

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Systémy pro měření průtoku dojeného mléka

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Autor diplomové práce:

Bc. Zdeněk Zajíc

České Budějovice, 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Zdeněk ZAJÍC
Osobní číslo: Z17115
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika
Téma práce: Systémy pro měření průtoku dojeného mléka
Zadávající katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Zásady pro vypracování

Student se bude ve své diplomové práci zabývat problematikou měření průtoku dojeného kravského mléka (a potažmo celkového nádoje). Cílem práce je zhodnotit současná technická řešení jak po stránce principu činnosti, tak po stránce technické realizace v praxi.

Student provede rešerši dostupných veřejných zdrojů, přičemž hlavní pozornost zaměří na zařízení s certifikací ICAR. Získané informace utřídí tak, aby poskytovaly jasný přehled o základních principech systémů pro měření průtoku dojeného mléka. Následně student vybere reprezentanty uvedených skupin a popíše způsob jejich technické realizace. Součástí práce bude pasáž zabývající se problematikou certifikace zařízení společností ICAR.

Rozsah pracovní zprávy: 60 – 70 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

Reinemann, D.J., 2013. Milking Machines and Milking Parlors, Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering: Second Edition. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385881-8.00008-2>

Zaninelli, M., Tangorra, F.M., 2007. Development and testing of a „free-flow“ conductimetric milk meter. Comput. Electron. Agric. 57, 166-176. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2007.03.004>

Reinemann, D.J., Rasmussen, M.D., 2016. Milking Parlors. Ref. Modul. Food Sci. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.00961-6>

Kamphuis, C., Dela Rue, B., Turner, S.-A., Petch, S.-F., 2015. Devices used by automated milking systems are similarly accurate in estimating milk yield and in collecting a representative milk sample compared with devices used by farms with conventional milk recording. J. Dairy Sci. 98, 3541-3557.

<https://doi.org/10.3168/JDS.2014-8714>

<https://www.icar.org/index.php/certifications/icar-certifications-for-milk-meters-for-cow-sheep-goats/certified-milk-meters/>

Internetové stránky výrobců měřicích zařízení

Interní materiály

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.**
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky


Datum zadání diplomové práce: **6. února 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**

V Českých Budějovicích dne 18. února 2019



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení I.S.
Budovská 1000, 370 05 České Budějovice



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě Zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Dne 19. 3. 2019

.....
Bc. Zdeněk Zajíc

Anotace

Diplomová práce se zabývá systémy pro měření průtoku dojeného mléka. Na začátku práce je popsána historie chovu skotu v České republice, proces dojení, problematika měření průtoku a principy měření průtoku. Druhá část práce se zabývá certifikací od sdružení ICAR a vybranými průtokoměry. Hlavní kapitola zahrnuje principy činnosti vybraných průtokoměrů, kde jsou popsány a porovnány vybrané průtokoměry dojeného mléka, které prošly certifikací od ICAR.

Klíčová slova: měření průtoku, průtokoměr, snímač, mléko, dojení, ICAR

Anotation

The thesis deals with systems for measuring the flow of milked milk. At the beginning of the work the history of cattle breeding in the Czech Republic is described as well as the process of milking, the issue and the principles of a flow measurement. The second part deals with certification from the association ICAR and with selected flowmeters, too. The main chapter includes the principles of selected flowmeters' operation. The selected flowmeters of milked milk, which have been certified by ICAR, are described and compared here.

Key words: flow rate, flowmeter, detector, milk, milking, ICAR

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval doc. RNDr. Petru Bartošovi, Ph.D., za ochotu a odborné rady při vedení mé diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	10
1 Chov skotu a produkce mléka v České republice.....	11
1.1 Produkce mléka.....	12
1.2 Historie měření nádoje	13
2 Proces dojení	14
2.1 Příprava	14
2.2 Dojení.....	14
2.3 Dodojení.....	14
2.4 Strojní dojení.....	15
2.5 Měření nádoje a kvality mléka.....	15
3 Úvod do problematiky měření průtoku kapalin.....	16
4 Typy průtokoměrů kapalin	18
4.1 Průtokoměry dynamické	18
4.1.1 Pitotova trubice	18
4.1.2 Prandtlova trubice	19
4.1.3 Průřezové průtokoměry.....	19
4.1.4 Válcová sonda.....	21
4.2 Průtokoměry rychlostní	22
4.3 Průtokoměry objemové	22
4.3.1 Průtokoměr s krouživým pístem.....	23
4.3.2 Průtokoměr s oválovými koly.....	23
4.4 Průtokoměry plovákové	24
4.4.1 Rotační průtokoměr (rotametr)	24
4.4.2 Pružinový průtokoměr	24
4.5 Průtokoměry elektrické	25
4.5.1 Magnetické průtokoměry	25
4.5.2 Hmotnostní průtokoměry	26
4.5.3 Vírové průtokoměry.....	28
4.6 Porovnání jednotlivých typů průtokoměrů.....	31
5 ICAR.....	33
5.1 Certifikace ICAR	33

5.2	Požadavky na zařízení a systémy pro měření mléka.....	33
5.2.1	Požadavky na materiály	34
5.3	Měřič mléka	34
5.4	Testování.....	34
5.4.1	Laboratorní test	35
5.4.2	Zkoušky v terénu	35
6	Principy činnosti vybraných průtokoměrů	36
6.1	LactoCorder.....	36
6.1.1	Popis přístroje	36
6.1.2	Kontrola přístroje dle ICAR	39
6.2	MilkMeter Volumetric	41
6.2.1	Popis přístroje	41
6.2.2	Kontrola přístroje dle ICAR	43
6.3	Metatron	44
6.3.1	Popis přístroje	44
6.3.2	Kontrola přístroje dle ICAR	47
6.4	DeLaval MM27BC.....	48
6.4.1	Popis přístroje	48
6.4.2	Kontrola přístroje dle ICAR	50
6.5	Waikato MKV	51
6.5.1	Popis přístroje	51
6.5.2	Kontrola přístroje dle ICAR	53
	Závěr	54
	Seznam použité literatury a zdrojů	55

Úvod

Mléčné produkty jsou výbornou potravinou obsahující ideální složení výživových látek, hlavně vápníku a bílkovin. Konzumací mléčných produktů získává lidský organismus vyrovnaný poměr základních živin.

Měření průtoku patří mezi historicky nejstarší úkoly měřicí techniky. V současné době se v praxi nejčastěji měří veličina proteklého množství a výška hladiny. Průtokoměry se využívají v široké škále lidské činnosti, například ve zdravotnictví, kde se měří oběh lidské krve. Dále se také průtokoměry využívají v průmyslu k měření toku kapalin či plynů. V každé domácnosti se průtokoměr využívá u vodoměrů pro měření proteklého množství vody. Pro měření průtoku existuje velké množství snímačů průtoku, proto je nutné při výběru měřicího přístroje dbát velký důraz na požadované parametry a přesnost měření.

V úvodu diplomové práce jsem stručně popsal chov skotu a produkci mléka v České republice, historii zaznamenávání mléka v Evropě a základní informace o procesu dojení. V následujících kapitolách jsem se věnoval problematice měření průtoku kapalin a typům průtokoměrů. V další kapitole jsem objasnil proces certifikace od sdružení ICAR, kde jsem podrobněji popsal testování a požadavky na zařízení a také systémy pro zaznamenávání mléka. Na závěr jsem uvedl principy činnosti vybraných průtokoměrů mléka.

Cílem mé diplomové práce je popsat problematiku měření průtoku dojeného mléka a zejména ukázat možné systémy pro měření průtoku mléka, které prošly certifikací od ICAR.

1 Chov skotu a produkce mléka v České republice

Historii chovu skotu v České republice lze rozdělit do třech období. Do prvního období spadá chov původního keltského skotu neboli červinek. Další období se nazývá doba chovatelského chaosu, kdy začalo křížení původních červinek. Posledním obdobím je konsolidace chovu skotu. V tomto období vznikl červenostrakatý skot.

Chov původního skotu začal přibližně před 400 lety př. n. l., kdy naše území osidlovali Keltové. Původní skot keltský byl celý zbarvený do červena, proto se ujal název české červinky, viz obrázek 1. Tento skot byl charakteristický dlouhověkostí, velmi dobrým tahem při práci, živou hmotností okolo 450 kilogramů a mléčnou užitkovostí kolem 2 500 kilogramů mléka za rok.

Období chovatelského chaosu začalo v 17. století. V tomto období byla snaha využít další plemena ze sousedních zemí a to hlavně z oblastí Alp, Bavorska, Švýcarska a Holandska. S těmito nově dovezenými plemeny docházelo ke křížení s původní českou červinkou. Křížením vznikla nová plemena, jako jsou např. opočenský mourek, kravařský a hřebínský skot. Tato nově vzniklá plemena se příliš nelišila v užitkovosti, a proto hlavní rozdíl mezi těmito plemeny bylo zbarvení. Plemena byla určena na masnou, mléčnou produkci, ale také pro tah. Živou hmotnost měla okolo 500 kilogramů a mléčnou užitkovost podobnou jako původní skot keltský.

Období konsolidace chovu skotu začalo v Čechách okolo roku 1870. Cílem byl vznik národních plemen skotu. Po 1. světové válce většina plemen vymizela. V roce 1957 byl převážně chován skot červenostrakatého typu. Tento typ skotu vznikl šlechtěním původní červinky a bernského plemene dovezeného ze Švýcarska. Toto plemeno se využívá jak pro mléčnou, tak pro masnou užitkovost. Hmotnost dospělé krávy se pohybuje kolem 700 kg a mléčná užitkovost okolo 7 000 kilogramů mléka za rok [1].



Obrázek 1 – Česká červinka [2]

Dnes je nejrozšířenější plemeno pro mléčnou užitkovost holštýnský skot, viz obrázek 2. Má absolutně nejvyšší mléčnou užitkovost kolem 10 000 kilogramů mléka za rok. Hmotnost dospělé krávy se pohybuje přibližně kolem 680 kg [3].



Obrázek 2 – Holštýnský skot [2]

V uplynulých deseti let prudce stoupla mléčná užitkovost u většiny plemen, k čemuž přispěla genetika, šlechtění, ideální pohoda zvířete ve stáji (welfare) a technologie ustájení. Proto dnes holštýnský skot může dosáhnout za ideálních podmínek mléčné užitkovosti až 14 000 kilogramů mléka za rok [4].

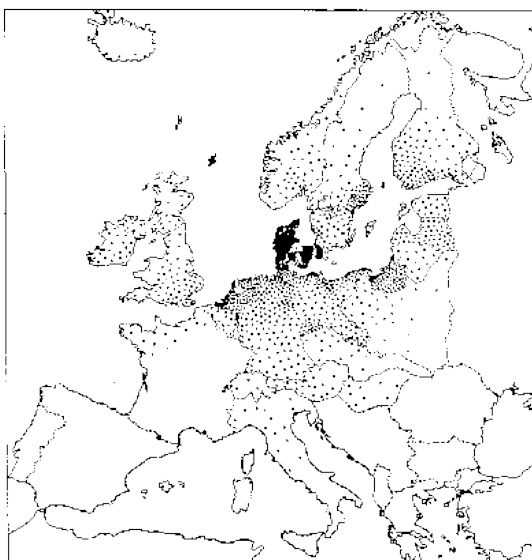
1.1 Produkce mléka

Mléko patří mezi hlavní produkty našeho zemědělství. Pozitivně působí na lidský organismus a jeho vývoj. Je dobrým zdrojem bílkovin, tuků a vitamínů. Mléko se řadí mezi dobře vyvážené potraviny. Je to výborný zdroj vápníku, proto se z něj vyrábí široká škála výrobků podporující zdravou výživu člověka. Navíc má mléko velice dobrý detoxikační vliv využitelný při otravách [6].

V současné době se celková roční produkce mléka v České republice pohybuje kolem 2,9 miliardy litrů. V České republice je průměrná spotřeba mléka a mléčných výrobků na jedince přibližně 230 litrů za rok [6].

1.2 Historie měření nádoje

Jelikož je mléko tak důležitou komoditou v zemědělství, bylo nutné zavést kontroly nádoje mléka u dojnic. První historické záznamy o měření nádoje pocházejí z Francie, z let 1900 až 1910. V roce 1907 v Seinu začal fungovat první spolek zaměřující se na měření nádoje mléka. První záznamy měření nádoje v České republice se objevily v roce 1905. Mezinárodní zemědělský ústav v roce 1935 provedl měření nádoje ve 34 zemích, viz obrázek 3. Jeden bod na mapě znázorňuje 2 500 dojnic, u kterých je nádoj stanoven. Bylo použito 14 000 profesionálních měřičů nádoje na 4,5 milionu krav ve 285 000 farmách [7].



Obrázek 3 – Kontrola nádoje u krav v roce 1935 [7]

2 Proces dojení

Princip získávání mléka z vemene můžeme rozdělit na tři základní operace, mezi které patří příprava, dojení a dodojení. Postup získávání mléka z vemene je stejný jak pro přírodní dojení vemene neboli sání od telete, tak i pro ruční nebo strojní způsob dojení [5].

2.1 Příprava

Příprava vemene je první operací při procesu dojení. U přirozeného dojení probíhá strkání hlavy telete do vemene krávy. Probíhá mechanická stimulace, která nastartuje nervový reflex. Tento nervový reflex se pohybuje skrze míchu do mozkové části hypotalamu, kde se následně uvolňuje hormon oxytocin [8].

U strojního dojení je příprava rozdělena na dvě části. Do první části řadíme očištění vemene a do druhé jeho masáž. Při čištění vemene se nejčastěji používají jednorázové utěrky napuštěné desinfekčním roztokem. Pokud je vemeno více znečištěno, použije se oplach vodou. Při oplachu vodou se musí dávat pozor, aby se zbytková voda po očištění nedostala do nadojeného mléka [5].

Druhou částí přípravy u strojního dojení je masáž vemene. Ta připraví dojnici na samotné dojení. Masáž uklidní dojnici a také pomůže vyprodukovat hormon oxytocin. Jelikož je produkce hormonu časově omezena na dobu přibližně 6-8 minut, musí se co nejdříve nasadit dojicí stroj na struky dojnice [8].

2.2 Dojení

Druhou operací je vlastní dojení. U přirozeného získávání mléka vyžaduje vložení struku do tlamy telete. Tele, když začne sát, tak podtlakem získává mléko ze struku. Při strojním dojení se musí nejprve nasadit strukové násadce. Mléko je získávané také podtlakem za pomoci přerušovače podtlaku. V mezistěnné komoře strukových násadců se vytváří přerušovaně podtlak, který napodobuje sání od telete [5].

2.3 Dodojení

Poslední operací získávání mléka z vemene je dodojení. V této fázi dochází k ukončení dojení. Průtok mléka klesne pod hranici 0,6-0,8 kilogramů za minutu. Dodojení by mělo probíhat plynule a klidně. Po ukončení dodojení a sejmutí

strukových násadců je doporučeno okamžitě desinfikovat struky, aby se zabránilo možnému onemocnění struků vemene. U stád s výskytem mastitidy je toto opatření nutné [5].

2.4 Strojní dojení

Strojní dojení lze rozdělit dle místa provedení práce na dojení ve stájích a dojení v dojírnách [9].

Dojení ve stájích se dále dělí na dojení do konví, do potrubí nebo za pomoci dojicího robota. Nejlevnější strojní dojení je dojení do konví, které se používá hlavně u menších stád. U dojení do konve má každá dojící jednotka svůj mobilní vozík opatřený vývěvou s podtlakovou soustavou. Dojení do potrubí se od dojení do konví liší tím, že nadojené mléko se nejímá do konve, ale do mléčného potrubí, které mléko přivede do centrální mléčnice. Odpadá tím fyzická práce pro obsluhu s nošením a vyléváním konví. Dojení za pomoci dojicího robota je dnes nejmodernější technologie pro získávání mléka. Odpadá zde náročná manuální práce. Největší výhodou je, že dojnice může jít do dojicího robota dle potřeby, jelikož je robot nepřetržitě v provozu [10].

Dojení v dojírnách se používá zejména pro střední a velká stáda. Dojírny lze dále rozdělit na stacionární a mobilní. Stacionární dojírny jsou tandemové, paralelní, rybinové a trigonové. Dojící stání u těchto dojíren je pevně spojeno s podlahou. Mobilní dojírny nemají dojící stání pevně spojené s podlahou dojírny. Jejich stání je pohyblivé. Mobilní dojírny se dále dělí na rotorybinové, rotoradiální a rototandemové. Obsluha je uvnitř nebo vně dojicího kruhu. Jedná se o nejvýkonnější typy dojíren [9].

2.5 Měření nádoje a kvality mléka

Pro kontrolu nádoje jednotlivých kusů dojnic se používají v dojícím zařízení měřiče průtoku. Tato zařízení mohou být vybavena navíc i měřičem elektrické vodivosti mléka a přítomnosti krve. Měřiče jsou nejčastěji připojeny k elektronické jednotce, která zpracovává naměřené údaje u jednotlivých dojnic. Tyto údaje jsou zapisovány na server, a tak pomocí naměřených údajů lze kontrolovat průběhy nádoje za delší časové období. Pokud je zařízení vybaveno měřičem elektrické vodivosti mléka a přítomnosti krve, lze zjistit počátky např. mléčné žlázy [10].

3 Úvod do problematiky měření průtoku kapalin

Průtok je fyzikální veličina, která vyjadřuje množství látky proteklé za jednotku času. Množství kapaliny lze vyjádřit buď objemem, nebo hmotností. Mezi základní pojmy měření průtoku dále patří viskozita kapaliny, Reynoldsovo číslo a Bernoulliho rovnice [11].

Objemový průtok je fyzikální veličina, která vyjadřuje podíl objemu kapaliny, který proteče daným průřezem potrubí, za jednotku času. Hmotnostní průtok je fyzikální veličina, která vyjadřuje podíl hmotnosti kapaliny, která proteče daným průřezem potrubí, za jednotku času [12].

Viskozita je fyzikální veličina, která udává vlastnost kapaliny. Díky této vlastnosti vzniká nenulové smykové napětí mezi sousedícími vrstvami kapaliny. Sousedící vrstvy se pohybují rozdílnou rychlostí, proto mají kapaliny s menší viskozitou větší tekutost než kapaliny s viskozitou větší. Viskozita kapaliny obvykle klesá se zvyšující teplotou a klesajícím tlakem a opačně [11].

Bernoulliho rovnice je matematicky vyjádřena zákonem o zachování mechanické energie pro lamelární proudění ideální tekutiny v uzavřené trubici. Pokud na kapalinu, která je v klidu, působí tíhová síla, je ve stejné hloubce v každém místě stejný tlak, viz následující rovnice. V případě, že je kapalina v pohybu, pak neplatí tento vztah [12, 13].

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + p = konst. [12],$$

ρ ... hustota kapaliny,

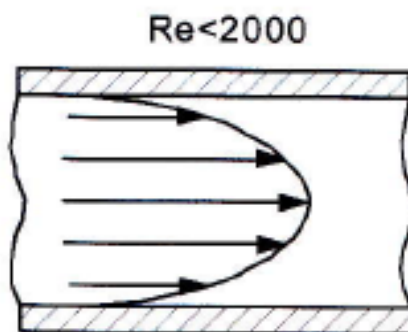
v ... rychlost proudění,

p ... tlak v kapalině.

Definice Bernoulliho jevu: v místě s větším průřezem má proudící tekutina menší rychlost, ale větší tlak, zatímco v místě s menším průřezem má větší rychlost, ale uvnitř tekutiny je větší tlak [13].

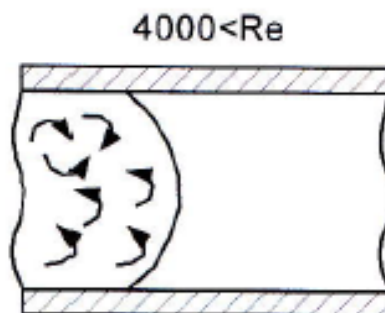
Přesné měření průtokoměru je také ovlivněno druhem proudění kapaliny v potrubí. Proudění je závislé na rozložení setrvačných a třecích sil v kapalině, což charakterizuje Reynoldsovo číslo, značené Re , které je možné využít pro zjištění typu proudění [14].

Při laminárním proudění se vzájemně nekříží dráhy částic kapaliny, tedy vrstvy se vzájemně nemíchají. Nejmenší rychlost proudění je v místě styku kapaliny s potrubím a největší v ose potrubí, viz obrázek 4. Rychlostní profil má podobu paraboloidu. Proudění je laminární, jestliže je Reynoldsovo číslo $Re < 2000$ [15].



Obrázek 4 – Laminární proudění [15]

Naopak u turbulentního proudění se vzájemně kříží dráhy částic kapaliny. Proto vznikají v potrubí víry. Rychlostní profil je téměř plochý, proto je rychlost proudění v průřezu skoro všude stejná, viz obrázek 5. Proudění je turbulentní, pokud je Reynoldsovo číslo $Re > 4000$ [15].



Obrázek 5 – Turbulentní proudění [15]

4 Typy průtokoměrů kapalin

Pro měření průtoku používáme různé snímače, které jsou založeny na principu zjištění střední rychlosti proudění nebo na určení objemu kapaliny, která proteče daným úsekem za určitý časový interval. Průtokoměry se mohou rozdělit následovně podle principu na průtokoměry dynamické, rychlostní, objemové, plovákové a elektrické [16].

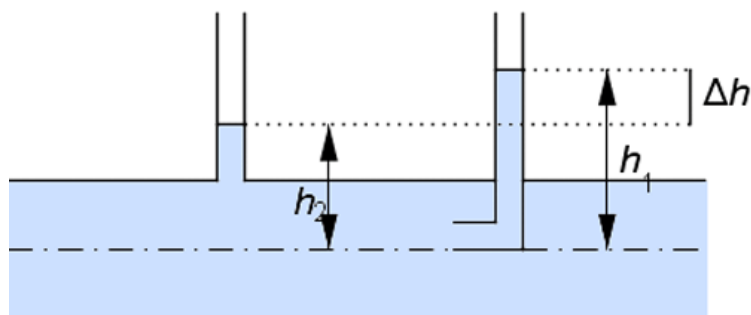
4.1 Průtokoměry dynamické

Tyto průtokoměry měří průtok pomocí dynamického tlaku způsobeného rychlostí proudící kapaliny [16].

4.1.1 Pitotova trubice

Pitotova trubice je snímač, který umožňuje měřit průtok převedením rychlosti proudění na tlak. Henri Pitot trubici vynalezl počátkem 18. století. Největší význam má její použití jako rychloměr u letadel [13].

Jde o spojení dvou trubic, každé se svislým a vodorovným ramenem. Vodorovné rameno první trubice má otvory do stran, proto hladina ve svislém rameni zobrazuje výšku volné hladiny. Vodorovné rameno druhé trubice má otvory proti proudu, proto hladina ve svislém rameni zobrazuje hydrodynamickou výšku. Rychlost proudící kapaliny se zjišťuje na základě rozdílu tlaků, viz obrázek 6 [16].

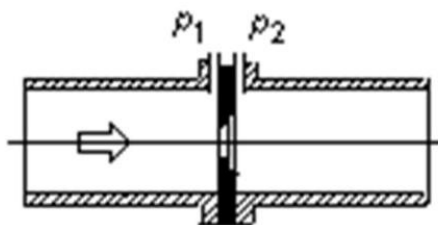


Obrázek 6 – Schéma Pitotovy trubice [17]

Pitotovy trubice se používají hlavně pro měření průtoku plynů nebo velmi čistých kapalin, a to z důvodu možného zanesení otvorů trubice, kterými se tlak snímá [13].

Clona

Clona je vlastně plochá kovová deska s kruhovým otvorem, která je umístěna do potrubí. Průměr otvoru ke škrcení a jeho poloha závisí na typu měřené kapaliny. Statický tlak měříme těsně před a za clonou, viz obrázek 9 [19].

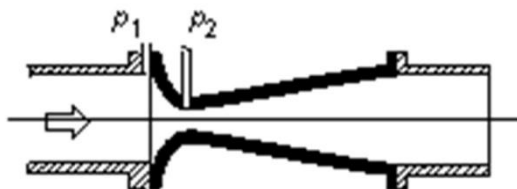


Obrázek 9 – Schéma clony[21]

Clonou lze měřit průtoky většiny čistých tekutin. Jsou ale náchylné na opotřebení, které způsobuje znečištěné médium nebo médium s částicemi. To dále ovlivňuje tlakovou diferencii odpovídající určitému průtoku. K dosažení požadovaných vlastností musí být clona umístěna do přímého úseku potrubí. Nutné je také definovat uklidňující úseky před a za clonou [16].

Venturiho trubice

Princip měření pomocí Venturiho trubice je založen na skutečnosti, že se tekutina zrychluje v kuželovém konfuзору, což způsobuje pokles statického tlaku, viz obrázek 10. V další části trubice, difuzoru, se tlak téměř vrací na velikost tlaku před zúžením. Výhodou této trubice je velká přesnost měření a menší tlaková ztráta než u clony. Mezi nevýhody patří vysoká pořizovací cena, proto se tato trubice využívá poměrně málo [19].

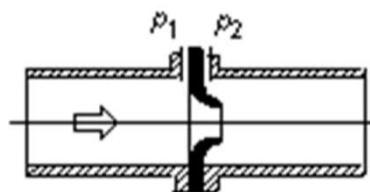


Obrázek 10 – Schéma Venturiho trubice [21]

Dýza

Dýza je kompromisem mezi Venturiho trubicí a clonou. Dýza neobsahuje difuzor na rozdíl od Venturiho trubice, jak je vidět na obrázku 11. Umožňuje měřit větší průtoky než systémy využívající clony, ale hlavně může měřit průtok u kapalin,

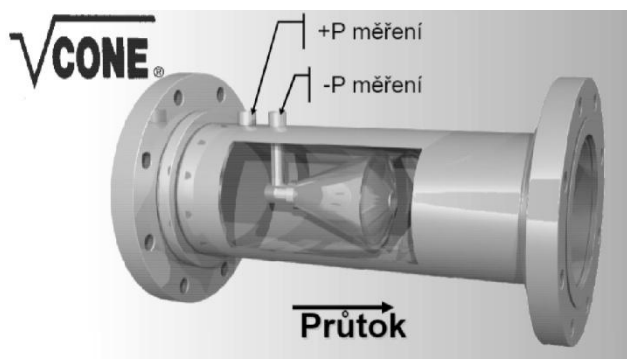
kteře obsahují velké pevné částice. Dýzy jsou levnější než Venturiho trubice, ale jsou méně přesné a vytváří větší tlakovou ztrátu [19].



Obrázek 11 – Schéma dýzy [21]

V-kužel

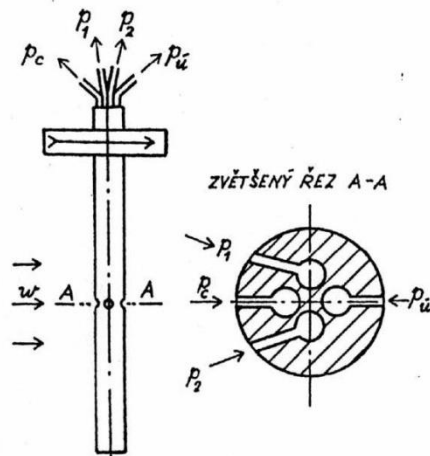
Průtokem kapaliny kolem překážky vzniká v mezikruží mezi stěnou potrubí a překážkou na její zadní straně oblast, kde je zvýšená rychlost a zároveň dochází k poklesu statického tlaku. Překážka tvarem připomíná spojení dlouhého rozbíhavého a kratšího sbíhavého kužele, viz obrázek 12. Tlaková diference u tohoto snímače průtoku není závislá na rušivých vlivech a to ani při menších hodnotách Re , zkraslených rychlostních profilech nebo vírech. Tvar V-kužele je navržen tak, aby sebemenší změny geometrie vzniklé opotřebením minimálně ovlivnily přesnost měření. Tento snímač je vhodný pro velké rychlosti průtoku a abrazivní nebo erozivní kapaliny. Nevyžaduje dlouhé přímé úseky potrubí, tudíž lze měřit blízko kolen potrubí [16].



Obrázek 12 – V-kužel [22]

4.1.4 Válcová sonda

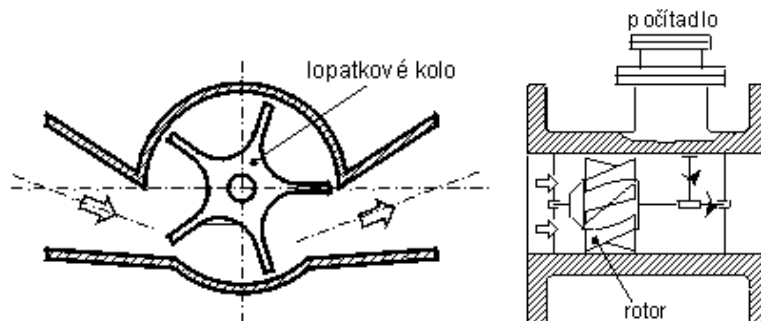
Válcová sonda je umístěna do potrubí, kde je potřeba otvor pro celkový tlak umístít proti pohybu média, aby získala dynamický tlak, viz obrázek 13. Umístění se provede otáčením sondou o 45° do obou stran. Pokud nastane situace, že na pozici -45° a $+45^\circ$ je tlak stejný, pak na pozici 0° je celkový tlak a snímač zcela přesně nasměrován proti toku média [23].



Obrázek 13 – Schéma nastavení válcové sondy [24]

4.2 Průtokoměry rychlostní

Principem těchto průtokoměrů je měření střední rychlosti proudící kapaliny. Ke snímání rychlosti se používají šroubová nebo lopatková kola, viz obrázek 14. Kinetickou energií proudící kapaliny jsou kola uváděna do otáčivého pohybu. Přístroje měří průtok dostatečně přesně až od určité minimální hodnoty průtoku. Proto nejsou tyto průtokoměry vhodné pro malé rychlosti proudící kapaliny [12].



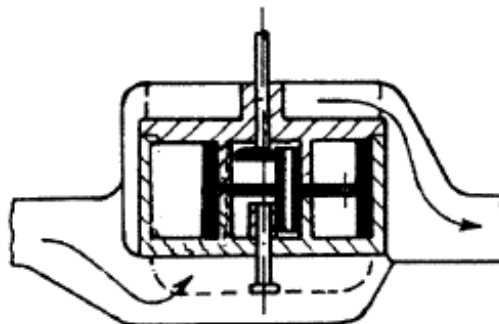
Obrázek 14 – Schéma rychlostních průtokoměrů [21]

4.3 Průtokoměry objemové

Objemové průtokoměry pracují na principu objemové metody, kdy se využívají jako etalony pro ověření a kalibraci ostatních průtokoměrů. Objemová měřidla průtoku pracují buď přerušovaně, nebo nepřerušovaně. U měřidel s přerušovanou činností probíhá měření dvoufázově, tj. fáze plnění a fáze vyprazdňování. Měřidla s nepřerušovanou činností jsou vybavena několika odměrnými prostory, které se postupně plní a vyprazdňují [15].

4.3.1 Průtokoměr s krouživým pístem

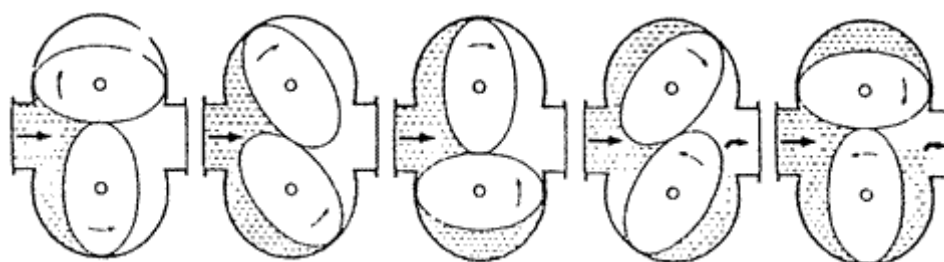
U tohoto průtokoměru kapalina protéká v dolní části odměrné komory vstupními otvory, kde tlak, který vyvolá kapalina, uvádí píst do pohybu, viz obrázek 15. Poté se zaplní odměrný prostor a dojde k změření objemu. Dalším pohybem pístu kapalina odtéká z měřidla pomocí výtlačných otvorů [13].



Obrázek 15 – Schéma průtokoměru s krouživým pístem [25]

4.3.2 Průtokoměr s oválovými koly

Tento průtokoměr s oválnými koly je velmi rozšířený v průmyslu, hlavně u velmi viskózních tekutin. V přesně vyrobené komoře jsou umístěna dvě pohybuující se oválná tělesa, která jsou opatřena ozubením po obvodu, viz obrázek 16. Ozubení je velmi přesné s minimální vůlí. Tolerance jednotlivých součástí měřidla na sebe úzce navazují. Odměrné komory průtokoměru se střídavě plní a vyprazdňují. Počet otáček oválových kol je přímo úměrný proteklému množství kapaliny, přičemž je znám přesný objem odměrného prostoru v průtokoměru [15].



Obrázek 16 – Princip činnosti průtokoměru s oválovými koly [25]

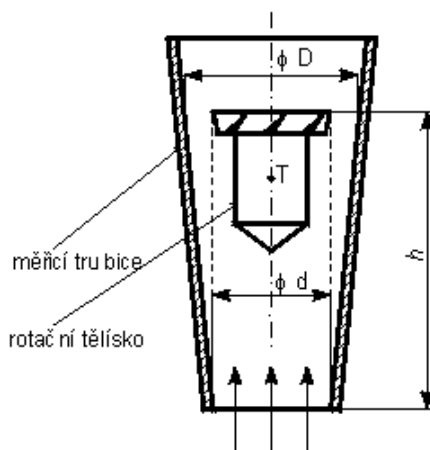
Tato měřidla mají poměrně vysokou tlakovou ztrátu, která silně závisí na velikosti tření v ložiskách, hustotě měřené kapaliny a dynamické viskozitě kapaliny [13].

4.4 Průtokoměry plovákové

Tyto snímače průtoku mají proměnný průřez. Přístroje pracují na principu pohybu plováku, který se nadnáší pomocí proudící kapaliny při nepřetržitém tlakovém rozdílu nad a pod plovákem. Změnu polohy plováku vyvolává změna rychlosti proudící kapaliny [12].

4.4.1 Rotační průtokoměr (rotametr)

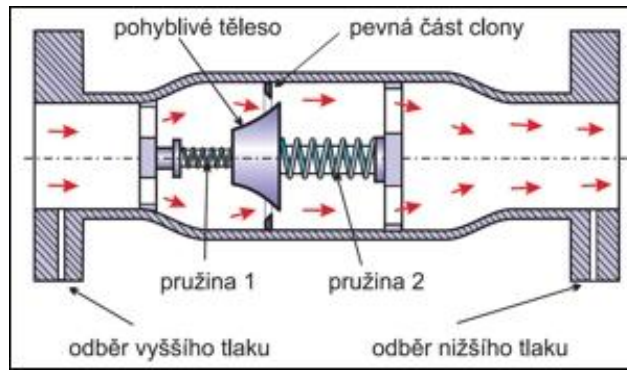
V rotametrů se vznáší rotační tělísko pomocí proudění kapaliny, viz obrázek 17. Na druhu kapaliny závisí tvar i materiál, ze kterého je plovák vyroben. Pokud chceme rotametr použít pro měření průtoku jiného druhu kapaliny, musí se průtokoměr zkalibrovat. Pokud rotametrem nic neprotéká, plovák je umístěn v zarážce na spodní části komory. Naopak, pokud snímačem proudí kapalina, pak se plovák pohybuje směrem vzhůru, dokud nenastane rovnováha mezi tíhou plováku a hydrodynamickou silou. Toto měřidlo pracuje pouze ve svislé poloze [12].



Obrázek 17 – Schéma rotametru [21]

4.4.2 Pružinový průtokoměr

Správně tvarovaný plovák u pružinového průtokoměru je při nulovém průtoku v uzavírající poloze. Pružina zajišťuje polohu plováku, viz obrázek 18. Poloha plováku je následně převedena buď mechanicky na ukazatel, nebo je měřena tlaková diference před a za plovákem. Tento měřič může být nainstalován v jakékoli poloze [12].



Obrázek 18 – Schéma pružinového průtokoměru [26]

4.5 Průtokoměry elektrické

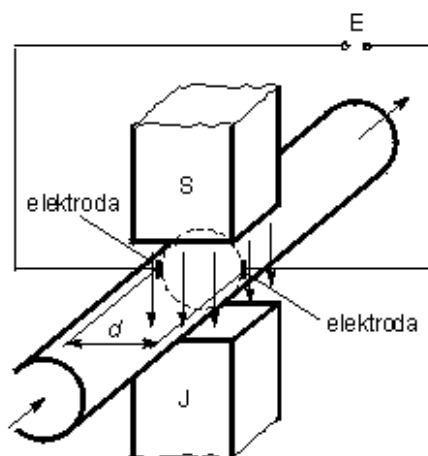
Průtokoměry elektrické můžeme rozdělit na průtokoměry magnetické, hmotnostní, vírové, s kmitajícím médiem a ultrazvukové [14].

4.5.1 Magnetické průtokoměry

Princip magnetického průtokoměru je založen na Faradayově zákonu, tedy indukování napětí ve vodiči při pohybu v magnetickém poli. Vodič je v tomto případě vodivé médium [14].

Stejnoseměrné průtokoměry

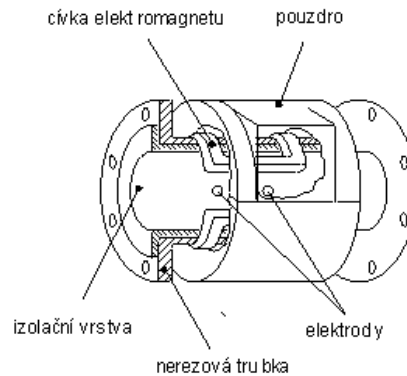
Stejnoseměrné průtokoměry jsou výhodné, jelikož mají jednoduchou konstrukci magnetických obvodů. Obvykle používají permanentní magnety, viz obrázek 19. Nevýhodou jsou ale velké problémy spojené se zpracováním malých stejnosměrných napětí a zároveň možnost vzniku elektrolýzy v proudící kapalině [15].



Obrázek 19 – Princip stejnosměrného průtokoměru [21]

Střídavé průtokoměry

Pomocí horní propusti umožňuje střídavé magnetické pole oddělit rušivá stejnosměrná napětí a mohou hlavně použít střídavé zesilovače, u kterých se neprojevuje samovolný posuv nuly, tzv. drift. Na obrázku 20 je znázorněno uspořádání průtokoměru [15].



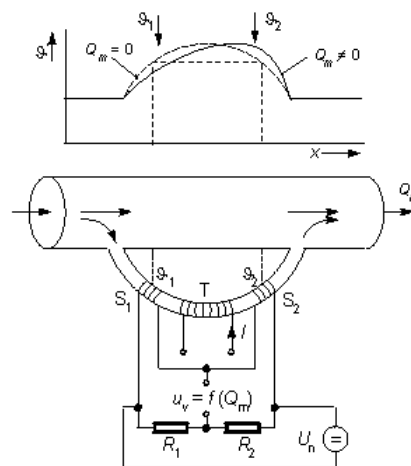
Obrázek 20 – Střídavý průtokoměr [21]

4.5.2 Hmotnostní průtokoměry

Hmotnostní průtokoměry využívají při měření změny různých fyzikálních veličin, jako například změny teploty nebo síly, které působí v potrubí vyvolané proudem kapaliny, tzv. Coriolisův princip [13].

Kalorimetrický průtokoměr

Na rozdíl od hmotnostního termoanemometru se u kalorimetrického hmotnostního snímače měří zvýšení teploty, které je způsobeno prouděním média. Kalorimetrický průtokoměr bývá nejčastěji namontován na tenkostěnné obtokové kapiláře, která má předem definovaný průměr (kolem 1 mm). Kapilárou proudí jen určitá část média procházející průtokoměrem, jak je vidět na obrázku 21 [27].



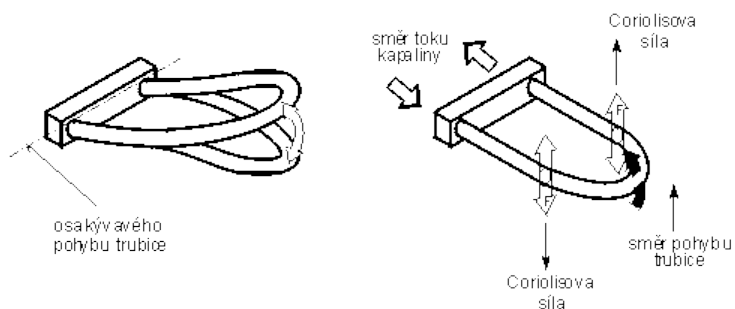
Obrázek 21 – Střídavý průtokoměr [21]

Kapilára má uprostřed topné vinutí T a teplota na stěně je měřena pomocí senzorů teploty (S1 a S2), které jsou umístěny symetricky od topného vinutí. Jako senzory teploty jsou nejčastěji využívány termistory, platinové odporové teploměry nebo jiné rezistory, jejichž signál je vytvářen Wheatstonovým můstkem [27].

Coriolisův průtokoměr

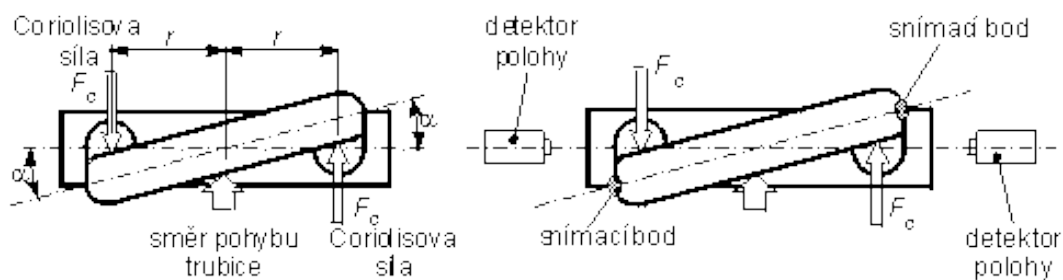
Tento průtokoměr využívá princip Coriolisovy síly. Na těleso o určité hmotnosti pohybující se v soustavě, která se otáčí úhlovou rychlostí, působí Coriolisova síla, která vyvolává Coriolisovo zrychlení [13].

Uspořádání měřicí trubice mohou být různá. Nejčastěji se používá trubice, která má tvar písmene “U”, viz obrázek 22. Silovým působením elektromagnetu je měřicí trubice vertikálně rozkmitávána. Periodická budicí síla je zobrazena černou šipkou. Budicím kmitočtem bývá nejčastěji rezonanční kmitočet měřicí trubice. Při průtoku tekutiny budou na obě stejně velká ramena trubice působit proměnné Coriolisovy síly F_C . Orientace vektoru síly bude opačná ve vtokové a výtokové části trubice. Působením dvojice sil vznikne krouticí moment, který způsobí zkroucení trubice o úhel α [27].



Obrázek 22 – Měřicí trubice Coriolisového průtokoměru [21]

Maximální zkrut při pohybu měřicí trubice směrem nahoru je zobrazen na obrázku 23. Pomocí dvou polohových sensorů se provádí vyhodnocení maxima periodicky proměnného krouticího momentu. Pro měření deformace se využívá optických nebo bezdotykových magnetických snímačů. V elektronických obvodech je dále zpracován z polohových detektorů signál, který je lineárně úměrný hmotnostnímu průtoku [27].



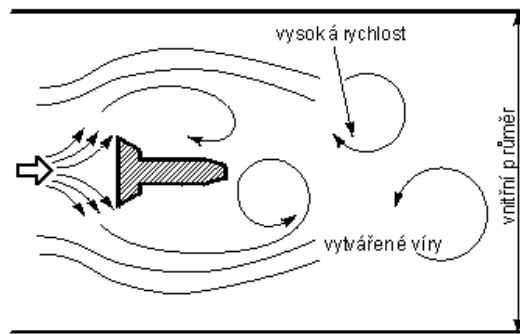
Obrázek 23 – Zkrut Coriolisového průtokoměru [21]

4.5.3 Vírové průtokoměry

Vírové průtokoměry můžeme použít k měření průtoku plynu, páry i kapaliny. Vyznačují se velkým měřicím rozpětím, tzn. poměrem mezi minimální a maximální měřenou hodnotou. Nepotřebují prakticky žádnou údržbu, jsou provozně spolehlivé a přesné [28].

U vírového průtokoměru se využívá princip Kármánovy vírové stezky. Postavením válcové překážky do proudu vzduchu či vody vzniká za touto překážkou rytmičtá proudice. Tvoří se skupiny vírů, kdy se každé dva sousední víry točí v opačném směru.

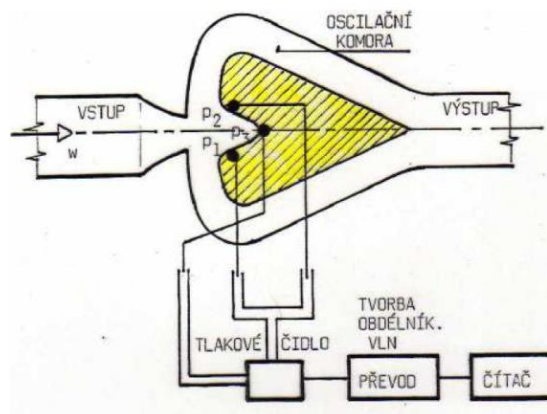
V trubici průtokoměru je nainstalováno vírové těleso, které má lichoběžníkový průřez. Na ostrých bočních hranách vírového tělesa vznikají víry, které jsou strhávány proudícím médiem, viz obrázek 24. Víry jsou strženy periodicky s frekvencí. Tato frekvence je úměrná rychlosti proudícího média kolem vírového tělesa. Z frekvence strhávání vírů a průřezu měřicí trubice průtokoměru lze vypočítat objemový průtok média [28].



Obrázek 24 – Princip vírových průtokoměrů [21]

Průtokoměr s kmitajícím médiem

Uvnitř měřicí sondy je přepážka, díky které se vytváří střídavé víry. Každý má změnu rotace a zároveň střídavě zesilují a slábnou. Pro měření tlaků jsou na přepážce souměrně umístěny dva otvory p_1 a p_2 , viz obrázek 25. Pomocí převodníku je tlak v sinusovém tvaru převeden na obdélníkový signál. V místě p_3 je měřen statický tlak, který se využívá k eliminaci chyb měření [23].



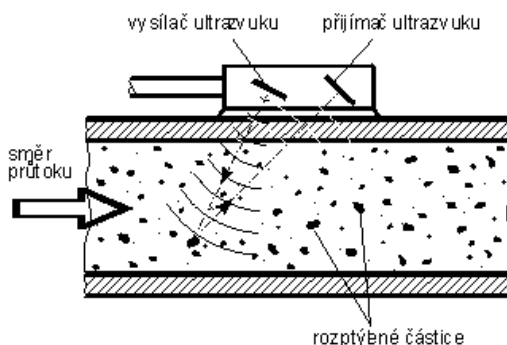
Obrázek 25 – Princip průtokoměru s kmitajícím médiem [23]

Ultrazvukový průtokoměr

Ultrazvukové průtokoměry lze rozdělit na dvě skupiny, a to na průtokoměry na principu Dopplerova jevu, nebo průtokoměry, u kterých se vyhodnocuje doba průchodu ultrazvukového signálu [15].

Průtokoměr, který využívá Dopplerův jev, můžeme využít, pokud proudící médium obsahuje některé částice odrážející zvuk, jako jsou např. bubliny vzduchu či pevné částice. Průtokoměr tohoto typu nemůže pracovat bez těchto částic.

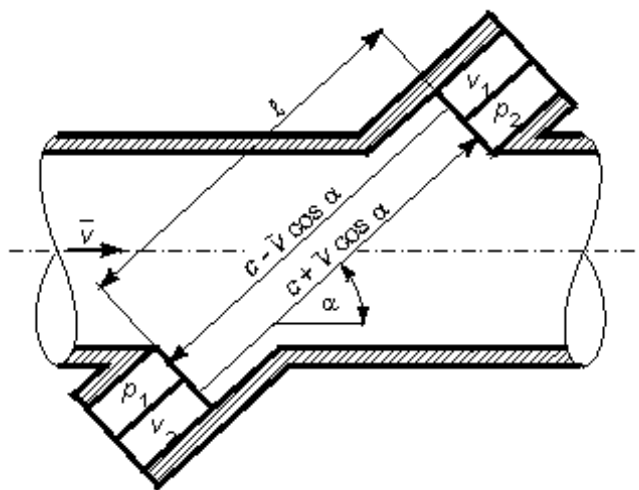
Průtokoměr je složen z vysílače a přijímače ultrazvukových vln připevněných na stejné straně potrubí, jak je zobrazeno na obrázku 26 [15].



Obrázek 26 – Průtokoměr využívající Dopplerův jev [21]

Vysílačem je do proudící kapaliny vysílán ultrazvukový signál o známé frekvenci kolem 0,5 MHz. Uvnitř kapaliny dojde k odrazu tohoto signálu od pohybujících se částic. Po zachycení odraženého signálu přijímačem se vyhodnocuje změna frekvence přijatého signálu. Rychlost proudícího média je úměrná změně frekvence [14].

Průtokoměry, které vyhodnocují dobu šíření ultrazvukového signálu, se vyrábějí v diferenčním zapojení. Ultrazvukový signál se vysílá ve směru, i proti směru proudění, viz obrázek 27 [13].



Obrázek 27 – Průtokoměr vyhodnocující dobu šíření ultrazvukového signálu [21]

Ultrazvukové signály se u tohoto průtokoměru vysílají ve formě impulsů. Hodnotí se časový rozdíl při průchodu impulsů v obou směrech šíření. V potrubí bývají zabudovány dvě dvojice vysílačů a přijímačů ultrazvuku [15].

4.6 Porovnání jednotlivých typů průtokoměrů

V tabulce 1 jsou přehledně uvedeny hlavní parametry jednotlivých typů průtokoměrů.

Tabulka 1 – Porovnání metod měření průtoku [29]

Typ průtokoměru	Snímač průtoku	Tlaková ztráta	Přesnost (procenta z měřicího rozsahu)	Rozsah průtoku ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	Použití
Dynamický	Pitotova nebo Prandtlova trubice	malá	2 až 5	1 až 10^3	Nejčastěji pro jednorázové měření
	Clona, Venturiho trubice nebo Dýza	střední až velká	0,5 až 2	10^{-4} až 10^3	Dříve nejrozšířenější, dnes na ústupu
	Valcová sonda	velká	0,5 až 5	10^{-5} až 10	Laboratorní měření
Rychlostní	Šroubový (axiální)	velká	0,1 až 2	10^{-4} až 10^3	Pro vysoké tlaky a teploty
	Lopatkový (radiální)	velká	0,1 až 2	10^{-4} až 10^3	Měření množství užitkové a pitné vody
Objemový	S krouživým pístem	střední	do 0,1	10^{-3} až 10^2	Vhodné jako etalon
	S oválovými koly	střední až velká	0,1 až 2	10^{-4} až 10^3	Bilanční měřidla
Plovákový	Rotační nebo plovákový	střední	0,5 až 5	10^{-4} až 10^3	Laboratorní i provozní měření
Elektrický	Magnetický	žádná	0,5 až 2	10^{-3} až 10^5	Pouze pro elektricky vodivé kapaliny, necitlivé na změnu hustoty, viskozity a tlaku
	Hmotnostní	malá až střední	0,5 až 2	10^{-5} až 10^3	Vhodné pro měření velmi malých tlaků
	Vírový	střední	0,5 až 1	10^{-2} až 10^4	Nevhodné pro malé průtoky, snadné zpracování frekvenčního výstupu

Nulovou tlakovou ztrátu zaručují prakticky pouze magnetické snímače průtoku. Pitotova a Prandtlova trubice se řadí k průtokoměrům s malou ztrátou tlaku při měření průtoku. Naopak rychlostní průtokoměry mají velkou tlakovou ztrátu.

Nejpřesnější metoda měření průtoku je metoda objemová, kterou následují průtokoměry elektrické. Mezi méně přesné snímače se řadí průtokoměry dynamické a plovákové.

Největší rozsah průtoku mají průtokoměry elektrické. Průtokoměry rychlostní mají také vcelku velký rozsah průtoku. Naopak nejhůře na tom jsou Pitotova a Prandtlůva trubice.

Dříve nepoužívanější průtokoměry byly průtokoměry využívající clonu, venturiho trubici nebo dýzu. Dnes už se čím dál častěji přechází na průtokoměry elektrické a to zejména z důvodu jednoduššího zpracování naměřených dat. Na laboratorní měření se nejčastěji používá válcová sonda. Šroubový snímač průtoku se používá pro měření s vysokým tlakem a teplotou. Lopatkový snímač průtoku se dnes nejčastěji používá pro měření přítoku pitné nebo užitkové vody. Jelikož objemové průtokoměry jsou nejpřesnější, používají se jako etalony.

5 ICAR

ICAR je mezinárodní nevládní organizace, která vznikla 9. března 1951 v Římě. Poskytuje celosvětovou otevřenou a bezpečnou síť, která sdílí a spolupracuje se zainteresovanými stranami v živočišné produkci. Spoluprací a sdílením se snaží stimulovat živočišnou výrobu na celém světě. ICAR má 117 členů z 59 zemí [30].

ICAR se snaží pomoci svým členům, aby se stali konkurenceschopnými, a mohli tak poskytovat příslušné služby zemědělcům a nakonec hlavně spotřebitelům. Zaměřují se na inovace, vědecko-výzkumné diskuze a dopad nových technologií na dále prováděné služby v zemědělství [30].

Cílem sdružení ICAR je podporovat rozvoj identifikace zvířat, měření nádoje a složení mléka, a také celkové hodnocení v oblasti produkce hospodářských zvířat. Těchto cílů dosahují díky stanoveným definicím, pravidlům a normám. Pravidla zajišťují správnou identifikaci zvířat, registraci jejich rodičů a hodnocení genetiky [30].

5.1 Certifikace ICAR

ICAR působí v pěti hlavních oblastech certifikace. Patří sem měřicí přístroje a mlékárny, zařízení pro identifikaci zvířat, akreditované laboratoře pro ověření původu, certifikáty kvality a zkoušky odbornosti mléčných laboratoří [31].

Postup certifikace na zařízení pro měření a odběr vzorků začíná přihlášením produktu na certifikaci. Dále určená komise zvolí zkušební postup a plán testů. Následuje samotné testování zařízení. Poté kontrola kalibrace a nakonec probíhá kontrola a je vyhotoven protokol o certifikaci zařízení [32].

5.2 Požadavky na zařízení a systémy pro měření mléka

Zřízení pro měření mléka musí splňovat normu ISO 3918. Zařízení musí být navržena tak, aby fungovala v podmínkách mechanického dojení podle norem ISO 5707 a ISO 20966. Materiály používané ve výrobě zařízení pro měření mléka musí splňovat požadavky normy ISO 5707/20966 a právní ustanovení v zemi členské organizace. Výrobci musí specifikovat přesné podmínky, za kterých je zařízení navrženo, aby správně fungovalo a poskytnout písemný návod pro obsluhu. Měřicí zařízení pro mléko by mělo mít měřicí a vzorkovací kapacitu na výtěžnost mléka

alespoň 40 kilogramů pro skot, 15 kilogramů pro buvoly, 6 kilogramů pro kozy a 3 kilogramy pro ovce [33].

5.2.1 Požadavky na materiály

Všechny části, které jsou vystaveny podtlaku, musí být navrženy a konstruovány tak, aby vydržely minimální podtlak 90 kPa bez trvalých deformací. Materiály, které mohou být nebezpečné, pokud se poškodí (např. sklo), musí být navrhovány se součinitelem bezpečnosti 5 proti vnějšímu tlaku, takže musí vydržet tlak 5 x 90 kPa [34].

Povrchy přicházející do styku s mlékem musí být vyrobeny z netoxických, inertních a neabsorpčních materiálů. Materiál nesmí způsobovat a přenášet kontaminaci. Dále je nutná odolnost proti korozi a umožnění čištění s dezinfekcí [35].

Všechny materiály, které přicházejí do kontaktu s mlékem nebo čistícím roztokem, musí být konstruovány tak, aby vydržely maximální teplotu v zařízení, které je pro tento účel použito. Plochy, které jsou v kontaktu s mlékem, nesmí mít rýhy a nerovnosti. Veškeré kovy přicházející do kontaktu s mlékem musí mít drsnost povrchu menší jak 2,5 μm . Drsnost svarů nesmí přesáhnout 16 μm . Součásti z mědi a slitiny mědi nesmí přijít do kontaktu s mlékem, dezinfekčním roztokem a ani vodou, a to z důvodu zdravotní nezávadnosti [34].

5.3 Měřič mléka

Měřič mléka musí být navržen tak, aby umožňoval snadnou manipulaci pro obsluhu v době, kdy je připojené k dojicímu zařízení. Kromě toho musí být odolné vůči všem podmínkám, které se vyskytují v normálním pracovním prostředí. Všechny součásti, které jsou vystaveny opotřebení, musí být snadno vyměnitelné. Tyto součásti jsou uvedeny v podmínkách pro montáž elektronických mléčných měřidel výrobcem měřiče. Pokud je měřič vybaven kalibračním zařízením nebo možností kalibrace, musí být přijata odpovídající opatření, kvůli neoprávněné změně nastavení [33].

5.4 Testování

Testování zařízení probíhá v laboratoři a v terénu. Metodika testování se liší podle druhu zařízení, které je testováno [33].

5.4.1 Laboratorní test

Cílem této zkoušky je zhodnotit zařízení především v teoretické rovině. Během laboratorní zkoušky se ověřuje spolehlivost zařízení pro různé podmínky, a to v jejich plném rozsah. Zároveň se testuje spolehlivost zařízení, například při odvodu vzduchu nebo náklon zařízení. Dále se kontroluje vliv vzorkovacího zařízení na mléko, hodnota FFA (volné mastné kyseliny) a úroveň podtlaku. Pro testování musí být k dispozici vždy dvě zařízení. Používá se zkušební zařízení složené z umělého vemene, standardního klastru a pulzačního systému, jak je uvedeno v normě ISO 6690 pro mechanické zkoušení dojíčích zařízení. Úroveň podtlaku a přívod vzduchu do clusteru je nastaven na požadovaný test [33].

5.4.2 Zkoušky v terénu

Pro vyhodnocení výkonu zařízení pro měření mléka je třeba provést zkoušky v provozních podmínkách. Tyto testy se provádějí za normálních podmínek dojení na hospodářstvích s reprezentativní úrovní pro plemeno a zemi. Charakteristiky dojíčích stroje a průtoku mléka mají zásadní vliv na přesnost zařízení pro měření mléka. Dojení na farmách, ve kterých se zkoušky provádějí, musí být v souladu s normou ISO 5707 [33].

6 Principy činnosti vybraných průtokoměrů

V následující kapitole se budu věnovat popisu vybraných zařízení pro měření průtoku mléka, které jsou používány v praxi. Tyto zástupce průtokoměrů jsem vybral, jelikož jsem sehnal podrobné materiály o jejich principu měření. Dále jsem vybíral jak měřiče stacionární, tak měřiče průtoku určené pro mobilní dojení.

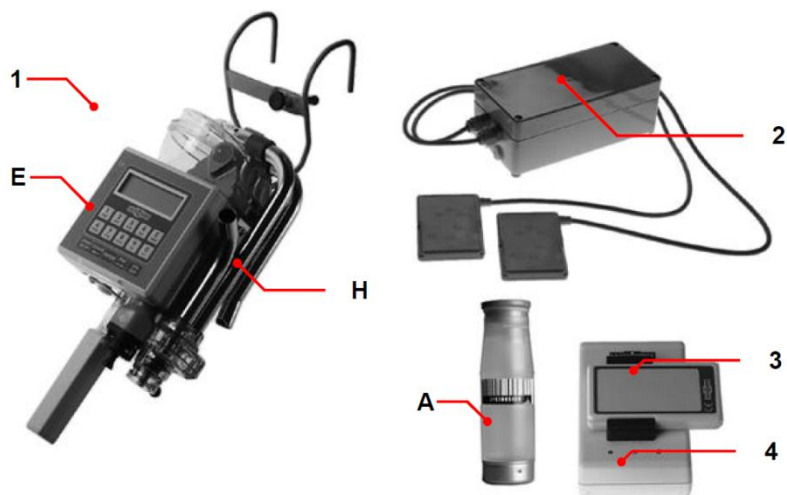
6.1 LactoCorder

Měřič průtoku mléka LactoCorder je produkt společnosti WMB AG Company sídlící ve Švýcarsku. Tato firma je malý podnik s přibližně 20 zaměstnanci, ale i tak patří do světové špičky ve vývoji a výrobě systémů měření průtoku mléka. Firma se výhradně zaměřuje na přenosné průtokoměry, proto je přístroj určený hlavně pro dojení koz a ovcí. Tento přístroj získal první certifikaci od ICAR v roce 1998 [36].

6.1.1 Popis přístroje

LactoCorder je vybaven zcela novým typem patentovaného měřicího systému. Pulzující mléko se přenáší po dojení do komory průtokoměru přes odstředivou hlavu pomocí pulsujícího vzduchu potřebného pro samotný proces dojení. Zbytkový vzduch v mléce se může lišit díky vlivům systému dojení, toku a složení mléka. Zásobní komora pro měření je opatřena 60 měřicími elektrodami, přičemž je měřicí komora rozdělena na 60 stejně vysokých vrstev. Každá vrstva má 1,6 mm na výšku. Elektrická vodivost je měřena z mléka, které protéká mezi elektrody v příslušné vrstvě. Tuto hodnotu dále porovnáme s elektrickou vodivostí samotného plynu bez mléka, kterou měříme současně. Z těchto hodnot nám vyjde přesná hodnota obsahu plynu v kapalině v příslušné vrstvě, která není ovlivněna vodivostí mléka. Pomocí šedesáti měřících elektrod zaznamenáváme profil hustoty mléka. Tento systém pro průběžné měření hustoty mléka umožňuje jednak zaznamenat tok materiálu v kilogramech za minutu, tak i zároveň přesně měřit aktuální objemový průtok v litrech za minutu. To vše zvládne i při výrazném kolísání pěny v mléce, které je od zvířete ještě teplé. Dále LactoCorder na základě tohoto měření zpracovává výnos mléka, obsah pěny v mléce a elektrickou vodivost mléka. Snímač měří i teplotu dojeného mléka. Všechny tyto měřené proměnné jsou zaznamenávány průběžně během celého roku [37].

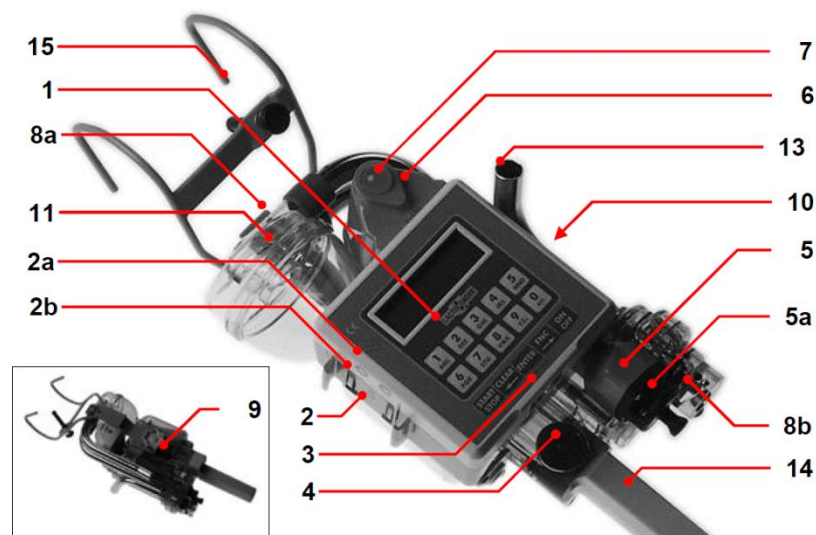
Přístroj LactoCorder je napájen baterií z nikl-hydrid-kadmia nebo samotného niklu. Přístroj a jeho příslušenství je zobrazen na obrázku 28. Kapacita baterií je 1700 mAh až 2500 mAh. Tyto baterie umožňují měření na 14 až 25 hodin [37].



Obrázek 28 – Příslušenství průtokoměru [37]

- 1 - Měřicí přístroj s 50 ml vzorkovačem, vestavěným skenerem pro čárový kód vzorku a baterií,
- 2 - nabíječka baterií,
- 3 - datapack (datové médium),
- 4 - čtečka pro datapack a zapisovací stanice pro PC,
- E - elektronická část přístroje,
- H - hydraulická část přístroje,
- A - analytická lahvička s ID (čárovým kódem) [37].

Datapack slouží jako nosič dat v rámci systému. Firma má k dispozici tři různé datové nosiče, a to s velikostí úložného prostoru 128 kB, 512 kB a 2 MB, přičemž 1 kB informace odpovídá cca 10 minutám měření. Čtečí stanice pro datové nosiče je propojena s počítačem pomocí USB rozhraní. Podrobnější popis měřicího zařízení LactoCorder je na obrázku 29 [37].



Obrázek 29 – Podrobný popis měřiče [37]

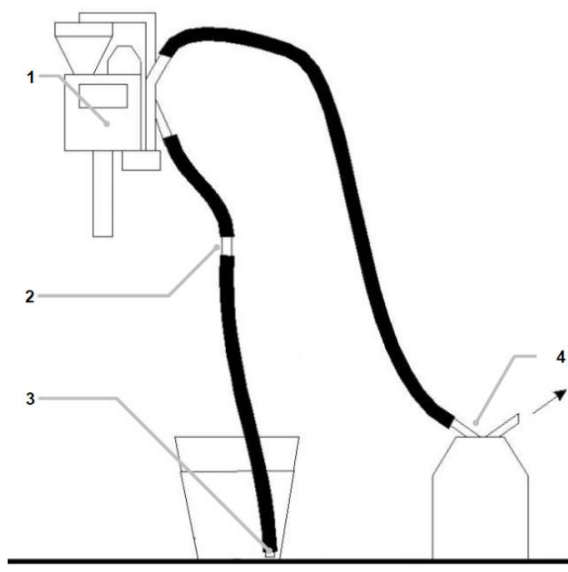
- 1 - Ovládací panel složený z displeje a klávesnice,
- 2 - kontakty pro nabíjení a přenos dat,
- 3 - ID skener,
- 4 - otočný ventil pro vzorkování,
- 5 - držák pro vzorkovnici,
- 5a - zátka vzorkovacího otvoru při měření bez odběru vzorků,
- 6 - pouzdro baterie,
- 7 - indikátor průtoku mléka - výstražná kontrolka,
- 8a, 8b - páky pro přepnutí mezi dojením nebo čištěním,
- 9 - středová matice k uvolnění hydraulické části,
- 10 - připojení hadice z dojicího zařízení,
- 11 - odstředivá hlava oddělovací transportní vzduch,
- 13 - výstup mléka do potrubí,
- 14 - rukojeť,
- 15 - závěsná konzola [37].

Měřicí přístroj je integrován do čistícího okruhu vlastní dojírny. Velké částice nečistot, jako jsou kousky slámy, zbytků krmiv nebo vloček, by měly být odstraněny před zahájením čištění. To se provádí otevřením LactoCorderu středovou maticí,

kteřá je umístěna v zadní části přístroje. Síto umístěné v předkomorové nádobě se pak může odstranit a vyčistit. Měřicí systém splňuje licenci ochranného systému IP64, což znamená, že je chráněn před prachem a postřikem vody. Čištění vnější plochy měřiče by mělo být prováděno pouze otřením vlhkým hadříkem, z důvodu možného poškození elektronických dílů měřiče tekoucí vodou [37].

6.1.2 Kontrola přístroje dle ICAR

Jednou za rok se provádí povinná kontrola zařízení, dle instrukcí od ICAR. Tato pravidelná kontrola slouží k zajištění přesnosti měření. Pro tuto kontrolu se využívá vakuové čerpadlo s podtlakem 40 až 50 kPa, hadice s vnitřním průměrem 14-16 mm, reduktor průtoku (průtok testovací kapaliny cca 5,5 kg / min), mezikus s přívodem vzduchu, kalibrované elektronické váhy, nádobu s minimálně 15 litry objemu, dojicí nádobu pro příjem testovací kapaliny a teploměr. Zapojení pro zkoušku je znázorněno na obrázku 30 [38].



Obrázek 30 – Schéma zkoušky měřiče LactoCorder [38]

- 1 - Přístroj LactoCorder ve výšce cca 1,5 metru,
- 2 - mezikus s přívodem vzduchu,
- 3 - reduktor průtoku,
- 4 - připojení čerpadla s pod tlakem [38].

Pro správné měření je potřeba zvolit vhodnou testovací kapalinu. Dobře rozmíchaná testovací kapalina se skládá z vody a roztoku Neoagrar Top S. Voda musí mít teplotu 20 °C s tolerancí ± 5 °C. Neoagrar Top S tvoří 0,3 % celkového objemu testovací kapaliny. Tekutina na měření se musí spotřebovat v den namíchání a může být použita až pro 50 měření [38].

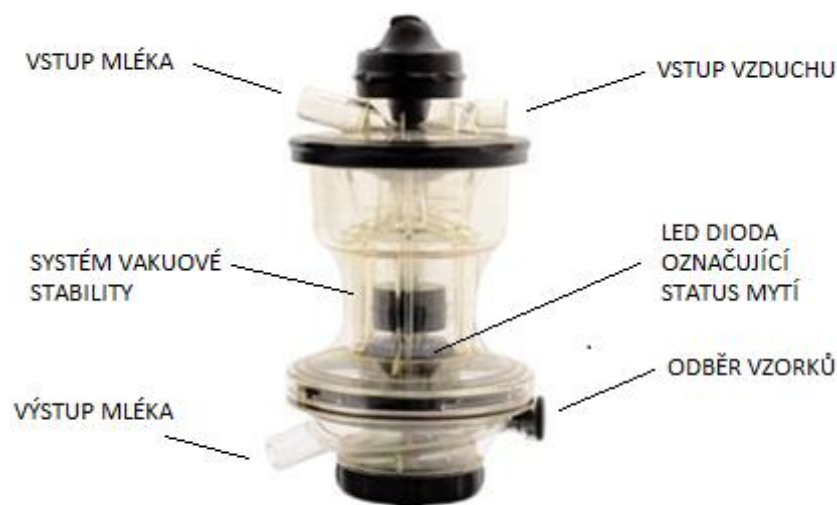
Kontrola spočívá ve vážení měřicí kapaliny. Pokud hmotnost neodpovídá naměřené hodnotě, pak je pravděpodobná jedna z následujících příčin: vzorkovací ventil nebyl řádně vyčištěn, chybí kroužkové těsnění pro ventilaci vzduchu při odběru vzorků, vzorkovací láhev je poškozená v oblasti hrdla, o-kroužek na držáku lahve je poškozen nebo je trhлина v pouzdru vzorkovacího držáku [38].

6.2 MilkMeter Volumetric

Měřič MilkMeter Volumetric (MMV) vyrábí firma InterPuls, která má sídlo v Itálii. Společnost byla založena roku 1974. Nyní ve firmě pracuje kolem 85 zaměstnanců. Jelikož InterPuls investuje 10 % ročního obrátu do výzkumu a vývoje, měla firma registrovaných za posledních 5 let 30 patentů. Od roku 2014 dosáhla certifikátu ISO14001, který je známkou ochrany životního prostředí. Průtokoměr MMV prošel první certifikací od ICAR v roce 2018 [39].

6.2.1 Popis přístroje

MMV je zařízení určené k měření množství mléka získaného během dojení, měření relativního průtoku, měření teploty mléka a měření vodivosti mléka. MilkMeter Volumetric je navržen tak, aby fungoval v kombinaci s panelem InterPuls iMilk600 nebo InterPuls ACR-SMART. Tyto panely ovládají pulsování potřebné k dojení. Průtokoměr mléka má zabudovanou led-diodu, která svítí při probíhající fázi mytí, viz obrázek 31. Pro odběr vzorků je nutné doinstalovat vzorkovač, který není součástí samotného průtokoměru [39].



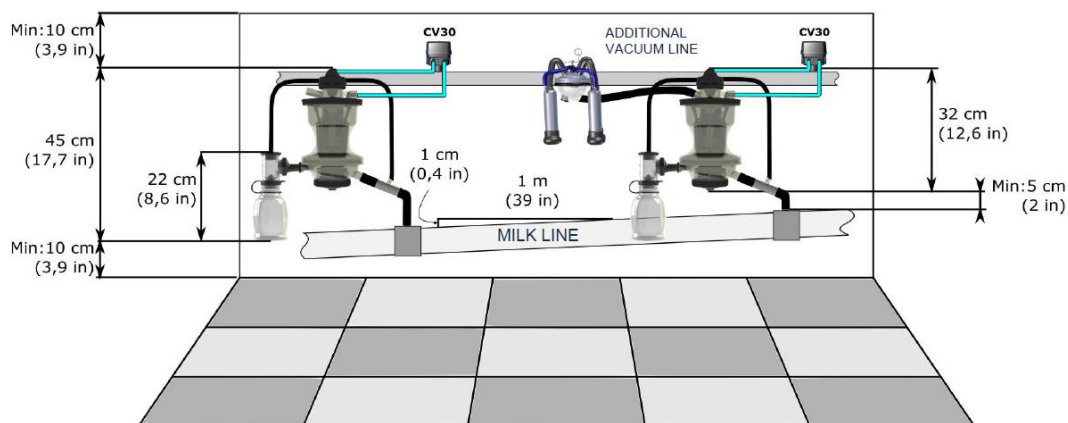
Obrázek 31 – Popis měřiče MMV [39]

Tento měřič detekuje průtok pomocí objemové metody měření, která patří mezi nej přesnější na trhu. Pomocí dvojitého prostoru je mléko měřeno extrémně přesným způsobem a zaručuje stabilitu vakuové hladiny a snadné čištění [39].

Průtokoměr MMV pracuje s provozním vakuem od 20 do 60 kPa. Měřitelné průtoky mléka jsou od 0 do 12 l/min. Provozní teploty dojírny musí být v rozmezí + 3 °C až + 40 °C. Přesnost při měření množství mléka je udávána $\pm 2\%$. Teplota

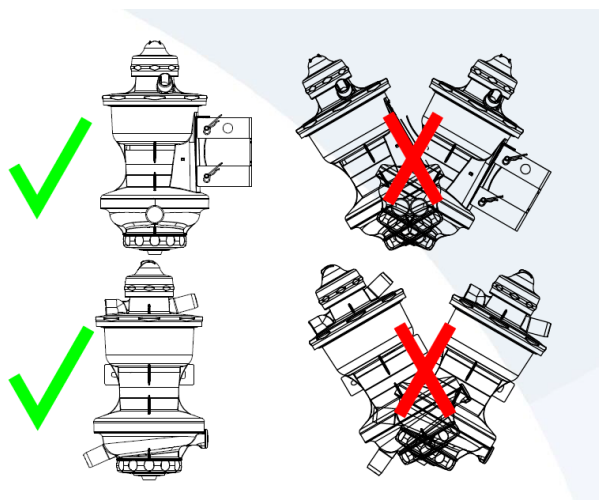
je měřena s přesností ± 2 °C. Přesnost při měření vodivosti je $\pm 0,5$ mS. Hmotnost samotného průtokoměru je přibližně 1,1 kg [40].

Tento systém měření průtoku se nejvíce používá u rybinových a paralelních dojíren. Přesné zapojení průtokoměru je znázorněno na obrázku 32 [40].



Obrázek 32 – Zapojení měřiče MMV [40]

Volumetrický mléčný měřič má vlastní konzolu pro montáž na stěnu. Pro správnou funkci musí být snímač sestaven ve zcela svislé poloze (povolená odchylka je ± 2 °), viz obrázek 33 [40].



Obrázek 33 – Poloha zapojení měřiče MMV [40]

MMV musí být na konci každého dojení sanitováno, aby se odstranily bakterie a veškeré tuhé usazeniny uvnitř snímače. Během mycího cyklu ovládací panely řídí mytí měřiče střídáním fází naplnění, ve kterých se měřič celý zaplňuje, aniž by byl spuštěn vypouštěcí ventil a fází vyprázdnění, ve které měřidlo dosáhne hladiny odtoku a spouští vypouštěcí ventil. Střídavými fázemi naplnění a vyprázdnění během počátečního oplachování, recirkulace s chemikáliemi

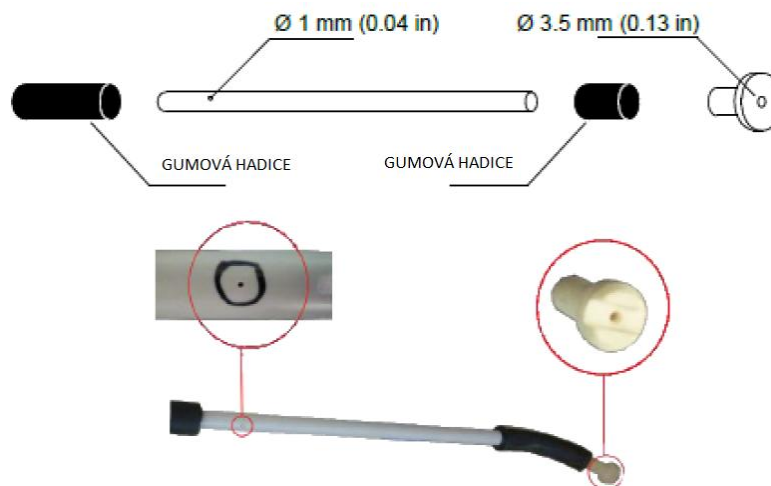
a konečného oplachu je zajištěno důkladné vyčištění měřiče. Tři krát týdně se provádí mytí s roztokem vody a kyseliny fosforečné nebo fosfonitové, v koncentraci nepřesahující 3% [40].

Pro správné fungování snímače je doporučeno vyměnit těsnicí součásti, zejména pohyblivé části, každý rok nebo každých 3000 provozních hodin. Tato výměna zahrnuje především veškerá těsnění [40].

6.2.2 Kontrola přístroje dle ICAR

Panely, které lze kombinovat s průtokoměrem MMV, jsou nastaveny z výroby typickým průměrným kalibračním parametrem. Mohou se lišit parametry zapojení snímače, a to hlavně výškou od mléčného potrubí, pak je potřeba každý nově zapojený přístroj kalibrovat. Pro průměrnou kalibraci postačí kalibrovat 1 nebo 2 přístroje celé dojírny a převést parametr kalibrace na zbytek snímačů. Je doporučeno kalibrovat celý systém nejméně jednou za rok, aby byla zajištěna přesnost měření [41].

Při kalibraci se využije plastová trubka s nasávacím otvorem $\text{Ø } 3,5 \text{ mm}$, plastové potrubí s přívodem vzduchu o průměru 1 mm , nádoba s dostatečnou kapacitou (více než 10 l), kalibrované elektrické váhy (s přesností alespoň 0,1 kg) a teploměr. Připojení je znázorněno na obrázku 34 [41].



Obrázek 34 – Připojení při kalibraci MMV [41]

Zkouška začíná naplněním nádoby 10 litry vody o teplotě přibližně 25 °C až 50 °C . Dále se spustí proces dojení. Následně se váží změřený roztok a na závěr se kontrolují odchylky alespoň třech měření [41].

6.3 Metatron

Produkt Metatron vyrábí firma Westfalia Separátor, která spadá pod globální skupinu GEA. Skupina GEA je jedním z největších dodavatelů technologií pro zpracování potravin. Globální skupina se zaměřuje na technologie, komponenty a udržitelná řešení pro sofistikované výrobní procesy na různých trzích koncových uživatelů. Vytváří zhruba 70 % svých příjmů v odvětví potravinářského a nápojového průmyslu. Společnost GEA byla založena v roce 1881. Dnes je společnost GEA globálně aktivní a vedoucí společností, známá svými vynikajícími technologiemi po celém světě. GEA má přibližně 18 tisíc zaměstnanců. Toto zařízení je jedno z nejrozšířenějších snímačů průtoku mléka v České republice. Metatron získal první certifikaci od ICAR v roce 1991 [42].

6.3.1 Popis přístroje

Metatron je přístroj na měření množství mléka při dojení. Skládá se z měřicí komory a elektronického regulátoru. Měřicí komora je zobrazena na obrázku 35. Regulátor vyhodnocuje množství nadojeného mléka a zobrazuje jej na displeji. Tento přístroj stanoví celkový nádoj v kilogramech, maximální minutový nádoj, průměrný minutový nádoj, dobu dojení konkrétní dojnice a množství nadojené na jednom dojícím zařízení. Při normálním dojení tento přístroj pracuje s nízkou chybou měření $\pm 0,6\%$ [43].

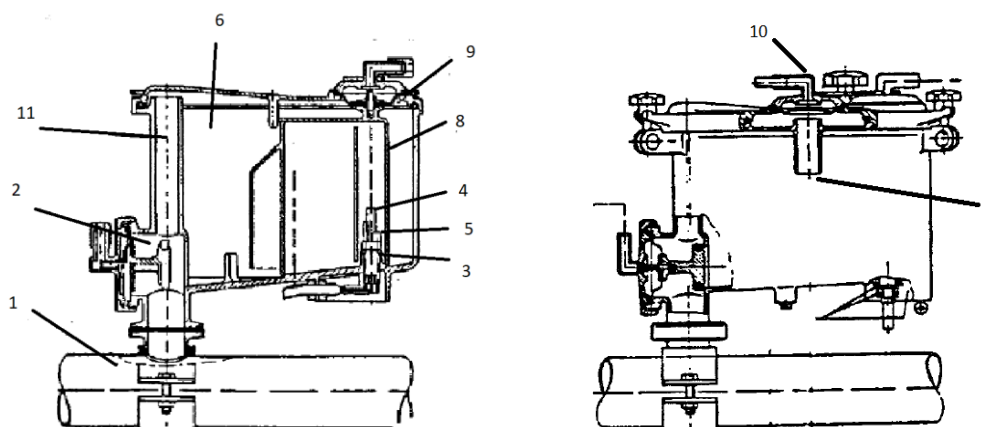


Obrázek 35 – Měřicí komora průtokoměru Metatron [44]

Regulátor ovládá rovněž automatické ukončení dojení a snímání dojící soupravy. Každý přístroj Metatron pracuje samostatně. V případě potřeby je možné přístroj Metatron propojit s počítačovým systémem řízení stáda [43].

S využitím identifikace dojnice při vstupu na dojící stranu lze před začátkem dojení načíst údaje o dojnici. Po vydojení jsou nově získané informace přiřazeny k již uloženým datům. Automatické předávání dat mezi regulátorem Metatron a nadřazeným počítačem umožňuje identifikace v dojárně [43].

Směs mléka a vzduchu proudící přes ventil od dojící soupravy je shromažďována v měřicí komoře a v pravidelných intervalech je vypouštěna přes ventil do mléčného potrubí. Vzduch je trvale odsáván kanálem. K ustálení hladiny mléka je měřicí elektroda umístěna v prostoru odděleném přepážkou, viz obrázek 36. Mléko přichází do měřicí komory otvory ve spodní části zařízení. Štěrbínou v horní části měřiče je měřicí komora odvětrávána. Během dojení je membrána vlivem vnějšího atmosférického tlaku přitlačována na horní část měřicí komory a tím ji uzavírá. V režimu dezinfekce je nad membránou podtlak a tím je měřicí komora otevřena [43].



Obrázek 36 – Schéma měřicí komory průtokoměru Metatron [43]

- 1 - Mléčné potrubí,
- 2 - vypouštěcí ventil,
- 3 - měřicí elektroda,
- 4 - horní čidlo hladiny,
- 5 - dolní čidlo hladiny,
- 6 - měřicí komora,
- 7 - přívod mléka,
- 8 - přepážka,

9 - membrána,

10 - uzavírací ventil,

11 - kanál na vzduch [43].

Hladina mléka v měřicí komoře je sledována měřicí elektrodou. Elektroda má čidlo pro horní a dolní hladinu. Tato čidla přesně vymezují měřicí objem. Jakmile dosáhne hladina spodní hranice, začne měření času plnění komory, které končí dosažením horní hladiny. Následně se otevře vypouštěcí ventil a měří se čas vyprázdnění. Mléko odtéká z měřáku do mléčného potrubí. Jakmile je spodní čidlo opět volné, uzavře se vypouštěcí ventil. Měření doby vyprazdňování končí a začíná nový měřicí cyklus [43].

Z doby plnění a objemu měřicí komory vypočítá přístroj okamžitý průtok mléka. Tento průtok je snímán rovněž během doby vyprazdňování do okamžiku začátku nového měřicího cyklu. Z průtoku a doby trvání jednoho měřicího cyklu je pak určeno množství mléka. Celkový nádoj je pak součtem jeho dílčího množství v jednotlivých cyklech a je indikován na displeji regulačního přístroje. Množství mléka, které je nutné na začátku dojení pro dosažení spodní elektrody, je k celkovému nádoji připočteno jako konstanta [43].

Mytí a dezinfekce měřicích nádob probíhá při dezinfekci celého mléčného rozvodu. Během mytí je vnitřní prostor měřicí komory periodicky plněn a vyprazdňován, což zajišťuje program regulátoru Metatron. Pro dokonalé vyčištění elektrody a všech vnitřních ploch měřicí komory je komora během mytí nadzvednuta membránou. Tím je uvolněno dostatečné místo pro průtok části mycího roztoku přicházejícího k měřicí komoře od dojící soupravy. Průběh programu mytí a dezinfekce je automatický. Tento program je vybaven funkcí kontroly správného průběhu celého procesu. Měřicí komoru z vnější strany lze opláchnout proudem vody [43].

Pravidelná údržba zařízení je předpokladem pro šetrné a kvalitní dojení. Proto výrobce doporučuje po každých 1500 hodinách nebo 12 měsících provozu pravidelný servis, kde se vymění všechna gumová těsnění, membrána a provede se kalibrační měření [43].

6.3.2 Kontrola přístroje dle ICAR

Jednou za rok, většinou společně s pravidelným servisem, se provádí povinná kontrola zařízení dle instrukcí od ICAR. V rámci této kontroly se využije sací sada GEA Farm Technologies, 2,8 mm trubice s omezením průtoku, hadice pro přívod vzduchu o průměru 1,2 mm, kalibrované elektronické váhy a kbelík s dostatečnou kapacitou (min. 15 l) [45].

Jako testovací kapalinu použijeme vodu o teplotě 10 až 25 °C a přípravek Circotop MBX, který se přidává v poměru 70 ml na 10 kg vody [45].

Princip testu je založený na vážení měřeného vzorku a následném porovnání s hodnotou udávanou měřicím přístrojem. Při malé odchylce lze přístroj kalibrovat. Při velké odchylce je nutná oprava nebo výměna přístroje [45].

6.4 DeLaval MM27BC

Firma DeLaval působí ve výrobě mléka již 130 let od té doby, kdy mladý vizionář Gustaf de Laval patentoval svou odstředivku mléka. Během svého života získal Gustaf de Laval 92 švédských patentů a založil 37 společností. Dnes je firma DeLaval jedna ze třech společností náležící do skupiny Tetra Laval Group. A to společně s podniky Tetra Pak a Sidel. DeLaval obchoduje na více než 100 trzích na světě a stará se o zákazníky a jejich farmy o velikosti stáda 1 až 50 000 kusů zvířat. V současné době má společnost DeLaval 4 500 zaměstnanců. Certifikát od ICAR získala firma na tento produkt poprvé v roce 2013 [46].

6.4.1 Popis přístroje

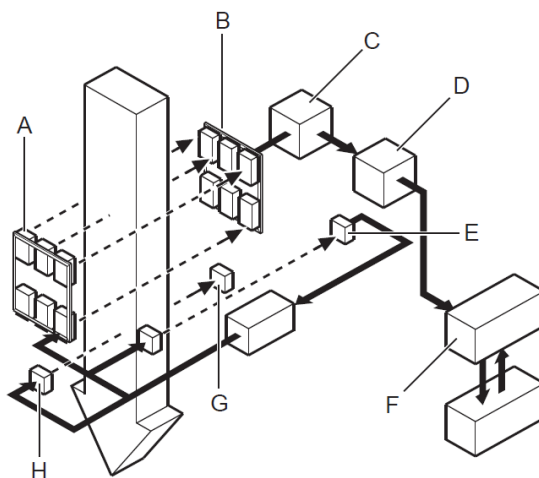
DeLaval MM27BC je velmi přesný průtokoměr, který pracuje na principu měření mléka infračerveným paprskem. Díky své unikátní konstrukci nevytváří žádné překážky v toku mléka. Tento měřič je propojen s elektronickou jednotkou, kde se v průběhu dojení střídavě zobrazuje číslo dojnice a okamžitý nádoj, viz obrázek 37. Měřák MM27BC je schopen kontrolovat také kvalitu mléka, a to například na základě změny v barvě signalizující příměsi krve a vodivost mléka signalizující zvýšený počet somatických buněk. V kombinaci s elektronickou jednotkou lze také používat přístroj pro měření elektrické konduktivity mléka. Proto může obsluha poměrně brzy odhalit začínající onemocnění mléčné žlázy. Velkou výhodou tohoto průtokoměru je snadná údržba, jelikož nemá žádné pohyblivé součásti [46].



Obrázek 37 – Průtokoměr MM27BC [47]

Průtokoměr MM27BC obsahuje desku s elektrickým obvodem a krátkou průhlednou trubku, která umožňuje volný průchod mléka. Optické senzory detekují

mléko procházející kanálem, viz obrázek 38. Vysokorychlostní procesor v MM27BC zpracovává 100 000 měření za sekundu [48].



Obrázek 38 – Princip MM27BC [48]

A - Vysílače,

B - přijímače,

C - zesilovač,

D - A / D převodník,

E - referenční detektor,

F - paměť průtoku mléka,

G - snímač krve,

H - vysílač [48].

Měření krve probíhá podle barevného snímače uvnitř průtokoměru MM27BC. S využitím komplexní analýzy změny v bílém světle je možné zjistit přítomnost krve v mléce. Zjištěná data jsou přenesena do systému řízení stáda a archivována[48].

Snímač vodivosti se skládá ze dvou elektrod z nerezavějící oceli umístěné v průtoku mléka uvnitř uzavíracího ventilu. Velikost signálu, který prochází přes mléko, z jedné k druhé elektrodě, koreluje s vodivostí mléka [48].

Údržba je vyžadována cca po 2000 provozních hodinách nebo 12 měsících. Během tohoto servisu je provedena výměna těsnění a gumových trubek, kontrola vzorkovače a kalibrace měřicího přístroje. Přibližně po 4000 provozních hodinách

nebo 24 měsících je potřeba vyměnit silikonové trubky a aktualizovat schéma ventilu v softwaru [49].

6.4.2 Kontrola přístroje dle ICAR

ICAR schválil nový typ kalibrace mléčného metru pomocí softwaru ALPRO Windows. Hlavní výhodou použití této kalibrační procedury je rychlost provedení kontroly. Jednou za rok společně s povinnou kalibrací se dále provádí zkouška integrity optického pole, vizuální kontrola měřiče, kontrola parametrů dojení, kontrola vnitřních parametrů měřiče a test průtoku pomocí sondy [50].

Měřič mléka MM27BC nemá žádné mechanické nebo pohyblivé části. Interní software průtokoměru bude upozorňovat na zjištění jakékoliv změny integrity, které nemohou být kompenzovány softwarem. Po zjištění takových poruch se na displeji zobrazí chybová zpráva [48].

Při vizuální zkoušce měřicího přístroje se kontrolují z hlediska abnormalit hlavně úniky a rozbité trubky. Dále je potřeba zkontrolovat potrubí mléka z hlediska nečistot, výčnělků nebo jiných abnormality [50].

Mezi parametry dojírny, které ovlivňují měřená data průtokoměru, patří vakuová hladina, délka hadice mezi průtokoměrem a potrubím z mléka, výška průtokoměru oproti mléčnému potrubí a přívod vzduchu [48].

U vnitřních parametrů průtokoměru se kontroluje optický kanál, sub-software a předpojatost, protože ovlivňují měření. Optický kanál jsou vlastně dvě hodnoty, které je třeba měřit pomocí zkušební sondy. Sub-software představuje algoritmus, který používá průtokoměr pro výpočet nádoje [50].

Test sondy simuluje tok mléka. Sonda se umístí do měřicího kanálu měřiče MM27BC. Sonda musí být před použitím vyčištěna. Při testu se porovnává nově naměřená hodnota s hodnotou získanou při instalaci měřidla [50].

6.5 Waikato MKV

Počátky firmy Waikato Milking Systems se datují do roku 1967, kdy, jako dceřiná společnost Alex Harvey Industries, byla vyrobena celá škála komponentů pod značkou AHI doplněná o řadu vakuových regulátorů a mléčných měřičů vyrobených od Waikato. Společnost Waikato Milking Systems byla založena v roce 1992. V roce 2014 došlo k převodu společnosti na tři investory, a to Tainui Skupiny Holdings, Ngai Tahu Capital a Pioneer Capital v rovnoprávném podílu. Přístroj MKV získal první certifikaci od ICAR v roce 1994 [51].

6.5.1 Popis přístroje

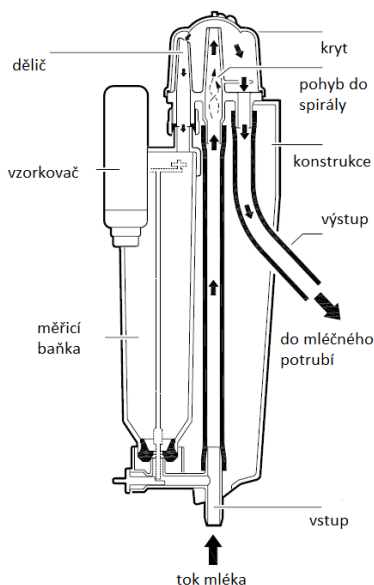
Mléčný měřič udržuje malý a známý podíl nádoje v kalibrované baňce, z níž může být následně odečten celkový nádoj dojnice, viz obrázek 39. Baňka může být odebrána pro vážení a následně je použit vzorkovací poměr k získání výtěžku mléka. Tento přístroj je už nyní dodáván s funkcí SpeedSampler, která sbírá vzorek o velikosti 20 ml během procesu dojení do vzorkovací lahvičky. Po dojení je připravena lahvička pro demontáž a následnou analýzu vzorku [52].



Obrázek 39 – Waikato MKV [53]

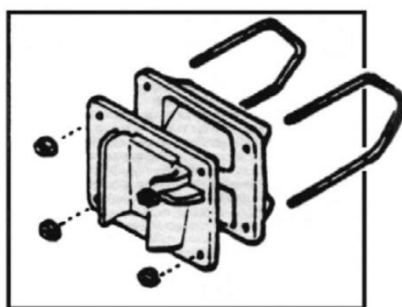
Měřič mléka má centrální vstup od mléčného potrubí, ve kterém se mléko pohybuje vzhůru pomocí pulzace dojícího stroje. Spirálovité lopatky v blízkosti horní části přívodní trubky otáčejí mléko. Nadojené mléko opouští vstupní trubku v horní části krytu tak, že je rozptýleno na desku, která má deštníkový tvar. Výsledný film mléka rozložený přes vnitřek krytu měřidla se následně odebírá dělicím otvorem, viz obrázek 40. Finální vzorek mléka přechází do měřicí nádoby, zatímco převážná

část mléka pokračuje přes výstupní trubici do mléčného potrubí. MKV je konstruováno na podtlaky mezi 40 a 50 kPa, ale doporučuje se pracovat v rozmezí 36 až 42 kPa. Měřicí přístroj dovoluje měření až do 42 kg dojeného mléka na dojnici. Průtokoměr zajišťuje přesnost měření $\pm 1,3 \%$ při výtěžku 15 kg [54].



Obrázek 40 – Schéma Waikato MKV [54]

Průtokoměr může být instalován trvale nebo tak, aby byl snadno odpojitelný. Trvale lze měřič namontovat na rovný povrch, nebo na svislé či vodorovné potrubí. Odpojitelný způsob instalace měřiče je pomocí montážních sad, jak na plochý povrch i potrubí. Montážní sada se skládá ze dvou konzol a sady šroubů, viz obrázek 41. Horizontální rovina průtokoměru musí být v toleranci $\pm 5^\circ$, aby byla zajištěna přesnost měření [54].



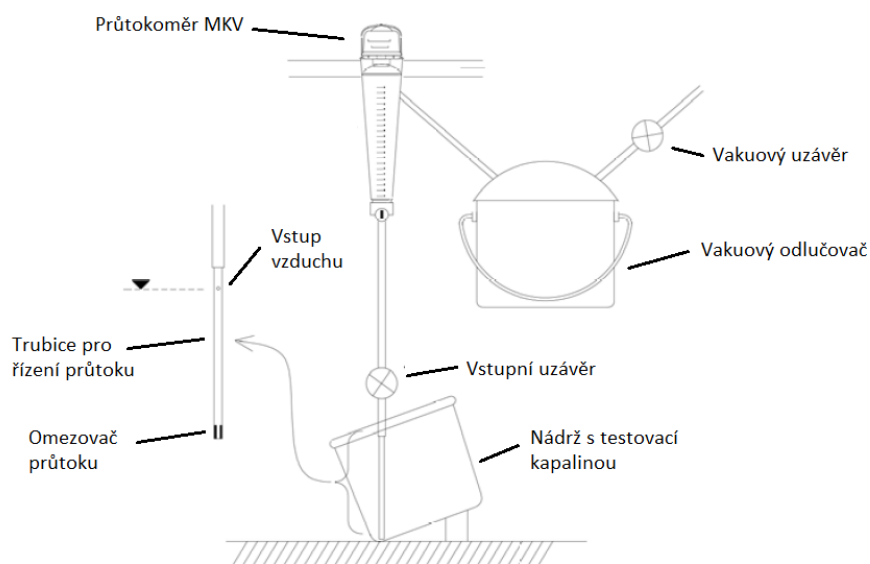
Obrázek 41 – Montážní sada Waikato [54]

Sanitace měřáku probíhá společně s mytím mléčného potrubí, jelikož je průtokoměr na tento okruh trvale připojen. Běžná údržba měřidla spočívá v kontrole netěsností a kontrole nečistot v horní části přístroje [54].

Hlavními výhodami průtokoměru jsou snadná instalace, minimum náhradních dílů a jednoduchá konstrukce. I když měřicí přístroj nedokáže měřit vodivost či přítomnost krve, svou jednoduchou konstrukcí je jeho pořizovací cena velmi nízká. Nevýhodou tohoto průtokoměru je nepřítomnost elektronické jednotky, která by zajistila statistiku nádoje u každého zvířete [54].

6.5.2 Kontrola přístroje dle ICAR

Jednou za rok je nutné provést kontrolu průtokoměru dle instrukcí od ICAR. Nejdříve se namontuje měřič mléka tak, aby jeho základna byla zcela vodorovná. Pod měřidlem je umístěna nádrž s testovací kapalinou o velikosti alespoň 18 litrů. Na průtokoměr je připojena hadice s omezovačem průtoku. Omezovač zajišťuje průtok kolem 3,5 až 4 litry za minutu při dostupné hladině podtlaku. Otvor pro přívod vzduchu má velikost 1 milimetr a reguluje průtok vzduchu $15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Vakuový odlučovač je připojen ke stabilnímu zdroji podtlaku o jmenovité hodnotě 50 kPa. Na přívodní hadici mléka a na hadici zdroje vakua je namontován uzavírací kohout. Schéma zapojení pro kontrolu průtokoměru je znázorněno na obrázku 42. Hmotnost proteklé testovací kapaliny je měřena přesnými váhami [55].



Obrázek 42 – Zapojení prozkouší měřiče Waikato [55]

V závěru zkoušky se hodnotí odchylka právě uskutečněného měření s prvním měřením při instalaci průtokoměru. Povolena odchylka je 3% [55].

Závěr

Mezi nejjednodušší i nejlevnější měřič průtoku dojeného mléka patří přístroj MKV od firmy Waikato. MKV nedokáže měřit vodivost či přítomnost krve, ale svou prostou konstrukcí má nezanedbatelný podíl na trhu a to hlavně u malých farem. Pro větší farmy se používají nejčastěji měřicí přístroje objemové, protože patří k nejpřesnějším snímačům na trhu a pořizovací náklady nejsou tak vysoké jako u snímačů elektrických. Mezi nejnovější průtokoměry patří měřidla elektronická. Tyto snímače mohou měřit vodivost jako měřidla objemová, ale navíc jsou některá vybavena snímačem přítomnosti krve v dojeném mléce.

Měřič LactoCorder a MKV může být určen pro mobilní dojení. Výhodou měřiče průtoku dojeného mléka LactoCorder je databáze nádoje jednotlivých dojnic, kterou si ukládá na přenosný disk.

Díky sdružení ICAR lze dnes vybírat ze spousty měřičů nádoje, které prošli testováním jak v laboratoři, tak i v terénu. ICAR ke každému průtokoměru vystavuje protokol o zkoušce a následně přikládá návod pro průběžné kontroly a kalibrace, aby byla zajištěna přesnost měření nádoje.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] SAMBRAUS, Hinrich. *Atlas plemen hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Brázda s. r. o., 2006. ISBN 80-209-0344-5, s. 36.
- [2] *Plemena skotu* [online]. Brno: Fakulta veterinární hygieny a ekologie [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://fvhe.vfu.cz/files/dojena-plemena-skotu.pdf>
- [3] BOUŠKA, Jiří a kol. *Chov dojeného skotu*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006. ISBN 80-867-2616-9, 186 s.
- [4] MOTYČKA, Jan. *Ekonomika chovu dojeného skotu v EU: Užitek a efektivita výroby mléka*. 21. vyd. Zemědělec. 2010. s. 9-11.
- [5] DOLEŽAL, Oldřich a kol. *Mléko, dojení, dojírny*. Praha: Agrospoj, 2000. s. 241.
- [6] SAMKOVÁ, Eva. *Mléko: produkce a kvalita: Milk: production and quality : vědecká monografie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7394-383-7, s. 240.
- [7] *Historic information about milk recording* [online]. ICAR [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.icar.org/index.php/about-us-icar-facts/historic-information-about-milk-recording/>
- [8] Kopecký, Josef. *Chov skotu: velká zootechnika*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1981, s. 500.
- [9] ANDRT, Miroslav. *Technika a technologie pro chov zvířat*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2011. ISBN 978-802-1321-649, s. 289.
- [10] HULSEN, Jan. *Robotic milking*. Roodbont Publishers B.V., Zutphen, 2008. ISBN 978-90-8740-043-9, s. 52.
- [11] SLÁDEK, Zdeněk a František VDOLEČEK. *Technická měření*. 1.vyd. Brno: Nakladatelství VUT, 1992. ISBN 80-214-0414-0, s. 220.
- [12] ĎAĎO, Stanislav, Ludvík BEJČEK a Antonín PLATIL. *Měření průtoku a výšky hladiny*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-156-X. s. 448.
- [13] HARDY, Jim. *Flow measurement methods and applications*. New York: Wiley, 1999. ISBN 978-0-471-24509-4, s. 264.

- [14] SOUKUP, Josef a Jan SKOČILAS. *Technická měření*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, 2008. ISBN 978-80-7414-002-0, s. 185.
- [15] VOLF, Jaromír a Josef JENČÍK. *Technická měření*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02138-6, s. 212.
- [16] MILLER, Richard. *Flow measurement engineering handbook*. 3. vyd. New York: McGraw-Hill, 1996. ISBN 0070423660, s. 237.
- [17] KRÁLOVÁ, Magda. *Tekutiny: proudění tekutin* [online]. Techmania Science Center [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/proudeni-tekutin>
- [18] *Teorie kapaliny: příklady měřicích metod* [online]. Průtoky [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.prutoky.cz/kapaliny/teorie/priklady-mericich-metod/>
- [19] ČSN ISO 5167-1 *Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku, Část 1: Clony, dýzy a Venturiho trubice vložené do zcela vyplněného potrubí kruhového průřezu* [online]. Praha: Český normalizační institut, 1993. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [20] *Měření průtoku tekutin: principy průtokoměrů* [online]. VUT Brno: Ústav automatizace, měření a kybernetiky [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.elektrorevue.cz/clanky/01049/index.html#_M%C4%9B%C5%99en%C3%AD_objemov%C3%A9
- [21] *Měření průtoku tekutin: principy průtokoměrů* [online]. VUT Brno: Ústav automatizace, měření a kybernetiky [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F4/F4-ram.htm>
- [22] *V-Cone průtokoměr... jediné měřidlo vhodné i pro minimální instalační prostory* [online]. HENLICH [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/30665794-V-cone-prutokomer-jedine-meridlo-vhodne-i-pro-minimalni-instalacni-prostory.html>
- [23] BERAN, Vlastimil a Olga TŮMOVÁ. *Měření veličin životního a pracovního prostředí*. Plzeň: ZČU Fakulta elektrotechnická, 1996. ISBN 80-7082-248-1, s. 169.
- [24] *Průtok* [online]. AOV předměty [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/AOV/dalsi_mat/prutok.pdf

- [25] KLEPÁRNÍK, Jan. *Objemové průtokoměr* [online]. Mendelova univerzita Brno: WEB podpora výuky [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://user.mendelu.cz/xklepar0/fls/sn_probjemove.htm
- [26] KADLEC, Karel. *Plováčkové průtokoměry – průtokoměry s proměnlivým průřezem* [online]. VŠCHT Praha: Ústav fyziky a měřicí techniky, 10/2016. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.automata.cz/cz/casopis-clanky/plovackove-prutokomery-prutokomery-s-promenlivym-prurezem-2016_10_0_9085/
- [27] FATURÍK, Šimon a Petr KUCHAR. *Hmotnostní průtokoměry na bázi Coriolisova principu z pohledu teorie a praxe*. Automatizace, roč. 41, č. 6, 1998. s. 348.
- [28] KUCHAR, Petr. *Vírové průtokoměry - princip, vlastnosti a aplikace*. Automatizace, roč. 42, č. 1, 1999. s. 47.
- [29] KADLEC, Karel. *Snímače průtoku – principy, vlastnosti a použití* [online]. VŠCHT Praha: Ústav fyziky a měřicí techniky, 10/2006. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://automa.cz/index.php?id_document=31399
- [30] *Aims and objectives* [online]. ICAR [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.icar.org/index.php/about-us-icar-facts/aims-and-objectives/>
- [31] *ICAR Certifications* [online]. ICAR [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.icar.org/index.php/icar-certified-rfid-in-menu/>
- [32] *Steps to submit a recording and sampling device for ICAR testing and certification* [online]. ICAR [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.icar.org/index.php/certifications/icar-certifications-for-milk-meters-for-cow-sheep-goats/steps-to-submit-a-device-for-icar-testing/>
- [33] *Section 11 Milk Recording Devices* [online]. ICAR, 2017. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.icar.org/Guidelines/11-Milk-Recording-Devices.pdf>
- [34] *ČSN ISO 5707 (478602) Dojící zařízení - Konstrukce a provedení* [online]. Praha: Český normalizační institut, 1999. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/478602-csn-iso-5707_4_55355.html
- [35] *Pravidla správné výrobní a hygienické praxe pro výrobu potravinářských výrobků* [online]. Ministerstvo zemědělství, 2009. [cit. 2019-03-19].

- Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/aktualni-temata/hygienicky-balicek/spravna-hygienicka-praxe/pravidla-spravne-vyrobní-a-hygienické-5.html>
- [36] *LactoCorder. The System.* [online]. LactoCorder [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.lactocorder.ch/startframeset.asp?l=en>
- [37] *Technická a uživatelská příručka LactoCorder*
- [38] *ICAR Guidelines for periodic necking of the milk meters LactoCorder by WMB AG* [online]. ICAR, 2018. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.icar.org/wp-content/uploads/gravity_forms/2-008da8f4008c888c1303eae5fe6cf4bc/2017/07/Lactocorder-by-WMB-AG-Periodic-checking12.pdf
- [39] *InterPuls* [online]. InterPuls S.p.A. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.interpuls.com/>
- [40] *Technická a uživatelská příručka Milk meter MMV*
- [41] *ICAR Guidelines for periodic necking of the milk meters MMV Milk Meter* [online]. ICAR, 2019. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.icar.org/wp-content/uploads/gravity_forms/2-008da8f4008c888c1303eae5fe6cf4bc/2018/05/MMV-Periodic-checking.pdf
- [42] *GEA* [online]. GEA Farm Technologies [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.gea.com/en/index.jsp>
- [43] *Technická a uživatelská příručka Metatron*
- [44] *Metatron 21 - The proven specialist for professional milking management* [online]. GEA Farm Technologies, 2011. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.gea.com/en/binaries/DairyFarming_Metatron_21_Brochure_EN_tcm11-20011.pdf
- [45] *ICAR Guidelines for periodic necking of the milk meters Metatron Milk Meter* [online]. ICAR, 2018. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.icar.org/wp-content/uploads/gravity_forms/2-008da8f4008c888c1303eae5fe6cf4bc/2018/06/Metatron-Routine-Checking-manual.pdf

- [46] *Delaval* [online]. Delaval Corporate [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.delavalcorporate.com/>
- [47] *DeLaval milk meter MM27BC* [online]. Delaval Corporate [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www3.delaval.com/delaval/delaval-virtual-tour/_pages/article_85/en/index.html
- [48] *Technická a uživatelská příručka DeLaval milk meter MM27BC*
- [49] *Preventivní údržba DeLaval milk meter MM27BC*
- [50] *ICAR Guidelines for periodic necking of the milk meters DeLaval MM27BC – MM25W* [online]. ICAR, 2015. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.icar.org/wp-content/uploads/gravity_forms/2-008da8f4008c888c1303eae5fe6cf4bc/2018/06/363-Routine-DeLaval-MM27BC-MM25W.pdf
- [51] *Waikato Milking Systems' history* [online]. Waikato [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.landberichte.de/uploads/media/Eurotier_2016_WMS_history_04.pdf
- [52] *Waikato Milk Meter--42 Kg. w / Speed Sampler* [online]. The Coburn Company [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.coburn.com/waikato-milk-meter-42-kg-w-speed-sampler-w50086>
- [53] WAIKATO SPEEDSAMPLER [online]. Waikato Milking Systems LP [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.waikatomilking.com/usa/products/components/milk-metering/waikato-speedsampler/>
- [54] *Technický manuál Waikato Speedsampler*
- [55] *ICAR Guidelines for periodic necking of the milk meters MKV Milk Meter* [online]. ICAR, 2018. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: https://www.icar.org/wp-content/uploads/gravity_forms/2-008da8f4008c888c1303eae5fe6cf4bc/2018/06/MKV-milk-meter-routine-checking-Manual.pdf