trati je nainstalován rozvaděč s napětím 3AC 400V, jako řídicí součást



Obr. 5.2 Rozvaděč

sloužící k rozvodu elektrické energie. Simoreg DC master řady 6R70 je zde zabudovaný a určený pro pohony ve výkonovém rozsahu, až do 10000KW. Regulace pohodu a komunikace je zde zajištěna pomocí dvou výkonných mikroprocesorů. Měnič je čtyřkvadrantový, kotva je napájena pomocí dvou plně řízených antiparalelních můstků. Měnič je vybaven chladicími ventilátory, které jsou hlídány teplotním čidlem. [2] Asi nejdůležitější informace je, že se zde nachází osm volných analogových vstupů s 4–20mA proudovým vstupem, což znamená, že jsme zde schopni připojit další měřicí prvky (např. teplotní snímače, průtokoměry) a jejich naměřená data dále promítat na ovládací panel OP277.

5.3. Dynamometr

Slouží k pohonu nebo brzdění turbodmychadla, za současného měření krouticího momentu a otáčivé rychlosti. Při brzdění je mechanická energie rekuperována do napájecí



Obr. 5.3 Dynamometr 100SDS180ST

sítě. Dynamometr má jeden volný konec hřídele, na kterém je krytí IP 21. Nosnou konstrukcí dynamometru je svařovaná skříň dělená ve vodorovné ose hřídele. Uvnitř skříň je výkyvně uložen dynamometr. Na horní části skříň je ventilátor. Vstup chladícího vzduchu do ventilátoru je od prostoru stroje. Výstup vzduchu je v přední části dynamometru po obou

stranách do okolního prostředí. Na levé straně stroje je namontován snímač kroučícího momentu. Na zadní straně dynamometru je namontováno čidlo, které slouží jako snímač otáček. Rotor je uložen ve valivých ložiskách mazaným tukem a může pracovat v obou směrech otáčení. [10]

Měřicí parametry zařízení

Fyzikální veličina	Měřicí rozsah	Garantovaná přesnost
Otáčky [min^{-1}]	0 ÷ 3500	± 0,2
Moment [Nm]	0 ÷ 300	± 0,5
Výkon [kW]	100	-
Proud [A]	280	-
Pom. veličiny	8 x 4 – 20mA	± 0,5

Tab. 5.1 Parametry dynamometru

5.4. Turbodmychadlo

Turbodmychadlo je poháněno pomocí dynamometru přes převodovou skříň se stálým převodem 1:5, tedy do rychla. Spodní část převodové skříňe je současně i nádrž pro olej, který pomáhá odvést přebytečné teplo za pomoci čerpadla. Převodová skříň je připevněna na desce a pomocí šroubů přichycena k betonovému základu. Turbodmychadlo se skládá z výtlačné spirály, mezistěny a převodové skříňe, jejíž pastorek je současně rotorem, na kterém je uloženo oběžné kolo turbodmychadla. Na sání do turbodmychadla je připevněna síť, kvůli možným větším nečistotám a škrtící člen tzv. klapkou, která slouží k regulaci množství vzduchu vstupující do stroje. Hřídel i oběžné kolo jsou vykovány z legované oceli, zušlechtěny a hladce obroušené. Oběžné kolo je upevněno na přírubě pastorkového hřídele. Lopatky oběžného kola jsou frézované z legované oceli na průměr 392mm. Mezi přírubou a oběžným kolem jsou radiální kanály, které složí jako tzv. ventilační ucpávka. Celý převod je uložen v kluzných ložiskách, které zachycují také axiální síly. [2] Chlazení je vyřešeno pomocí přivedeného potrubí, ve kterém se jako chladicí médium používá voda.



Obr. 5.4 Radiální jednokolový turbodmychadlo

Parametry turbodmychadla

Rok výroby	1965
Nasávané množství	3500 $\left[\frac{m^3}{h}\right]$
Tlak	1,5 $[bar]$
Otáčky	14890 $\left[\frac{ot}{min}\right]$
Převod mezi dynamometrem a turbokompresorem.	1:5

5.5. Výměník tepla

Výměník tepla je nádoba umožňující předávání tepla z teplejšího media na chladnější. Pracovní látka může být v plynném nebo kapalném stavu. Je to válcovitá nádoba objemu 0,2 m³ se dvěma hrdly o průměru 200mm pro vstup a výstup vzduchu. Horní víko nádoby je spojeno s přírubou s trubkovým svazkem vsunutým do výměníku. Voda protéká trubkami, opatřenými na straně vzduchu navlečenými žebry, vzduch proudí kolmo na svazek trubek. Množství vody je regulované za pomoci šoupátka na vstupu do nádoby. Slouží k snížení teploty vzduchu na výstupu z turbodmychadla, který je kvůli stlačení ohřátý.



Obr. 5.5 Výměník tepla

5.6. Uklidňovací komora

Uklidňovací komora, je nádoba válcovitého tvaru o objemu $0,7\text{ m}^3$ opatřená z obou stran přírubami. Vstupující vzduch do komory je ustálen ve svazcích trubek, které



se nacházejí uvnitř komory, nahrazuje tak delší potrubí, které by bylo potřeba pro dosažení potřebného laminárního proudění. Ustálený proud vzduchu je jeden z hlavních požadavků při měření škrtícími orgány.

Obr. 5.6 Uklidňovací komora 1798

5.7. Výstupní škrtící člen

Na výstupu z potrubí, je za pomoci šroubu ustavena příruba, která drží tři tyče. Tyto tyče slouží jako vodící člen pro desku kruhovitěho tvaru o průměru 1m, která je



vyrobena z plexiskla. Za pomoci šroubového spoje je možné s deskou pohybovat po vodících členech a tedy nastavovat mezeru mezi přírubou a deskou. Při dostatečném zúžení této mezery, docílíme zvýšení tlaku ve výtlačné části.

Obr. 5.7 Škrcení výstupu

5.8. Tlakoměry



Na měřicí trati jsou použity dva typy tlakoměrů. Prvním typem jsou U-trubicové tlakoměry, které jsou umístěny na kovovém stojanu, tyto tlakoměry měří pomocí výšky sloupce s přesností na milimetry. Nevýhodou těchto tlakoměrů je jejich rozsah, kdy jsme omezeni jedním metrem vodního sloupce. Proto jsme byli nuceni využívat také digitální tlakoměry od firmy



Fluke, které měří do 70MPa. Bohužel však měří s přesností na centimetry, a proto je zde potřeba počítat s mírnou nepřesností. Po celé trati jsou rozmístěna tzv. odběrná místa, která jsou spojena s tlakoměry pomocí plastových hadic.

Obr. 5.8 U-trubicový a digitální tlakoměr

5.9. Teploměry

Po celé trati jsou nainstalovány teploměry, které snímají teplotu protékajícího vzduchu v daném úseku, jsou zabudovány kolmo na osu potrubí, nebo pod úhlem 30° vůči protékajícímu vzduchu. Skleněné dilatační teploměry, které se zde používají, jsou založeny na principu tepelné roztažnosti dané látky. V našem případě je to rtuť, která má tendenci vlivem stoupající teploty zvyšovat svůj objem, který můžeme pozorovat přímo v kapiláře teploměru. Prostor v kapiláře je u běžných typů teploměrů vakuován. Při odečítání hodnot je důležité, abychom měli oči v rovině, jako je hladina odečítané kapaliny. Tímto postupem, bychom se měli řídit také v případě U-trubicových tlakoměrů.



Obr. 5.9 Rtuťový teploměr

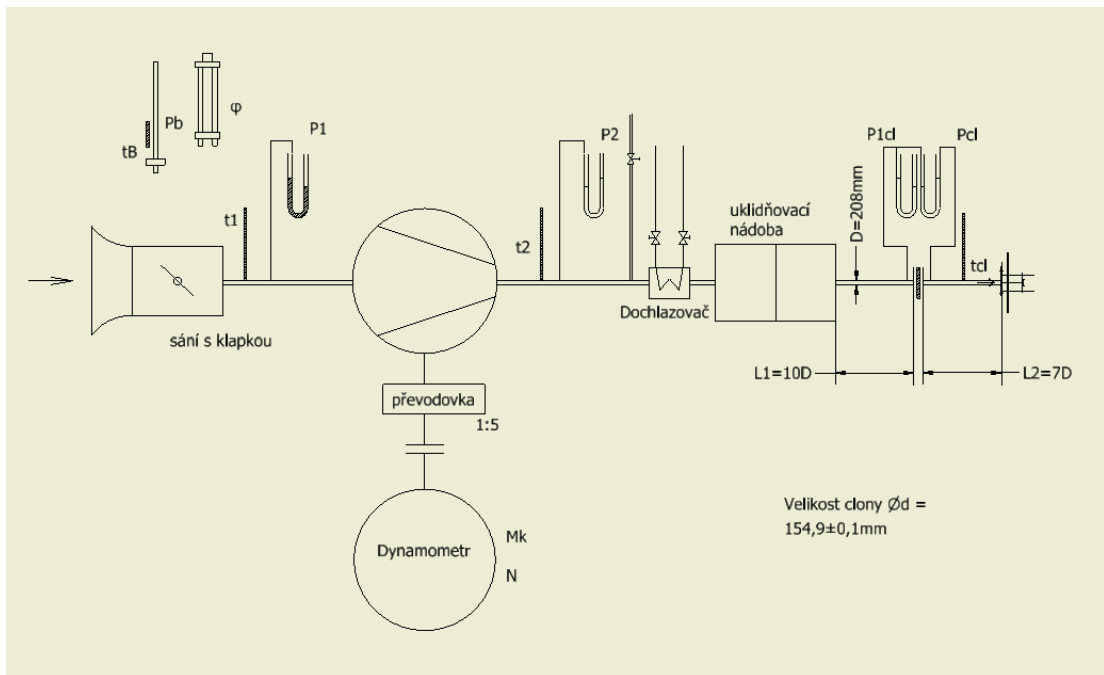
6. Měření charakteristiky turbodmychadla

Cílem tohoto měření je naměření skutečné charakteristiky turbodmychadla a přiblížit se co možná nejlépe k jejich extrémům. Před měřením jsme nejdříve za pomoci obsluhy vyčistili celou trať od nečistot v potrubí a jiných mechanických nečistot, které by mohli mít vliv na měření nebo dokonce poškodit některé přístroje. Dále jsme očistili všechny měřicí přístroje, zkontrolovali jejich funkčnost a nainstalovali je na naši měřicí trať. Nesmíme také zapomenout na vložení clony, nebo jiného průtokoměru do měřicí části. Předem je také důležité, zapnout čerpadlo, které je potřeba k mazání kluzných ložisek.

Před zmíněným měřením je však potřeba zjistit stavy okolí, proto jsme pro zjištění atmosférického tlaku použili rtuťový staniční barometr a pro relativní vlhkost okolí jsme použili Aspirační Psychrometr. Oba tyto přístroje jsou velice přesné a vhodné pro náš druh měření. Za pomoci obsluhy jsme pustili vodu z vodovodního řádu, kvůli požadovanému ochlazení ve výměníku a čerpadlo pro mazání pomocí oleje. Kvůli malému prostoru, kde se nachází trať a nedostatečnému průtoku vody v potrubí, však nejsme schopni docílit, aby se teplota okolí nezvyšovala. Proto jsme nuceni před měřením otevřít okna v místnosti a odečítáme teplotu okolí na teploměru umístěném na sání do turbodmychadla. Protože při vysokých otáčkách je turbodmychadlo poměrně hlučné, je také potřeba, aby všichni, kdo se nacházejí v místnosti, měli na uších klapky.

Pokud jsou všechny tyto podmínky splněny, může obsluha uvést za pomoci ovládacího panelu turbodmychadlo do pohybu. Na požadované otáčky je potřeba najíždět pozvolna, jelikož je turbodmychadlo vybaveno kluznými ložisky a nechceme, aby se nám ložiska zadřela, proto před hlavním měřením čekáme 30 minut na zaběhnutí stroje, dále nastavíme požadovanou mezeru na výstupním škrťacím členu, abychom docílili zvýšení tlaku v systému. Pokud se dostaneme na jmenovité otáčky, které jsou konstantní, můžeme začít škrťat sání turbodmychadla pomocí klapky. Pro jedny jmenovité otáčky si můžeme nastavit až 8 bodů měření (poloh klapky), rozmístění jednotlivých poloh si obsluha volí sama, avšak nesmí se stát, že bychom klapku zcela uzavřeli, tím by mohlo dojít k pompáži turbodmychadla. Před odečítáním hodnot z jednotlivých přístrojů je dobré počkat 2 až 3 min, než se vše ustálí a také vyčkat pár minut po najetí na jmenovité otáčky. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách v příloze I.

Schéma měřící tratě:



Obr. 6.1 Schéma měřící tratě

Měřené veličiny:

Prostředí:

P_b – barometrický tlak	[torr]
φ – relativní vlhkost	[%]
$t_b = t_1$ – teplota okolí je rovna teplotě sání	[°C]

Turbodmychadlo:

p_1 – podtlak na sání vůči okolí	[Pa]
t_1 – teplota na sání	[°C]
p_2 – přetlak vůči okolí	[Pa]
t_2 – teplota na výtlaku	[°C]

Dynamometr:

P – výkon	[kW]
n – otáčky	$\left[\frac{ot}{min} \right]$
M_k – krouticí moment	[Nm]

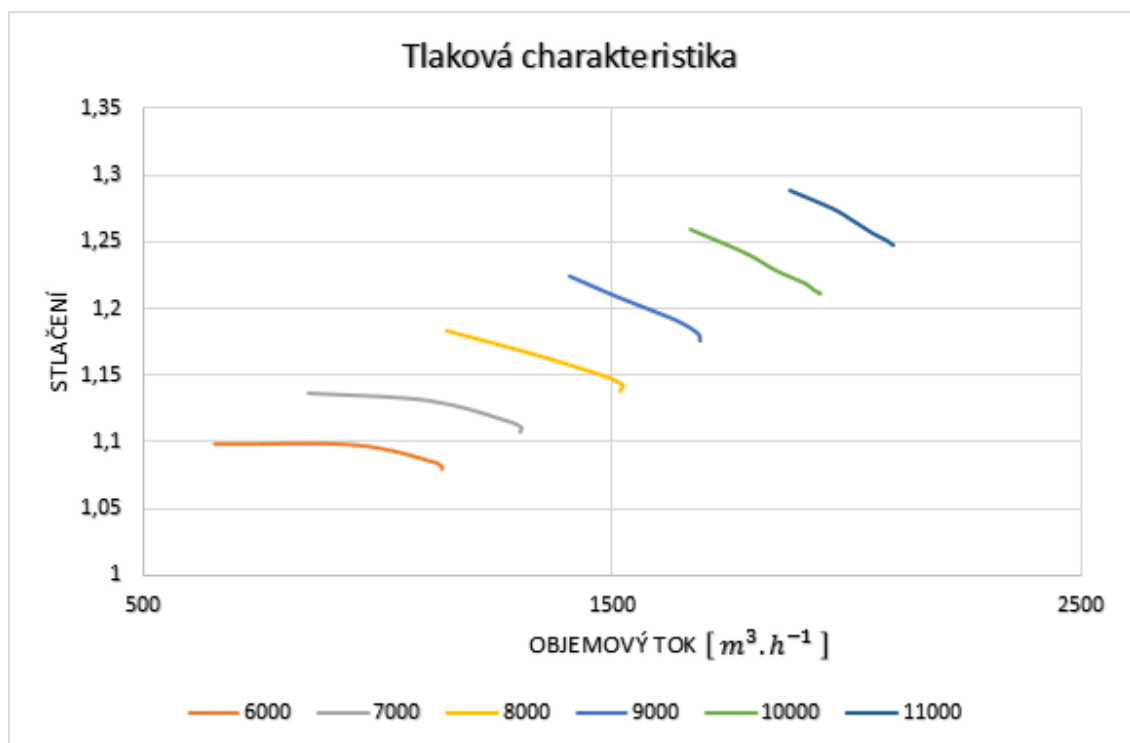
Clona pro měření průtoku:

p_{1cl} – tlak před clonou	[Pa]
Δp_{cl} – diference tlaku před a za clonou	[Pa]
t_{cl} – teplota na cloně	[°C]

7. Vyhodnocení naměřených hodnot

7.1. Tlaková charakteristika

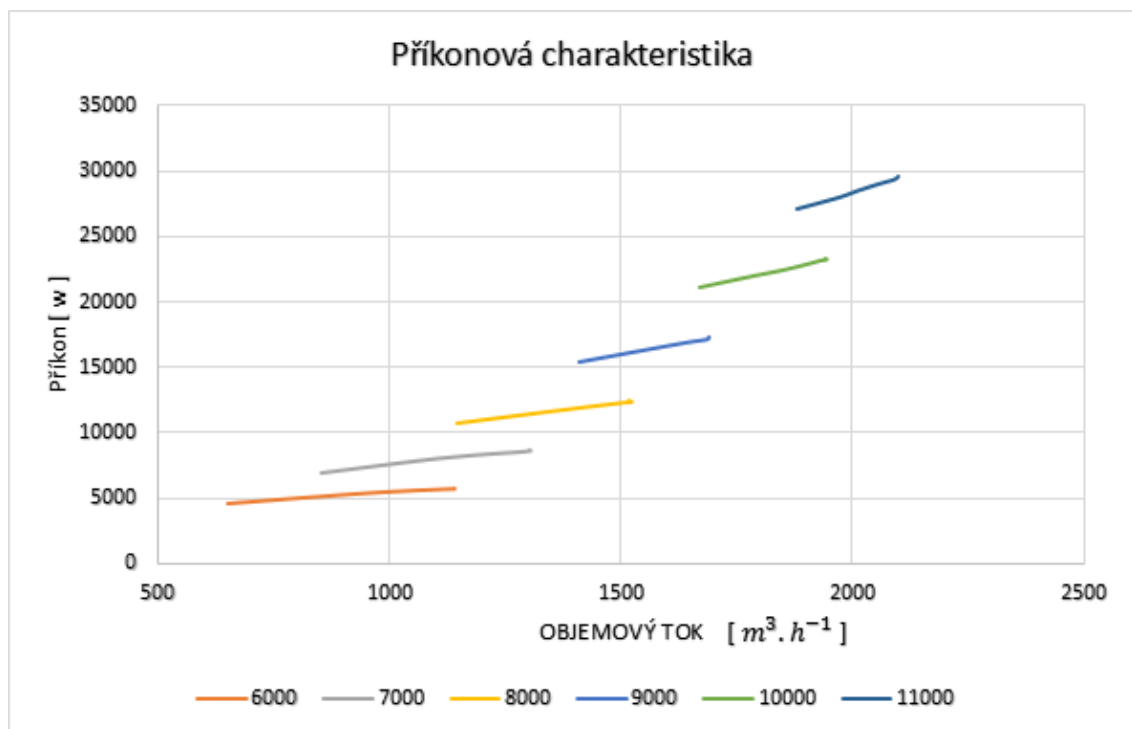
Z charakteristiky turbodmychadla na grafu (Graf 7.1) je vidět, že objemový průtok pro jednotlivé otáčky je vždy měřen v určitém rozsahu a s rostoucími otáčkami se tento rozsah zmenšuje kvůli vyššímu tlaku v okruhu. Měření při vyšších tlacích je zkráceno, kvůli rozsahu měřidla na sání. Na vertikální ose můžeme vidět stlačení, což je poměr mezi absolutním tlakem na vstupu do turbodmychadla a absolutním tlakem na výstupu z turbodmychadla. Na horizontální ose můžeme sledovat změny objemového průtoku. Při škrcení na klapce nám vzniká větší stlačení, ale zmenšuje se průtočné množství daného média. Vlivem vyššího tlaku se jednotlivé charakteristiky také přibližují blíže k sobě. Tlaková charakteristika se skládá ze stabilní větve začínající v důsledku odtržení proudu kritickým bodem a poté klesá k maximálnímu průtoku, kdy je dosaženo kritické rychlosti proudu. Při zvyšování otáček jsou jednotlivé charakteristiky strmější.



Graf 7.1 Naměřená tlaková charakteristika

7.2. Příkonová charakteristika

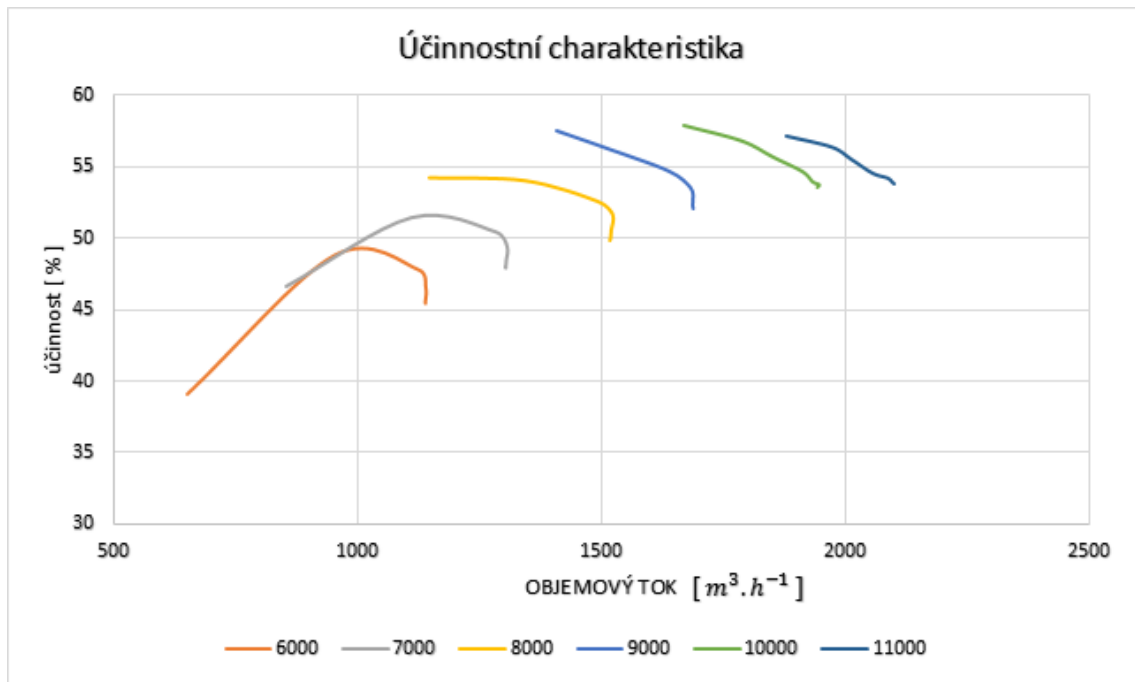
Naměřená příkonová charakteristika je zobrazena na grafu (Graf 7.2). Na vertikální ose můžeme sledovat příkon a na horizontální objemový tok. Na první pohled můžeme vidět, že při zvyšujícím se objemovém průtoku a také otáčkách se nám zvyšuje příkon. Pro dané otáčky nám roste strmost křivek, protože turbodmychadlo musí překonávat větší odpory. Diference mezi křivkami je dána větším stlačením. Malé nepřesnosti v měření jsou dány snímačem, měřicí krouticí moment na dynamometru s přesností $\pm 0,5$ Nm, ze kterého následně vypočítáme příkon na turbodmychadle. Dále je to způsobeno tím, že naše měření zahrnuje všechny mechanické ztráty a ztráty netěsností. Tyto nepřesnosti mohou mít vliv na všechny naměřené charakteristiky.



Graf 7.2 Naměřená příkonová charakteristika

7.3. Účinnostní charakteristika

Účinnostní charakteristika má konkávní tvar. Jednotlivé extrémy těchto charakteristik můžeme sledovat v grafu (Graf 7.3), kde vidíme nejvyšší účinnost pro jednotlivé otáčky. Ta je vyšší čím vyšší jsou otáčky. Účinnost turbokompresoru není konstanta, pro různé otáčky se maximální účinnost mění s dodávaným množstvím. V této charakteristice jsou zahrnuty všechny ztráty, jak už bylo řečeno dříve.



Graf 7.3 Účinnostní charakteristika

8. Měření - clonou

Tato laboratorní úloha je zaměřena na měření průtočného množství na trati pomocí clony a zjištění daných charakteristik turbodmychadla v laboratořích Katedry energetických strojů a zařízení.

Zadání úlohy:

Naměřte alespoň pro dvě hodnoty provozních otáček závislost příkonu turbodmychadla na průtočném množství. Dále zjistěte tlakovou a účinnostní charakteristiku, závislost stlačení na množství dopravovaného vzduchu a závislost účinnosti na daném průtoku. Pro dané otáčky a za pomoci škrcení na vstupu nebo na výstupu zjistěte maximální průtok. Porovnejte jednotlivé charakteristiky mezi sebou a v závěru zhodnoťte výsledky měření.

Postup měření:

Před měřením si nejprve připravíme všechny potřebné měřicí přístroje, zkontrolujeme jejich funkčnost a umístíme na předem vyklizená pracoviště. Celou trať očistíme od nečistot, abychom měli jistotu, že nebudou ovlivňovat naše měření. Změříme a zapíšeme relativní vlhkost vzduchu a okolní tlak. Pustíme vodu z vodovodního řádu, kvůli chlazení a čerpadlo pro mazání ložisek. Následně spustíme turbodmychadlo za pomoci ovládacího panelu. Nastavíme konstantní otáčky a postupně měníme množství

vzduchu uzavíráním sání nebo výtlačku. Naměřené hodnoty, zapíšeme do předem připravené tabulky a provedeme výpočet. Vypočítané hodnoty zakreslíme do grafu.

Zadané hodnoty:

Parametry			
Otáčky	n	7000, 8000	[ot/min]
Úhrnný součinitel průtoku	α	0,718	
Poměr zúžení	m	0,555	
Vnitřní průměr potrubí	$\varnothing d$	0,208	[m]
Vnitřní průměr clony	$\varnothing D$	0,1549	[m]
Hustota vody	ρ	1000	[kg/m ³]
Gravitační zrychlení	g	9,81	[m/s ²]

Tab. 8.1 Zadané parametry

Měřené veličiny:

Prostředí:

P_b – barometrický tlak	[thorr]
φ – relativní vlhkost	[%]
$t_b = t_1$ – teplota okolí je rovna teplotě sání	[°C]

Turbodmychadlo:

p_1 – podtlak na sání vůči okolí	[Pa]
t_1 – teplota na sání	[°C]
p_2 – přetlak vůči okolí	[Pa]
t_2 – teplota na výtlačku	[°C]

Dynamometr:

P – výkon	[kW]
n – otáčky	$\left[\frac{ot}{min}\right]$
M_k – krouticí moment	[Nm]

Clona pro měření průtoku:

p_{1cl} – tlak před clonou	[Pa]
Δp_{cl} – diference tlaku před a za clonou	[Pa]
t_{cl} – teplota na cloně	[°C]

Výpočtové vztahy:

Přepočítání torrů na pascaly

$$1 \text{ torr} = 133,322 \text{ Pa}$$

Tlakový poměr ε

$$\varepsilon = \frac{p_2}{p_1} \quad [-]$$

Expanzní součinitel

$$\gamma = 1 - (0,41 + 0,35) \cdot \frac{\Delta p_{cl}}{p_{1cl}} \cdot \frac{1}{\kappa} \quad [-]$$

Parciální tlak (Tlak nasycených par)

$$p'' = e^{23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t_{cl}}} \quad [Pa]$$

Měrná hmotnost vzduchu

$$\rho_{cl} = \frac{p_{1cl} - p'' \cdot \varphi}{r_v \cdot T_{cl}} + \frac{p'' \cdot \varphi}{r_p \cdot T_{cl}} \quad [kg/m^3]$$

Objemový průtok

$$Q_{cl} = \alpha \cdot \gamma \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \Delta p_{cl}}{\rho_{cl}}} \quad [m^3/s]$$

Měrná izoentropická práce oběhu potřebná ke stlačení

$$A_{ad} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot r \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] \quad [J/kg]$$

Statický izoentropický příkon oběhu pro stlačení

$$P_{ob} = A_{ad} \cdot M_{cl} \quad [W]$$

Účinnost turbodmychadla

$$\eta_{td} = \frac{P_{ob}}{P} \cdot 100 \quad [\%]$$

8. Návrh měření průtoku na měřící trati

Zadání:

Navrhněte další alternativy měření průtočného množství na trati s turbodmychadlem nacházejícím se v laboratořích Katedry energetických strojů a zařízení. Popište daný návrh a případné změny potřebné k realizaci tohoto projektu.

Parametry tratě		
Médium	Vzduch	
Poloha potrubí	Horizontální	
Materiál potrubí	Uhlíková ocel	
Min. vnitřní průměr potrubí	80	[mm]
Max. vnitřní průměr potrubí	250	[mm]
Teplota média	20	[°C]
Min. proudění	600	[m ³ /h]
Max. proudění	3500	[m ³ /h]

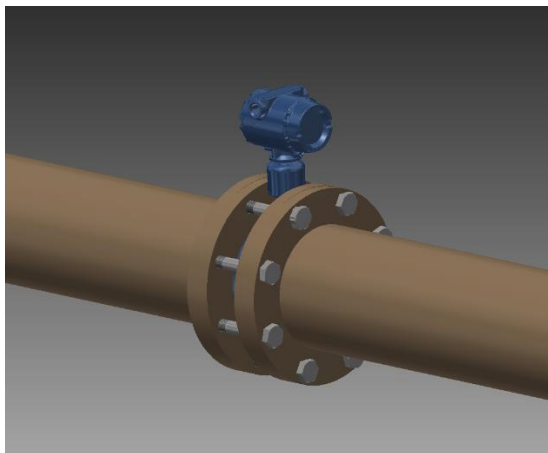
Tab. 9.1 Parametry tratě

Postup:

V první části řešení této úlohy bylo nutné nastudovat problematiku jednotlivých měření průtoku obecně, dále používané metody, snímače a jejich výhody a nevýhody. Stručné shrnutí jednotlivých poznatků je v předešlých kapitolách. Po získání teoretických poznatků následuje průzkum trhu, kdy pro zvolení hlavních průtokoměrů je nutná konzultace s jednotlivými dodavateli těchto přístrojů ohledně rozsahu, cenových relací atd. Při tomto průzkumu jsme schopni podle požadavků školy ohledně přesnosti a podle parametrů stávající tratě následně zvolit vhodné průtokoměry.

8.1. Annubar 3051 SFA

První a pravděpodobně nejdražší snímač z našeho výběru jsme volili pro potrubí DN 80 nebo DN 200. Výstupní signál je 4-20mA, takže ho lze zapojit do analogového vstupu uvnitř rozvodové skříně. Tento snímač je určen pro připojení mezi příruby 250 nebo

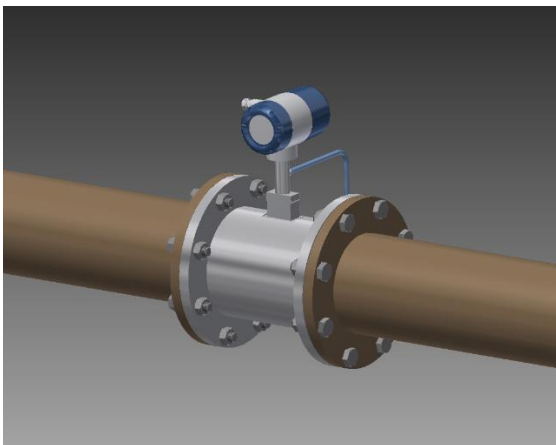


Obr. 9.1 Annubar od firmy Emerson

300mm, mezi které je potřeba vložit těsnění, aby nedocházelo k úniku vzduchu. Na výstupu z uklidňovací komory je potřeba vložit přechod mezi danými průměry. Konstrukce tělesa je dimenzována na vysoké tlaky a měření hmotnostního průtoku v reálném čase. Podrobné informace o tomto průtokoměru, včetně výsledných výpočtů, lze najít v příloze II.

8.2. Optiswirl 4070C 1R

Vírový průtokoměr od firmy Krohne. Robustní celosvařovaný snímač s dvou vodičovým napájením s vynikající tlakovou, korozní a teplotní odolností. Vložený mezi dvě příruby DN 250/PN10 z nerezové oceli, mezi které je potřeba vložit těsnění.

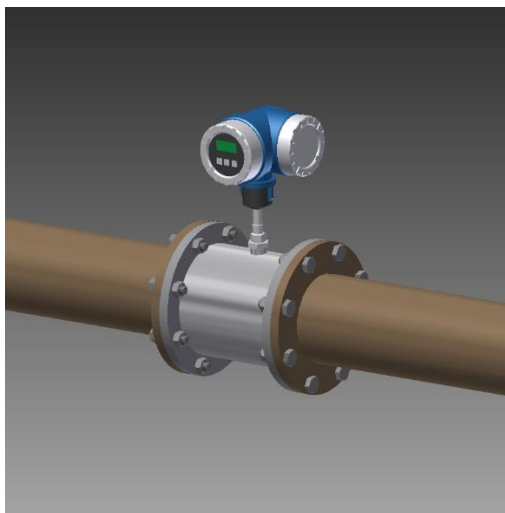


Obr. 9.2 Optiswirl od firmy Krohne

Proudový výstup 4-20mA, který se přesně hodí do rozvodové skříně. Je navržen na světlost potrubí DN 200, tedy není potřeba měnit nebo nějak upravovat aktuální potrubí, doporučená délka potrubí před a za přístrojem vyhovuje požadavkům výrobce. Všechny informace o tomto snímači včetně grafů jsou v příloze II.

8.3. Proline t-mass 65i

Termický hmotnostní průtokoměr od firmy Endress Hauser pro měření kruhového a obdélníkového průřezu má možnost navolit až z 20 plynů, rozsah proudu

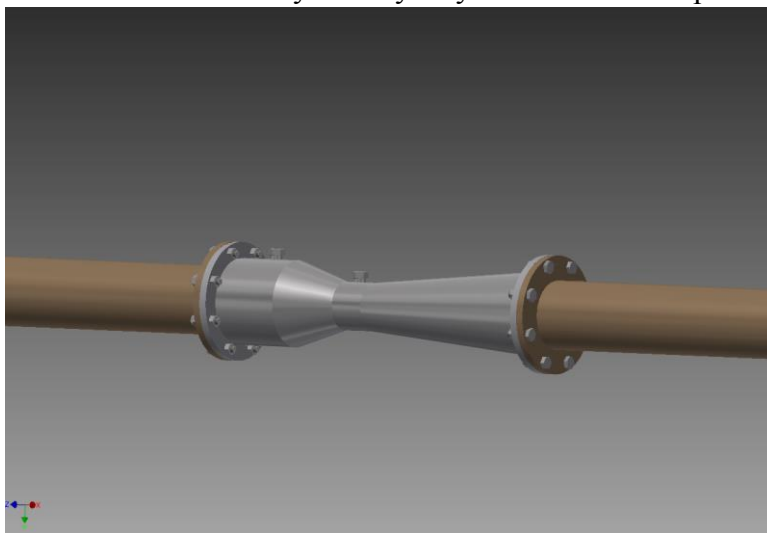


činí 4-20mA. Navrhovaná verze je v zásuvném provedení, které je výhodnější z hlediska mobility, je však potřeba do potrubí vytvořit otvor se závitem jako odběrné místo. Zásuvná délka je až 235mm. Vysoký rozsah měření, nízká tlaková ztráta a měření i malého průtočného množství. Na výběr zde máme ještě jednu levnější verzi, která se liší pouze s rozdílem v přesnosti. Obě verze jsou ke zhlédnutí v příloze II.

Obr. 9.3 Proline od firmy Endress Hauser

8.4. Venturiho trubice

V nabídce jsou dvě verze ve světlosti DN 80 a DN 250, obě verze jsou v mezipřírubovém provedení, úhel difuzoru 15° , úhel konfuzoru 21° . Zástavná délka činí 0,3m u verze DN 80 a 1,1m u verze DN 250. Celý průtokoměr je z uhlíkové oceli, je tedy velmi robustní a odolný vůči vysokým tlakům. Je zde potřeba vložit těsnění mezi příruby



a přivařit přechod k zvolenému průměru potrubí. Kvůli velké zástavbové délce budeme muset upravit škrčení na výstupu, nebo ho zvolit jinde. Celková kalkulace včetně parametrů je vložena v příloze II.

Obr. 9.4 Venturiho trubice od firmy Mattech

Souhrn zvolených průtokoměrů:

Výrobce	Název	Světlost	Přesnost	Cena
Emerson	Annubar 3051	DN 80	±0,8%	145 394 Kč
Emerson	Annubar 3051	DN 200	±0,8%	252 254 Kč
Krohne	Optiswirl 4070	DN 200	±0,75%	185 306 Kč
Endress Hauser	t-mass 65i	zásuvný	±1,5%	111 825 Kč
Endress Hauser	t-mass B150	zásuvný	±5%	38 095 Kč
Mattech	Venturiho trubice	DN 80	±1,5%	71 645 Kč
Mattech	Venturiho trubice	DN 250	±1,5%	128 085 Kč

Tab. 9.2 Navrhnuté průtokoměry

Technické prostředky:

Podrobnější popis principů měření jednotlivých měřidel můžeme shlédnout v předchozích kapitolách (2.1.2, 2.1.3, 2.2.1, 4.2.1). Nedílnou součástí návrhu je také zvolení úložiště dat, kam se data mohou ukládat za pomoci připojení přes kartu do PC. To má však za následek zásah do programu v řídicím panelu. Další možností je stahování dat do některé z měřících ústředěn v budově školy např. labview programem. Naměřená data mohou být dále zpracována v úložišti, nebo zaznamenána v reálném čase na řídicím panelu.

10. Návod y na měření

10.1. Laboratorní úloha - clona

Podrobný popis k vypracování laboratorní úlohy pro měření průtočného množství clonou je zpracován včetně výpočtů v kapitole 8.

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA				DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ		
	Δh_1 Podtlak [mm]	P_1 Teplota [Pa]	t_1 [°C]	Δh_2 Přetlak [mm]	P_2 Teplota [Pa]	t_2 [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	Δh_{1cl} [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]
-																	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	

Tab. 10.1 Tabulka pro naměřená data u clony

10.2. Laboratorní úloha - Venturiho trubice

Zadání:

Naměřte průtočné množství v závislosti na zvolených otáčkách turbodmychadla a nasávaném množství vzduchu. Zapište naměřené hodnoty do předem připravené tabulky, dále zjistěte závislost stlačení na množství dopravovaného vzduchu a závislost účinnosti na daném průtoku. Výsledné hodnoty porovnejte.

Výpočet:

$$\dot{V} = K \cdot \sqrt{h} = A_1 \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{A_1^2 - A_2^2}} \cdot \sqrt{(h_1 - h_2)}$$

kde

A_1 – průtočná plocha před difuzorem

A_2 – průtočná plocha za difuzorem

h – rozdíl výšky vodního sloupce před a za difuzorem

Tabulka pro naměřená data:

Číslo měření	SÁNÍ		VÝTLAK		Venturiho t.		DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ	
	P_1	t_1	P_2	t_2	h_1	h_2	P	Mk	n	n	relativní vlhkost	P_b Atm. Tlak
	Podtlak	Teplota	Přetlak	Teplota	Před	Za	Výkon		otáčky	otáčky	[%]	[torr]
	[Pa]	[°C]	[Pa]	[°C]	[mm]	[mm]	[kW]	[Nm]	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

Tab. 10.2 Tabulka pro naměřená data u Venturiho trubice

Schéma tratě:

Návrh tratě pro měření Venturiho trubicí včetně potřebných změn viz výkres příloha III.

10.3. Laboratorní úloha – Annubar 3051 SFA

Zadání:

Naměřte průtočné množství v závislosti na zvolených otáčkách turbodmychadla a nasávaném množství vzduchu. Zapište naměřené hodnoty do předem připravené tabulky, dále zjistěte závislost stlačení na množství dopravovaného vzduchu a závislost účinnosti na daném průtoku. Výsledné hodnoty porovnejte.

Výpočet:

$$\dot{V} = S \cdot v = S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

kde

Δp – tlaková diference

ρ – hustota média

g – gravitační zrychlení

Tabulka pro naměřená data:

Číslo měření	SÁNÍ		VÝTLAK		Annubar	DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ	
	P_1	t_1	P_2	t_2	Δh	P	Mk	n	n	relativní vlhkost	P_b Atm. Tlak
	Podtlak [Pa]	Teplota [°C]	Přetlak [Pa]	Teplota [°C]	[mm]	Výkon [kW]	[Nm]	otáčky [min ⁻¹]	otáčky [min ⁻¹]	[%]	[torr]
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Tab. 10.3 Tabulka pro naměřená data u Annubaru

Schéma tratě:

Návrh tratě pro měření Annubarem 3051 SFA včetně potřebných změn viz výkres příloha III.

10.4. Laboratorní úloha - Optiswirl 4070C 1R

Zadání:

Naměřte průtočné množství v závislosti na zvolených otáčkách turbodmychadla a nasávaném množství vzduchu. Zapište naměřené hodnoty do předem připravené tabulky, dále zjistěte závislost stlačení na množství dopravovaného vzduchu a závislost účinnosti na daném průtoku. Výsledné hodnoty porovnejte.

Výpočet:

$$\dot{V} = \frac{\pi \cdot b \cdot f \cdot D^2}{4 \cdot S_r} = \frac{\pi \cdot b \cdot D^2 \cdot v}{4 \cdot L}$$

kde

f – základní frekvence vloženého tělesa

D – průměr potrubí

b – šířka čelní plochy vloženého tělesa

S_r – Strouhalovo číslo

L – charakteristický rozměr

v – rychlost proudění

Tabulka pro naměřená data:

Číslo měření	SÁNÍ		VÝTLAK		Optiswirl	DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ	
	P_1	t_1	P_2	t_2	v	P	Mk	n	n	relativní vlhkost	P_b Atm. Tlak
	Podtlak [Pa]	Teplota [°C]	Přetlak [Pa]	Teplota [°C]	rychlost [m.s ⁻¹]	Výkon [kW]	[Nm]	otáčky [min ⁻¹]	otáčky [min ⁻¹]	[%]	[torr]
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Tab. 10.4 Tabulka pro naměřená data u Optiswirl

Schéma tratě:

Návrh tratě pro měření Optiswirl 4070C 1R včetně potřebných změn viz výkres příloha III.

10.5. Laboratorní úloha - Proline t-mass 65i

Zadání:

Naměřte průtočné množství v závislosti na zvolených otáčkách turbodmychadla a nasávaném množství vzduchu. Zapište naměřené hodnoty do předem připravené tabulky, dále zjistěte závislost stlačení na množství dopravovaného vzduchu a závislost účinnosti na daném průtoku. Výsledné hodnoty porovnejte.

Výpočet:

- Zjednodušený vztah, používaný v praxi

$$U^2 = A + B \cdot v^n$$

$$\dot{V} = S \cdot \sqrt[n]{\frac{U^2 - A}{B}}$$

kde

U – napětí v čidle

A,B – experimentálně zjištěné konstanty

A – přestup tepla okolí při nulovém průtoku

B – závisí na geometrii čidla, hustotě, viskozitě, tepelné vodivosti, tepelné kapacitě

n – konstanta, dle materiálu senzoru

v – rychlost proudění

Tabulka pro naměřená data:

Číslo měření	SÁNÍ		VÝTLAK		t-mass 65i	DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ	
	P_1	t_1	P_2	t_2	v	P	Mk	n	n	relativní vlhkost	P_b Atm. Tlak
	Podtlak [Pa]	Teplota [°C]	Přetlak [Pa]	Teplota [°C]	rychlost [m. s ⁻¹]	Výkon [kW]	[Nm]	otáčky [min ⁻¹]	otáčky [min ⁻¹]	[%]	[torr]
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Tab. 10.5 Tabulka pro naměřená data u Proline t-mass 65i

Schéma tratě:

Schéma tratě pro měření Proline t-mass 65i viz výkres příloha III.

11. Závěr

V úvodu práce jsou popsány důležité pojmy vztahující se k měření průtoku. Další část je věnována popisu běžně používaných metod a průzkumu trhu pro měření průtoku plynu. Následující část práce je zaměřena na měření průtoku na turbodmychadle pomocí clony. Z naměřených a vypočítaných dat (a kvůli nově navrhnutému odporu na výtlaku) jsme byli schopni se dostat mnohem výše v jednotlivých charakteristikách a nebylo nutné provádět přepočty na zaručené stavy. Touto změnou se nám také rozšířily možnosti pro další laboratorní úlohy a případné úpravy tratě do budoucna. Při měření jsme docílili pouze omezené části charakteristiky, což bylo dáno dostupnými měřidly (U-trubicové manometry nejsou v tomto rozsahu dostačující). V grafech (Graf: 7.1,7.2,7.3) lze vidět, že nejkompexnější charakteristiky dosáhneme při měření v nejnižších otáčkách turbodmychadla. Proto bych doporučil koupit měřidla jak tlaková, tak teplotní s větší přesností a rozsahem, která by zpřesnila jednotlivá měření i charakteristiky. Při realizaci jednoho z návrhů tratě bych také doporučil vytvořit databázi, v níž by se jednotlivá data shromažďovala a dále využívala.

Tato bakalářská práce mi umožnila širší pohled z teoretického hlediska na problematiku v oblasti měření průtoků a tyto poznatky využít v praxi. Díky opakovanému měření jsem byl schopen popsat postup při měření laboratorních úloh. Následným návrhem (odpor na výtlaku) jsou studenti schopni při měření dosáhnout vyššího rozsahu charakteristiky turbodmychadla bez nutnosti přepočítání na zaručené stavy. Navrhli jsme také čtyři možnosti měření pomocí nových přístrojů a potřebné úpravy ke vzniku tratě.

Použité zdroje

- [1] BEJČEK, L., A. PLATIL a S. ĎAĎO. *Měření průtoku a výšky hladiny*. Praha 10: BEN, 2005. ISBN 80-7300-156-X.
- [2] GRIGA, Vladimír. *Měření na turbokompresoru*. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Petr Novotný.
- [3] MEZSERVIS: Dynamometry. [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <<http://www.mezservis.cz/cz/produkty/zkusebni-stanoviste/.html>>.
- [4] ORLÍKOVÁ, Soňa. *Měření průtoku tekutin: principy průtokoměrů*. Elektrevue [online]. 2001, (49) [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <http://www.elektrevue.cz/clanky/01049/index.html#_Měření_rozdílu_tlaku>.
- [5] *Proudění kapaliny*. Intranet Masarykova gymnázia, Příbor [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <http://www.gypri.cz/zde/fyzika/vyuka/stred_f/mechan/bernou.html>.
- [6] SLOVÁČEK, Antonín. *Měření průtoku plynů* [online]. Brno, 2012 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=52124>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Petr Beneš>.
- [7] *Snímače průtoku* [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <<http://eluc.cz/verejne/lekce/962>>.
- [8] *Strouhalovo číslo* [online]. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu: <http://www.veda.sk/?pojmem=Strouhalovo_%C4%8D%C3%ADslo&veda=9159&science=3>
- [9] ŠARATA, Roman. *Obecné principy měření průtoků* [online]. Zlín, 2008 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z Internetu:

<http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/5905/%C5%A1arata_2008_bp.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Lubomír Macků.

[10] ZEZULKA, Martin. *Dynamometrický pohon turbodmyhadla*. Vsetín: Mezservis, 2008.

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Proudnice u turbulentního proudění.....	13
Obr. 1.2 Proudnice laminárního proudění.....	13
Obr. 2.1 Tlakové poměry na cloně.....	15
Obr. 2.2 Venturiho trubice	15
Obr. 2.3 Pitotova trubice	16
Obr. 2.4 Hlavní části vírového průtokoměru.....	17
Obr. 2.5 Části turbínkového průtokoměru.....	18
Obr. 2.6 Měření doby průchodu vlny.....	20
Obr. 4.1 Princip Coriolisova průtokoměru.....	21
Obr. 4.2 Termoanemometr od firmy Endress Hauser.....	22
Obr. 4.3 Kalorimetrický průtokoměr.....	22
Obr. 5.0 3D model měřicí tratě.....	23
Obr. 5.1 Ovládací panel OP277.....	23
Obr. 5.2 Rozvaděč.....	24
Obr. 5.3 Dynamometr 100SDS180ST.....	24
Obr. 5.4 Radiální jednokolový turbodmychadlo.....	26
Obr. 5.5 Výměník tepla.....	26
Obr. 5.6 Uklidňovací komora 1798.....	27
Obr. 5.7 Škrčení výstupu.....	27
Obr. 5.8 U-trubicový a digitální tlakoměr.....	28
Obr. 5.9 Rtuťový teploměr.....	28
Obr. 6.1 Schéma měřicí tratě.....	30
Obr. 9.1 Annubar od firmy Emerson.....	37
Obr. 9.2 Optiswirl od firmy Krohne.....	37
Obr. 9.3 Proline od firmy Endress Hauser.....	38
Obr. 9.4 Venturiho trubice od firmy Mattech.....	38

Seznam tabulek

Tab. 5.1 Parametry dynamometru.....	25
Tab. 8.1 Zadané parametry.....	34
Tab. 9.1 Parametry tratě.....	36
Tab. 9.2 Navrhnuté průtokoměry.....	39
Tab. 10.1 Tabulka pro naměřená data u clony.....	40
Tab. 10.2 Tabulka pro naměřená data u Venturiho trubice.....	41
Tab. 10.3 Tabulka pro naměřená data u Annubaru.....	42
Tab. 10.4 Tabulka pro naměřená data u Optiswirl.....	43
Tab. 10.5 Tabulka pro naměřená data u Proline t-mass 65i.....	44

Seznam grafů

Graf 7.1 Naměřená tlaková charakteristika.....	31
Graf 7.2 Naměřená příkonová charakteristika.....	32
Graf 7.3 Účinnostní charakteristika.....	33

Seznam příloh

- I. Tabulky naměřených hodnot
- II. Navrhnuté průtokoměry
- III. Schéma navrhnutých tratí včetně průtokoměr

Příloha I. - Tabulky naměřených hodnot

Počet stran: 6

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 6000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA					DYNAMOMETR			ROTOR	PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	$\Delta h_{1,cl}$ [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]
-	682	6659,64	26	240	2343,57	33	11	107,414	213	100005	16,2	4,5	36,2	1200	6000	30	737
1	440	4296,54	26,2	500	4882,44	32,7	24	234,357	463	102446	17,2	5,4	43	1200	6000	30	737
2	126	1230,37	26,3	710	6933,06	32,4	34	332,006	667	104438	17,9	5,7	45,6	1200	6000	30	737
3	56	546,833	26,4	750	7323,66	32,2	35	341,771	707	104829	18,1	5,8	45,6	1200	6000	30	737
4	24	234,357	26,8	770	7518,95	31,9	35	341,771	727	105024	18,3	5,8	45,8	1200	6000	30	737
5	14	136,708	26,8	780	7616,6	31,4	35	341,771	737	105122	18,3	5,8	45,9	1200	6000	30	737
6	6	58,5892	27,3	790	7714,25	29,2	35	341,771	743	105181	18,7	5,8	46,1	1200	6000	30	737

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 7000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA					DYNAMOMETR			ROTOR		PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	$\Delta h_{1,cl}$ [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]	
-																		
1	874	8534,5	26,2	380	3710,65	36,5	19	185,533	344	101284	17,4	6,9	47,1	1400	7000	30	737	
2	554	5409,74	26,2	690	6737,76	36	33	322,241	652	104292	18,6	8	54,7	1400	7000	30	737	
3	184	1796,74	26,2	950	9276,63	35,6	45	439,419	894	106655	19,2	8,5	58,4	1400	7000	30	737	
4	84	820,249	26,4	1020	9960,17	35,2	47	458,949	965	107348	19,2	8,6	58,6	1400	7000	30	737	
5	37	361,3	26,5	1050	10253,1	34,9	47	458,949	995	107641	19,1	8,6	58,8	1400	7000	30	737	
6	17	166,003	26,5	1060	10350,8	34,6	47	458,949	1009	107778	19,1	8,6	58,8	1400	7000	30	737	
7	13	126,943	26,6	1070	10448,4	33,8	47	458,949	1013	107817	18,9	8,7	59	1400	7000	30	737	

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 8000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA				DYNAMOMETR			ROTOR		PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cd} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	Δh_{1cd} [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]
-																	
1	975	9520,75	26,8	690	6737,76	40,6	35	341,771	645	104224	20,2	10,8	64,2	1600	8000	30	737
2	614	5995,63	26,8	940	9178,98	40	49	478,479	890	106616	21	11,6	69,5	1600	8000	30	737
3	233	2275,22	26,8	1220	11913,1	39,6	62	605,422	1154	109194	21,5	12,3	73,4	1600	8000	30	737
4	115	1122,96	26,8	1300	12694,3	39,1	65	634,717	1233	109965	21,5	12,4	74	1600	8000	30	737
5	52	507,773	26,9	1340	13084,9	38,8	65	634,717	1275	110376	21,4	12,4	74,2	1600	8000	30	737
6	22	214,827	27	1360	13280,2	38	65	634,717	1291	110532	21,3	12,5	74,4	1600	8000	30	737
7	16	156,238	26,7	1370	13377,9	37,1	65	634,717	1297	110590	20,9	12,5	74,8	1600	8000	30	737

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 9000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK				CLONA				DYNAMOMETR			ROTOR		PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	$\Delta h_{t,cl}$ [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]	
1	980	9569,58	27,4	1050	10253,1	45,3	54	527,303	989	107583	23,2	15,3	81,6	1800	9000	30	737	
2	710	6933,06	27,5	1240	12108,4	44,8	63	615,187	1177	109419	23,7	16	85	1800	9000	30	737	
3	334	3261,47	27,6	1520	14842,6	44,2	76	742,13	1443	112016	24,3	16,8	89,3	1800	9000	30	737	
4	132	1288,96	27,6	1670	16307,3	43,8	81	790,955	1586	113412	24,4	17,1	90,5	1800	9000	30	737	
5	67	654,247	27,7	1710	16697,9	43,3	82	800,72	1630	113842	24,2	17,2	91,1	1800	9000	30	737	
6	33	322,241	27,7	1740	16990,9	42,8	83	810,485	1662	114155	24	17,3	91,3	1800	9000	30	737	
7	18	175,768	27,2	1750	17088,5	41,6	83	810,485	1670	114233	23,6	17,3	91,5	1800	9000	30	737	

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 10000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA					DYNAMOMETR			ROTOR		PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	$\Delta h_{1,cl}$ [mm]	Abs. tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]	
1	963	9403,57	28,9	1390	13573,2	50,7	77	751,895	1323	110844	27,7	21,1	100,8	2000	10000	30	737	
2	642	6269,05	28,9	1630	15916,7	50,1	90	878,839	1552	113080	28,2	22	105	2000	10000	30	737	
3	392	3827,83	28,8	1820	17772,1	49,8	98	956,958	1734	114858	28,5	22,6	108,1	2000	10000	30	737	
4	202	1972,5	28,7	1960	19139,2	49	106	1035,08	1870	116186	28,5	23	109,7	2000	10000	30	737	
5	96	937,428	28,5	2040	19920,3	48,2	109	1064,37	1946	116928	28,3	23,2	110,6	2000	10000	30	737	
6	36	351,535	28,1	2090	20408,6	47,2	111	1083,9	1990	117357	28,2	23,3	111	2000	10000	30	737	
7	18	175,768	27,5	2110	20603,9	46,1	111	1083,9	2009	117543	27,5	23,3	111,3	2000	10000	30	737	

Tab. 1: Tabulka naměřených hodnot pro 11000 ot/min

Číslo měření	SÁNÍ			VÝTLAK			CLONA				DYNAMOMETR			ROTOR		PROSTŘEDÍ	
	Δh_1 [mm]	P_1 Podtlak [Pa]	t_1 Teplota [°C]	Δh_2 [mm]	P_2 Přetlak [Pa]	t_2 Teplota [°C]	Δh_{cl} [mm]	Rozdíl tlaků [Pa]	Δh_{1cl} [mm]	Abs. Tlak [Pa]	t_{cl} Teplota [°C]	P Výkon [kW]	Mk [Nm]	n otáčky [min ⁻¹]	n otáčky [min ⁻¹]	relativní vlhkost [%]	P_b Atm. Tlak [torr]
-																	
1	863	8427,09	27,6	1790	17479,1	53,9	100	976,487	1720	114721	31	27,1	117,6	2200	11000	32	737
2	598	5839,39	27,7	2000	19529,7	53,2	112	1093,67	1925	116723	31,4	27,9	121,5	2200	11000	32	737
3	433	4228,19	27,6	2130	20799,2	52,2	118	1152,26	2052	117963	31,2	28,4	123,7	2200	11000	32	737
4	222	2167,8	27,4	2300	22459,2	51	125	1220,61	2217	119574	31,2	29	125,9	2200	11000	32	737
5	107	1044,84	27,4	2390	23338	50	130	1269,43	2315	120531	30,8	29,3	127,2	2200	11000	32	737
6	38	371,065	27,2	2450	23923,9	48,2	132	1288,96	2362	120990	30,3	29,4	127,9	2200	11000	32	737
7	25	244,122	27	2460	24021,6	45,2	133	1298,73	2380	121166	29,5	29,6	128,5	2200	11000	32	737

Příloha II. - Navrhnuté průtokoměry

Počet stran: 13

3. TECHNICKÁ ČÁST

Pol. ks Popis

1 1 Vírový průtokoměr OPTISWIRL 4070C 1R

- vírový průtokoměr s dvou vodičovým napájením a vestavěnou teplotní a tlakovou kompenzací (na přání)
- robustní celosvařovaný snímač s vynikající korozní, teplotní a tlakovou odolností s přírubami (DN15 – DN300) nebo pro montáž mezi příruby (DN15 – DN100)
- kompaktní provedení s displejem a možností programování tlačítky
- přesnost měření $\pm 0,75\%$ z měřené hodnoty pro kapaliny ($Re \geq 20\ 000$) resp. $\pm 1\%$ z měřené hodnoty pro plyny a páru ($Re \geq 20\ 000$)
- max. tlak měřeného média až 100 bar (vyšší na požádání)
- schválen v ČR jako pracovní měřidlo stanovené pro plyny a páru, značka schválení typu TCM 142/08 - 4613

Jmenovitá světlost / tlak	: DN200 / PN 10
Připojení	: příruby DN250 / PN10 podle ČSN EN 1092-1
Provedení přírub	: standardní - hrubá těsnicí lišta (B1)
Stavební délka	: 380 mm
Teplota měř. média	: -40°C až $+240^{\circ}\text{C}$
Teplota okolí	: -40°C až $+85^{\circ}\text{C}$
Materiál snímače	: korozivzdorná ocel 316 L
Materiál tělesa	: korozivzdorná ocel 316 L
Materiál těsnění	: FPM
Proudový výstup	: 4 – 20 mA, HART®
Pulzní výstup	: programovatelný, $f_{\max} = 0,5$ Hz
Místní ukazování	: 2řádkový podsvětlený displej
Napájení	: 14 až 36 V ss, dvou vodičové
Kryt převodníku	: hliníkový odlitek opatřený nátěrem
Krytí	: IP 66/67

Doporučené rovné úseky potrubí: minimálně 20x DN před a 5x DN za přístrojem

Další technické údaje viz prospekt OPTISWIRL 4070C.

Provozní údaje pro dimenzování přístroje:

(uveďte spolu s typem přístroje v objednávce)

Médium	: vzduch
Měrná hmotnost	: 2,869 kg/m ³ (při 1,4 bar-g a 20 °C)
Tlak	: 1 ...1,8 bar rel.
Teplota	: 20 °C
Viskozita	: 0,0181 mPa.s
Měřicí rozsah	: 500...3500 m ³ /h
Proudový výstup	: 4 - 20 mA
Pulzní výstup	: ne
Místní ukazování	: ano
Kompenzace tlaku	: ano, 4 bar
Verze software	: s kompenzací
Speciální provedení	: ano, se sníženou jmenovitou světlostí
Stanovené měřidlo	: ne
Kalibrační protokol	: ano, ve 3 bodech
Certifikáty	: ne - potvrďte
Označení	: ne
Závity pro vývodky	: 2 ks M20 x 1,5
Vývodky součástí dodávky	: ano, 1 vývodka a 1 záslepka

Obj.č.: VG174 F 2 1 E 1 1 2 1 0 0 0 3 0 1 3 3 00 0 0 0 0 0 0 3

Nabídková cena za 1 kus : 6763,- €

Alternativně nabízíme:

1A 1 Vírový průtokoměr OPTISWIRL 4070C

- specifikace shodná s položkou 1 kromě následujícího:

Jmenovitá světlost / tlak	: DN200 / PN 10
Připojení	: příruby DN200 / PN10 podle ČSN EN 1092-1
Stavební délka	: 300 mm
Speciální provedení	: ne

Obj.č.: VG174 E 2 1 E 1 1 2 1 0 0 0 3 0 1 3 3 00 0 0 0 0 0 0 3

Nabídková cena za 1 kus : 5.616,- €

Poznámky:

1. V ceně přístroje je již zahrnuta sleva 30%.
2. Je naším zájmem, aby Vám nabízený přístroj pracoval k Vaší spokojenosti. Protože pro jeho správnou funkci je nutné dodržet některé instalační podmínky, nabízíme Vám dále bezplatnou technickou pomoc při přípravě instalace, tj. konzultaci instalačních podmínek při zpracování projektu, posouzení zpracovaného projektu montáže a připojení, ev. posouzení zamýšlené instalace na místě.
3. V uvedené ceně přístrojů je zahrnuto uvedení přístrojů do provozu v místě jejich instalace, které provádíme na vyžádání zákazníka.

V případě potřeby jakýchkoliv dalších informací se laskavě obraťte znovu na naši kancelář.

KROVOR Sizing

KROVOR 1.0.0.520 Database 1.3.0.2

Customer :

PA no. :

VK no. :

Pos. :

Tag No :

Reference :

Physical data

Fluid : Air (gas)
Temperature : 20.0 ° C
Pressure : 1.8 bar gauge
Density : 3.34529 kg/m³ (Norm 1.29265 kg/m³)
Viscosity : 0.0181 mPa.s

Q-Max value : 3500.0 m³/h operational

Norm conditions

System : Norm (DIN)
Temperature : 0.0 ° C
Pressure : 0.0 bar gauge (101.325 kPa abs.)
Density : 1.29265 kg/m³

Meter selection

Meter : **OPTISWIRL 4070 - DN 250 1R**

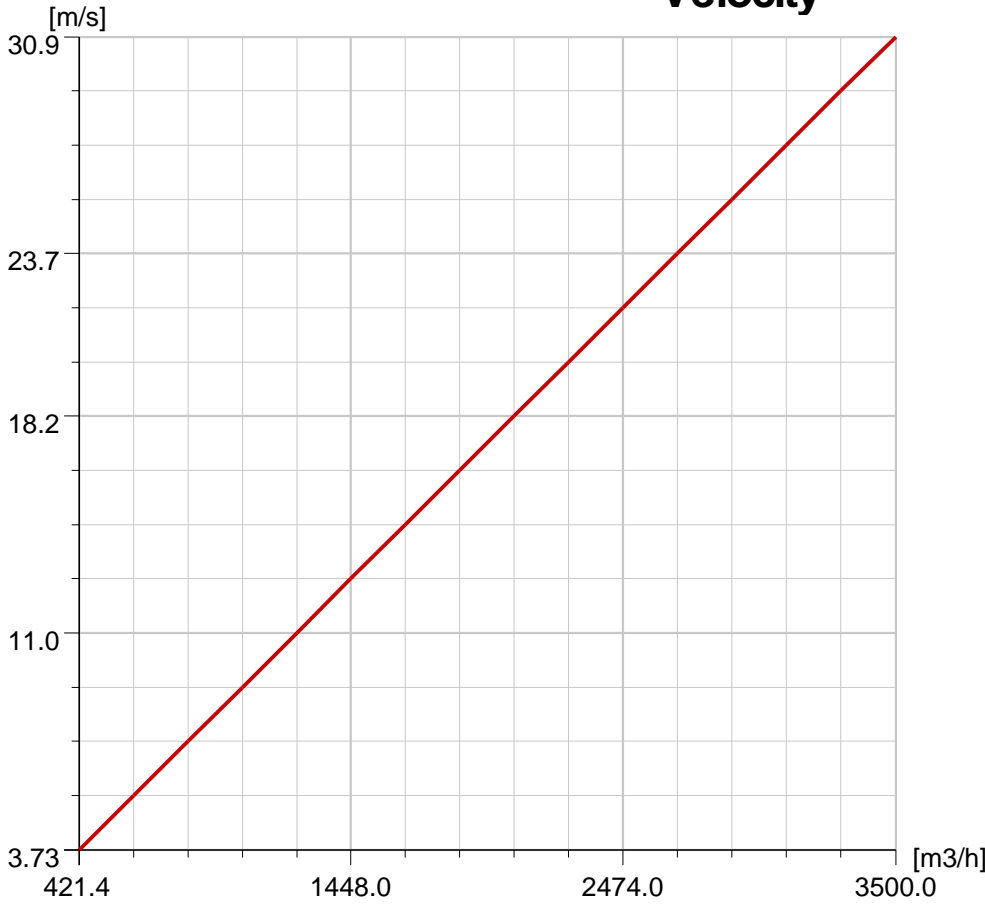
Suitable

part. V-Number :

Sizing details

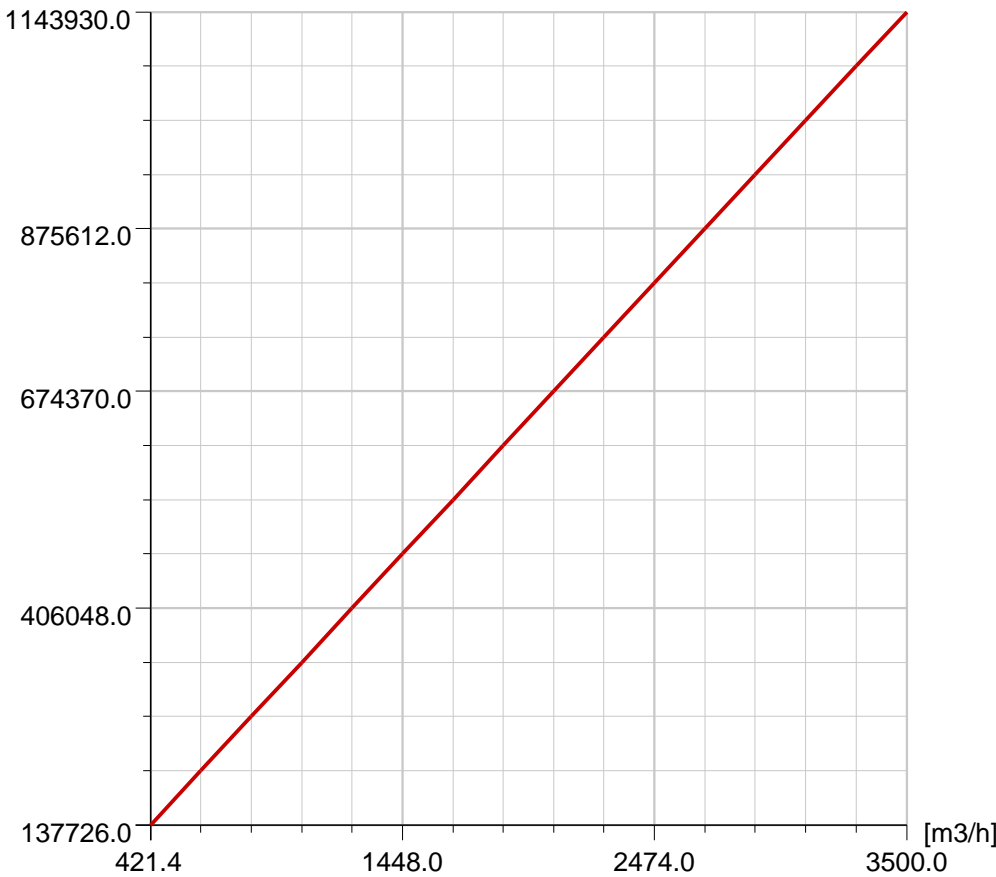
Flow range: 421.39 - 9047.78 m³/h
Velocity range: 3.726 - 80.0 m/s
Pressure loss range: 0.000470133 - 0.216741 bar
Reynolds number at min. flow: 137726.0
OPTISWIRL 4070 DN 250 1R
VNumber:
Application turndown: 1:8.31
Vortex frequency at 3500.0 m³/h: 133.2 Hz
Velocity (tube) at 3500.0 m³/h: 19.81 m/s
Current at min. flow: 5.93 mA

Velocity



Flow [m ³ /h]	Velocity [m/s]
421.387	3.72588
626.628	5.54061
831.869	7.35534
1037.11	9.17007
1242.35	10.9848
1447.59	12.7995
1652.83	14.6142
1858.07	16.429
2063.31	18.2437
2268.55	20.0584
2473.8	21.8732
2679.04	23.6879
2884.28	25.5026
3089.52	27.3173
3294.76	29.1321
3500.0	30.9468

Reynolds number



Flow [m ³ /h]	Reynolds no.
421.387	137726.0
626.628	204806.0
831.869	271887.0
1037.11	338967.0
1242.35	406048.0
1447.59	473128.0
1652.83	540209.0
1858.07	607289.0
2063.31	674370.0
2268.55	741450.0
2473.8	808531.0
2679.04	875612.0
2884.28	942692.0
3089.52	1009770.0
3294.76	1076850.0
3500.0	1143930.0

Dodavatel:



MATTECH, s.r.o.
K Myslivně 2183/7
708 00 Ostrava - Poruba

IČ: 47973064
 DIČ: CZ47973064
 Telefon: 596 917 277
 Fax: 596 916 794
 E-mail: info@mattech.cz
 www.mattech.cz



Nabídka č.: 14NA1071
 Datum zápisu: 03.11.2014
 Platnost do: 06.12.2014

Firma MATTECH, s.r.o. je zapsána v obchodním rejstříku vedeném u Krajského soudu v Ostravě, oddíl C, vložka 5536.

Odběratel: IČ: 25441647
 DIČ: CZ25441647

RAIV s. r. o.
p. Radomír Honč ml.
Londýnská 51/2
460 11 Liberec 11

Tel.: +420 728 772 404
 Fax:

Cenová nabídka Venturiho trubice DN80 PN6 a DN250 PN6 pro měření průtoku vzduchu

Vážený pane Honč,

V návaznosti na Vaši poptávku Vám předkládáme cenovou nabídku na výrobu a dodávku Venturiho trubice DN80 PN6 a DN250 PN6 pro měření průtoku vzduchu. Formou volitelného příslušenství jsou k Venturiho trubici nabídnuty uzavírací ventily včetně jejich navaření na vývody Venturiho trubice. Venturiho trubice budou vypočteny dle platných ustanovení normy ČSN EN ISO 5167:2003 a budou určeny pro provozní měření bez metrologického ověření. K Venturiho trubici bude vystaveno Prohlášení o subdodavatelských pracích dle výrobní normy ČSN EN 13 480.

Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	J. cena po slevě	Kč Celkem
Venturiho trubice DN80 PN6 - mezipřírubové provedení, úhel difuzoru 15°, úhel konfuzoru 21° - médium spalovací vzduch - součástí Venturiho trubice je vstupní válec o délce 1D - ukončení Venturiho trubice na obou stranách přírubami DN80 PN6 - zástavná délka Venturiho trubice 0,3 m - materiál Venturiho trubice uhlíková ocel P265GH/P235GH nebo ekvivalentní - materiál přírub uhlíková ocel - součástí dodávky není spojovací materiál a těsnění	1 ks	86 320,00	17%	71 645,60	71 645,60
Prstencové oběry tlakové diference - materiál prstenců uhlíková ocel	1 pár	11 750,00		11 750,00	11 750,00
Vývody tlakové diference ukončené přípravou na svar na prům.14mm - materiál vývodů uhlíková ocel	1 pár	900,00		900,00	900,00
Materiálové atesty 3.1 dle ČSN EN 10204	1 sada	540,00		540,00	540,00
Dokumentace dle ČSN EN 13480 - obsahuje všechny zkoušky a doklady jakosti pro danou potrubní kategorii	1 sada	2 840,00		2 840,00	2 840,00
Vystavení Prohlášení o subdodavatelských pracích	1 x	980,00		980,00	980,00
VOLITELNÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ					
Uzavírací ventil typ VM06 - materiál ventilu nerez ocel 1.4541, použití do 200°C - ukončení na vstupu přípravou na svar na průměru 14mm - ukončení na výstupu vnitřním závitem 1/2" NPT	2 ks	2 870,00	8%	2 640,40	5 280,80
Navaření ventilů na vývody Venturiho trubice	2 x	870,00		870,00	1 740,00
NDT zkoušky a protokoly svarů navařených ventilů - včetně vystavení protokolů NDT	2 x	1 960,00		1 960,00	3 920,00
Venturiho trubice DN250 PN6 - mezipřírubové provedení, úhel difuzoru 15°, úhel konfuzoru 21° - médium spalovací vzduch - součástí Venturiho trubice je vstupní válec o délce 1D - ukončení Venturiho trubice na obou stranách přírubami DN250 PN6 - zástavná délka Venturiho trubice 1,1 m - materiál Venturiho trubice uhlíková ocel P265GH/P235GH nebo ekvivalentní	1 ks	154 320,00	17%	128 085,60	128 085,60

Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	J. cena po slevě	Kč Celkem
- materiál přírub uhlíková ocel - součástí dodávky není spojovací materiál a těsnění Prstencové oběry tlakové diference	1 pár	19 760,00		19 760,00	19 760,00
- materiál prstenců uhlíková ocel Vývody tlakové diference ukončené přípravou na svar na prům.14mm	1 pár	900,00		900,00	900,00
- materiál vývodů uhlíková ocel					
Materiálové atesty 3.1 dle ČSN EN 10204	1 sada	540,00		540,00	540,00
Dokumentace dle ČSN EN 13480	1 sada	2 840,00		2 840,00	2 840,00
- obsahuje všechny zkoušky a doklady jakosti pro danou potrubní kategorii Vystavení Prohlášení o subdodavatelských pracích	1 x	980,00		980,00	980,00
VOLITELNÉ PŘÍSLUŠENSTVÍ Uzavírací ventil typ VM06	2 ks	2 870,00	8%	2 640,40	5 280,80
- materiál ventilu nerez ocel 1.4541, použití do 200°C - ukončení na vstupu přípravou na svar na průměru 14mm -ukončení na výstupu vnitřním závitem 1/2" NPT Navaření ventilů na vývody Venturiho trubice	2 x	870,00		870,00	1 740,00
NDT zkoušky a protokoly svarů navařených ventilů - včetně vystavení protokolů NDT	2 x	1 960,00		1 960,00	3 920,00
Konzervace, balné a příprava pro přepravu (paletizováno - nevratné obaly)	1 x	890,00		890,00	890,00
Doprava DAP Liberec	1 x	2 630,00		2 630,00	2 630,00

Ceny jsou uvedeny bez DPH

CENA CELKEM PO SLEVĚ

267 163,00

Kalkulace ceny:

Poskytnutá sleva je vázána na platnost této nabídky a vztahuje se pouze na odběr celého rozsahu nabídky.

Technické podmínky:

Použité materiály pro výrobu - ČSN, EN, DIN nebo ekvivalentní.

Technická přejímka použitých materiálů na produkty uvedené v této nabídce je dle normy ČSN EN 10204 3.1.

Použitá norma pro návrh připojovacích rozměrů přírub a potrubí je dle ČSN EN 1092-1.

Součástí nabídky nejsou tlakové zkoušky Venturiho trubice u výrobce.

K výrobkům bude vystaveno Prohlášení o subdodavatelských pracích dle výrobní normy ČSN EN 13 480.

V poptávce nebyly specifikovány další požadavky.

Obsah průvodně technické dokumentace, které budou předány spolu s výrobkem:

1. Popis výrobků/katalogové listy - Venturiho trubice
2. Montážní návody
3. Hlavní zásady pro montáž, provoz a údržbu
4. Karty škrticích orgánů
5. Výpočty škrticích orgánů
6. Rozměrová schémata
7. Prohlášení o subdodavatelských pracích

Obsah dokumentace kvality, které budou předány spolu s výrobkem:

1. Atesty základních materiálů
2. Atesty použitých armatur (jsou-li součástí dodávky)
3. Protokoly NDT
4. Seznam svářečů
5. Použité WPS (specifikace svařovacích postupů)
6. Použité WPQR (aplikované certifikáty kvalifikací postupů svařování)
7. Seznam certifikátů a osvědčení

Dodací podmínky:

Termín expedice Venturiho trubice bude 10 - 12 týdnů po doručení objednávky.

Při objednání po době platnosti této nabídky nás kontaktujte ohledně dohodnutí aktuálního termínu dodání výrobků nebo služeb.

Záruky:

Na produkty uvedené v této nabídce se vztahuje záruční lhůta 24 měsíců od dodání.

Pol.	Množství	Objednací kód	Jednotková cena	Celková cena
		Popis	CZK	CZK
0010	1	KS 65I-20AB1AD1AAAABA 50109555 t-mass 65I Termický hmotnostní průtokoměr pro měření průtoku plynů. Zásuvné provedení pro kruhové a obdélníkové potrubí.	111.825,00	111.825,00
		Další specifikace		
		Jazyk	Anglicky	
		Procesní tlak	1,01320 bar a	
		Typ potrubí	Kruhové	
		Vnitřní průměr potrubí	177,750 mm	
		Kanál 1		
		Typ plynu 1	Vzduch	
		Mol-% plyn 1	100,000 %	
		Přiřazení řádku 1	Hmotnostní průtok	
		Přiřazení řádku 2	Totalizér 1	
		Přiřazení počítadla 1	Hmotnostní průtok	
		Jednotky počítadla 1	kg	
		Přiřazení počítadla 2	Hmotnostní průtok	
		Jednotky počítadla 2	kg	
		Přiřazení proudového výstupu	Hmotnostní průtok	
		Rozsah proudu	4-20 mA HART NAMUR	
		Hodnota 20 mA	7.500,000 kg/h	
		Časová konstanta	1,000 s	
		Bezpečnostní režim proud. výstupu	Minimální proud	
		Přiřazení impulzního výstupu	Hmotnostní průtok	
		Hodnota impulzu	100,000 kg	
		Šířka impulzu	20,000 ms	
		Výstupní signál	Pasivní, kladný	
		Poruchový režim impulzního výstupu	Návratová hodnota	
	20	Zásuvná délka: 235 mm / 9"		
	A	Materiál zásuvné trubky; senzoru: Nerezová ocel; nerezová ocel		
	B	Procesní připojení: G1 A, závit ISO228, svírací šroubení, nerezová ocel		
	1	Těsnění: PEEK, Nitrile, -35...+130°C/-31...+266°F		
	A	Povrch: Základní provedení		
	D	Kalibrace: Tovární kalibrace		
	1	Další test, certifikát: Bez		
	A	Schválení: Prostředí bez nebezpečí výbuchu		

Pol.	Množství	Objednací kód Popis	Jednotková cena CZK	Celková cena CZK
		A Hlavice: Kompakt, hliník, IP67 NEMA4X		
		A Vstup kabelu: Průchodka M20 (EEx d > závit M20)		
		A Displej; ovládání: 85-260VAC, 2 řádkový displej, tlačítka		
		B Nastavení; vlastnosti software: Obecný plyn; 1 skupina plynů		
		A Výstup, vstup: 4-20mA HART + frekvenční		
		Není obsaženo v součtu: Alternativní položka k položce 10		
0020	1	KS 6BABL1-1014/0 71135517 6BABL1-AADACAASAGA1H t-mass B 150, 6BABL1, 235mm 9" Zásuvný termický hmotnostní průtokoměr pro měření průtoku vzduchu, dusíku, oxidu uhličitého a argonu. Vysoký rozsah měření (až 150:1), nízká tlaková ztráta a měření i malých průtoků. Kompaktní robustní převodník bez pohyblivých částí. :: Cenově efektivní měření a jednoduché sledování průmyslových plynů	38.095,20	38.095,20

Pol.	Množství	Objednací kód Popis	Jednotková cena CZK	Celková cena CZK
------	----------	------------------------	------------------------	---------------------

Další specifikace

Aplikace				
Zvolte typ plynu		Vzduch		
Procesní tlak		1,01325	bar a	
Pipe shape		Kruhový		
Vnitřní průměr potrubí		177,750	mm	
Přiřazení proudového výstupu		Hmotnostní průtok		
Rozsah proudu		4...20 mA NAMUR		
Hodnota 4 mA		0,00000	kg/h	
Hodnota 20 mA		10.300,00000	kg/h	
Poruchový režim		Min.		
Zobrazení				
Formát zobrazení		2 hodnoty		
Hodnota zobrazení 1		Hmotnostní průtok		
Hodnota zobrazení 2		Teplota		
Hodnota zobrazení 3		Není		
Hodnota zobrazení 4		Není		
Počítadlo 1				
Přiřazení procesní proměnné		Hmotnostní průtok		
Jednotky			kg	

- AA Schválení: Prostředí bez nebezpečí výbuchu
- D Napájení: 18-30VDC
- A Výstup: 4-20mA HART
- C Displej; Ovládání SD-02 4 řádky; tlačítka + funkce zálohy dat
- A Hlavice: Kompaktní, lakovaný hliník
- A Elektrické připojení: Průchodka M20
- SA Materiál trubice senzoru; senzor: 1.4404/1.4435/316L
- GA1 Procesní připojení: G³/₄", ISO 228/1, svěrací šroubení, HNBR, PEEK těsnění
- H Kalibrace hmotnost. průtoku, přesnost: Ověřeno, 4% hodnoty

0030	1	KS XD22AB-D9Q8/0 70120697 XD22AB-A1AA3+N1T4 Uvedení přístrojů do provozu Zkušební technici provedou na místě kontrolu, instalaci, zapojení	7.618,00	7.618,00
------	---	---	----------	----------

Endress+Hauser Czech s.r.o.
Olbrachtova 2006/9
140 00 Praha 4

Telefon +420 241 080 450
Fax +420 241 080 460
info@cz.endress.com
www.cz.endress.com

Obchodní rejstřík:
Městský soud v Praze
Oddíl C, vložka 63094

IČO: 25708368
DIČ: CZ25708368

Česká spořitelna, a.s., Olbrachtova 1929/62, 140 00 Praha 4
Kód banky: 0800
Bankovní účet v CZK: 5592332 SWIFT:GIBACZPX
IBAN: CZ13 0800 0000 0000 0559 2332
Bankovní účet v EUR: 5592412 SWIFT:GIBACZPX
IBAN: CZ84 0800 0000 0000 0559 2412

Pol.	Množství	Objednací kód Popis	Jednotková cena CZK	Celková cena CZK
		a optimalizaci konfiguraci přístrojů. Před uvedením do provozu musí být přístroj mechanicky a elektricky zapojen, včetně všech potřebných komponentů dle pokynů v návodu k obsluze a musí být přístupný.		
A		Přípravné práce: zahrnuto v základní ceně		
1A		Uvedení do provozu, přístroj 1: 1 x kontinuální měřicí bod (standardní aplikace pro měření hladiny, tlaku, teploty, průtoku)		
A3		Úroveň uved. do provozu pro přístroj 1: standardní		
N1		>Prodloužená záruka: 1 x přístroj, 1 rok od data dodání, na místě montáže provedené v tuzemsku		
T4		>Cestovní náklady: 1 x Tarif 4 (vzdálenost do 110 km)		

Platební podmínky : 14 dnů od data faktury

Dodací podmínky : S dodáním na místo

Platnost do : 03.01.2015

Dodávka je v souladu s našimi Obchodními a dodacími podmínkami.

Cena obsahuje návody k obsluze a prohlášení o shodě v českém jazyce, které je možno stáhnout na oficiálních webových stránkách společnosti. Na vyžádání je možné obdržet výše uvedené na CD ROM za poplatek. Daňové doklady, dodací listy a ostatní dokumentace jsou zasílány elektronicky e-mailem ve formátu PDF. V tištěné podobě jsou k dispozici na vyžádání za poplatek pokrývající dodatečné náklady na zpracování. Informujte nás o e-mailové adrese, na kterou mají být dokumenty odeslány.

Přepravné a balné z výrobního závodu na místo určení v ČR	CZK	6.390,00
Celková cena bez DPH	CZK	125.832,97

Endress+Hauser Czech s.r.o.
Olbrachtova 2006/9
140 00 Praha 4

Telefon +420 241 080 450
Fax +420 241 080 460
info@cz.endress.com
www.cz.endress.com

Obchodní rejstřík:
Městský soud v Praze
Oddíl C, vložka 63094

IČO: 25708368
DIČ: CZ25708368

Česká spořitelna, a.s., Olbrachtova 1929/62, 140 00 Praha 4
Kód banky: 0800
Bankovní účet v CZK: 5592332 SWIFT:GIBACZPX
IBAN: CZ13 0800 0000 0000 0559 2332
Bankovní účet v EUR: 5592412 SWIFT:GIBACZPX
IBAN: CZ84 0800 0000 0000 0559 2412



Nabídka č.111/Ozd./2014 ze dne 10.11.2014

Uvádějte v další korespondenci

Prodávající: **ZPA Nová Paka, a.s.**
Pražská 470
509 39 Nová Paka
Tel.: 493 761 111
493 761 204
Fax: 493 721 194
Mobil: 724 550 292
E-mail: petr.ozdian@zpanp.cz

IČO: 46504826
DIČ: CZ46504826
Peněžní ústav: ČSOB Hradec Králové
Číslo účtu: 27 1992 523/0300

Kupující: **RAIV, s.r.o.**
Určeno pro: p. Radomír Honč ml.
Sídlo firmy: Londýnská 51/2, 460 11 Liberec, Česká republika
Tel.:
Fax:
Mobil: 728 772 404
E-mail: honc.r@seznam.cz

Věc: Vaše e-mailová poptávka ze dne 27.10.2014 + dopřesnění ze dne 04.11.2014

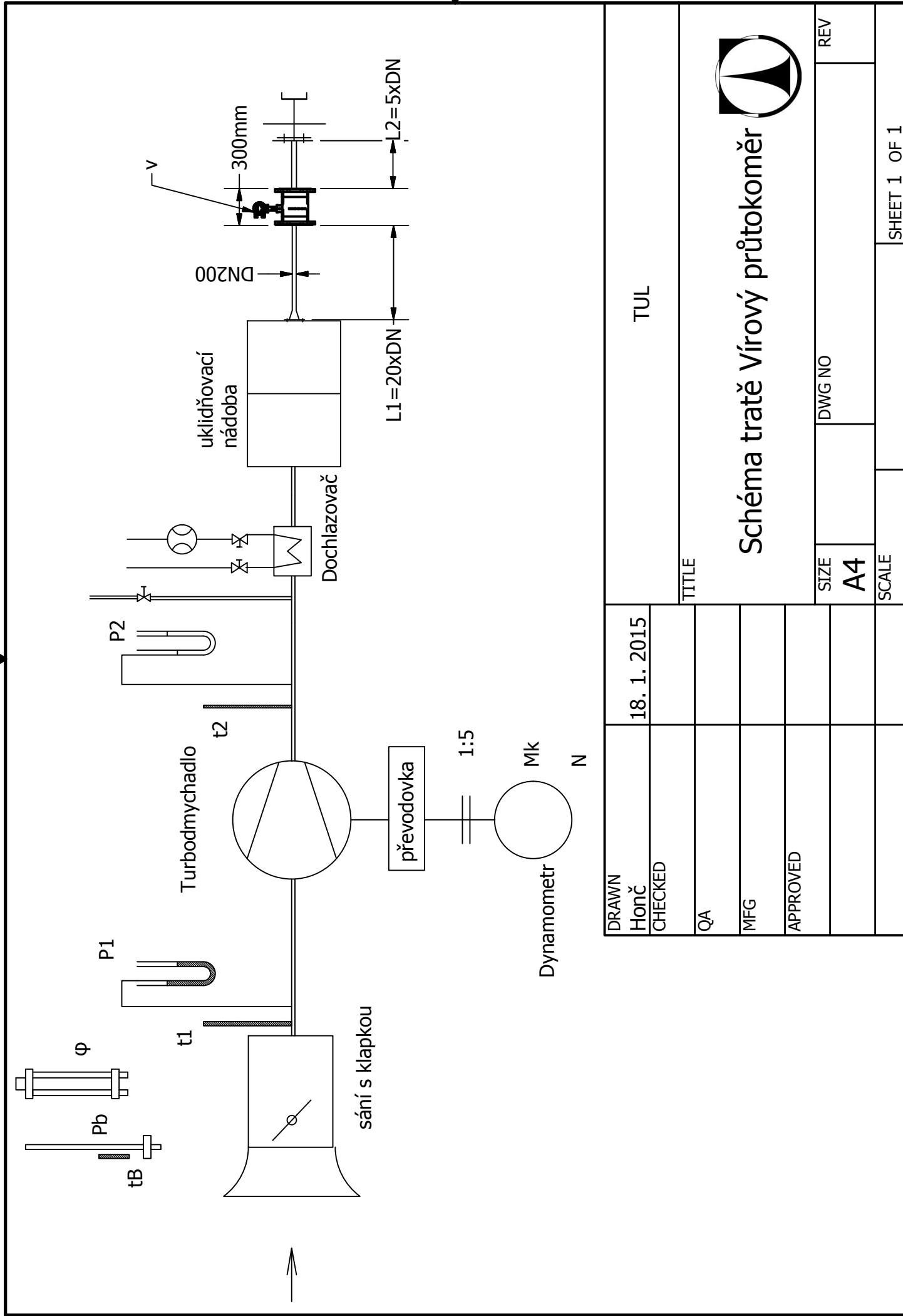
Pol. č.	Výrobek/podrobná specifikace/objednáací číslo	Cena Kč/ks	Počet ks	Cena celkem
1	Průtokoměr Annubar 3051 (EMERSON) obj.č. 3051SFADG060CCHPS2T1100032AAA1B2J6Q4 Annubar Flowmeter	145394	1	145394
DN 80 (150)	3051SFA Popis: Annubar Flowmeter			
	D Typ měření: Tlaková diference			
	G Typ kapaliny: Plyn			
	060 Velikost vedení: 6-in. (150 mm)			
	C Rozsah vnitřních průměru trubek: Rozsah C z tabulky identifikace trubek			
	C Materiál trubky/ materiál montážní soupravy: Carbon Steel (A105)			
	H Orientace trubek: Vodorovné potrubí			
	P Typ annubaru: Pak-Lok			
	S Materiál snímače: 316 Nerez ocel			
	2 Velikost snímače: Snímač velikosti 2			
	T1 Typ montáže: Kompresní/závitové spojení			

	0 Opposite Side Support and Packing Gland: Bez podpěry na protilehlé straně nebo izolační ucpávky 0 Izolační ventil pro modely Flo-Tap: Nepoužitelné nebo dodané zákazníkem 0 Měření teploty: Bez teplotního senzoru 3 Spojovací platforma převodníku: Přimo montovaná 3-ventilová integrální soustava 2 Rozsah diferenciálního tlaku: 0 to 250 in H2O (0 to 623 mbar) A Rozsah statického tlaku: (null) A Výstupní protokol: 4-20 mA s digitálním signálem s HART protokolem 1B Transmitter Housing Style: PlantWeb skříň, Aluminium, M 20 × 1,5 2 Třída výkonu elektroniky: Classic: 1.4% flow rate accuracy, 8:1 flow turndown, 15-yr stability J6 Označení shody: Evropská tlaková směrnice (PED) Q4 Osvědčení o kalibraci převodníku: Calibration Certificate for Transmitter			
2 DN 250 (200)	Průtokoměr Annubar 3051 (EMERSON) obj.č. 3051SFA1G080CCHPS2T100T31DA1B5RLJ6Q4 Annubar Flowmeter 3051SFA Popis: Annubar Flowmeter 1 Typ měření: MultiVariable (Fully Compensated Mass & Energy Flow) - Differential & Static Pressure w/ Temperature G Typ kapaliny: Plyn 080 Velikost vedení: 8-in. (200 mm) C Rozsah vnitřních průměru trubek: Rozsah C z tabulky identifikace trubek C Materiál trubky/ materiál montážní soupravy: Carbon Steel (A105) H Orientace trubek: Vodorovné potrubí P Typ annubaru: Pak-Lok S Materiál snímače: 316 Nerez ocel 2 Velikost snímače: Snímač velikosti 2 T1 Typ montáže: Kompresní/závitové spojení 0 Opposite Side Support and Packing Gland: Bez podpěry na protilehlé straně nebo izolační ucpávky 0 Izolační ventil pro modely Flo-Tap: Nepoužitelné nebo dodané zákazníkem T Měření teploty: Integrovaný RTD 3 Spojovací platforma převodníku: Přimo montovaná 3-ventilová integrální soustava 1 Rozsah diferenciálního tlaku: 0 to 25 in H2O (0 to 62.3 mbar) D Rozsah statického tlaku: Absolute 0 to 800 psia (0 to 55.2 bar) A Výstupní protokol: 4-20 mA s digitálním signálem s HART protokolem 1B Transmitter Housing Style: PlantWeb skříň, Aluminium, M 20 × 1,5 5 Třída výkonu elektroniky: Classic MV: 1.15% flow rate accuracy, 8:1 flow turndown, 5-yr stability RL Povrchová úprava: Povrchová úprava pro trubky s nízkým Reynoldsovým číslem v plynu a páře J6 Označení shody: Evropská tlaková směrnice (PED) Q4 Osvědčení o kalibraci převodníku: Calibration Certificate for Transmitter	252254	1	252254
3	Doprava + balné od výrobce do ZPA (ze ZPA do ČKD zdarma)	6100 0	1 1	6100 0
Celkem (bez DPH):				403748

Nabídka je vytvořena na základě poptávky a dostupných informací.
Zkontrolujte prosím, zda specifikace jednotlivých položek odpovídá Vaším požadavkům.
V opačném případě nás neprodleně informujte za účelem dopřesnění nebo revize nabídky.

Příloha III. - Schéma navržených tratí včetně průtokoměrů

Počet stran: 4



DRAWN
Honč
CHECKED
18. 1. 2015

TITLE

TUL



Schéma tratě Vírový průtokoměr

QA

MFG

APPROVED

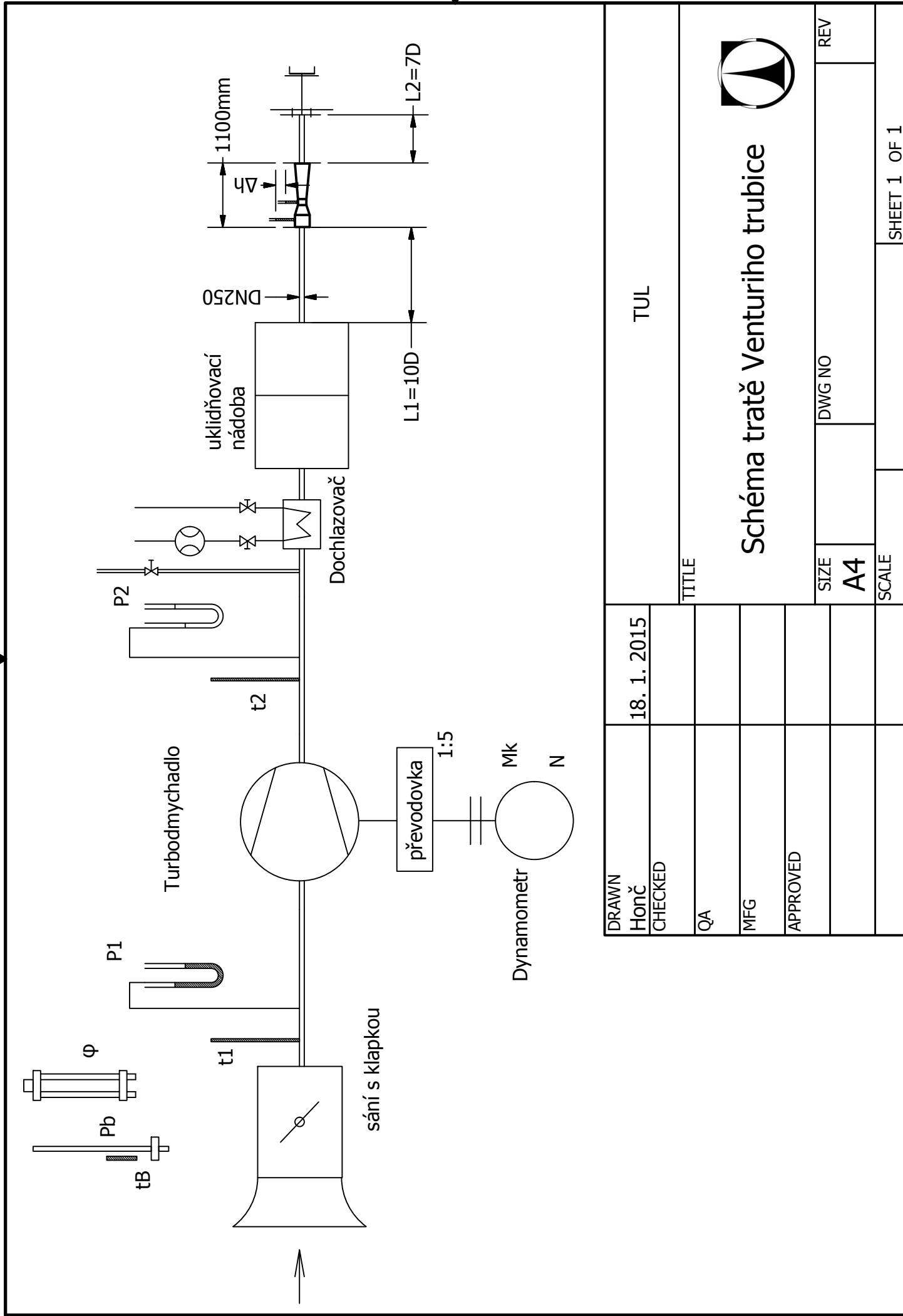
SIZE
A4

DWG NO

REV

SCALE

SHEET 1 OF 1



DRAWN
Honč
CHECKED

18. 1. 2015

QA

MFG

APPROVED

TUL

TITLE

Schéma tratě Venturiho trubice



SIZE

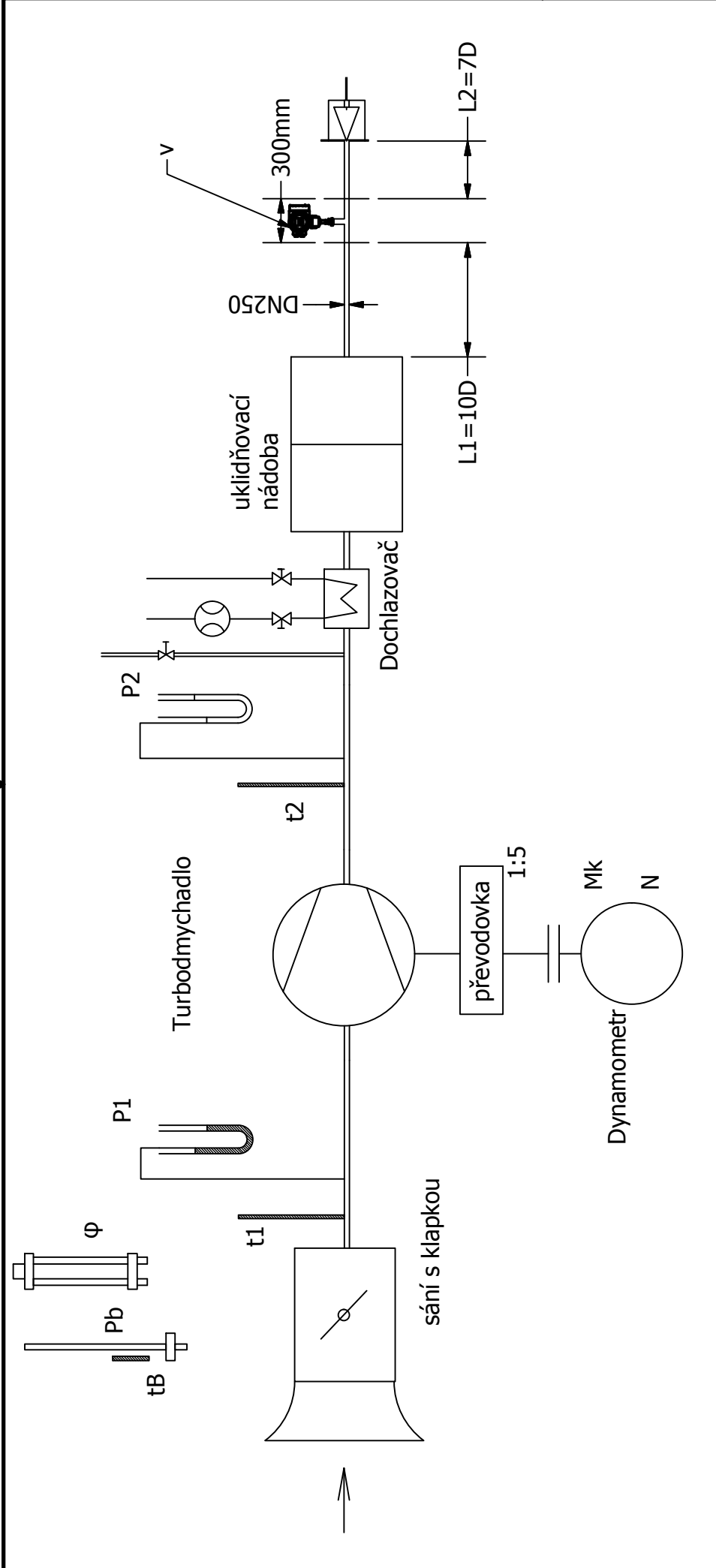
A4

DWG NO

REV

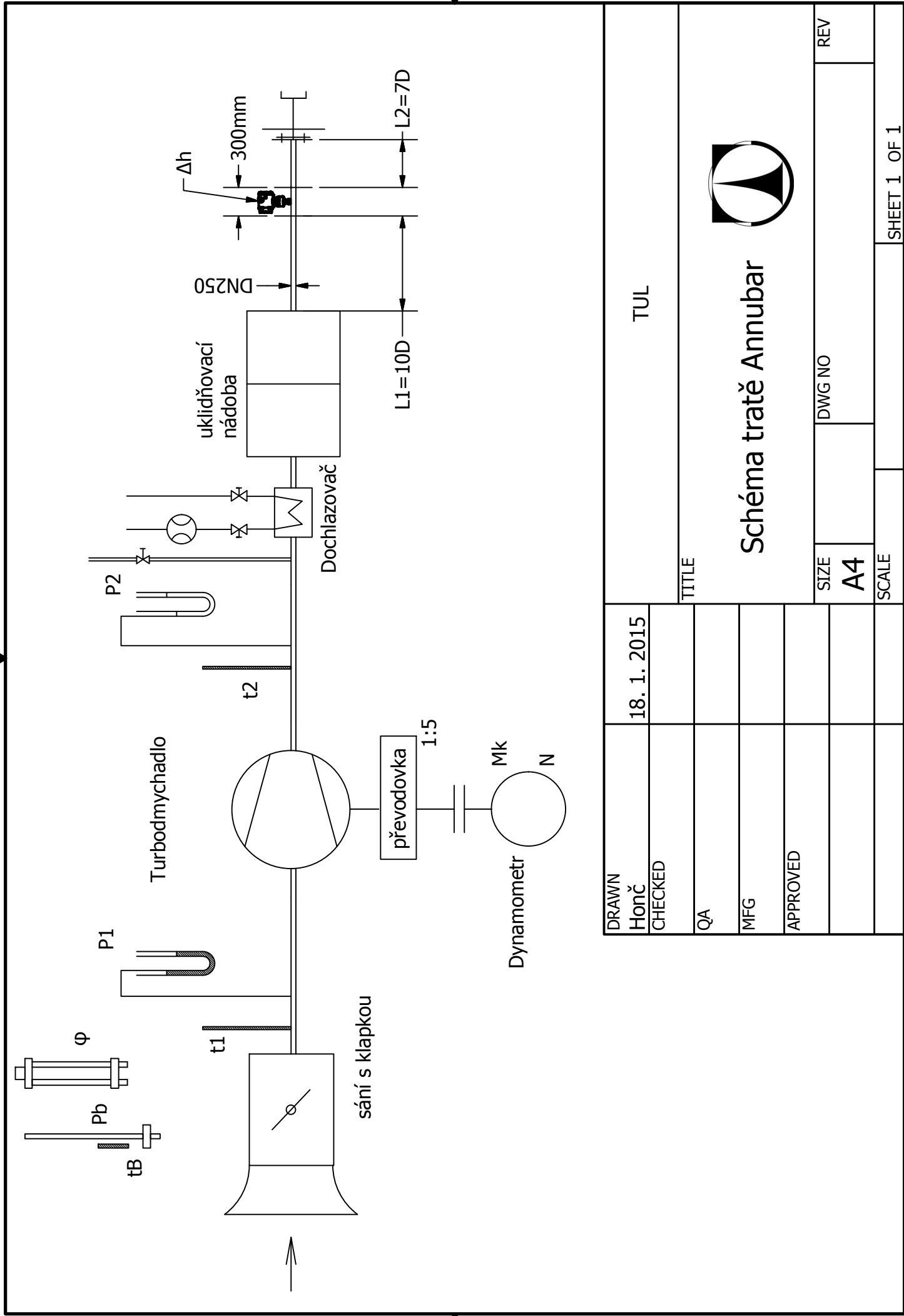
SCALE

SHEET 1 OF 1



DRAWN	18. 1. 2015	TITLE	TUL
Honč		Schéma tratě Termoanemometr	
CHECKED		SIZE	DWG NO
QA		A4	REV
MFG		SCALE	
APPROVED		SHEET 1 OF 1	





DRAWN
Honč
CHECKED

18. 1. 2015

QA

MFG

APPROVED

TUL

TITLE



Schéma tratě Annubar

SIZE
A4

DWG NO

REV

SCALE

SHEET 1 OF 1