



CERTIFIKOVANÁ METODIKA

AUTOMATICKÉ DOJICÍ SYSTÉMY

Vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení

Autoři

doc. Ing. Ivana Knížková, CSc.
doc. Ing. Petr Kunc, Ph.D.
doc. Ing. Miroslav Příklad, CSc.
doc. Ing. Josef Maloun, CSc.
Ing. Pavlína Jiroutová
Ing. Stanislav Staněk, DiS.
doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Oponenti

Ing. Jana Lendelová, Ph.D.
Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Ing. Jan Vodička
Odbor živočišných komodit, Ministerstvo zemědělství České republiky

Metodika vznikla v rámci řešení projektu NAZV QH91267

ISBN 978-80-7403-085-7

OBSAH

I.	CÍL METODIKY	4
II.	VLASTNÍ POPIS METODIKY	4
	Strojní dojení	4
	Fyzikální podstata vynuceného výtoku mléka z vemene dojnice	4
	Obecná konstrukce dojícího stroje	5
	Princip činnosti dojícího stroje	6
	Technické prostředky zvyšující hygienu získávání mléka	7
	Automatické dojící systémy – dojící robot	7
	Inovační trendy v robotizované dojící technice	11
	Vícemístné dojící roboty	13
	DOPORUČENÍ REÁLNÝCH INOVAČNÍCH OPATŘENÍ, UMOŽŇUJÍCÍCH DALŠÍ ZEFEKTIVNĚNÍ PRÁCE ROBOTIZOVANÝCH DOJICÍCH SYSTÉMŮ	13
	VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PROCES DOJENÍ V AMS	14
	<i>Vliv podtlaku na mléčnou žlázu dojnic</i>	14
	<i>Vliv mikroklimatických podmínek na dojení v AMS</i>	16
	<i>Vliv teploty vzduchu na dojení v AMS</i>	17
III.	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	20
IV.	POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	20
V.	EKONOMICKÉ ASPEKTY	20
VI.	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	21
VII.	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	21

I. CÍL METODIKY

První automatizovaný dojící systém (automatic milking system- AMS) byl zaveden na farmu v roce 1992, a to v Nizozemí. V rozpětí několika desetiletí se tento systém rozšířil na mnoho dalších mléčných farem, a to nejen v Nizozemí. Původně měl být tento systém určen pouze pro malé farmy (50-150 dojnic), avšak vzhledem k technologickému pokroku a zvyšujícím se zkušenostem s managementem dojených stád je v současné době AMS zaváděn i na mléčné farmy s více jak 500 dojnicemi. Jako dvě hlavní výhody AMS jsou uváděny snížení pracovního zatížení personálu farmy a možnost dojení více jak dvakrát denně bez vícenákladů na práci. Je nutné zdůraznit, že AMS nezahrnuje pouze vlastní robotizované dojení, ale představuje kompletně nový management systém na mléčných farmách.

Od zavedení je AMS předmětem výzkumu. Do současné doby se vědecké a odborné práce soustředily především na četnost dojení, ejekční efekt, kvalitu nadojeného mléka (zejména počet somatických buněk, obsah tuku v mléce) a dále na hygienu vemene (struků) před vlastním nasazením dojícího stroje, na organizaci řízení nástupu dojnic do robota a také na welfare dojnic ustájených ve stájích s AMS.

Autoři této metodiky se snažili na základě vědeckých poznatků a aplikovaných výsledků výzkumu sestavit metodickou příručku, dostupnou široké chovatelské veřejnosti s cílem seznámit chovatelskou veřejnost s robotizovaným dojením, a to zejména z pohledů, které nejsou doposud dostatečně zmapovány - energetická náročnost robotizovaného dojení, přímý vliv technických faktorů a mikroklimatických faktorů na organismus dojnic a vlastní proces dojení v dojícím robotu a možnosti jejich ovlivnění.

Po prostudování předložené metodiky již záleží na chovatelích samotných, zda a jak budou uvedené informace aplikovat ve svých chovech.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

STROJNÍ DOJENÍ

Strojní dojení je proces, při kterém je snahou co nejrychleji a za co nejlepších hygienických podmínek získat mléko od dojnice, aniž by došlo k poškození struků, vemene či mléčné žlázy. K tomu se využívá dojící zařízení. Tím se rozumí kompletní zařízení určené pro strojní dojení zahrnující dojící stroj, pomocné konstrukce a zařízení (např. hrazení, vstupní a výstupní branky) včetně jejich uspořádání v prostoru (stavebně - dispoziční řešení apod.)

Fyzikální podstata vynuceného výtoku mléka z vemene dojnice

Výtok mléka z mlékojemu je podmíněn tlakovým spádem mezi strukovou cisternou a vnějším ústím strukového kanálku. Je zřejmé, že k němu dochází rozdílným způsobem při sání telete, při ručním dojení nebo při dojení strojem.

Tele při sání mléka vytváří jazykem proti patru postupnou kontrakci struku a tím vyvolává zvýšení tlaku v cisterně struku za spolupůsobení podtlaku, který vzniká v dutině ústní.

Při ručním dojení je mléko ze strukové cisterny vyváděno kontrakcí struku vyvolanou prstencovým sevřením ruky, která postupuje shora k vnějšímu ústí strukového kanálku. Přitom se zvyšuje tlak uvnitř struku, který pak překonává vnější atmosférický tlak.

Dosud známý, používaný a osvědčený princip práce dojících strojů je výše uvedeným způsobem získávání mléka dosti vzdálen. Je však třeba podotknout, že byl v průběhu let neustále zdokonalován. V moderních dojících zařízeních jsou dnes běžně využívány senzory ve spojení s procesorovou technikou, která podstatným způsobem přispívá ke zkvalitňování dojícího procesu a následně vede ke zvýšení úrovně tzv. šetrného dojení.

Obecná konstrukce dojicího stroje

Dojicí stroj je úplné zařízení pro dojení, sestávající se mimo jiné z jedné nebo více dojicích jednotek, tj. sestav součástí dojicího stroje, nutných pro dojení jednotlivého zvířete.

Dojicí jednotka může být použita v jednom dojicím zařízení tolikrát, kolik zvířat může být současně dojeno. Skládá se např. z dojicí soupravy, dlouhé mléčné hadice, dlouhé pulzační hadice a pulzátoru, případně i z konve nebo odměrné nádoby nebo měřiče mléka a dalšího příslušenství (indikátor průtoku, automatické snímání dojicí soupravy, polohovací rameno).

Dojicí souprava je sestava zahrnující strukové násadce a sběrač. Jednotlivý strukový násadec je tvořen pouzdrem, strukovou návlečkou a krátkou pulzační hadicí (kromě případu, kdy je struková návlečka dělená a její součástí jsou ještě spojka s průhledítkem a krátká mléčná hadice).

Pouzdro strukového násadce plní funkci pevného krytu a zároveň slouží k uchycení a napnutí strukové návlečky. Pouzdro je nejčastěji vyrobeno z nerezavé oceli nebo z plastu, popř. z obou těchto materiálů. Má válcovitý tvar, někdy kaskádovitě odstupňovaný. V praxi je možné se setkat s mnoha různými tvary pouzder, vždy však musí být zajištěn dokonalý konstrukční a funkční soulad mezi pouzdrem a strukovou návlečkou. Objem mezistěnné komory musí odpovídat průchodnosti pulzátoru, protože jinak hrozí nežádoucí změna pulzační charakteristiky. Jeho konstrukce musí bránit zkroucení strukové návlečky uvnitř pouzdra.

Struková návlečka je jednou z nejdůležitějších součástí dojicího stroje. Právě prostřednictvím strukové návlečky působí dojicí zařízení přímo na struky a tím na mléčnou žlázu. Tvar, materiál a konstrukce strukové návlečky ovlivňují proces dojení více než ostatní konstrukční prvky. Tlakové poměry spolu s fyzikálními vlastnostmi strukové návlečky určují zatížení tkáně struku během její činnosti. Správné parametry strukové návlečky s ohledem na velikost struků snižují především u prvotek neklid a kopání.

Struková návlečka musí být především tvarově stálá a při pulzaci musí dobře kopírovat povrch struku. Struková návlečka se skládá z horní části – hlavice, střední části – těla a krátké mléčné hadice. Z hlediska tvaru lze rozdělit strukové návlečky v zásadě na válcové a kuželovité (kónické). Materiál k jejich výrobě má být pružný, přiměřeně měkký a hygienicky nezávadný. Nejčastěji se používá různých druhů pryže nebo silikonového kaučuku. Vnitřní povrch musí být hladký, bez trhlinek a nerovností a odolný proti působení mléka, čisticích a dezinfekčních prostředků.

Další částí dojicí soupravy je sběrač. Ten slouží k napojení jednotlivých strukových násadců na mléčné potrubí. Mléko z jednotlivých struků se shromažďuje v komoře sběrače, která má ve spodní části nátrubek pro připojení dlouhé mléčné hadice a v horní části čtyři nátrubky k propojení se strukovými násadci prostřednictvím krátkých mléčných hadic. Kromě toho nátrubky umožňují zalomení krátké mléčné hadice a tak uzavírají přívod podtlaku do podstrukové komory. Tím se významně snižují ztráty podtlaku, které by jinak vznikly přisáváním vzduchu dosud nenasazenými strukovými násadci. Objem sběrače by měl být přiměřený intenzitě dojení, a proto by neměl klesnout pod 150 ml. Všeobecně se v současné době používají sběrače mléka s objemem 250-450 ml. Extrémně velké sběrače se příliš neosvědčily. Konstrukční řešení sběrače musí zabezpečovat pokud možno laminární proudění mléka (turbulentní proudění vede k tříštění kuliček mléčného tuku a tím k rychlé oxidaci, tj. zhoršení kvality mléka). Důraz se klade také na plynulý odtok mléka mléčnou hadicí do mléčného potrubí. Důležitou součástí sběrače mléka je zařízení pro automatické uzavření přívodu podtlaku při uvolnění strukového násadce nebo při pádu dojicí soupravy z vemene. Toto uzavření přívodu zabraňuje nasávání nečistot z podlahy a výrazným ztrátám podtlaku.

Zvláštní pozornost je věnována transportu mléka ze sběrače do mléčného potrubí. Plynulost odtoku mléka je zabezpečována kalibrovaným otvorem pro vstup atmosférického tlaku (dovolující při nominálním podtlaku objemový průtok vzduchu cca 4 l.min⁻¹), který je umístěn v horní části sběrače mléka. Vpouštění minimálního objemu vzduchu do sběrače zajišťuje plynulý odtok mléka zejména při synchronní pulsaci a dále též pozitivně ovlivňuje požadovanou stabilitu podtlaku v podstrukové komoře, neboť při pulsaci dochází k objemové změně části strukové návlečky. Plynulost odtoku mléka ze sběrače u všech potrubních dojicích strojů významně ovlivňuje také poloha mléčného potrubí. Jeho značné převýšení vzhledem k vemeni dojnice, jak je obvyklé např. u dojení na dojicím stání (např. při vazném ustájení), zvyšuje výrazně hydraulický odpor v potrubí a tím značně narušuje stabilitu podtlaku v systému. Z výše uvedeného důvodu je zřejmá výhodnost umístování mléčného potrubí pod úroveň stání, jak je dnes běžné v dojírnách. S požadavkem na udržení maximální stability podtlaku v evakuované části dojicího stroje je spojen i trend vedoucí ke zvyšování průřezu mléčného, a rovněž i podtlakového potrubí. Současně je však třeba dodat, že

zvyšování světlosti mléčného potrubí má svoje hranice, které jsou limitovány možnostmi dostatečné čistitelnosti jeho vnitřních ploch.

Princip činnosti dojícího stroje

Principem činnosti dojícího stroje je řízené střídání atmosférického tlaku s podtlakem v mezistěnné komoře strukového násadce a současně trvalý podtlak v podstrukové komoře. Proces strojního dojení probíhá v zásadě ve dvou fázích – ve fázi taktu sání a taktu stisku. Ve fázi taktu sání je v obou komorách strukového násadce podtlak a struková návlečka přiléhá k bočním stěnám struku. Na spodní část struku současně působí podtlak, strukový kanálek je otevřen a mléko působením podtlaku vytéká do podstrukové komory. Ve fázi taktu stisku je v podstrukové komoře podtlak a v mezistěnné komoře je tlak atmosférický (event. i malý přetlak). Působením rozdílů tlaků v mezistěnné a podstrukové komoře strukového násadce je struková návlečka stlačena, těsně obepíná tělo struku a svým tlakem uzavírá strukový kanálek. V této fázi mléko ze struku nevytéká. Probíhá však intenzivní masáž zejména spodní části struku, což přispívá k obnově cirkulace tělních tekutin v tkáni struku a má příznivý vliv na zdravotní stav mléčné žlázy (fáze masáže).

Střídání fáze taktu sání a stisku nemůže být nahodilé a řídí se přísnými pravidly. Technicky je toto střídání fází zajišťováno pulzátozem. Mezi základní parametry pulzátoru řadíme charakter pulzace. Rozlišujeme typ synchronní (ve všech strukových násadcích dojící soupravy probíhají veškeré fáze pulzace současně) a typ asynchronní (cyklický pohyb dvou strukových návleček probíhá v protifázi s cyklickým pohybem zbývajících dvou). U moderních dojících strojů se používají oba pulzační systémy a je obtížné rozhodnout, který systém je lepší a lépe splňuje požadavky na fyziologicky správné dojení. Dojící zařízení se synchronní pulzací je jednodušší a tedy levnější. Mléko vytéká ze všech čtvrtí současně a tím vyvolává vyšší cyklické kolísání vakua než je tomu u asynchronní varianty. Dojící souprava synchronního dojícího stroje bývá náchylnější ke spadnutí z vemene, hlavně ke konci dojení nebo při nestejně velkých strucích. Naproti tomu při asynchronní pulzací jsou vždy dva strukové násadce ve fázi taktu sání, což přidržuje dojící soupravu na vemeni. Současné dojící stroje svou konstrukcí dokáží do značné míry eliminovat uvedené nedostatky (větší sběrač, vhodný tvar, velikost a materiál strukové návlečky, dostatečně dimenzované cesty pro mléko atd.). V praxi tak přestává být otázka charakteru pulzace důležitá. Cyklické změny tlaku v mezistrukové komoře zajišťuje výše zmíněný pulzátor, který tak v podstatě řídí proces dojení. V současné době jsou rozšířeny tři hlavní konstrukční principy – pneumatický, hydraulický a elektromagnetický. První dva typy mechanicky řízených pulzátorů nacházejí dnes uplatnění tam, kde je neúčelné nebo obtížné instalovat rozvody pro napájení elektromagnetických pulzátorů. Používají se většinou pro dojení ve vazných stájích do konve nebo do potrubí. Nejdokonalejší jsou pulzátory elektromagnetické. Jejich největší výhodou je, kromě jednoduché konstrukce, zejména možnost snadného a přesného řízení pulzace a stálost a přesnost nastavených parametrů. Této vlastnosti se využívá k řízení pulzace během dojení např. v závislosti na okamžitém průtoku mléka.

O kvalitě dojení rozhoduje také velikost jmenovitého (pracovního) podtlaku, tedy hodnota podtlaku nastavená v podtlakovém systému dojícího zařízení. Zdrojem pracovního podtlaku je vývěva. Jedná se o soustrojí, jehož pohon je zpravidla zprostředkován elektromotorem. Dalším příslušenstvím je vzdušník, regulační ventil, vakuometr a výfukové potrubí, na jehož konci je v případě použití rotační lopatkové vývěvy namontován odlučovač oleje, který je současně i tlumičem hluku. Podle konstrukce se vývěvy dělí na:

- vývěvy s rotujícími písty (Rootsovo dmychadlo),
- vodokružné vývěvy,
- rotační lopatkové vývěvy.

Vývěvy s rotujícími písty se používají pro velké objemové průtoky (až 28 m³.s⁻¹). Vodokružné vývěvy se stavějí pro výkonnosti až 6 m³.s⁻¹. Vyznačují se spolehlivostí, nenáročností a dlouhou životností bez potřeby mazání. Rotační lopatkové vývěvy jsou nejrozšířenějším typem. Otázka výběru vhodných vývěv pro dojící stroje je v současné době logicky spojována s úsporností režimu jejich práce a také s šetrností k životnímu prostředí. Je zřejmé, že dosud nejrozšířenější rotační lopatkové vývěvy tyto oprávněné požadavky naplňují zcela nedostatečně. Současná uspořádání strojního agregátu vytvářejícího podtlak v dojícím systému jsou koncipována tak, že vývěva pracuje trvale s nominální výkonností a žádanou úroveň podtlaku v systému je udržována regulačním ventilem. Tato regulace nezaručuje, aby pohonná jednotka (asynchronní elektromotor s kotvou nakrátko), pracovala s optimálním účínkem i účinností, neboť je vždy

výkonnostně předimenzovaná. Nezbytnost vydatného mazání zmíněného typu vývěvy navíc zhoršuje stav životního prostředí v okolí strojevojn dojírny.

Frekvenční měniče, které dnes nalézají uplatnění v řadě oborů, mohou mít velmi příznivý vliv také na energetickou bilanci práce podtlakových agregátů dojicích strojů. Experimentální měření prokázala, že rotační lopatkové vývěvy nejsou pro kmitočtovou regulaci podtlaku vhodné. Důvodem je nezbytnost stálého chodu vývěvy při relativně vysokých otáčkách, které jedině zaručují dostatečný kontakt lopatek se stěnou statoru působením normálového zrychlení a z něho plynoucí odstředivé síly.

Mnohem vhodnějšími pro tento záměr se jeví vývěvy konstruované na principu Rootsova dmychadla. Tyto stroje jsou schopny vytvářet podtlak (ale i přetlak) pomocí tzv. rotujících pístů ve tvaru piškotu. Vynikají vysokým objemovým průtokem (výkonností v $m^3 \cdot s^{-1}$), vyžadují jen minimální mazání a jsou i méně hlučné. Některé zahraniční studie naznačují možnosti velmi významných úspor elektrické energie. Srovnávací testy byly ale prováděny i s jinými typy vývěv než jsou u nás nejrozšířenější, avšak i tak jsou uváděné úspory elektrické energie (okolo 50 %) více než zajímavé.

Technické prostředky zvyšující hygienu získávání mléka

Dodržení všech výše zmiňovaných a doporučených fyzikálních parametrů práce dojicích strojů nezaručuje ještě potřebnou hygienu a šetrnost dojení. Traumatizace struků se všemi nepříznivými důsledky může být vyvolávána také překračováním přípustné doby dojení tzv. nasucho nebo též předojováním. Při tom je ústí strukového kanálku vystaveno podtlaku, aniž by docházelo k odtoku mléka. Začátek dojení, podle v oboru uznávaných kritérií, se odvíjí od tzv. minimálního průtoku mléka, za který se všeobecně pokládá hodnota $0,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Sledování této minimální hodnoty objemového průtoku mléka může být realizováno:

- indikátorem průtoku mléka, který bývá proveden v různých verzích a dokáže stanovit pouze zmíněnou konvenční hodnotu na počátku resp. na konci dojení a vyslat signál k procesorové jednotce k provedení dalších úkonů (např. sejmutí dojícího přístroje), což u jednodušších systémů může vyhovovat,
- plnoprůtokovým průtokoměrem, opět různé konstrukce, který u každé dojící soupravy sleduje denní nádoj a údaje předává do počítačového centra dojírny; jeho další významnou funkcí je sledovat, zda došlo ke konvenčnímu minimálnímu průtoku mléka ve stanoveném časovém intervalu na začátku dojení a také obdobně na konci dojení resp. dodojení a vyslat o tom příslušný signál do procesorové jednotky k provedení dalších, programem stanovených úkonů.

AUTOMATICKÉ DOJICÍ SYSTÉMY – DOJICÍ ROBOT

Moderně koncipované dojírny současnosti, kde v základní výbavě je zařízení pro identifikaci dojnic, jsou u jednotlivých dojicích souprav procesory řízené systémy, které jsou schopny spouštět stimulaci před dojením, automaticky ovládat pulzaci, monitorovat průběh dojení včetně jeho regulace, řídit automatiku dodojování, přesně měřit množství nadojeného mléka popř. odebírat zkušební vzorek a kontrolovat jeho kvalitu (konduktivitu), automaticky snímat dojící soupravu, ovládat sanitaci systému atd. a následně veškeré údaje předávat řídicímu počítači.

Posledních několik let je ale chov dojnic v chovatelsky vyspělých zemích stále více poznamenáván nástupem zdokonalených dojicích robotů. Jejich modernizované varianty naznačují, že základní odlišností dojícího robotu od technicky vyspělého provedení dojírny není jenom ve spolehlivě vyřešeném nasazování strukových násadců a jedno nebo víceboxovém robotu, který je součástí produkční stáje bez nároku na zvláštní budovu či místnost – dojírnu. Robotizované dojení v současném pojetí totiž neznamená pouze vyšší stupeň automatizace dojení, ale umožňuje zcela nový způsob optimalizace managementu stáda a celé mléčné farmy. V dnešní době existuje širší nabídka dojicích robotů, jejichž výrobci přicházejí neustále s dalšími novinkami a technickými vylepšeními. Hlavní odlišnosti spočívají zejména v různých řešeních organizace stáda např. volný pohyb dojnic s dobrovolnou návštěvou dojícího robotu nebo řízený pohyb stáda s individuálním přístupem k jednoboxovým popř. víceboxovým robotům, kde jedna robotická ruka obsluhuje více dojicích stání.

Existuje např. systém švédské provenience určený pro volný pohyb stáda, kde dobrovolné návštěvy dojnic v boxu jsou stimulovány jadrným krmivem podávaným v boxu při dojení. Jeho obslužnost je až 70 dojnic a výkonnost je uváděna 700 000 litrů mléka za rok při průměrném podojení jedné dojnice 2,5 krát denně s možností dosáhnout i vícečetného dojení dojnic. Robot měří konduktivitu, čas, průtok mléka a jeho množství a do 45 sekund od začátku dojení dokáže stanovit přibližný obsah somatických buněk a upozornit na jeho vysokou hladinu. Nádoj se sleduje podle jednotlivých čtvrtí tak, že všechny senzory a regulační prvky jsou vestavěny čtyřikrát. Zařízení disponuje zdokonalenou centrální hydraulikou s vysokou spolehlivostí a minimálními nároky na údržbu. Základní součástí tohoto jednoboxového robotu je rameno vybavené kamerovým systémem a dvojíým laserovým naváděčem pro zjišťování přesné polohy struků. Během dojení jsou v prostoru pod dojnicí pouze strukové násadce, které hydraulické rameno udržuje v optimální poloze. Strukové násadce jsou potaženy speciálním nekorodujícím materiálem. Na stimulaci a očistu se používá teplá voda, které omývá struk v jednom speciálním strukovém násadci určeném pouze pro tuto činnost a také pro oddojení prvních stříků mléka. Před nasazením dojící soupravy jsou struky osušeny. Flexibilní režim umožňuje sprejem aplikovat desinfekci před i po dojení. Mezi jednotlivými dojeními se strukové násadce proplachují horkou vodou a rovněž jsou ostříkovány jejich venkovní plochy. Při zjištění mastitidního mléka a po dojení kolostra následuje pětiminutový mimořádný proplach. Dojde-li během dojení ke skopnutí strukového násadce, je vždy před dalším nasazením opláchnut. Po každém dojení je podlaha boxu umyta vysokotlakým čističem. Hlavní čištění systému trvá asi 15 minut.

Pro roboty pocházející z Nizozemí je charakteristickým prvkem masivní rameno převzaté z průmyslového robota. Výkonnost robotů je udávána 2 000 litrů na jeden box za den při dojení dojnic s užítkovostí 30 až 40 kg mléka. Robot lze využít pro obsluhu dvou stání, které mohou být umístěny za sebou nebo vedle sebe. Výrobce udává, že ve dvouboxu lze pohodlně podojit až 120 dojnic třikrát denně. Nasazování a snímání strukových násadců je prováděno jednotlivě na základě laserového zaměření. Přístroj měří konduktivitu mléka dojeného z každé jednotlivé čtvrti vemene. Po dojení následuje automatická desinfekce dojícího stroje až k separačnímu ventilu.

U obdobně konstruovaného robota z dánské provenience je uváděna pro monoblok výkonnost 150 až 180 dojení denně, pro dvoubox 270 až 320 dojení denně. Robot má možnost ručního režimu dojení. Použitý software, který pracuje se systémem Windows XP je na velmi vysoké úrovni. Obsahuje vodivost, velikost nádoje, průběh dojení, nastavení parametrů dojení, sledování pohybové aktivity zvířat, program na reprodukci atd. Firma nabízí také software finančního managementu, který aktuálně propočítává rentabilitu výroby mléka. Instalace výše zmíněných dvou robotů se realizují jak pro volný, tak i pro řízený pohyb stáda se sérií selekčních branek.

V České republice je nejrozšířenější další jednoboxový dojící robot rovněž nizozemské provenience, avšak jiný než je uváděn výše. Tento typ je již od svého prvního modelu koncipován pro volný pohyb stáda. Jeho základem je zcela samostatné rozhodování zvířat o podojení, které je rovněž stimulováno nabídkou koncentrovaného krmiva podávaného v boxu při dojení.

Přehled základních technických prvků, softwarově ovládaných procesů a vybavení tohoto dojícího robotu v jeho nové, úspěšně realizované variantě:

- Prostorný box s měkkou pryžovou podlahou. Pozice dojnice je zjišťována bezdotykově pomocí vážící jednotky.
- Monitor jako součást robotu a jeho vybavení komunikačními a kontrolními systémy.
- Senzorický systém MQC (Milk Quality Control) zajišťuje zpětnou vazbu ke každé čtvrti vemene tím, že průběžně měří, vyhodnocuje a podle potřeby ovládá následující provozně technické faktory vztahující se ke zdraví dojnice a kvalitě mléka:
 1. Kontrola barvy mléka.
 2. Měření konduktivity mléka.
 3. Měření průtoku mléka.
 4. Kontrola podtlaku.
 5. Zajištění proměnné asynchronní pulzace (50/50; 60/40; 70/30) pro každou čtvrt věmena.
 6. On-line systém zjišťování počtu somatických buněk rovněž dle jednotlivých čtvrtí.
- Optimalizuje rychlost dojení.

- Rameno robotu kombinuje trojrozměrné pohyby se zvětšeným dosahem a zajišťuje efektivní nasazení strukových násadců na výše i níže umístěná vemena a je robustní konstrukce, které odolává možnosti poškození způsobené dojnicí.
- Je vybaven detekčním senzorem pro rychlé vyhledání polohy struku. Je použita technologie třírozměrného skenování pro rychlé nasazení strukových násadců a pohyby ramena. Mléčné hadice jsou chráněny uvnitř ramena a čisticí kartáčky zajišťují vynikající očištění se současnou stimulací struku za účelem vyvolání erekčního efektu.
- Součástí robotu je i systém separace mléka pro separaci kolostra a ne-standardního mléka.
- Obsahuje komplexní manažerský systém, který zajišťuje úplnou kontrolu nad chovaným stádem. Jeho základem jsou jednoduchá a dobře organizovaná zobrazení na displeji, včetně obsáhlých grafických přehledů. Jsou srozumitelná a umožňují snadné využití celého systému.



Obr. 1 Příklad dojící robotizované soustavy

Tab. 1: Shrnutí základních technických řešení robotizovaného dojení

Parametr	Řešení
Systém	<ul style="list-style-type: none"> ● jedno robotizované rameno ovládá jeden box, ● jedno robotizované rameno ovládá více boxů
Identifikace struků	Kombinace systémů zaměřování pomocí <ul style="list-style-type: none"> ● laseru ● ultrazvuku ● kamery
Čištění struků	<ul style="list-style-type: none"> ● protiběžně se otáčející kartáče ● v násadcích tlakem vody a vzduchu ● ve zvláštní nádobě pomocí vodní trysky a fénu
Snímání strukových násadců	jednotlivě
Spotřeba elektrické energie na kg mléka	0,013-0,028 kWh
Spotřeba vody na den	od 356 l

Novější verze některých robotů se vyznačuje shodnou úrovní podlah dojitých boxů s podlahami stájí. Tím je zajištěn bezpečný přístup a odchod dojnic z boxu. Elektronický indentifikátor, kterým je vybavena každá dojnice, umožňuje spolehlivou a jednoznačnou identifikaci nezbytnou pro shromažďování konkrétních aktuálních informací o každé dojnici. Robot je spojen s mléčnicí a kanceláří s PC žlabem pro elektrické a datové kabely, je v něm též uloženo mléčné potrubí. Externí vzduchový kompresor, na jehož energetické nároky a výkonnostní potenciál byl upřen náš zájem v této fázi řešení projektu, saturuje potřebu tlakového vzduchu pro pohyb robotického ramene a také dalších pneumatických systémů robotu. Podlaha boxu je opatřena přesným vážicím zařízením, které vedle sledování hmotnosti dojnice určuje také polohu jejího těžiště, což je významným výchozím údajem pro navádění výkyvného robotického ramene. Jakmile je robot připraven k dojení otevírá se vstupní branka a dojnice může vstoupit do boxu. Následně je detekována přítomnost dojnice v boxu, branka se uzavírá a robot může začít dávkovat jádro. Zjednodušení obsluhy dojitího boxu přináší instalace dotykové obrazovky X-Link, která umožňuje obsluhu provádět veškerá nastavení přímo na robotu.

Robotické rameno vybavené pneumatickými písty, které zajišťuje jeho 3D pohyb, je u této verze provedeno jako výkyvné. Jeho hlavní součástmi jsou pulsátory 4Effect, laserový zaměřovač s TDS a systém spojení mléčných a vzduchových hadic se strukovými násadci. Vlastnímu dojení předchází očištění struků protiběžně rotujícími kartáčky, které současně vytvářejí potřebný stimulační efekt. Po skončení této operace je aktivován sTDS (static Teat Detection Sensor) k aktuálnímu zaměření struků a porovnání zjištěných souřadnic s údaji za posledních 8 dojení. Při kladném zjištění se strukové násadce orientují do vhodné polohy pro jejich následné sekvenční nasazení na jednotlivé struky při současném otevření vstupu podtlaku do podstrukových komor násadců. V následujícím intervalu (cca 20 s) dojnice spouští mléko a průtokoměr detekuje jeho průtok do sběrné nádoby. Nedojde-li ke spuštění mléka nebo je-li strukový násadec skopnut dojnící je okamžitě zablokován vstup podtlaku do strukového násadce a robotické rameno strukový násadec znovu nasadí. Významné zlepšení představuje použití zvláštního pulsátoru pro každou jednotlivou čtvrt vemene, která je tak dojena samostatně, nezávisle na ostatních. Použitý pulsátor 4Effect dokáže reagovat na okamžitý průtok mléka změnou pulzační frekvence a umožní tak rychlejší a úplnější vyprázdnění mléčné žlázy. Po ukončení dojení jsou strukové násadce opět vzájemně nezávisle snímány a dojení je ukončeno desinfekcí každého struku zvlášť. První odstříky mléka jsou svedeny do malých sběrných kanálků a tím jsou odděleny od hlavního nádoje. Po dobu dojení protéká mléko systémem MQC (Milk Quality Control), kde sledováním konduktivity, objemového průtoku a barevného spektra mléka jsou zjišťovány i minimální změny jeho kvality, a které umožňují následnou automatickou separaci nestandardního mléka.

Použitý centrální řídicí systém čištění CRS+ automaticky řídí a synchronizuje proplachy všech mléčných cest včetně mléčného tanku. Nestandardní nebo kontaminované mléko např. antibiotiky, je přečerpáno do zvláštních nádob a systém následně provede proplach dotčených cest. Dvakrát až třikrát denně probíhá hlavní čištění celého systému robotu vroucí vodou a desinfekčními prostředky. Údaje a zjištěné hodnoty jsou po každém dojení přenášeny do databáze a prostřednictvím programu T4C na PC a jsou pak k dispozici zootechnikovi a ošetřovatelům. Systém MQC, sledující kvalitu mléka a zdravotní stav dojnice, spolu s informacemi o hmotnosti nádoje, četnosti návštěv a dalších ukazatelů poskytuje tak zootechnikovi aktuální přehled o zdravotní situaci celého stáda.



Obr. 2, 3 Příklady umístění dojicích boxů ve stáji.

Inovační trendy v robotizované dojící technice

Základní, dlouhodobě sledovanou funkční veličinou dojících strojů je úroveň podtlaku v evakuované soustavě dojícího systému. Jeho stanovení prošlo delším vývojem a je zřejmé, že původní hodnota 50,66 kPa (přesně 380 torr) byla volena podle požadavku na nezbytnost dostatečného přilnutí strukové návlečky ke struku než fyziologicky, s ohledem na působení tlakového spádu na strukový kanálek a související mléčné cesty v mléčné cisterně vemene. Následný vývoj vedoucí ke zdokonalení strukových návleček umožnil posléze reflektovat již dříve tušenou skutečnost, že totiž zvolená hodnota podtlaku, která vlivem svého mechanického působení vykonává neblahý vliv na tkáň struku (např. v oblasti vzniku a šíření mastitid), je zbytečně vysoká.

Další důvody, pro které bylo odstoupeno od dříve prakticky všeobecně používané hodnoty 50,66 kPa byly v řadě prací různých autorů již dostatečně objasněny. Pro šetrné dojení je podle současných poznatků doporučována úroveň podtlaku 32 až 42 kPa. V té souvislosti mohou být zajímavá také některá sledování, ze kterých vyplynuly údaje o vztahu horizontální výšky mléčného potrubí v místě zaústění mléčné hadice a úrovni nominálního podtlaku jak je uvádí tabulka 2

Tab. 2 Vztah horizontální výšky mléčného potrubí v místě zaústění mléčné hadice a úrovni nominálního podtlaku

Umístění mléčného potrubí	Vzdálenost od podlahy stání [mm]	Nominální podtlak [kPa]
Horní	≥ 1250	44
Střední	0,0 – 1250	42
Spodní	≤ 0	38

Přínosným inovačním zásahem u jednoho z posledních typů robotů bylo použití asynchronního pulsátoru 4Effect s širším rozsahem pulzační frekvence při proměnném pulzačním poměru pro jednotlivé strukové násadce. Z dříve publikovaných měření vyplývají vztahy mezi hmotnostním průtokem mléka [$\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$] a frekvencí pulzace [počet pulzů. min^{-1}] při různých pulzačních poměrech [%]. Jen pro úplnost dodáváme, že pulz zde definujeme jako poměr doby taktu sání ku taktu stisku a tedy v %, jak je to uváděno v tabulce 3.

Tab. 3 Vztahy mezi hmotnostním průtokem mléka a frekvencí pulzace při různých pulzačních poměrech

Hmotnostní průtok mléka [$\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$]	Frekvence pulzace [počet pulzů. min^{-1}]	Pulzační poměr [%]
≤ 3,5	60	60/40
3,6 – 4,0	58	63/37
4,1 – 4,5	56	65/35
4,6 – 5,0	54	68/32
5,1 – 5,5	53	70/30
5,6 – 6,0	52	73/27
6,1 – 6,5	51	74/26
≥ 6,6	50	75/25

Uváděná tabulka nereflektuje důležitý požadavek, kterým je rovnoměrný a pokud možno plynulý odtok mléka z podstrukové komory. To vyžaduje také zajistit minimalizaci hydraulických odporů (průtokových ztrát) v širším spektru hmotnostních průtoků (viz změny pulzačních poměrů v tabulce 3), volbou vhodné průtočné rychlosti odsávaného mléka. Vzhledem k sacímu charakteru dopravy mléka potrubím do sběrné nádoby je vhodné doporučit menší průtočnou rychlost, za kterou lze pro mírně viskózní kapaliny považovat $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, při níž lze také očekávat omezené zaplynění mléka vzduchem. K té pak je možno jednoduchými výpočty přiřadit vhodnou dimenzi mléčného potrubí a mléčných hadic. Pro zjednodušení dále předpokládáme, že ρ mléka (cca $1,02 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$) je přibližně $\rho \text{ H}_2\text{O}$ [$1 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$].

Autoři provedli kontrolní výpočet pro hmotnostní průtok $Q_1 = 4 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ a obdobně pro hmotnostní průtok $Q_2 = 6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$. Pro minimalizaci hydraulických odporů byla vzata průtočná rychlost $v_m = 0,5 \text{ s}^{-1}$ a následně byl pro průměr potrubí (hadic) z rovnice kontinuity odvozen výpočetní vztah:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_m}} = \sqrt{\frac{Q}{v_m \cdot 0,785}} \quad [\text{mm}]$$

Z provedených výpočtů pak následně vyplývá doporučení pro optimalizaci průměrů mléčného potrubí resp. mléčných hadic pro dopravu mléka na krátké vzdálenosti:

- hmotnostní průtok $Q_1 = 4 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$, vhodný průměr mléčného potrubí (hadic) **10 mm**
- hmotnostní průtok $Q_2 = 6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$, vhodný průměr mléčného potrubí (hadic) **16 mm**

Z praktického hlediska by bylo tedy vhodnější volit průměr potrubí v rozsahu výše vypočteného rozmezí.

Příklad z provozního sledování dojícího robota

U mléčné farmy s 8 dojícími roboty byly zaznamenány tyto štítkové motorické příkony elektropohonů hlavních strojních skupin:

vývěva	1,1 kW
frekvenční měnič	1,2 kW
čerpadlo mléka	0,55 kW
ovládací panel X-link	0,3 kW
kompresorová stanice	6 kW

Vzhledem k poměrně nízkým příkonům hlavní strojní skupiny bezprostředně odvádějící mléko z vemene dojnice, jejíž provoz je současně také při vlastním dojení časově limitován lze předpokládat, že další úspory měrné spotřeby energie by bylo zde možné dosáhnout jen velmi omezeně.

Výraznou měrou se na zjišťované měrné spotřebě energie dojícího robota podílí kompresorová stanice. Externí vzduchový kompresor, který dodává tlakový vzduch k provozu všech pneumaticky ovládaných systémů robota, musí současně splňovat požadavek na potřebnou kvalitu vzduchu, zejména na jeho čistotu a minimalizovaný obsah vodních par. Kompresorová jednotka včetně sušiče má délku 60 cm, šířku 130 cm a výšku 160 cm při hmotnosti 215 kg. Výstupní tlak pro provoz pneumatických systémů robota je 8 barů. Jeho umístění je situováno do místnosti, kde neklesá teplota pod bod mrazu a kde je dostatečně čistý vzduch.

Výsledky a závěry plynoucí ze sledování robota č. 2 ve výše uvedeném období:

1.	Celkový počet dojení	1391 /10 dní
2.	Průměrný počet provedených dojení	139 /24 h
3.	Celková hmotnost nádoje	15 793,1 kg/10 dní
4.	Průměrná hmotnost nádoje	11,35 kg/1 dojení
5.	Příkon kompresoru	6 kW
6.	Měrná spotřeba energie kompresoru (naměřená)	6,083 Wh/motohod.
7.	Energie spotřebovaná kompresorem ve sledovaném období	354,53 kW / 0 dní
8.	Energie spotřebovaná kompresorem za 24 h	35,45 kW
9.	Energie spotřebovaná kompresorem na 1 dojení	0,255 kW
10.	Energie spotřebovaná kompresorem na 1 litr mléka	0,022 kW
11.	Průměrná frekvence návštěv boxu 1 dojnící	2,6 /den
12.	Průměrná doba pobytu dojnice v boxu	8,6 min
13.	Průměrná doba vlastního dojení	6,1 min

Uvedené výsledky měření dokladují původní předpoklad o výrazném podílu činnosti kompresorové stanice na úrovni měrné spotřeby energie robotem. Na výše zmíněné skutečnosti se zřejmě ve značné míře podílí, vedle samotné volby systému, také nutnost udržovat v systému stále relativně vysoký tlak (8 bar). K tomu lze podotknout, že jiné renomované společnosti, zabývající se vývojem a distribucí automatizovaných dojicích systémů volí většinou hydraulické ovládání pohybů ramene.

Vícemístné dojicí roboty

Jak je z odborných článků známo, někteří odborníci upřednostňují vícemístné automatizované (robotické) dojicí systémy před jednomístnými. Je také známo, že obě zmíněná provedení mají vysokou, velmi podobnou technickou úroveň. Zastánci vícemístných strojů namítají proti jednoboxovému vyšší průchodností (výkonností) vícemístných robotů a v důsledku této skutečnosti i nižšími pořizovacími náklady pro zemědělský podnik. Technicky pojaté srovnání obou řešení výhodnost víceboxových robotů skutečně potvrzuje. Poslední výzkumy ale naznačují, že při porovnávání obou technických řešení dojicích robotů bude nutno zohledňovat ve větší míře také hlediska etologická.

Z výše zmíněného důvodu bude podle našeho mínění před podrobnou energetickou analýzou dojení vícemístnými roboty provést podrobnější analýzu reakce dojnic na vícemístné roboty v porovnání s jednomístnými, se kterými jsou v současné době, vzhledem k poměrně široké základně provozovatelů na území našeho státu podstatně širší a hlubší zkušenosti. Mezi otázky, na které by bylo vhodné nalézt odpovědi, patří např.:

- a) Do jaké míry je pro dojnici vhodné střídání dojicího boxu robotu v průběhu laktace?
- b) Do jaké meze je přínosné zvyšování četnosti dojení dojnice v průběhu 24 hod.?
- c) Ovlivňují prodloužené dopravní cesty mléka bezprostředně po nadojení jeho kvalitu?
- d) Budou všechny boxy vícemístného robotu v průběhu 24 hod. rovnoměrně zatíženy?
- e) Jak vychází porovnání produkční účinnosti stáda s optimalizovaným počtem dojnic obsluhovaného jednomístným robotem s vícemístným dojicím centrem s úměrně větším počtem dojnic?

Ve výše zmíněných souvislostech je třeba zdůraznit fakt, že v robotizovaném dojení se dnes na území našeho státu v rozhodující míře uplatňují jednomístné dojicí roboty.

Poznámka:

ad b) resp. c) Větší dopravní vzdálenosti, které musí mléko překonat bezprostředně po nadojení, mohou mít vliv na obsah volných mastných kyselin v mléce, jak vyplývá z výzkumu v Nizozemí a Dánsku. Následnou mikrobiologickou transformací může dojít ke štěpení mléčného tuku a vzniklé volné mastné kyseliny následně negativně ovlivňují chuť a vůni mléka. Dalšími faktory, které se mohou na tomto procesu spolupodílet, může být i nadměrné míchání vzduchu s mlékem při jeho dopravě nebo též vyšší frekvence dojení jednou dojnici za den tj. třikrát a více. Tento stav nastává také tehdy, když jsou roboty instalovány do stávajících stájí a mléko je pak přečerpáváno do tanků, které jsou od nich ve větší vzdálenosti.

DOPORUČENÍ REÁLNÝCH INOVAČNÍCH OPATŘENÍ, UMOŽŇUJÍCÍCH DALŠÍ ZEFEKTIVNĚNÍ PRÁCE ROBOTIZOVANÝCH DOJICÍCH SYSTÉMŮ

V souladu se zkoumáním dalších možných úspor měrné spotřeby energie robotických dojicích strojů byla pozornost autorů zaměřena na jejich elektropohon, kterými jsou obvykle běžné asynchronní motory s kotvou nakrátko. Byla zde proto akcentována pozornost na optimalizované přiřazování asynchronních elektromotorů s důrazem na jejich účinník a účinnost. V této souvislosti lze dojít k závěru, že je dnes již nejen možné, ale i potřebné osazovat automatické dojicí stroje inovovanou řadou trojfázových nízkonapěťových motorů se zvýšenými účinnostmi, které jsou v souladu s novými normami IEC a EN. Tato řada se vyznačuje zvýšenou účinností, která je dosahována měděnými rotorovými tyčemi a kruhy a vysoce kvalitními statorovými plechy s nízkým ztrátovým číslem a navíc ještě dodatečnými opatřeními jako např. optimalizace ventilace. Motory tak mají vyšší kompaktnost a menší rozměry. Mají také při stejné výšce osy o 1 stupeň vyšší normalizované výkony podle doporučení IEC 60034-30 ve vysoké třídě účinnosti IE 2 a zvýšené účinnosti IE 1. Optimalizovaný tvar motorů nadto usnadňuje jejich vestavbu do jednotlivých strojních skupin dojicích robotů. Za důležitou okolnost je třeba mít i skutečnost, že např. snímače otáček, elektromagnetické

brzdy a event. doplňkové ventilátory se dají namontovat při relativně nízkých nákladech. Výhodné také je, že se tyto inovované motory dají provozovat s frekvenčními měniči bez přídavných opatření.

Pro ilustraci může být zajímavé uvést, že zatímco asynchronní motory s třídou účinnosti 1E 1 (doposud EFF 2) mají hodnotu účinnosti 87,6 %, mají stroje třídy 1E 2 (doposud EFF 1) účinnost 90 %. Z výše uvedeného lze vyvinutým softwarem např. stanovit roční úsporu elektrické energie cca 170 kWh. Vložená vyšší investice do motoru se pro daný příklad vrací v relativně krátké době 9 měsíců, což je zvláště důležité u robotizovaných dojicích systémů, jejichž provoz na farmách je v průběhu 24 h prakticky nepřetržitý. S uváděnými asynchronními motory je dodáván multifunkční měřicí přístroj, který je schopen sledovat i více než 50 veličin a může mít tak zásadní význam pro celkovou energetickou optimalizaci při pohonu jednotlivých strojních skupin robotizovaného dojicího systému.

VYBRANÉ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PROCES DOJENÍ V AMS

Vliv podtlaku na mléčnou žlázu dojnic

Nejvíce namáhanou částí vemene jsou struky, které mění během dojení kondici. Struky jsou stlačovány, tím vyvolávají mechanické a oběhové změny ve tkáni struku, která může vyústit až v patologickou traumatizaci, která se projeví např. překrvením, otokem, zatvrdnutím, popraskáním apod.

Používaný podtlak významně ovlivňuje proces dojení a traumatizaci mléčné žlázy. Příliš nízký průměrný podtlak ve sběrači mléka způsobuje:

- prodlužování doby dojení,
- pomalejší dojení a nedokonalé vydojování,
- postupný pokles užitkovosti,
- zvyšování počtu traumatizací struků,
- zvyšování rizika prokluzování strukových násadců a jejich spadávání.

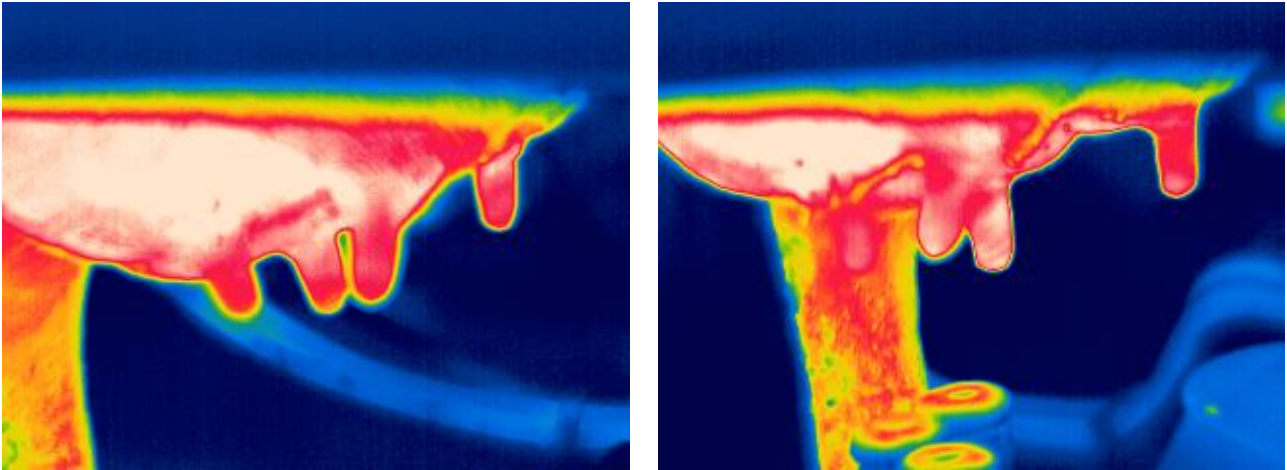
Naopak příliš vysoký průměrný podtlak ve sběrači mléka působí:

- zvyšování poranění struků,
- otok tkáně struků,
- "šplhání" strukových násadců, tedy vtahování struků do strukové návlečky a tím zpomaluje dojení,
- prodlužování doby dodojování, a tím zvyšuje riziko poranění tkáně struků.

Diskutovanou otázkou u robotizovaného dojení je jeho vliv na traumatizaci struků. Již několik prací se zaměřilo na sledování přímého vlivu AMS na struky a mléčnou žlázu. Zahraniční autoři těchto prací různými metodami zjistili a potvrdili, že dojení v AMS nemá negativní vliv na vemeno a struky a v konečném důsledku na zdravotní stav mléčné žlázy dojnic. V některých případech dokonce zaznamenali lepší výsledky oproti dojení v klasických dojicích systémech.

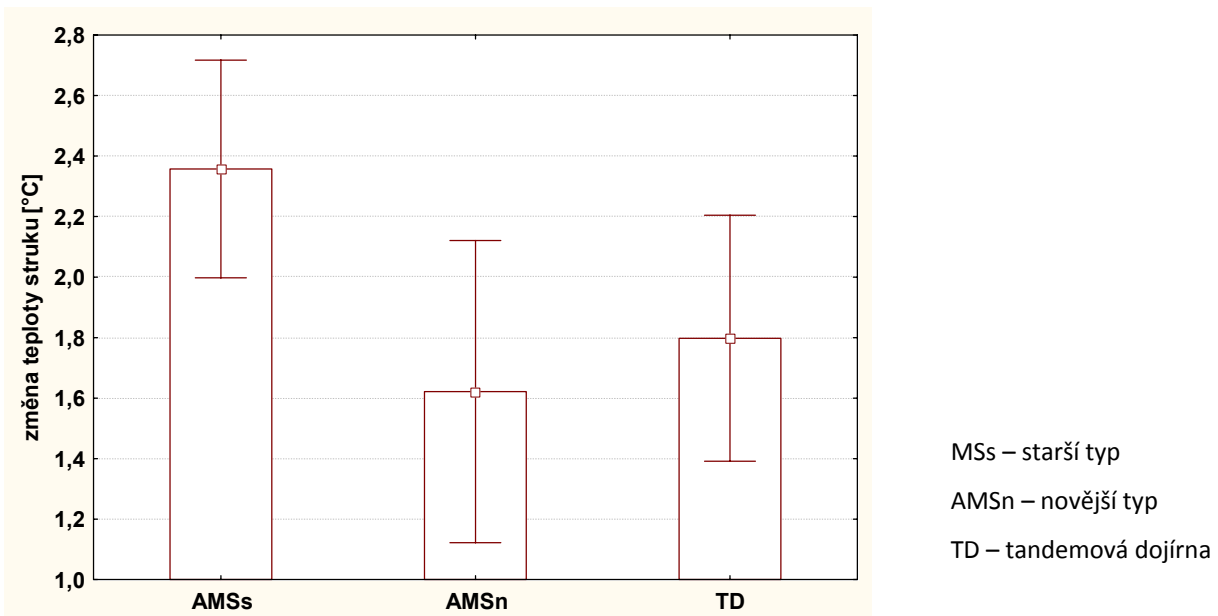
V rámci projektu, z něhož tato metodika vychází, bylo uskutečněno sledování vlivu provozního podtlaku robotizovaného dojení na traumatizaci mléčné žlázy pomocí termografické metody, tzn., že vliv podtlaku na struky byl hodnocen na základě změny teploty struků. Infračervená termografie totiž umožňuje neinvazivním, bezkontaktním a objektivním způsobem zachytit vizuálně nepostihnutelnou traumatizaci strukové tkáně. Vlivem dojení dochází ke změnám v teplotě struků a tyto změny, resp. velikost těchto změn lze využít k hodnocení vlivu dojení na mléčnou žlázu a posoudit tak bezprostředně pohodu dojnic při dojení daným způsobem.

Byly vybrány dvě produkční stáje s robotizovaným systémem dojení, přičemž jeden vývojový typ robota pocházel z roku 2003, druhý vývojový typ byl z roku 2005. Oba vývojové typy byly porovnány s dojením, uskutečněným v tandemové dojárně 2 x 5. Používaný provozní podtlak byl u všech systémů 42 kPa. Teplotní záznamy struků byly pořizovány bezprostředně před dojením a po dojení. Souběžně byla měřena doba nasazování strukových násadců a doba vlastního dojení. Všechny měřené dojnice byly ve vrcholné fázi laktace. Teplotní záznamy (termogramy) byly vyhodnocovány speciálním počítačovým programem. Hodnoty teplot struků byly porovnány mezi oběma vývojovými typy AMS a dále s hodnotami teplot struků získanými v klasické tandemové dojárně 2 x 5 při stejné hodnotě provozního podtlaku.



A **B**
 Příklad termogramů mléčné žlázy resp. struků z robotizovaného dojení:
 A – teplotní stav struků před dojením, B - teplotní stav struků po dojení.

Zjištěné změny teploty struků v závislosti na použitém dojícím systému jsou uvedeny v grafu 1.



Graf 1: Změny teploty struku v závislosti na použitém dojícím systému

Rozdíly teplot struků před a po dojení činily v AMS staršího typu 2,36 °C, v AMS novějšího typu 1,62 °C a v tandemové dojárně 1,80 °C. Významný rozdíl byl zjištěn mezi starším a novějším typem AMS, ostatní rozdíly byly nesignifikantní. Lze tedy konstatovat, že novější typ AMS namáhal struky významně méně nežli starší typ a byl i nevýznamně lepší v porovnání s klasickou tandemovou dojárnou.

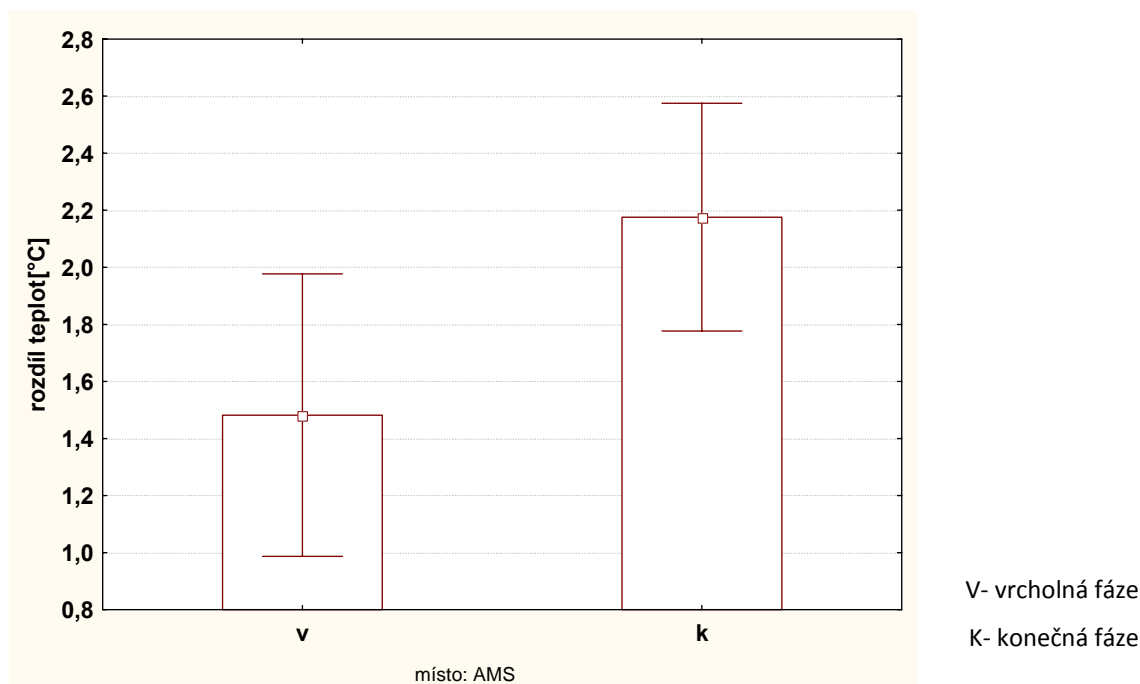
Pokud se týká doby nasazování a doby dojení, nevykázaly mezi sebou oba AMS významné rozdíly. U AMS staršího typu činila doba nasazování v průměru 39,09 sekund, u novějšího typu AMS 45,33 sekund. Průměrná doba dojení u AMS staršího typu byla 330 sekund u novějšího typu AMS pak 359 sekund.

Tato zjištění podporují názory a výsledky jiných autorů, kteří potvrzují „nezávadnost“ vlivu robotizovaného dojení na mléčnou žlázu. Je také potěšující, že vývojově a konstrukčně mladší generace AMS je ještě výrazně „přátelštější“ k mléčné žláze dojených krav, což je z hlediska zdravotního stavu zvířat velmi potřebné.

Další řešenou otázkou bylo, zda-li stav struků při dojení v robotu může ovlivnit fáze laktace.

Měření se opět uskutečnilo v produkční stáji s robotizovaným systémem dojení, používaný podtlak 45 kPa. Do měření byla zařazena skupina dojnic ve vrcholné fázi laktace a skupina dojnic v konečné fázi laktace. Teplotní záznamy struků byly pořizovány bezprostředně před dojením a po dojení. Souběžně byla měřena doba nasazování strukových násadců a doba vlastního dojení. Hodnoty teplot struků byly porovnány mezi oběma skupinami dojnic.

Z měření vyplynulo, že dochází k významným rozdílům v teplotě struků v závislosti na sledované fázi laktace. U dojnic ve vrcholné fázi laktace způsobovalo dojení v robotu nižší traumatizaci struků v porovnání se struky dojnic v konečné fázi laktace. Celková doba vlastního dojení byla sice u dojnic ve vrcholné fázi delší (309 sekund vs. 265 sekund), avšak doba rozdojování byla významně vyšší u dojnic v konečné fázi laktace. V tom lze spatřovat příčinu vyšší zátěže struků u dojnic v této skupině. Rozdíl v teplotním stavu struků před a po dojení 1,47 °C u skupiny ve vrcholné fázi laktace a 2,17 °C u skupiny v konečné fázi laktace dokumentuje graf 2.



Graf 2: Změny teploty struku v závislosti na fázi laktace

Z tohoto zjištění vyplývá, že výrobci AMS by nastavení a technické parametry měli uzpůsobovat v robotizovaném dojení i fázi laktace (např. snížit nominální podtlak), pokud je to možné vzhledem k managementu stáda, nikoliv nastavovat systém paušálně.

Vliv mikroklimatických podmínek na dojení v AMS

Zvířata ustájená ve stájích se musí přizpůsobovat celé řadě změn souvisejících s organizací, technologií i technikou chovu. V těchto podmínkách reagují intenzivně na veškeré nedostatky stájového prostředí. Svůj ne nepodstatný vliv mají i mikroklimatické podmínky. Mikroklimatem se rozumí ovzduší v prostoru stáje, které je v přímém vztahu k zevnímu atmosférickému prostředí (makroklima), při čemž vliv makroklimatu na mikroklima je zprostředkováván řadou faktorů, především konstrukcí a provedením stavby, způsobem větrání příp. klimatizace, provozem apod.

Stájové ovzduší je kromě osvětlení, hluku, povrchových teplot stavebních a technologických prvků a ergonomických aspektů jednou z nejdůležitějších součástí vytvářejících tzv. stájové prostředí. Jeho kvalita patří spolu s výživou, způsobem ustájení a kvalitou ošetřování mezi hlavní činitele, které působí na organismus zvířat a ovlivňuje jejich produkci a tím i rentabilitu chovu. Stájové ovzduší tedy (vedle genetického základu) také podstatně ovlivňuje spotřebu krmiva i zdravotní stav zvířat. V zahraničních pramenech se uvádí, že užitkovost hospodářských zvířat je ovlivněna z 50 % až 60 % hodnotou živin v krmivu, asi z 20 % způsobem ustájení a z 10 % až 30 % kvalitou stájového ovzduší. Stájový vzduch je směs plynů, vodních par a příměsí v zóně zvířat. Jeho stav je charakterizován teplotou, relativní vlhkostí, rychlostí proudění vzduchu a obsahem plynů, prachu a mikroorganismů.

Mikroklimatické podmínky nemalou měrou ovlivňují užitek, zdravotní stav a životní projevy hospodářských zvířat. Mikroklima resp. teplotní podmínky ve stáji musí být takové, aby zabezpečily dostatečný odvod tepla z organismu chovaných zvířat. Budou-li teplotně-vlhkostní poměry v optimu, nebude organismus namáhán, při jejich změnách mimo optimum bude docházet k zatěžování organismu, k narušení metabolických procesů, ke snížení užitečnosti a k dalším nežádoucím projevům a účinkům.

Mezi nejdůležitější faktory stájového mikroklimatu v tomto směru patří teplota vzduchu a relativní vlhkost.

Teplota vzduchu

Teplotu vzduchu lze považovat za nejdůležitější faktor stájového mikroklimatu, neboť rozhoduje i o hodnotách některých ostatních faktorů (vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu), případně zásadně ovlivňuje hodnocení působení těchto faktorů na zvíře.

Hlavním zdrojem produkce tepla ve stájích je především teplo vydávané zvířaty. Vydané teplo je závislé na množství přijímané potravy. Proto platí, že čím intenzivnější je zátěž organismu, tím větší je potřeba energie a tím více tepla se vyprodukuje a tělo se více zahřívá. Zdrojem produkce tepla ve stájích je i teplo přiváděné do stáje zvenčí obvodovými konstrukcemi, vzduchem při větrání, osluněním nebo i případnými umělými zdroji při vytápění. Významným tepelným zdrojem může být za určitých okolností také podestýlka.

Požadované hodnoty teploty vzduchu ve stájích udává ČSN 73 0543-2 Vnitřní prostředí stájových objektů, část 2: Větrání a vytápění, nicméně v nezateplených stájích s přirozenou ventilací je nutné počítat se širokou variabilitou teplotních podmínek a dalších faktorů stájového mikroklimatu a k tomu upravit management provozu stáje.

Relativní vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je druhým hlavním ukazatelem stájového mikroklimatu. Její vliv na organismus chovaných zvířat je rovněž značný a její hodnoty významně ovlivňují tepelný výdej z organismu. Vzduch nasycený vodními parami má tepelnou vodivost asi 10x vyšší než suchý vzduch. Při nízkých teplotách se zvyšuje výdej tepla radiací a hlavně vedením, evaporací aj. (podporuje vznik podchlazení organismu), při velmi vysokých teplotách (dusno) naopak omezuje výdej tepla všemi způsoby. Nahromaděné teplo má za následek vznik přehřátí organismu. Vysoká relativní vlhkost má nepříznivý vliv na horní cesty dýchací, neboť podporuje rozkladné pochody organických látek a rozvoj mikroorganismů na sliznicích a v horních cestách dýchacích, čímž celkově zhoršuje kvalitu vdechovaného vzduchu a vytváří předpoklady pro snadné onemocnění zvířete. Ve vlhkých stájích je také nebezpečí výskytu a šíření plísňových onemocnění. Hlavním zdrojem vlhkosti ve stájích jsou především zvířata, dále pak zamokřené plochy a vodní zdroje.

Požadované hodnoty pro relativní vlhkost vzduchu jsou zakotveny v ČSN 73 0543-2 Vnitřní prostředí stájových objektů, část 2: Větrání a vytápění. Obecně však lze konstatovat, že optimální relativní vlhkost vzduchu je do 75 %. Je nutné však upozornit, že hodnoty relativní vlhkosti mají charakteristickou sezónní a denní dynamiku, a to zejména u stájí s neřízeným klimatem (otevřené stáje, venkovní ustájení).

Vliv teploty vzduchu na dojení v AMS

Jak již bylo řečeno v úvodu, vlivu mikroklimatických podmínek na průběh dojení v AMS není dosud ve výzkumu věnována dostatečná pozornost. Proto se autoři této metodiky zaměřili na tuto oblast.

V Tab. 4 je souhrn kontinuálního tříletého měření a analyzování vlivu nejdůležitějších mikroklimatických činitelů - teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu na vybrané parametry dojení v AMS.

Z tabulky je patrné, že se v závislosti na ročním období mění počet dojení v robotu. Návštěvnost robotu je prakticky shodná na podzim a v zimě, zatímco významně stoupá v jarních měsících a naopak se významně snižuje v létě. Nižší letní návštěvnost robotu souvisí s vlivem teploty vzduchu, neboť v letních měsících v důsledku působení vysokých teplot vzduchu dochází k negativnímu ovlivnění organismu dojníc, které se projevuje i sníženou pohybovou aktivitou. Tento nižší počet dojení má za následek, jak je z tabulky zřejmé, delší dobu dojení, vyšší celkový nádoj na jednu dojnici a dojivost na 1 dojení. Za méně příznivé lze označit i zimní a podzimní měsíce roku, kdy dochází k nevhodným teplotně-vlhkostním poměrům ve stáji (nízké teploty vzduchu v kombinaci s vysokou relativní vlhkostí vzduchu), které také ovlivňují sledované parametry.

V období podzimu a zimy je však nutné věnovat vzhledem k těmto nepříznivým teplotním poměrům ve stáji i zvýšenou pozornost dojicí technice. Dojící roboty jsou instalovány přímo do stájového prostředí

a podléhají tak všem stájovým vlivům, vč. negativního působení teplot vzduchu a vlhkostí vzduchu. To se může výrazně projevit na chodu těchto zařízení. Velkým problémem může nastat, pokud teplota vzduchu poklesne pod normovanou výpočtovou hodnotu 2 °C. Po překročení této hodnoty dochází k zamrznutí technologické vody a při delším působení nízkých teplot vzduchu i technologických systémů.

Na základě těchto poznatků lze doporučit následující:

- sledovat mikroklimatické parametry ve stájích,
- v případě překročení vysokých teplot vzduchu (nad 21 °C) eliminovat tepelný stres dojníc (viz. certifikovaná metodika Využití technologie evaporačního ochlazování s řídicími jednotkami k eliminaci tepelného stresu zvířat),
- v případě výskytu nežádoucích vysokých vlhkostí vzduchu (nad 75 %) zajistit účinnou ventilaci stáje,
- zajistit v prostoru dojících robotů v zimním období alespoň minimální normovanou provozní teplotu 2 °C.



Obr. 4, 5, 6 Komfortní ustájení dojníc je také nezbytnou podmínkou úspěšného dojení v AMS.

Tab. 4 Průměrné hodnoty teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a vybraných parametrů robotizovaného dojení v jednotlivých ročních obdobích

parametr	období	hodnota
Teplota vzduchu	jarní	7,19 °C
	letní	17,46 °C
	podzimní	5,36 °C
	zimní	-2,7 °C

Relativní vlhkost vzduchu	jarní	73,1 %
	letní	79,7 %
	podzimní	88,4 %
	zimní	84,4 %

Počet dojení na 1 dojnici	jarní	2,78
	letní	2,29
	podzimní	2,51
	zimní	2,53

Celkový nádoj na 1 dojnici a den	jarní	32,28 l
	letní	30,16 l
	podzimní	29,23 l
	zimní	30,61 l

Nádoj na 1 dojení	jarní	11,46 l
	letní	12,97 l
	podzimní	11,42 l
	zimní	11,91 l

Doba rozdojování na 1 dojení	jarní	0:30 min.
	letní	0:29 min.
	podzimní	0:31 min.
	zimní	0:33 min.

Doba dojení na 1 dojení	jarní	4:10 min.
	letní	4:28 min.
	podzimní	4:14 min.
	zimní	4:18 min.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika se zabývá doposud málo prozkoumanou oblastí v rámci dojení v AMS – energetickou náročností robotického dojení a možnostmi jejího snižování, dále přímým vlivem technických faktorů (podtlaku) a mikroklimatických faktorů na organismus dojnic a vlastní proces dojení v dojícím robotu, a tak přináší nové poznatky pro uživatele této metodiky.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika primárně určena pro chovatelskou praxi je vhodná i pro praxi poradenskou a pedagogickou. Zavedení nových poznatků prostřednictvím této metodiky má především přispět ke zkvalitnění chovného prostředí dojeného skotu, v oblasti vzdělávací pak zkvalitnit vzdělávací proces na zemědělských univerzitách, středních zemědělských školách a vyšších odborných školách se zemědělským zaměřením s cílem zařadit do vzdělávacího procesu nejnovější poznatky a aplikované výsledky dosahované ve výzkumném a experimentálním vývoji a v oblasti inovační činnosti.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Metodika je přednostně poskytnuta uživatelům na základě smlouvy, ale je volně dostupná dalším zájemcům, o nichž nemusí mít autoři a jednotlivá pracoviště autorů žádný přehled.

Různé podniky mají odlišné výrobní a ekonomické podmínky. Ty se mění dokonce i u jednoho konkrétního prvovýrobce. Proto zde uvedený ekonomický přínos má pouze charakter modelové situace, vycházející z aktuálních cen v době tvorby této metodiky. Náklady za zavedení frekvenčního měniče jsou implementovány do konečné ceny dojícího systému.

V nákladech na zavedení postupů jsou především spojeny s investicemi do systému řízení mikroklimatu ve stájích. Jejich výše je závislá na dispozičním a technologickém řešení stáje a pohybuje se cca 1 000,- Kč na jedno ustájovací místo.

Pokud nebudou dodržovány zásady welfare a doporučení ohledně komfortního ustájení dojnic v letních měsících (cca 90 dní), je nutné počítat s poklesem nádoje v průměru o 2 l na dojnici a den. Při současné průměrné výkupní ceně mléka 8,22 Kč činí ztráta za letní období 1 479,60 Kč na dojnici. Tzn., že pro stádo čítající 100 ks dojnic (modelový příklad) je ztráta 147 960,- Kč za letní období. Pokud dojde k dodržování zásad a doporučení pro chov dojnic v letních měsících (eliminace tepelného stresu), lze této finanční ztrátě zabránit nebo ji alespoň výrazně omezit.

Pokud bude dodržován diferenciální přístup k dojení dle fáze laktace (např. snížením nominálního podtlaku v konečné fázi laktace), bude možno dosáhnout snížení nákladů na veterinární péči o minimálně 10 % na dojnici a krmný den. Při průměrném nákladu na veterinární službu a léky 5,21 Kč na dojnici a krmný den znamená tato úspora cca 0,50 Kč na dojnici a krmný den, což činí za 1 rok (365 dní) 182,50 Kč na dojnici. Tzn., že opět pro stádo čítající 100 ks dojnic (modelový příklad) je úspora na veterinárních nákladech za jeden rok 18 250,-Kč.

Při používání frekvenčního měniče pro regulaci pohonných jednotek v dojících systémech je možno uspořit elektrickou energii v průměru o 52 %. Tato úspora se týká přímé spotřeby elektrické energie na proces dojení. Spotřeba na 1 dojnici činí 0,073 kWh, při průměrném počtu dojení 2,5x za den na 1 dojnici je celková spotřeba 0,18 kWh. Pro stádo čítající 100 dojnic, které je dojené v systému bez frekvenčního měniče, činí celková spotřeba za rok 6 570 kWh, tj. při průměrné ceně 2,91 za kWh (s DPH, průměrná kombinovaná hodnota) 19 119,- Kč. Při osazení dojícího systému frekvenčním měničem je pak celková spotřeba 3 416 kWh, tj. 9 941,-Kč. Úspora u stáda se 100 kusy dojnic činí 9 178,-Kč za rok. Z toho vyplývá, že při pořizovací ceně frekvenčního měniče cca 32 000,- Kč by chovatel měl vždy vyžadovat dojící systémy doplněné o frekvenční měniče, neboť návratnost takovéto investice je cca 3,2 let.

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Berglund, I., Pettersson, G., Svennersten – Sjaunja, K.M. (2002). Automatic milking: effects on somatic cell count and teat-end quality. *Livest.Prod.Sci.*, 78: 115 – 124.
- Chloupek, J., Suchý, P. (2008). Mikroklimatická měření ve stájích pro hospodářská zvířata. VFU Brno, 96 s.
- Khol., J.L., Franz, S., Klein, D., Lexter, D., Waiblinger, S., Luger, K., Baumgartner, W. (2006): Influence of milking technique and lactation on the bovine teat by means of ultrasonographic examination. *Bert. Munch.Tierarztl.Wochenschr.*, 119: 68 – 63.
- Magliorati, I., Calza, F., Casirini, G., Zecconi, A. (2003)“ Udder morphology and health in an automatic milking system. *Ital.J. Anim.Sci.*, 2: 319
- Matějka, J. (1994). Teplotní a vlhkostní poměry stájových objektů pro skot v zimním a v přechodném období. Technické doporučení, informační list, Agropojekt centrum Praha 1, 11s.
- Svennersten – Sjaunja, K.M., Pettersson, G. (2007). Pros and cons automatic milking in Europe. *J.Anim.Sci.*, 86: 37 – 46.
- Šoch, M. (2005). Vliv prostředí na vybrané ukazatele pohody skotu. Vědecká monografie. JU ZF České Budějovice, 288 s.
- Ryšánek, D. Hygiena získávání mléka [online]. Výzkumný ústav veterinárního lékařství Brno. [vid. 17. Sept 2011]. Dostupné z: http://www.vri.cz/cz/dusan_rysanek/+hl-hygiena%20získávání.
- Velechovská, J. Vliv dojících robotů na kvalitu mléka. *Farmář*, 17, 11.
- Zecconi, A., Piccinini, R., Bronzo, V., Moroni, P., Giovannini G., Piccinini, R. (2000): Effects of automatic milking system on teat tissue defences and intramammary infections. *Adv.Exp.Med.Biol.*, 480: 287 – 293.
- ČSN 73 0543-2 Vnitřní prostředí stájových objektů, část 2: Větrání a vytápění.

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Publikace:

- Kunc, P, Knížková I, Koubková, M., (1999) The influence of milking with different vacuum and different design of liner on the change of teat surface temperature. *Czech J Anim. Sci*, 45 (3): 131 – 135.
- Kunc, P, Knížková I, Koubková, M., Flusser, J, Doležal, O. (2000) Comparison of teat rubber liners by means of temperature states of teats. *Res Agri Eng 2000c*; 46 (3): 104 – 7.
- Kunc, P., Knížková, I., Příkryl, M., Maloun, J., Novák P. (2007) Technické, animální a humánní aspekty dojení. *Metodika*, Praha: VÚŽV, v.v.i., 60 s.
- Kunc, P., Knížková, I., Příkryl, M., Maloun, J. (2007) Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 40 (1): 29-32.
- Kunc, P., Knížková, I. The use of infrared thermography in livestock production and veterinary field. In. *Infrared Thermography: Recent Advances and Future Trends*. Bentham Science Publishers Ltd., Netherlands (in press).
- Kunc, P., Knížková, I. Jiroutová, P., Staněk, S. Automatic milking systém: effect of used vacuum level on bovine teats. In. *XVth ISAH Congress 2011*. Vienna: International Society for Animal Hygiene, 2011, s. 647 - 649
- Kunc, P., Knížková, I. Jiroutová, P., Staněk, S. Vliv teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu na dojení v AMS. In. *Aktuální otázky bioklimatologie zvířat 2011*. Brno: 2011, s. 45 - 46.
- Kunc, P., Knížková, I., Jiroutová, P., Staněk, S. Vliv robotického dojení na mléčnou žlázu dojnic. *Náš chov* (in press).

Právně chráněné výsledky:

- Kunc, P., Knížková, I. (2010) Stimulační osvětlení dojícího stání automatického dojícího systému. Užitečný vzor, CZ 21580 U1, Úřad průmyslového vlastnictví.

Vydal: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

Název: AUTOMATICKÉ DOJICÍ SYSTÉMY
Vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení

Autoři: doc. Ing. Ivana Knížková, CSc.
doc. Ing. Petr Kunc, Ph.D.
doc. Ing. Miroslav Přikryl, CSc.
doc. Ing. Josef Maloun, CSc.
Ing. Pavlína Jiroutová
Ing. Stanislav Staněk, DiS.
doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

ISBN: 978-80-7403-085-7

Metodika vznikla v rámci řešení projektu NAZV QH91267

Ministerstvo zemědělství České republiky
Těšnov 17
117 05 Praha 1

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

č. 17210/2011 – 5

o uznání uplatněné certifikované metodiky
v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“

Automatické dojící systémy – vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení

*doc. Ing. Ivana Knížková, CSc., doc. Ing. Petr Kunc, Ph.D.,
doc. Ing. Miroslav Prikryl, CSc., doc. Ing. Josef Maloun, CSc.,
Ing. Pavlína Jiroutová, Ing. Stanislav Staněk, DiS.,
doc. Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.*

*Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Praha – Uhřetěves*

ISBN 978-80-7403-085-7

Vypracované v rámci výzkumného projektu NAZV QH91267.

V Praze dne 16. prosince 2011




Ing. Jiří Hojer
ředitel odboru
živočišných komodit -17210