

HANDRIT

# Sjálfvirk mjaltatækni

*Torfi Jóhannesson, Lárus Pétursson og Birgir Óli Einarsson*

Landbúnaðarháskólinn á Hvanneyri  
Rannsóknastofnun landbúnaðarins  
Hagþjónusta landbúnaðarins  
2001

## Efnisyfirlit

<b>1. ORÐ OG HUGTÖK .....</b>	<b>4</b>
<b>2. SAGA OG ÞRÓUN AMS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. STAÐA ÞEKKINGAR .....</b>	<b>5</b>
<b>4. HELSTU ÚTFÆRSLUR AMS.....</b>	<b>6</b>
4.1. Einklefakerfi .....	6
4.2. Fjölklefakerfi .....	7
4.3. Frjáls umferð eða stýrð umferð, með eða án forvals.....	8
<b>5. MJÓLKURMAGN OG GÆÐI.....</b>	<b>12</b>
5.1. Mjólkurmagn.....	12
5.2. Mjólkurgæði .....	12
<b>6. KÆLING OG GEYMSLA MJÓLKUR .....</b>	<b>13</b>
<b>7. VINNUPÖRF.....</b>	<b>14</b>
<b>8. SUMARBEIT .....</b>	<b>16</b>
<b>9. ÁHRIF JÚGURGERÐAR.....</b>	<b>16</b>
<b>10. ATFERLI KÚNNA OG VELFERÐ.....</b>	<b>18</b>
<b>11. HAGFRÆÐI.....</b>	<b>19</b>
11.1. Nænnigreiningar.....	20
<b>12. LOKAORÐ.....</b>	<b>23</b>
<b>13. HEIMILDIR.....</b>	<b>24</b>

## Formáli

Þann 27. september 2000 barst Landbúnaðarháskólanum á Hvanneyri (LBH) beiðni frá Embætti yfirdýralæknis, þar sem óskað var eftir því að skólinn tæki að sér að gera úttekt á notkun sjálfvirks mjaltabúnaðar í fjósum. Framvinda málsins varð sú að Landbúnaðarháskólinn, Hagþjónusta landbúnaðarins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins lögðu til vinnu gerð bæklinga um stöðu þekkingar á þessu sviði. Jafnframt tók Hagþjónustan að sér að vinna hagfræðilíkan, svo bændur gætu sett inn eigin forsendur og reiknað dæmið til enda.

Breytileiki milli búa er mikill í nær öllum þáttum sem skipta máli fyrir hagkvæmni sjálfvirkrar mjaltatækni. Ástæða þessa breytileika felst oftast en ekki í hæfileikum bústjórans til að aðlagast hinni nýju tækni. Við getum kallað það handbragð, og hér sem annars staðar fylgir hugur hönd. Það er von okkar sem að skýrslunni stöndum að hún efli skilning manna á sjálfvirkri mjaltatækni og auðveldi bæði ákvarðantöku um fjárfestingar sem og daglegan rekstur kerfanna.

Torfi Jóhannesson  
Lárus Pétursson  
Birgir Óli Einarsson

## 1. Orð og hugtök

Kært barn hefur mörg nöfn, segir danskt máltæki og ef það á við rök að styðjast, þá þykir Íslendingum afar vænt um sjálfvirk mjaltatæki. Mjaltaþjónn, mjaltaþjarkur, mjaltaróbót, mjaltari og mjalta eru dæmi um nöfn á sjálft mjaltatækið. Mjaltakerfið hefur verið kallað fúsmjaltakerfi eða sjálfvirkt mjaltakerfi. Á ensku og flestum hinna Norðurlandamálanna er oftast talað um AMS, sem er skammstöfun á Automatic Milking System (enska), eða Automatisk malke-system (danska), en hvort tveggja má þýða með “sjálfvirkt mjaltakerfi”. Grunneiningin í AMS er sjálfvirka mjaltatækið (robot) sem kallað er AME (Automatisk malkeenhed - danska) eða AMU (automatic milking unit) – í daglegu máli oft nefnt milking robot/mælkerobot.

Í þessari skýrslu verða notuð hugtökin *mjaltaþjónn*, *mjaltaróbót* og *sjálfvirk mjaltakerfi*. Enda er líklegt er að öll þessi orð verði áfram notuð jöfnum höndum. Þá er einnig talað um *mjaltaklefa*, sem klefann þar sem mjaltirnar fara fram. Það er mikilvægt að átta sig á því að með sjálfvirku mjaltakerfi er átt við framleiðslukerfið í heild (fjósíð), enda er mikilvægur hluti af hugmyndafræðinni í kringum þessa tækni að það er verið að setja upp heildarlausn þar sem mjaltaþjónninn er aðeins einn mikilvægur hluti af stærri heild.

## 2. Saga og þróun AMS

Heimildir eru nokkuð óljósar um það hvenær raunverulegt upphaf sjálfvirkrar mjaltatækni er, og fyrstu tilraunir með slíka tækni runnu út í sandinn, án þess þó að menn gæfust alveg upp. Smám saman óx þekking og vald á viðfangsefninu, og það voru tvö hollensk fyrirtæki, Prolion og Lely, sem árið 1992 náðu bæði þeim árangri að taka í notkun mjaltaþjóna í fjósum í Hollandi.

Prolion hóf sitt þróunarverkefni árið 1985, fyrsta frumgerð var tilbúin til prófunar árið 1987, önnur frumgerð var tilbúin til prófunar 1991, árið 1992 var fyrsta tækið tekið í notkun til reynslu í fjósi, og mun það vera upphaf notkunar mjaltaþjóna. Árið 1993 var annað tæki tekið í reynslunotkun, og 1995 hófst almenn sala á búnaðinum í Hollandi og Japan. Búnaður Prolion hefur verið markaðssettur í Danmörku og Svíþjóð af Strangko undir nafninu AMS Liberty, en í Frakklandi, Hollandi og Belgíu af Manus og ber þá heitið Miros. Manus fékk t.d. gullverðlaun á frönsku landbúnaðarsýningunni SIMA 1993 fyrir “einstakt þrekvirki í hátækni” eins og það var orðað. Nú hafa Gascoigne Melotte og AMS Liberty sameinað krafta sína í formi GM Liberty og munu nota merkin AMS Liberty og Zenith. Í Ástralíu og Nýja Sjálandi er markaðssetning í höndum Milka-Ware.

Lely hóf sína þróunarvinnu um miðjan níunda áratuginn, frumgerð var tekin í notkun í tilraunafjósi árið 1992 og var hópur kúa mjólkaður sjálfvirkt alveg frá byrjun. Sex tæki í viðbót voru tekin í notkun á árunum 1993 og 1994, og markaðssetning á Lely Astronaut hófst á RAI landbúnaðarsýningunni í Hollandi árið 1995.

Á Norðurlöndum hóf tæknin innreið sína í desember 1997 þegar mjaltaþjónn var tekinn í notkun í Danmörku, frá AMS Liberty. Það var þá stærsta bú í heimi með sjálfvirkt mjaltakerfi; 2x4 klefa. Í Svíþjóð var fyrsti mjaltaþjónninn af gerðinni Lely Astronaut tekið í notkun í mars 1998. Þó að þetta teljist hafa verið fyrsti mjaltaþjónninn sem tekinn

var í fulla notkun í Svíþjóð, þá ber þó að geta þess að á þeim tíma hafði var í gangi þróunarvinna með sjálfvirk mjaltatæki á tilraunabúi Alfa Laval Agri (nú DeLaval) á Hamragården, en frumgerðin var tekin í notkun 1998. Á Íslandi var fyrsta tækið frá Lely Astronaut tekið í notkun 7. september 1999 í Bjólu í Djúpárhreppi, og það var kýrin Patróna sem varð þess heiðurs aðnjótandi að vera fyrsta íslenska kýrin sem var mjólkuð af mjaltaþjóni. Þegar þetta er skrifað eru sjálfvirk mjaltakerfi notuð á 4 búum á Íslandi. Í Noregi var fyrsta tækið tekið í notkun 28. ágúst 2000. Það var af gerðinni DeLaval VMS, og aðeins nokkrum dögum síðar var fyrsti Lely Astronaut tekinn í notkun í Noregi.

Lely og Prolion, sem fyrst urðu til að koma á markað með mjaltaþjóna náðu nokkurri forystu á önnur fyrirtæki, og hefur Lely verið markaðsleiðandi til þessa. Þau fyrirtæki sem í gegnum tíðina hafa verið leiðandi í sölu mjaltabúnaðar (DeLaval, Westfalia og Fullwood) eru nú komin á markað með sjálfvirk mjaltakerfi, til viðbótar Lely og Prolion sem fyrir voru.

Ekki svo að skilja að þessi fyrirtæki hafi setið auðum höndum allan tímann. Sænska fyrirtækið DeLaval hefur t.d. haft hönd á púlsi þessarar þróunar í gegnum dótturfyrirtækið Manus, auk þess að hafa keypt einkaleyfi á þeirri þróun sem fór fram í ensku tilraunastöðinni Silsoe. Sú afurð sem DeLaval er nú farið að markaðssetja af krafti, og kallast VMS (Voluntary Milking System) er þó að mestu þeirra eigin afurð og þróuð á tilraunabúi þeirra Hamragården í Tumba rétt sunnan við Stockholm.

Þýska fyrirtækið Westfalia yfirtók árið 1996 fyrirtækið Düvelsdorf sem hafði verið að þróa sjálfvirkt mjaltatæki frá árinu 1986. Árið 1998 voru komin sjálfvirk mjaltatæki frá Westfalia á þrjú tilraunabú í Þýskalandi, markaðssetning hófst árið 1999, og kallast tækið Leonardo.

Þeir hjá enska fyrirtækinu Fullwood stytta sér leið í slagnum og sömdu við Lely um afnot af þeirra lausn, en þurftu að leggja sjálfir til hugbúnað og fleira. Tækið kalla þeir Merlin, og hafa reyndar verið með það á markaði síðan árið 1996, án þess þó að um verulega útbreiðslu sé að ræða enn sem komið er. Nýjustu fréttir eru þó þær að hið ameríska Bou-Matic sé farið að bjóða Fullwood undir sínu nafni.

Nýjasta sjálfvirka mjaltatækið sem nú er komið á markað er kallað Galaxy og er frá samnefndu fyrirtæki í Hollandi, sem er dótturfyrirtæki Insentec (sem framleiðir m.a. kjarnfóðurbása). Þróun og hönnun þessa tækis (í höndum the HokoFarm group) hófst árið 1996, og 1999 voru fyrstu tækin tekin í notkun. Markaðssetning hófst á þessu ári (2001), og á miðju ári voru 7 tæki komin í notkun, og 8 önnur höfðu þegar verið seld og uppsetning í undirbúningi. Markaðssetning verður alla vega sums staðar í samvinnu við danska mjaltatækjaframleiðandann SAC.

### 3. Staða þekkingar

Sumarið 2000 var haldin stór vísindaráðstefna í Hollandi, helguð sjálfvirkum mjöltum. Þátt tóku ríflega 200 vísindamenn frá 20 löndum, sem lögðu fram yfir 60 erindi og veggspjöld um hin ýmsu málefni tengd þessari tækni. Ályktanir aðstandenda ráðstefnunnar, að henni lokinni, voru eftirfarandi:

1. Tæknilega séð hafa mjaltahjónar snarbatnað síðustu ár. Þetta hefur meðal annars leitt til mikillar útbreiðslu þeirra, sérstaklega í vestur Evrópu, en þeir eru einnig að vinna sér sess í Kanada, Japan og Bandaríkjunum.
2. Sjálfvirk mjaltakerfi auka frelsi mjólkurframleiðandans, en um leið verður hann háðari tækninni. Þetta þýðir að þjónusta viðgerðaaðila verður að vera örugg og hraðvirk.
3. Sjálfvirk mjaltakerfi virðast henta best stærri búum með mikla vinnuþörf og háan launakostnað. Miklu skiptir að mjaltahjónarnir séu rétt notaðir, þannig að hámarksnytt fái eftir hvert mjaltatæki, þegar til lengri tíma er litið.
4. Mikið var fjallað um mjólkurgæði og niðurstöður frá mörgum löndum sýndu að mjaltahjónar hafa oft neikvæð áhrif á suma þætti mjólkurgæða, en í öllum tilfellum reyndist mögulegt að uppfylla opinberar kröfur.
5. Rætt var um breytileika í tíma milli mjalta og áhrif þessa breytileika á nyt og júgurheilsu, en hér er mun meiri rannsókn þörf.
6. Af þessu leiddi sú ályktun að þarft væri að safna mun meiri gögnum um einstaka gripi. Þannig er hægt að taka aukið tillit til þeirra gripa sem víkja frá meðaltali hjarðarinnar, í staðinn fyrir að meðhöndla hjörðina sem eina heild. Einnig var rætt um notkun beitar. Víða er unnið með þetta viðfangsefni og niðurstaðan er nokkur mismunandi beitarkerfi sem virka misvel. Eitt aðalatriðið í þessum málaflokki snýst um dýravelferð og almenningsálit, ef kýr sem mjólkaðar eru með mjaltahjónum eru hýstar árið um kring. Að lokum var ákveðið að halda aðra hliðstæða ráðstefnu árið 2003, til að taka saman reynslu og þróun næstu ára.

(<http://www.roboticmilking.com/roboticsymposium.htm>, 31.maí, 2001)

## 4. Helstu útfærslur AMS

Þó að á markaði séu sjálfvirk mjaltakerfi frá a.m.k. sex framleiðendum, og lausnir þeirra á hinum ýmsu verkþáttum séu ólíkar, þá má skipta þeim í tvennt út frá hugmyndafræði lausnanna:

1. *Einklefakerfi*
2. *Fjölklefakerfi*

Í báðum þessum aðferðum er hægt að velja frjálsa eða stýrða umferð kúnna, með eða án forvalsstýringar. Hér á eftir verður gert nánar grein fyrir þessum kostum.

### 4.1. *Einklefakerfi*

Sjálfvirk mjaltakerfi frá DeLaval, Lely og Fullwood byggja öll á svokölluðu einklefakerfi. Þá er mjaltaeiningin einn klefi með einu mjaltatæki og mjólkur eina kú í einu. Þegar mjóltun einnar kýr er lokið og henni hefur verið hleypt út, er klefinn opnaður fyrir næstu kú. Þegar kýr kemur inn í tækið skynjar það hvaða kýr er þar á ferðinni og ákveður hvort hún skuli mjólkuð eða ekki. Við þá ákvörðun er farið eftir því hversu langt

er síðan kýrin var mjólkuð síðast, og hversu langur tími verður að líða áður en leyfilegt er að mjólka viðkomandi kú aftur, en það getur verið misjafnt eftir nythæð.

Ef leyfilegt er að mjólka kúna er henni gefið kjarnfóður í smáum skömmtum og þvottur hefst. Lely og Fullwood nota sömu aðferð, þ.e.a.s. það eru tveir burstar, sem snúast hvor gegn öðrum, sem fara á einn spena í einu, taka hann á milli sín og hreinsa af honum. Hægt er að velja hvort farið er einu sinni eða oftar á hvern spena. DeLaval er hins vegar með sérstakt þvottahylki sem sett er á einn spena í einu og í hylkinu er búnaður sem þrífur spenann með því að sprauta vatni og lofti til skiptis á hann. Að þvotti loknum tekur hylkið fyrstu bununa úr spenunum áður en haldið er á næsta spena.

Að þvotti loknum eru spenahylkin sett á hvert af öðru. Segja má að um fjórar aðskildar mjaltavélar sé að ræða, þ.e.a.s. það er enginn mjaltakross heldur liggur slanga úr hverju hylki alla leið í safnkút, og á leiðinni er mjólkin úr hverjum spena mæld og skoðuð. Ef kýr eru t.d. þrjú spena þá setur tækið bara á þrjú spena án vandræða. Ef kýr sparkar af einu hylki þá hefur það ekki áhrif á hin, og tækið tekur upp hylkið sem sparkað var af og setur það á kúna aftur.

Tekið er af hverjum spena þegar hann er tómur, þ.e.a.s. um leið og mjólkurflæði úr honum fer niður fyrir tilskilin mörk. Þegar tekið hefur verið af öllum spenum er spenadýfu sprautað á júgur og spena og síðan opnast klefinn og kýrin getur gengið út.

#### 4.1.1 Afköst einklefakerfis

Yfirleitt er miðað við að mjaltaþjónn með einum klefa komist yfir u.þ.b. 160-170 mjaltir á sólarhring. Ef miðað við að meðaltalið í hjörðinni sé um 2,8 mjaltir á sólarhring þá ræður eitt tæki við um 60 mjólkandi kýr. Raunveruleg afköst eru heldur minni, vegna þvotta kerfisins og eins er aðkoma kúnna ekki alltaf stöðug. Þess vegna er stundum mælt með 50-55 kúm á mjaltaþjón sem eðlilegu hámarki (Wenzel 2000). Þess ber þó að geta að mörg bú hafa náð ágætis árangri þótt 60-70 kýr deili einum mjaltaþjóni.

## 4.2. Fjölklefakerfi

Sjálfvirk mjaltakerfi frá Westfalia, Galaxy og Prolion byggja á svokölluðu fjölklefakerfi. Þá eru í boði allt að fjórir klefar sem þýðir að það geta verið allt að fjórar kýr í mjöltun í einu. Sérstök mjaltahylki eru fyrir hvern klefa, en sami armurinn setur hylkin á spenana í öllum klefunum. Það gerir það að verkum að afköst á hvern klefa fara minnkandi eftir því sem klefunum fjölga.

Leonardo frá Westfalia sker sig úr þegar kemur að þvottinum, þar sem hann er með sérstakan þvottaklefa áður en komið er í mjaltaklefan. Þegar mjaltaklefi er að því kominn að losna, þá er næsta kýr tekin inn í þvottaklefan og þvegin með stórum mjúkum hringlaga bursta sem snýst. Eftir þvottinn fer hún svo í mjaltaklefan þar sem armurinn setur hylkin á spenana. Þá getur armurinn farið að sinna öðru, og hann þarf ekki að vera viðstaddur þegar tekið er af, en tekið er af hverjum spena þegar hann er tómur.

Galaxy telst til fjölklefakerfa þó að hönnun og vinnubrögð líkist að sumu leyti meira einklefakerfunum. Galaxy hefur þá sérstöðu að hann er þróaður upp úr hefðbundnum iðnaðarróbót (frá ABB í Svíþjóð). Armurinn og vinnubrögðin líkjast einna helst DeLaval, nema armurinn getur þjónustað tvo klefa, sem annað hvort eru enda í enda

(Tandem) eða hlið við hlið (Reflected) og er róbótinn þá á milli klefanna og snýr sér á milli þeirra eftir því sem við á. Kýrnar eru þvegnar með sérstöku þvottahylki sem tekur líka bununa (svipað og DeLaval), og síðan eru mjaltahylkin sett á spenana. Tekið er af einstökum spenum jafnóðum og þeir tæmast.

Prolion vinnur þannig að þegar kýr kemur í mjaltaklefa þá er byrjað á að setja hylkin á alla spenana. Í hylkjum er búnaður sem þvær spenana með vatni og lofti, og tekur fyrstu bununa. Eftir það hefjast mjaltirnar með sömu hylkjum án þess að þau séu tekin af í millitíðinni. Við lok mjalta er tekið af hverjum spena þegar búið er úr honum.

#### 4.2.1 Afköst fjölklefakerfis

Afköst fjölklefakerfanna í grófum dráttum eru gefin í töflu 1.

Tafla 1. Fjöldi kúa sem fjölklefaróbótar geta sinnt.

Fjöldi klefara	Westfalia	Galaxy	Prolion
Einn klefari		50-70	
Tveir klefara	90	90-110 / 100-120 *)	90
Þrjú klefara	130		120
Fjórir klefara	170		150

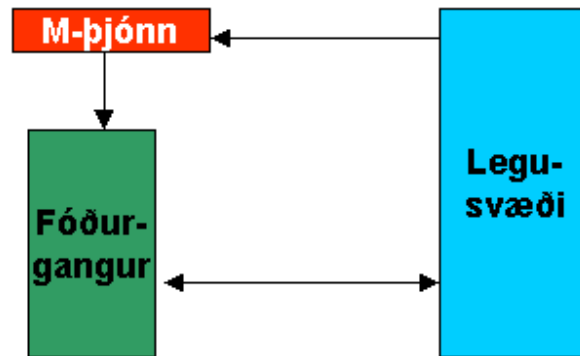
\*) Fyrri tölurnar miðast við "tandem-bás" en hinar miðast við samhliða-bás.

Westfalia gefur upp heldur hærri tölur fyrir þrjú og fjóra klefara, en dvöl hvorrar kýr í mjaltaklefa er heldur styttri hjá þeim, þar sem kýrnar koma þvegnar þar inn.

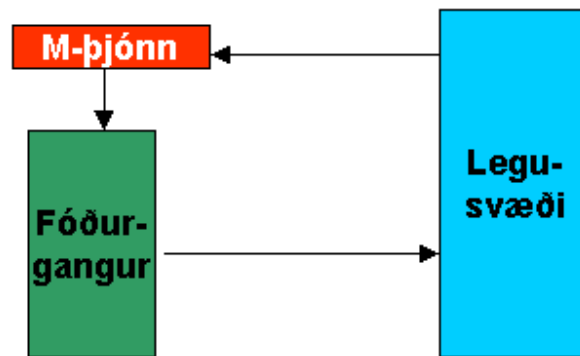
#### 4.3. Frjáls umferð eða stýrð umferð, með eða án forvals.

Við hönnun fjósa með sjálfvirku mjaltakerfi er nauðsynlegt að huga sérstaklega að umferð kúnna milli hvíldar- og legusvæðis, mjaltasvæðis og fóðrunarsvæðis. Gróffóður er nær alltaf gefið á hefðbundinn fóðurgang en kjarnfóður er gefið í mjaltaklefanum og stundum einnig í kjarnfóðurbás. Helstu útfærslur eru sýndar á myndum 1-5 (eftir Lind et al. 2000).

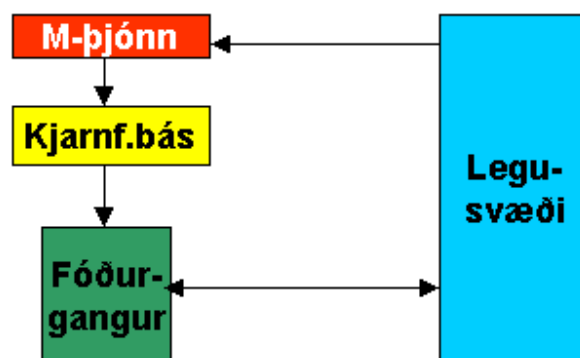




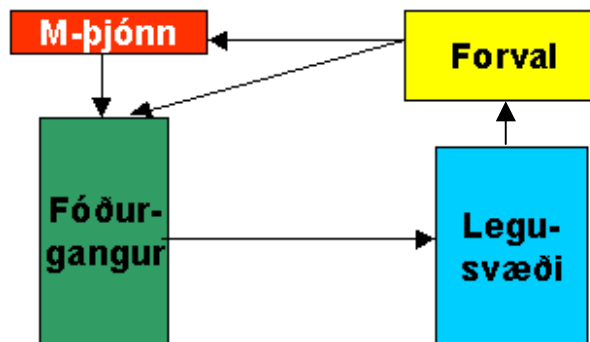
Mynd 1. Frjáls umferð án forvals



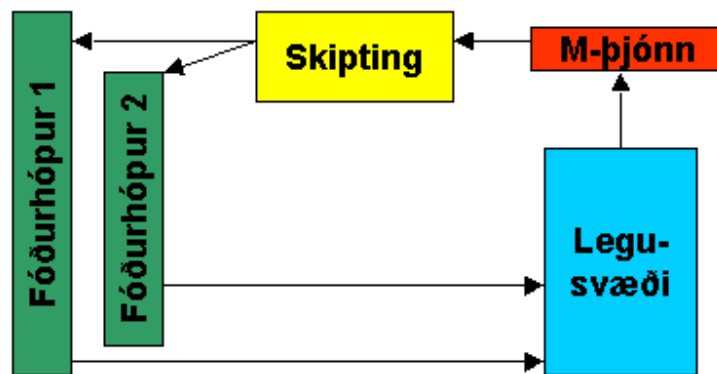
Mynd 2. Stýrð umferð milli fóðurgangs og legusvæðis, án forvals.



Mynd 3. Frjáls umferð milli fóðurgangs og legusvæðis en stýrð umferð í gegnum kjarnfóðurbás.



Mynd 4. Stýrð umferð með forvali.



Mynd 5. Stýrð umferð, skipting hjardar í tvo hópa með hliðsjón af fódurþörfum. Hentar vel þar sem fódrað er með heilfóðri.

**Stýrð umferð** felur í sér að þá eru einstefnuhlið á vissum stöðum í fjósinu þannig að umferð kúnna um fjósið er eftir ákveðinni hringrás: Mjaltir – fódur – hvíld – mjaltir. Kýrnar komast ekki að fódurganginum nema fara í gegnum mjaltahjóninn. Frá fódursvæðinu fara þær svo um einstefnuhlið inn á hvíldarsvæðið (oftast legubása). Eftir sem áður fá kýrnar kjaranfóður í mjaltaklefanum. Til þess að þetta sé mögulegt þarf að gera ráð fyrir þessu við hönnun fjóssins. Staðsetning mjaltahjóns, fódurborðs og legubása, og innbyrðis afstaða þarf að vera þannig að hægt sé að stýra umferðinni á þennan hátt.

Kúm er eðlilegt að skipta áti á gróffóðri í nokkur áttímabil og hvílast gjarnan þess á milli. Þetta veldur því að þær koma til með að fara oft í gegnum mjaltaklefan, þótt ekki þurfi að mjólka þær, ef umferðinni er stýrt þar í gegn – gjarnan 4,5-10 sinnum á sólarhring. Þetta leiðir að sjálfsögðu til minni afkasta tækisins, enda eru kýrnar ekki mjólkaðar nema að meðaltali 2,4-3,5 sinnum á sólarhring.

**Frjáls umferð** þýðir að kýrnar hafa algjört frelsi til að fara þangað sem þeim sýnist, þegar þeim sýnist. Þetta er að mörgu leyti ákjósanlegt fyrirkomulag, það er minna verið að skipta sér af hegðan kúnna, og t.d. minni hættu á að það dragi úr heimsóknnum í fóður. Heimsóknatíðni í frjálsum kerfum er 4-6 heimsóknir á sólarhring, og mjaltatíðnin er oftast svipuð því sem gerist með stýrða umferð (van't Land et al. 2000).

Kostir þess að stýra umferðinni með einstefnuhliðum eru minni vinna við að sækja þær kýr í mjaltir, sem ekki koma sjálfar. Þetta er sérstaklega mikilvægt fyrstu vikurnar eftir að mjaltahjónninn er tekinn í notkun, þegar verið er að venja kýrnar á nýjar aðstæður. Einn helsti gallinn er að þetta eykur líkurnar á að kýr sem nýlega hafa verið mjólkaðar fari inn í mjaltahjónninn. Þannig dregur nokkuð úr virkum afköstum tækisins. Þarna er einnig verið að hafa óæskileg afskipti af atferli kúnna, og þetta getur dregið úr fóðuráti hjá einstaka gripum, sérstaklega ef oft skapast biðröð við mjaltatækið. Sýnt hefur verið fram á styttri áttíma hjá kúm í stýrðu kerfi, hugsanlega vegna þess að þær eigi í erfiðleikum með að aðlagast þeim hömlum sem þetta kerfi setur atferli þeirra. Til að draga úr þessum göllum getur verið til bóta að hafa jafnframt *forvalsstýringu*.

**Forvalsstýring** er búnaður sem hjálpar til við að stýra umferð um fjósið. Hægt er að vera með forvalsstýringar á nokkrum stöðum, en algengt er að nota þær á tveimur stöðum. Annars vegar áður en komið er að mjaltatækinu. Búnaðurinn skynjar hvaða kýr er mætt á staðinn og hefur upplýsingar um hvort hún skuli mjólkuð eða ekki. Ef hún skal mjólkuð er henni hleypt inn á biðsvæði við mjaltahjónninn, en ef ekki á að mjólka hana þá fær hún að fara beint inn á fóðursvæðið. Með þessu móti er talsverðri umferð létt af mjaltatækinu, sem eykur afköstin, umferðarstýringin verður mun virkari og minni hættu á óróleika í biðröð við mjaltatækið og jafnframt minni hættu á að kýr sem eru lágt settar í virðingarröð þurfi að bíða lengi eftir mjöltum. Hins vegar er algengt að sett sé forvalsstýring þar sem kýrnar koma úr mjaltaklefanum, annað hvort til að skilja frá kýr sem þurfa sérstaka meðhöndlun og setja þær í sjúkrastíu, eða til að skipta hópnum eftir nyt þannig að þær fái aðgang að mismunandi fóðri. Þetta getur jafnframt verið gagnlegt þegar verið er að stjórna kúnum á beit.

Önnur leið til hálf-stýrðrar umferðar er að gefa einungis kjarnfóður í mjaltaklefanum, eða að koma kjarnfóðurbás þannig fyrir að kýrnar verði að fara í gegnum mjaltaklefan til að komast þangað (sjá mynd 5). Ef þessi leið er valin er mikilvægt að hafa að minnsta kosti fjórar klukkustundir milli þess sem boðið er upp á nýjan kjarnfóðurskammt (Ketelaar-de Lauwere & Ipema 2000). Sýnt hefur verið fram á að kjarnfóðurgjöf í mjaltahjóni eykur framleiðslu á mjaltahvata (oxytocin) og bætir þannig tæmingu júgursins (Sennersten-Sjaunja et al. 2000). Hins vegar er ekki hægt að gera ráð fyrir meiri áthraða en 200-300 g/mín fyrir kjarnfóður. Þannig er ekki hægt að gefa meir en 5-8 kg kjarnfóðurs á dag ef kýrnar fá það eingöngu í mjaltaklefanum.

Almennt má segja að æskilegast er að vera með frjálsa umferð ef það er hægt. Stýrðu umferðina ber að líta á sem stjórnkerfi sem einungis ber að nota þegar þess er talin þörf (sbr. Rasmussen 2001). Þess vegna er ráðlegast að hanna fjósið þannig að möguleiki sé á að stýra umferðinni þegar ástæða er til, t.d. í upphafi á meðan bæði bóndinn og kýrnar eru að læra á kerfið, en stefna að því að gefa umferðina frjálsa um leið og aðstæður gefast.

## 5. Mjólkurmagn og gæði

### 5.1. Mjólkurmagn

Þegar mjólkað er með mjaltaþjóni er mjaltatíðnin oftast 2,4-3,5 mjaltir á dag (sjá t.d. de Konig og Ouweltjes 2000; Morita et al. 2000). Af þessu leiðir að nyt kúnna er oftast heldur meiri en þegar mjólkað er tvisvar á dag og erlendis mæist gjarnan 6-15% aukning í nyt (Caja et al. 2000, Gunnarsson 2000, Svennersten-Sjaunja et al. 2000, Løvendahl & Madsen 2001). Dönsk rannsókn er náði til 38 búá sýndi einnig að mjólkurkúrvan varð flatari ásamt því að hæsta dagsnyt hækkaði eftir að byrjað var að mjólka með mjaltaþjóni (Løvendahl & Madsen 2001).

Reyndar ber að hafa í huga að sumar kýr mæta sjaldan til mjalta, nema þegar þær eru sóttar og lækka í nyt þótt flestar hækki. Mestur er munurinn fyrst á mjaltaskeiðinu þegar mjólkurframleiðslan er mest, og einnig sést samhengi milli stöðu á mjaltaskeiði og þess hversu oft kýrnar mæta til mjalta.

### 5.2. Mjólkurgæði

Í sjálfvirkum mjaltakerfum er ekki hægt að nota sjónmat á mjólk til að greina júgurbólgu. Í staðinn er notast við svokallaða leiðnimælingu. Hún gengur út á að leiðni mjólkurinnar er mæld með staðlaðri aðferð, á meðan á mjöltum stendur. Mjólk úr sýktum júgurhlutum hefur hærri leiðni en eðlileg mjólk, vegna þess að júgursýkingu fylgja vefjaskemmdir og þá leka júgurfrumurnar söltum út í mjólkina. Það eru þessi sölt sem auka leiðni mjólkurinnar.

Leiðnimæling er þó alls ekki óbrigðul og ein og sér gefur hún ekki viðunandi greiningu á júgurbólgu mjólk. Breytileiki milli gripa er töluverður, og leiðnin breytist einnig á meðan á mjöltum stendur. Þá þarf einnig að ákveða hversu strangar kröfur á að setja um leyfilega leiðni. Ef kröfurnar eru of strangar, þá er hætt á að mjaltaþjónninn hendi/taki frá heilbrigða mjólk, en ef þær eru of mildar, þá eru líkur á að sýkt mjólk fari í tankinn. Hvorugt er gott. Ýmsar leiðir eru þó færar til að auka öryggi leiðnimælingar. Stöðugt er unnið að gerð líkindalíkana sem vega saman hámarks leiðni, sveiflur innan mjaltatímans, sveiflur milli mjalta og mun milli spena (Barth, et al. 2000, de Mol & Ouweltjes 2000). Einnig eru sumir mjaltaþjónar nú farnir að mæla hita mjólkurinnar um leið, og tengja hann, ásamt mjólkurmagni einstakra kirtla við leiðnimælinguna til að bæta öryggi gæðamatsins.

Enn hafa ekki verið þróaðar aðferðir til að hafa eftirlit með gæðum spenaþvottar. Þar verður því að treysta á að spenar kúnna verði ekki skítugri en svo að hið staðlaða þvottakerfi nái að hreinsa spenana nægjanlega vel.

Áreiðanlegar langtímarannsóknir á breytingum á mjólkurgæðum og júgurheilbrigði liggja ekki enn þá fyrir, en eru í vinnslu. Almennt má búast við að júgurheilbrigði kúnna batni ef mjólkað er með mjaltaþjóni. Ástæðan er að kýrnar eru mjólkaðar oft og mjaltahylkin eru tekin af hverjum spena fyrir sig. Þrátt fyrir þetta sýna flestar athuganir að frumutala, gerlatala og vatnsíblöndun fari á verri veg við sjálfvirkar mjaltir (Klungel et al. 2000, Vorst og Hogeveen 2000, Justesen & Rasmussen 2000).

Af 33 dönskum búum sem fylgt var 6-8 mánuði eftir að mjaltaþjónn var tekinn í notkun, hækkuðu öll í bæði gerla- og frumutölu (Justesen & Rasmussen, 2000). Aðrar athuganir sýna að þarna skiptir máli hvort búin taka þátt í sérstöku gæðaeftirlitskerfi eða ekki. Bú sem voru með í kerfinu náðu strax tókum á frumutölu og lækkaði hún til lengri tíma lítið miðað við það sem var áður en mjaltaþjónninn var tekinn í notkun. Bú sem ekki tóku þátt í gæðakerfinu hækkuðu hins vegar eftir breytingu á mjaltatækni (Justesen et al. 2001). Gerlatala og frostmark hækkuðu hins vegar á öllum búum sem tóku mjaltaþjóna í notkun.

Hollensk athugun á 62 búum sem höfðu tekið mjaltaþjóna í notkun 1998 og 1999 sýndi að flest allir gæðaðættir mjólkurinnar versnuðu heldur við breytinguna (van der Vorst & Hogeveen, 2000). Hins vegar var greinilegt að tæknin er í framför því mun meiri breytingu á mjólkurgæðum var að finna á búum sem byrjuðu að mjólka með mjaltaþjóni fyrir 1998.

Líklegasta ástæðan fyrir hækkun í frumutölu er sú að mjaltaþjónninn nái ekki alltaf að greina jógurbólgumjól frá heilbrigðri mjólk. Það er því ekki endilega verið að tala um að jógurheilbrigði kúnna sé verra.

Hækkun gerlatölu lýsir sér oftast sem skyndilegar sveiflur, vantanlega til komnar vegna lakari þvotta á kúnum. Þetta sést þó ekki á öllum búum, og vænta má að hreinlæti í básum og gólfum hafi mikið að segja um hvernig gerlatalan þróast.

Ástæða meiri vatnsíblöndunar er líklegast samspil tíðra þvotta og þess að vatn getur setið eftir í beygjum eða samskiptum (van der Vorst & Hogeveen 2000).

Það er mikilvægt að hafa í huga að þær breytingar sem hér er verið að tala um á mjólkurgæðum eru, í nær öllum tilfellum minni en svo að þær hafi áhrif á greiðslur fyrir mjólkina. Almennt virðist þó þurfa sérstakar aðgerðir til að tryggja sambærileg mjaltagæði í sjálfvirkum mjaltakerfum og í hefðbundnum mjaltakerfum.

## 6. Kæling og geymsla mjólkur

Í sjálfvirkum mjaltakerfum getur mjólkurframleiðsla staðið yfir allan sólarhringinn. Það þýðir að flæðihraðinn í mjaltakerfinu er mun minni en í hefðbundnum mjaltakerfum. Oft er reiknað með því að kæling hefjist ekki fyrr en kælitankurinn er fylltur að um það bil einum tíunda. Þetta tekur stutta stund ef mjólkað er á hefðbundinn hátt, en getur tekið allt að 10 tímum í sjálfvirkum mjaltakerfum (Wolters et al. 2000). Þrjár leiðir hafa verið farnar til að leysa þetta vandamál:

1. Að hafa tvo kælitanka, annan lítinn viðtökutank og hinn stóran geymslutank. Eftir að stærri tankurinn hefur verið tændur er mjólkinni dælt í litla tankinn. Þar er hægt að hefja kælingu fljótlega án þess að hætta sé á að mjólkin frjósi. Þegar mjólkurmagnið í minni tanknum samsvarar 10% af rými geymslutanksins, er mjólkinni dælt þangað. Viðtökutankurinn er þrífinn og ekki notaður uns mjólkin er sótt næst.
2. Að nota ísbankatanka. Í þessum tönkum er kælt vatn notað sem kælimiðill. Innra byrði tanksins fer því aldrei undir frostmark og ekki er hætt á að mjólkin frjósi. Svona tankar hafa verið lengi á markaðnum, en eru heldur dýrari en hefðbundnir tankar.

3. Að kæla mjólkina á leiðinni í kælitankinn. Með þessu móti hefur mjólkin náð 4°C hita áður en hún kemur í kælitankinn og því þarf hann einungis að viðhalda þeim hita. Nauðsynlegt er að hafa lítinn millitank til að jafna mjólkurstreymið inn í kælieininguna. Ef þessi tankur er vel rúmur þá getur hann jafnvel dugað til að hægt sé að halda mjóltum áfram meðan mjólk er sótt.

Í töflu 2 eru kostir og gallar þessara þriggja lausna dregnir saman (Wolters et al. 2000).

Tafla 2. Kostir og gallar mismunandi kælikerfa.

	Viðtökutankur	Ísbankatankur	Forkæðing
<i>Kæðing</i>			
Mjólk undir 3°C innan þriggja tíma	+ -	+ -	+
Frysting mjólkur	-	+	+
<i>Stjórnun og eftirlit</i>			
Millidæing	-	...	+
Eftirlit með hreinlæti	+	-	-
Einfaldleiki	-	+	-
<i>Afköst</i>			
Mjaltir meðan mjólk er sótt	+	-	+
Rýmisþörf	-	+	+

Það er ljóst að allar þrjár leiðirnar eru færar, og engin þeirra er gallalaus. Það hlýtur því að ráðast af aðstæðum á hverjum stað, hagkvæmni og áhuga bóndans hvaða lausn er valin. Aðalatriðið er að sérstaða sjálfvirkra mjalta sé höfð til hliðsjónar.

## 7. Vinnuþörf

Ein mesta breytingin sem bóndinn finnur fyrir þegar sjálfvirk mjaltakerfi er tekið í notkun er breyting á eðli og magni vinnunnar. Áfram er mikilvægt að mæta reglulega í fjósið, en það er ekki lengur þörf á því að vera alltaf á sama tíma, sveigjanleikinn eykst, viðverutíminn minnkar, auk þess sem viðverutíminn getur verið mjög breytilegur. Vinnan breytist yfir í það að vera meira eftirlit og stjórnun. Vissulega þekkjast dæmi um að heildarvinnuþörf sér meiri við sjálfvirkar mjaltir en við hefðbundnar, en slíkt er þó frekar undantekning en regla (Larsen 2000, Kristensen, 2000).

Einn mikilvægasti óvissuþátturinn þegar spá á fyrir um vinnuþörf í fjósum með mjaltahjón, er hversu margar kýr þarf að sækja og reka inn í mjaltaklefan. Annar mikilvægur þáttur er óvæntar bilanir, enda geta þær valdið truflunum á öðrum störfum sem bóndinn þarf að sinna (Raun & Rasmussen 2001). Tölur yfir það hversu margar kýr bændur þurfa að sækja daglega eru frá undir 5% til 15-20% og jafnvel 45% (Lind et al. 2000). Ástæða þessa breytileika liggur í náttúrulegu eðli kúnna. Þær hafa ekki mikla innri þörf til að láta mjólka sig, og því skiptir hönnun fjóssins og skipulag fóðrunar miklu máli.

Tölur um vinnusparnað við það að skipta frá hefðbundnum mjöltum til sjálfvirkra mjalta eru mjög breytilegar milli heimilda enda er mjög misjafnt hvað er borið saman.

Sem dæmi má taka þýska athugun á fjórum bæjum með mjaltþjóna, sem bar saman rauntölur fyrir vinnunotkun og staðlaðar tölur fyrir mjaltir á sama fjölda kúa í mjaltabás. Í ljós kom að miðað við stöðluðu tölurnar var vinnutíminn á bæjunum frá því að vera 27% meiri til þess að vera 46% minni (Artman og Bohlsen 2000). Höfundarnir sáu sérstaka ástæðu til að taka fram að á bænum, sem hafði *meiri* vinnunotkun en ætla mátti að hefði þurft í mjaltabás, voru of margar kýr á hvern róbóta. Eins ber að líta til þess að fjöldi kúa á bæjunum var á bilinu 47-116 árskýr, mismunandi tegundir mjaltþjóna voru notaðar, og tæknin hafði verið í notkun mislengi. Allt hefur þetta áhrif á hversu mikla vinnu þarf að inna af hendi. Breytileiki milli bæja hefur einnig mikið að segja, þar sem fáar athuganir eru til staðar. Þannig var vinnunotkun á kú og dag á bilinu 1,9-2,1 mín. á þremur bæjanna, en 3,0 mín. á þeim fjórða. Spurningin er hvort eðlilegt sé að telja fjórða bæinn með, enda ljóst að þar var vandamálið heimatilbúið?

Mæingar frá Sviss sýna að vinnan við að sækja eina kú og koma henni í mjaltþjóninn tekur tæpar 10 mínútur á dag (Schick et al. 2000). Það munar því hátt í klukkutíma á dag hvort sækja þurfi 5 eða 10 kýr.

Dönsk skoðanakönnun er náði til 45 bænda leiddi í ljós að 69% bændanna töldu mjaltþjóninn hafa sparað vinnu – oftast í kring um klukkutíma á dag fyrir hvern róbóta (Kristensen 2000). Samkvæmt dönskum stöðlum um vinnu við mjaltir í 2x6 mjaltabás (eðlilegt fyrir 60 kýr) má reikna með að mjaltirnar taki rétt um 3 mín á kú og dag (Landbrugets informationskontor 1993). Klukkutíma vinnusparnaður jafngildir því að sjálfvirkar mjaltir krefðust u.þb. 2 mín á kú og dag, sem er sama tala og hjá bæjunum þremur í þýsku rannsókninni.

Hollenskar mæingar frá 14 bæjum sýndu nokkurn breytileika í vinnuþörf við mjaltþjóna (van't Land et al. 2000). Vinnunotkun á kú og dag var á bilinu 27,3-85,9 sek. Það er nokkru minna en tölurnar hér að ofan og ekki er ljóst í hverju munurinn felst.

Loks má nefna japanska athugun sem bar tvo bæi með mjaltþjóna saman við tvo bæi með mjaltabás (Morita et al. 2000). Þar kom í ljós að mjaltatíminn í mjaltþjónafjósunum var 1,8 mín. á kú og dag en 4,3 mín. í mjaltabásafjósunum.

Áreiðanlegar tölur, byggðar á beinum athugunum fundust ekki frá fleiri rannsóknum. Ekki hafa verið gerðar beinar athuganir á vinnuþörf á íslensku bæjunum sem hafa mjaltþjóna, en viðtöl við bændurna benda til að munurinn á milli þeirra sé mikill. Ekki er þó hægt að draga neinar almennar ályktanir af þeirri staðreynd. Reynsla bændanna af eðlisbreytingum vinnunar eru þó takti við skoðanir danskra starfsbræðra þeirra: Vinnan er auðveldari, afslappaðri og sveigjanleiki eykst.

Almennt má draga þá ályktun af þessari samantekt að vinna við mjaltir á 60 kúm í mjaltþjóni geti tekið um það bil tvær klukkustundir. Ekki leikur vafi á að hægt er að vera mun lengur, sérstaklega ef ekki er í hvívetna farið eftir leiðbeiningum framleiðanda um uppsetningu og vinnubrögð.

## 8. Sumarbeit

Það fer ekki milli mála að nýting beitar hlýtur að takmarkast við notkun mjaltapjóna. Kerfið byggir á nokkuð jafnri aðkomu kúnna og því ljóst að beitolandið þarf að vera nálægt fjósinu, og ekki má halda kýrnar í afgirtu hólfi. Vissulega er hægt að sækja kýrnar tvisvar til þrisvar á dag og reka til mjalta, en þá eykst vinnan við mjaltirnar og hagurinn af því að viðhafa sjálfvirkni hverfur (sbr. Parsons & Mottram 2000).

Það er hins vegar ekkert sem mæir á móti því að hægt sé að nýta beitoland í nágrenni fjóss. Hérlendis er lítil reynsla komin á þessi mál, fá vandamál hafa komið fram. Lítið kemur fram um beit í áðurnefndri danskri skoðanakönnun (Kristensen 2000), en ætla má að það bendi frekar til þess að þetta sé ekki vandamál (engar fréttir eru góðar fréttir). Hollensk skoðanakönnun meðal 23 bænda sem höfðu notað róbóta í meir en þrjá mánuði, sýndi að 13 þeirra beittu kúnum hluta sólarhrings, eða stöðugt (van't Land et al. 2000). Í ríflega helmingi tilfella voru ystu mörk beitolandsins í meir en 400 m fjarlægð frá fjósi.

Skipulagðar rannsóknir á þessu efni finnast, en annað hvort eru þær gerðar með fáar kýr (15-20) eða á fáum bæjum (2-3). Athugun á 16 kúa hjörð með aðgang að 1 ha beitolandi við hlið fjóssins sýndi að kýrnar nýttu sér beitolandið, án þess að það kæmi niður á mjólkurframleiðslu þeirra (Stefanowska & Ipema 2000). Önnur rannsókn sýndi að fjarlægð frá beitolandi hafði ekki áhrif á nýtingu róbótans eða nyt, en lengsta vegalengd var 400 m og hjörðin taldi einungis 22 kýr (Ketelaar-de Lauwere & Ipema 2000). Dönsk athugun á þrem bæjum með um það bil 65 árskýr hver sýndi að mjaltatíðni og nyt lækkuðu við beit (Raun & Rasmussen 2001). Mjaltatíðnin lækkaði um allt að 0,5 mjaltir á sólarhring og nytin u.þb. 3 kg/dag. Hafa ber í huga að þarna var kúnum gefið bæði kjarnfóður og gróffóður með beit, enda fengu kýrnar ekki nema 6-9 fóðureiningar með beit, á þeim bæ sem mest notaði beitolandið. Í sömu rannsókn kom fram að ef fullnýta á mjaltapjóninn samhliða nýtingu beitolands eykst vinnuþörfin töluvert og nauðsynlegt getur verið að sækja kýr seint um kvöld eða snemma morguns til að ná fullri nýtingu á tækið. Þetta er ekki vandamál ef burðartíma er hagað þannig að færri kýr séu mjólkaðar að sumri en vetri. Þrátt fyrir aukna vinnu og minni nyt er niðurstaða dönsku rannsóknarinnar sú að nýting beitar borgi sig, sérstaklega ef burðartíma er hagrætt þannig að fáar kýr beri á fyrrihluta beitarbeitabilsins.

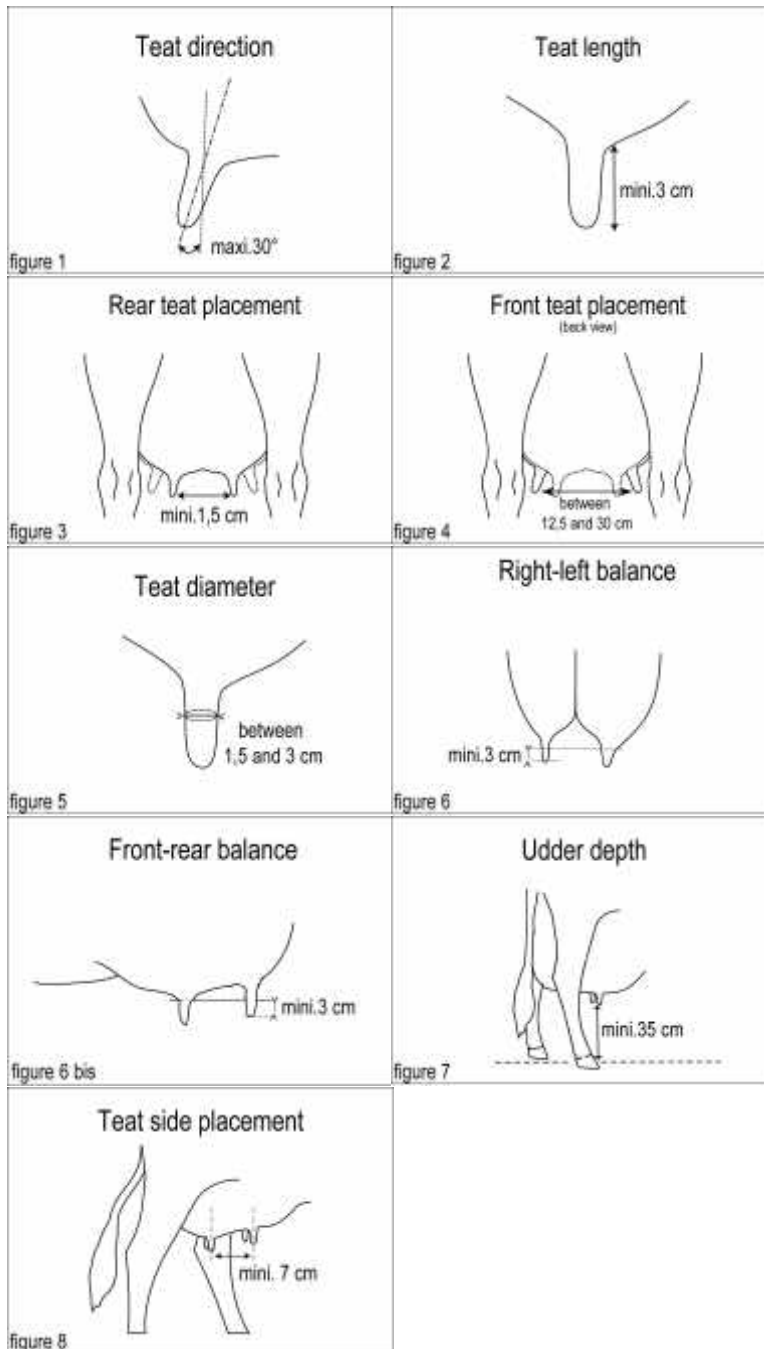
Verið er að vinna að svipuðum rannsóknum í Svíþjóð, en lokaniðurstöður liggja ekki fyrir (Salomonsson og Spörndly 2000).

Niðurstaðan er að meiri reynslu skortir áður en hægt sé að segja fullkomlega fyrir um hvernig mjaltaróbótar og sumarbeit fari best saman. Augljóst virðist þó að því nær sem beitolandið er fjósinu, því meiri líkur eru á að vel gangi.

## 9. Áhrif júgurgerðar

Nýrri tækni og nýjum vinnubrögðum fylgja oft margvísleg vandamál. Sum er hægt að sjá fyrir, önnur ekki. Eitt atriði sem nokkuð hefur verið horft á varðandi notkun mjaltaróbóta er júgurgerð kúnna. Hollensk athugun leiddi í ljós að slátra þurfti að meðaltali 4% kúa þegar róbótar voru teknir í notkun, annað hvort vegna óheppilegrar júgurgerðar eða atferlisvandamála (Ipema et al., 1989). Fundist hafa hærri tölur eða 8-10% (Lind et al. 2000). Dönsk skoðanakönnun er náði til 45 bænda leiddi í ljós að á 78% bæjanna voru





Mynd 6. Dæmi um æskilega júgurgerð fyrir sjálfvirkar mjaltir. Ath.:Ekki er víst að öll skilyrðin eigi við allar tegundir mjaltapjóna.(Bouilly 2000).

færr en 10% kúnna ótækur (Kristensen 2000). Artmann og Bohlson (2000) ræða einnig þetta vandamál en birta ekki viðmiðunartölur. Innlendar tölur liggja ekki fyrir, en að því gefnu að júgurgerð íslenskra kúa sé lakari en danskra og hollenskra, þá má reikna með heldur meiri afföllum hérlendis en þarna er talað um. Mynd 6 sýnir hvaða eiginleikar í júgur- og spenagerð skipta mestu, eigi kýr að henta vel til róbótamjalta (Bouilly, 2000).

Líklegt er að eftir því sem tímar líða muni ásetningarhæfni mjaltalþjónanna batna, þannig að þau mörk sem hér er tilgreind falli úr gildi.

## 10. Atferli kúnna og velferð

Í hefðbundnu básafjösi er hverri kú valinn staður, og hún bundin á þennan stað. Þar er henni borið fóður á ákveðnum tímum og þar er hún mjólkuð – oftast tvisvar á dag.

Fjós með sjálfvirku mjaltakerfi eru afskaplega ólík þessu. Þar ganga kýrnar lausar á milli legusvæðis og átsvæðis og algengt er að kýrnar hafi frjálsan aðgang að fóðri allan sólarhringinn. Kjarnfóðurgjöf fer fram í tölvustýrðum kjarnfóðurbásum en kýrnar þurfa sjálfar að bera sig eftir kögglunum. Það sama á við um mjaltirnar; kýrnar ráða því hvenær og hversu oft þær láta mjólka sig. Algengt er að kýrnar heimsæki mjaltalþjóninn 2 - 6 sinnum á sólarhring.

Hönnun fjóss með sjálfvirku mjaltakerfi krefst mikillar þekkingar á atferli skepnanna, ekki síður en lífeðlisfræði. Fjósið er rammi sem hjörðin sem hópur þarf að þrífast innan. Hlutverk bóndans er eftirlit, en ekki stjórnun umhverfis þátta.

Nokkur atriði sjálfvirkra mjalta skapa þeim sérstöðu með tilliti til velferðar skepnanna. Þar ber fyrst að nefna hvort sjálfar mjaltirnar í mjaltalþjóni valdi meira álagi á kýrnar en mjaltir í mjaltabás. Rannsóknir sem gerðar hafa verið á þessu virðast ekki benda til að svo sé. Mælingar á nyt, mjólkurleif og efnainnihaldi gefa ekkert slíkt til kynna. Heldur ekki þær mælingar sem gerðar hafa verið á streituhormónum (Hopster et al. 2000). Við sjálfvirkar mjaltir eru kýrnar oftast mjólkaðar oftar en við mjaltir í mjaltabás. Þetta veldur því að þrýstingur í júgranu er minni en ella, og það ætti að bæta velferð kúnna. Einnig hafa rannsóknir sýnt að ástand spena er betra hjá kúm sem mjólkaðar eru í mjaltalþjóni (Svennersten-Sjaunja et al. 2000). Atferlisathuganir á kúm undir mjöltum sýna ekki mun á því hversu oft þær sparka eða tipla (Hopster et al. 2000).

Annað atriði er möguleikinn á að mjaltir tiltekinnar kýr mistakist og hún yfirgefi mjaltalþjóninn án þess að vera mjólkuð. Áhrif þessa hafa verið skoðuð (Stefanowska et al. 2000). Í ljós kom að kýr sýna nokkur merki um óþægindi ef þær eru ekki mjólkaðar (míga meira). Þessi óþægindi virtust meiri hjá kúm sem komu snemma að mjöltum (lögðust ekki eftir að hafa verið í mjaltabásnum). Um 60% kúa sem ekki voru mjólkaðar láku mjólk, sem gefur til kynna að ef ekki tekst að setja mjaltatækin á spenana, þá aukist hættan á júgursýkingum. Á hinn bóginn mældust engin áhrif á át, árásaratferli eða mjaltaröð við næstu mjaltir.

Þriðja atriðið sem nokkuð hefur verið rannsakað er troðningur og biðtími fyrir framan mjaltalþjóninn. Sýnt hefur verið fram á að sterkari kýr geta hæglega troðist fram fyrir þær sem eru aumari (Ketelaar-de Lauwere et al. 1996). Þannig verður biðtími sumra kúa mun lengri en annara og oft sjást dæmi um kýr sem nota meir en tvo klukkutíma á dag í bið fyrir framan mjaltalþjóninn. Þessi bið virðist ekki hafa bein áhrif á velferð kúnna, en svo virðist sem þær láti þetta ekki raska ró sinni, að minnsta kosti ef marka má mælingar á streituhormónum. Hins vegar geta óbein áhrif komið fram ef biðtíminn er orðinn svo langur að það komi niður á hvíldar- eða áttíma (Andersen 2000).

Ýmsar vangaveltur hafa verið uppi um áhrif sjálfvirkra mjaltakerfa á heilbrigði kúa. Bent hefur verið á að aukin tíðni mjalta minnki hættuna á júgurbólgu, en á hinn bóginn er

þekkt jákvætt samband milli nythæðar og jógursjúkdóma. Það að kýrnar geta farið oft til mjalta ætti að minnka álagið á jógurupphengi, hrygg og fætur og þannig auka endingu kúnna. Þetta hefur þó ekki verið staðfest með rannsóknum; engar verið gerðar. Danskir athuganir sýna að líklegt sé að fyrsta árið eftir að sjálfvirk mjaltatækni er tekin í notkun fjölgar nýjum jógursýkingum (Rasmussen et al. 2001). Ástæða þessa er ekki ljós, né heldur hvort þetta sé varanleg aukning, eða tímabundin. Hins vegar er ekki vitað til þess að notkun mjaltahjóna hafi að jafnaði leitt til alvarlegra heilsufarsvandamála, þótt vissulega geti verið til dæmi um slíkt. Dönsk athugun á sjúkdómaskráningum í fjósum með sjálfvirk mjaltakerfi sýndi til að mynda engan mun fyrir og eftir breytingu (Nielsen 2001).

Fleiri atriði mætti tína til með og móti áhrifum á velferð kúnna, en þó er ljóst að hér er um tiltölulega veigalítil atriði að ræða, séð í stærra samhengi. Aðrir þættir svo sem ástand klaufa, undirlag í básum og möguleikar kúnna á að hreyfa sig hafa margfalt meira vægi. Einnig skiptir hirðing og aðgæsla bóndans afar miklu, hvort sem mjólkað er í mjaltabás eða með mjaltahjóni.

## 11. Hagfræði

Mjaltahjónar eru dýr fjárfesting, og enn er ekkert sem bendir til að verð á þeim muni lækka verulega á næstu árum. Sú spurning hlýtur því að vera áleitin, hvort það “borgi sig” að fjárfesta í sjálfvirku mjaltakerfi. Nokkrar tilraunir hafa verið gerðar til að meta arðsemi eða tap af notkun mjaltahjóna, samanborið við hefðbundnari tækni. Fastar hafa gefið einhlít svör, en nokkur atriði flækja mjög hagfræðiútreikninga á þessu sviði:

1. Óvissa ríkir um ýmsar lykilstærðir, vegna þess hversu ný tæknin er. Þannig eru ekki til áreiðanlegar tölur um endingu mjaltahjóna, þróun viðhaldskostnaðar á endingartímanum, breytingar á nyt kúnna og hversu mörgum kúm þarf að slátra vegna óhentugs jógurs eða atferlivandamála.
2. Fjárhagsleg útkoma sjálfvirkra mjaltakerfa, samanborið við hefðbundna tækni, fer mjög mikið eftir aðstæðum á hverju búi fyrir sig. Þættir eins og nyt kúnna, fjöldi kúa, fyrirliggjandi aðstaða, verðlagning sparaðrar vinnu og svo framvegis hafa allir mikið að segja um niðurstöðuna.
3. Eðli mjaltavinnunnar breytist mikið. Föst viðvera og binding innan dagsins minnkar og líkamlega er vinnan auðveldari. Á móti kemur að bóndinn er háðari tækninni en áður og erfiðara getur reynst að fá afleysingamenn. Mjög misjafnt er hvernig bændur (og hagfræðingar) meta þess konar breytingar til fjár.

Þá ber að nefna að erfitt er að bera saman hagræna útreikninga milli landa. Fyrirkomulag framleiðslustýringar (kvóti og kvótaverð) er mismunandi, einnig nyt, meðal bústærð og launakostnaður. Enn eitt atriði sem vert er að hafa í huga er hvernig samanburður við hefðbundna mjaltatækni er framkvæmdur. Þannig reikna Danir með að mjaltir á 60 kúm í mjaltabás taki 2-3 mínútur á kú á dag, á meðan rauntölur frá Íslandi, fyrir öllu minni bú eru ríflega tvöfalt hærri. Því má spyrja hvort hægt sé að yfirfæra danskir niðurstöður um vinnusparnað yfir á íslenskar aðstæður?

Höfundar þessarar skýrslu hafa valið tvær leiðir til að varpa ljósi á hagræn sjónarmið sjálfvirkra mjaltakerfa:

- 1) Að framkvæma nænnigreiningar á helstu breytistærðum til að sýna hvaða þættir skipta mestu máli fyrir íslenskar aðstæður.
- 2) Að þróa reiknilíkan sem bændur og ráðunautar geta notað til að greina hagkvæmni svona fjárfestingar á hverju búi fyrir sig.

Hér á eftir er grein gerð fyrir nænnisgreiningum, en reiknilíkanið verður þróað á vegum Hagþjónustu landbúnaðarins og kynnt sérstaklega.

### 11.1. Nænnigreiningar

Útreikningar miða við 60 árskýr í nýju fjósi og borið er saman mjaltahjónn og 2x6 mjaltabás. Eingöngu er tekið mið af beinum kostnaði sem fellur til vegna mjaltatækninnar og eini tekjuliðurinn sem reiknað er með, er tekjur vegna nyttaukningar. Þessi liður er þó mjög erfiður viðfangs: Vitað er að nyt ætti að öllu jöfnu að aukast samfara meiri tíðni mjalta. Þetta hefur líka oftast orðið raunin, en þó ekki alltaf (Kristensen, 2000). Algeng aukning í nyt er 5-15%. Aukningu í nyt er hins vegar ekki sjálfgefið að reikna til fjár, þegar framleiðsla takmarkast af kvóta. Ein leiðin væri sú að reikna með færri kúm, minna uppeldi og minna húsnæði. Þar kemur hins vegar á mótí að endurnýjunarþörfin gæti aukist eitthvað ef slátra þarf kúm sem hafa júgurgerð/skap sem ekki passar þessari tækni. Niðurstaðan er sú að hér þarf hver að reikna fyrir sig. Höfundar þessarar skýrslu náðu samstöðu um að nota töluna kr. 300.000.- sem mat á tekjuauka vegna sjálfvirkra mjalta. Aðrar forsendur eru gefnar í töflu 3 og eru sem hér segir:

Tafla 3. Helstu forsendur nænnisgreiningar.

Forsendur	Mjaltahjónn	Mjaltabás
Verð - kr	14.700.000	6.800.000
Ending - ár	8	12
Rekstur - kr/ári	500.000	70.000
Vextir - %	7,5	7,5
Vinna v/ mjalta. klst/ári	913	1.825
Tímalaun kr/klst	900	900
Sparn. v/afurðaaukn	300.000	0

**Innkaupsverð** er fengið hjá söluaðilum, á gengi júnímánaðar 2001. Inni í verði mjaltabáss er gert ráð fyrir að hann þurfi um 20 m<sup>2</sup> meira rými en mjaltahjónninn. Ef gert er ráð fyrir eiginlegu biðsvæði við mjaltabásinn en ekki við mjaltahjónninn eykst þessi munur. Gert er ráð fyrir að fermetraverð í mjaltabás sé kr. 50.000.-

**Ending** mjaltahjónna er metin átta ár, en 12 ár fyrir mjaltabás. Hvort tveggja er sennilega mjög varlega áætlað, en á mótí kemur að ekki er tekið sérstaklega tillit til viðhaldskostnaðar á gömlum tækjum. Sömu tölur eru notaðar af dönsku ráðgjafahjónustunni í Skejby (Rasmussen et al. 1999)

**Viðhaldskostnaður** er mjög breytilegur eftir bæjum. Þjónustusamningur vegna mjaltahjónna kostar hátt í kr. 400.000.- og þar við bætist einhver varahlutakostnaður. Því

er slegið á að meðal árlegur kostnaður sé hálf milljón króna. Þetta er staðfest af sölumanni umboðsaðila. Viðhaldskostnaður mjaltabása er mun lægri. Hjá Mjólkurbúi Flóamanna fékkst uppgæfið að algengur viðhaldskostnaður hjá þeim væri undir kr. 20.000.- Algengara mun þó vera að um hærri upphæð sé að ræða. Hér er miðað við kr. 70.000.- á ári.

**Vextir** miðast við upplýsingar frá Lánasjóði landbúnaðarins. Miðað er við að 65% kostnaðar beri 3,43% vexti en 35% séu fjármöggnuð með hefðbundnu láni er beri 15% vexti. Vegið meðaltal þessara talna (7,5%) er notað til einföldunar.

**Vinna** við mjaltir er metin út frá innlendum og erlendum heimildum. Reiknað er með 5 mínútum á kú í mjaltabás, sem er reyndar nálægt helmingi herra en dönsku viðmiðin, en nokkru lægra en íslenskar rauntölur. Þar er tekið mið af því að íslensku tölurnar byggja að hluta á mælingum í básafjósi með mjaltabás, sem er vinnufrekara kerfi en það sem hér um ræðir. Vinnuþörfin við mjaltir með mjaltaþjónum er áætluð 2,5 mín. á kú og dag. Þetta er ívið herra en erlendar tölur, en það sama á við um viðmiðið fyrir mjaltabása.

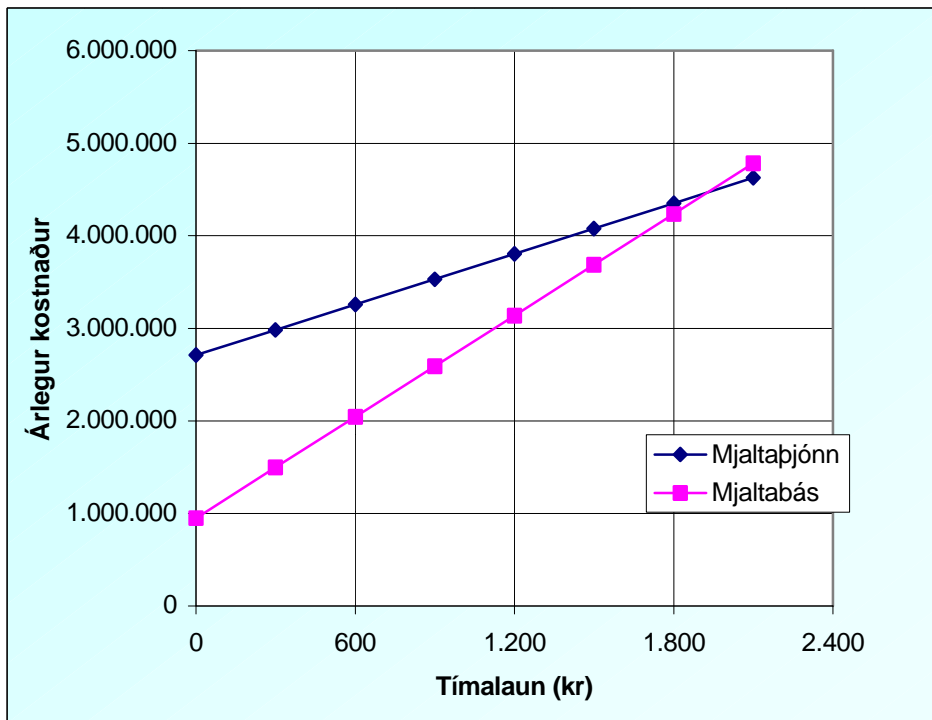
**Laun** eru sett á 900 kr/klst. Þetta er nokkuð nærri meðallaunum kúabóndans, samkvæmt uppgjöri búreikninga. Þá er gert ráð fyrir að bóndinn geti nýtt þann tíma sem sparast við mjaltirnar til annarar vinnu innan bús eða utan, sem skili honum sömu meðallaunum og bústörfín.

Miðað við ofangreindar forsendur er árlegur kostnaður við mjaltir í mjaltabás ríflega einni milljón lægri en ef mjólkað er með mjaltaþjónum, samanber töflu 4.

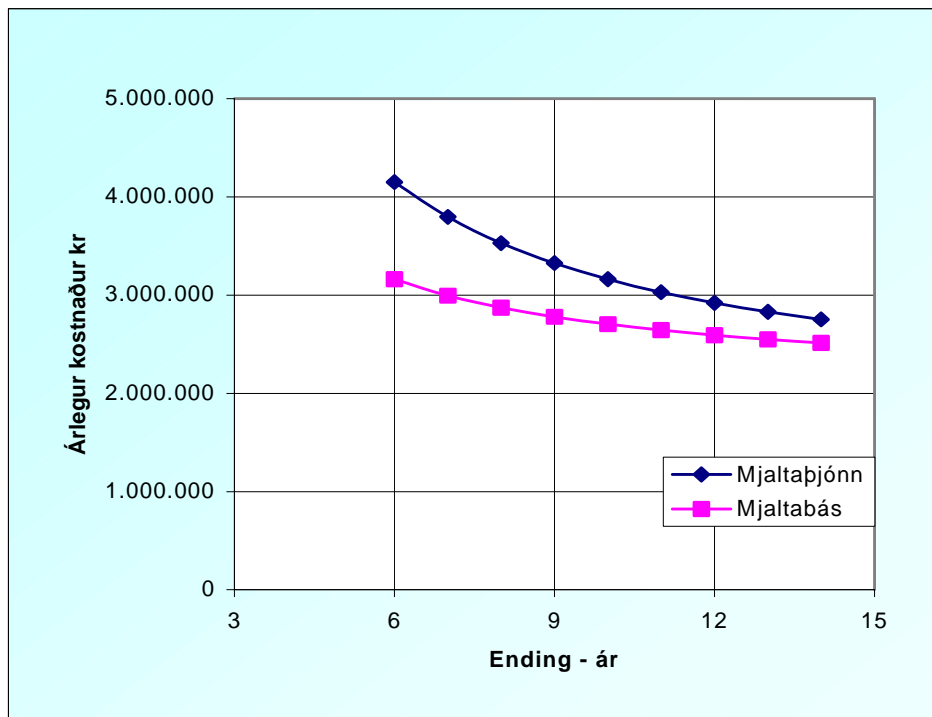
*Tafla 4. Samanburður á kostnaði við mjaltir í mjaltabás og mjaltaþjónum. Ath. árlegur fjármöggnunarkostnaður er reiknaður með svokallaðri jafngreiðsluáðferð. Það skýrir hvers vegna sú tala er ekki nákvæm samtala afskrifta og vaxta.*

Kostnaður - kr/ári	Mjaltaþjónum	Mjaltabás
Jafngreiðsla	2.509.687	879.089
- Afskriftir	1.837.500	566.667
- Vextir	551.250	255.000
Rekstur mj.bún.	500.000	70.000
Sparn. v/afurðaaukn	-300.000	0
Laun	821.250	1.642.500
<b>Samtals</b>	<b>3.530.937</b>	<b>2.591.589</b>

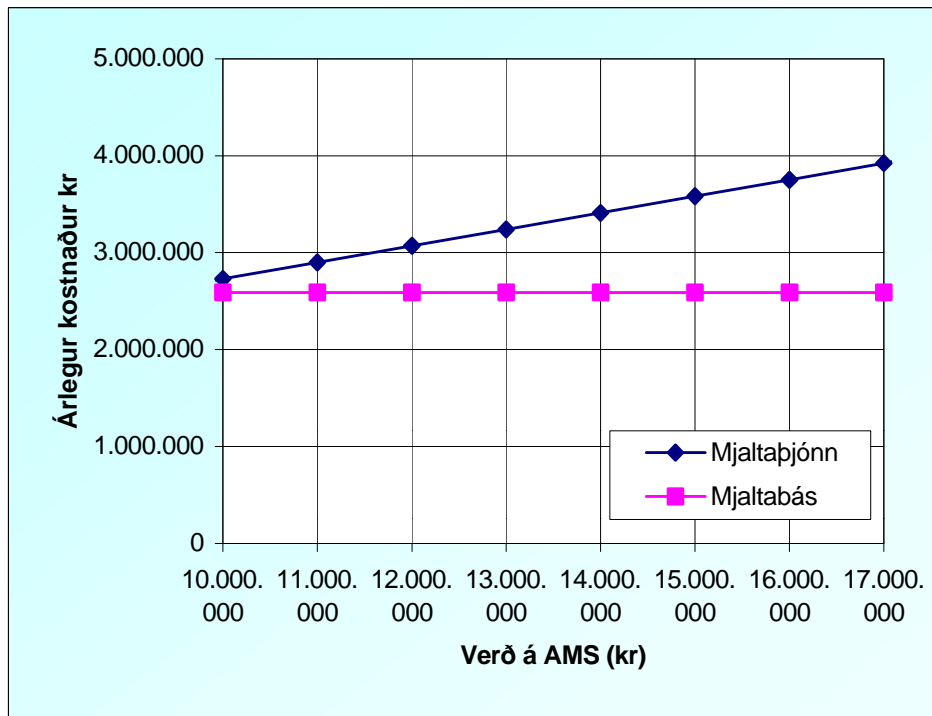
Athyglisvert er að launakostnaður er meir en helmingur heildarkostnaðar við mjaltir í mjaltabás. Það er því ljóst að tímakaup hefur mikið að segja um hver lokaniðurstaðan verður. Þetta kemur einnig fram í nænnisgreiningum (sjá myndir 7-9).



Mynd 7. Áhrif tímalauna á árlegan kostnað við mjaltir með mjaltþjónum og í mjaltabás.



Mynd 8. Áhrif afskriftatíma mjaltþjóna og mjaltabása á árlegan kostnað við mjaltir með mjaltþjónum og í mjaltabás.



Mynd 9. Áhrif innkaupsverðs mjaltabjónna á árlegan kostnað við mjaltir með mjaltabjónnum og í mjaltabás. Innkaupsverð mjaltabáss er fastsett sbr. forsendur.

Eins og myndirnar sýna er mjög erfitt að reikna hagnað af notkun mjaltabjónna, miðað við þær forsendur sem hér eru gefnar. Þetta er í samræmi við niðurstöður sænskrar skýrslu um hagkvæmni sjálfvirkra mjaltakerfa (Gunnarsson 2000). Þeir útreikningar sýndu að við 6% nyttaukningu og vinnusparnað upp á 1,5 mín/kú og dag borgaði sig ekki að taka sjálfvirka mjaltatækni í notkun. Ef nyt jókst um 12,5% og vinnusparnaður var 3 mínútur á kú og dag þá var nokkur hagnaður af breytingunni. Hafa verður í huga að þarna er miðað við meðalnyt á bilinu 8.000-10.000 kg á ári. Dæmið lítur mun betur út ef miðað er við tvo mjaltabjónna; þá er reiknað með arði af fjárfestingunni í báðum tilvikum.

Það er mikilvægt að hver og einn reikni dæmið fyrir sitt bú, og noti sínar forsendur. Þannig geta menn reiknað með meiri vinnusparnaði og hærri launum en hér er gert. Einnig er eðlilegt að reynt sé að meta vinnulétti og sveigjanleika til fjár á einn eða annan hátt.

## 12. Lokaorð

Megin niðurstaða þessarar samantektar er að sjálfvirk mjaltakerfi eru tæknilega skilvirk og þau geta skilað búinu meiri mjólkurframleiðsu af viðunandi gæðum, fyrir minni vinnu. Velferð kúnna versnar örugglega ekki þótt þær séu mjólkaðar í mjaltabjóni, og ákveðnar vísbindingar eru um að ef kerfið virkar vel, þá batni velferð gripanna, miðað við mjaltir í mjaltabás. Hægt er að nýta sumarbeit samhliða sjálfvirkum mjöltum, en það krefst þess að beitilandið sé nálægt fjósinu. Mjaltir í sjálfvirkum mjaltakerfum eru hins vegar nokkuð

dýrari en mjaltir í mjaltabás, að minnsta kosti ef miðað er við eins-klefa einingu. Næsta víst er að munurinn væri mun minni ef miðað væri við 120 kúa einingu, þar sem tveir klefar væru notaðir. Á móti þessum viðbótarkostnaði kemur sveigjanlegur vinnutími og vinnuléttir.

### 13. Heimildir

- Andersen, T.K., 2000. Adfærdsmæssige konsekvenser af styret kotrafik i stalde med AMS. Speciale i kvægproduktion. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Frederiksberg. DK: 61 s.
- Artmann, R. & Bohlsen, E., 2000. Results from the implementation of automatic milking system (AMS) – multi-box facilities. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 221-231.
- Barkema, H.W., Ploeg, van der J.D., Schukken, Y.H., Lam, T.J.G.M., Benedictus, G. & Brand, A., 1999b. Management style and its association with bulk milk somatic cell count and incidence rate of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*. 82: 1655-1663.
- Barkema, H.W., Schukken, Y.H., Lam, T.J.G.M., Beiboer, M.L., Benedictus, G. & Brand, A., 1999a. Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*. 82: 1643-1654.
- Barth, K., Fischer, R. & Worstorff, H., 2000. Evaluation of variation in conductivity during milking to detect subclinical mastitis in cows milked by robotic systems. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 89-96.
- Bjarni Guðmundsson, 1995. Halldór á Hvanneyri. Saga fræðara og frumkvöðuls í landbúnaði á tuttugustu öld. Bændaskólinn á Hvanneyri: 285 s.
- Bouilly, J., 2000. Udder traits selection and breeding priorities under robotic milking system. Proceedings from the 10th World Holstein Friesian Conference. Sydney 30th April - 3rd May 2000. <http://holsteinaust.une.edu.au/2000/3Schon.html> 31. maí, 2001.
- Caja G., Ayadi, M., Conill, C., M'Rad, M.B., Albanell, E., & Such, X., 2000. Effects of milking frequency on milk yield and milk partitioning in the udder of dairy cows. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 177-178.
- de Koning, K. & Ouweltjes, W., 2000. Maximising the milking capacity of an automatic milking system. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 38-46.
- de Mol, R.M. & Ouweltjes, W., 2000. Detection model for mastitis in cows milked in an automatic milking system. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 97-107.
- Eiríkur Blöndal, 2000. Mælingar á vinnuframlagi í mjólkurframleiðslu. Aðferðir við mælingar og athugun á nokkrum verkþáttum í fjósum með mjaltabás. Í: Ráðunautafundur 2000. Bændahöllinni 8.-11. febrúar: 270-273.



- Fenlon, D.R., Logue, D.N., Gunn, J., & Wilson, J., 1995. A study of mastitis bacteria and herd management practices to identify their relationship to high somatic cell counts in bulk tank milk. *British Veterinary Journal*. 151: 17-25.
- Greinargerð fagráðs 1998. Innflutningur á erlendu mjólkurkúakyni: 17 s.
- Gunnarsson, F., 2000. Ekonomiska konsekvenser av VMS på gårdsnivå Examensarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för ekonomi. 86 s
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L. & Coleman, G.J., 1993. The human-animal relationship in agriculture and its consequences for the animal. *Animal Welfare*. 2: 33-51.
- Hopster, H., van der Werf, J.T.N., Korte-Bouws, G., Macuhova, J., van Reenen, C.G., Bruckmaier, R.M. & Korte, S.M., 2000. Automatic milking in dairy cows: welfare indicators of astronaut® effectiveness. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 259-266.
- Ipema, B., Smits, D. & Jagtenberg, K., 1998. Consequentie van melkrobot. Tien ervaren robotmelkers over twee jaar automatisch melken. *Veeteelt*. November 1: 1354-1355.
- Jón Viðar Jónmundsson, 2000. Nautgripakynbætur. Í: (ritstj.: Matthías Eggertsson) *Handbók bænda*. Bændasamtök Íslands: 158-165.
- Jonsson, B., 1993. Arbetsförbrukning vid olika system för mjölkproduktion. Jordbrukstekniska Institutet. Rapport 153. Uppsala.
- Justesen, P. & Rasmussen, M.D., 2000. Improvement of milk quality by the Danish AMS self-monitoring programme. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 83-88.
- Justesen, P., Jepsen, L., Rasmussen, M.D. & Bjerring M., 2001. Egenkontrolprogrammet: Mælknes kvalitet for besætninger med automatisk malkning. Í: (ritstj.: Rasmussen, M.D.) *Automatisk malkning i Danmark*. DJF rapport nr. 24. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, DK: 27-38.
- Keil, N.M., Audigé, L. & Langhans, W., 2001. Is intersucking in dairy cows the continuation of a habit developed in early life? *Journal of Dairy Science*. 84: 140-146.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C. & Ipema, A.H., 2000. Cow behaviour and welfare if grazing is combined with voluntary automatic milking. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 289-296.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C. & Ipema, A.H., 2000. Cow behaviour under different types of cow traffic. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) *Robotic Milking*. Wageningen Pers. NL: 181-182.
- Ketelaar-de Lauwere, C.C., Devirb, S. & Metz, J.H.M., 1996. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied animal behaviour science*. 49: 199-211.
- Klungel, G.H., Slaghuis, B.A., Hogeveen, H., 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Dairy Science*. 83:1998-2003.
- Kristensen, O., 2000. Spørgeundersøgelse blandt pionererne. Í: *Årsmøde 2000*. 28. og 29. februar. Herning Kongrescenter. Landsudvalget for Kvæg: 20-21.

- Krohn, C.C., 1997. Hvordan påvirkes håndterbarheden? Í: Opstaldning af kalve og ungdyr – indflydelse på velfærd, sundhed og produktion. Intern rapport nr. 83. Statens Husdyrbrugsforsøg. DK: 33-37.
- Landbrugets informationskontor, 1993. Håndbog for driftsplanlægning. 168 s.
- Larsen, L., 2000. Malkekoens adfærd ved forderoptagelse, hvile og malkning i stalde med automatisk malkesystem. Speciale i kvægproduktion. Institut for Husdyrbrug og Husdyrsundhed. Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Frederiksberg. DK: 51 s.
- Lárus Pétursson, 2000. Sjálfvirk mjaltatækni. Í: Ráðunautafundur 2000. Bændahöllinni 8.-11. febrúar: 276-277.
- Lind, O., Ipema, A.H., de Koning, C., Mottram, T.T. & Hermann, H-J., 2000. Automatic milking. Bulletin of the International Dairy Federation. 348/2000: 3-14.
- Løvendahl, P. & Madsen, P., 2001. Ændringer ved laktationskurvens form og mælkens sammensætning efter overgang til automatisk malkesystem. Í: (ritstj.: Rasmussen, M.D.) Automatisk malkning i Danmark. DJF rapport nr. 24. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, DK: 97-106.
- Morita, S., Nirasawa, E., Sugita, S., Hoshiya, S., Tokida, M., Hirayama, H. & Uetake, K., 2000. Cow behaviour and working time of a stockperson in a free-stall barn with an automatic milking-feeding system. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 188.
- Nielsen, L.A.H. & Blom J.Y., 2001. Sygdomsregistreringer ved opstart af automatisk malkning. Í: (ritstj.: Rasmussen, M.D.) Automatisk malkning i Danmark. DJF rapport nr. 24. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, DK: 49-58.
- Prsons, D.J. & Mottram, T.T.F., 2000. An assessment of herd management aspects of robotic milking on UK dairy farms. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 212-220.
- Rasmussen, J.B., 2001. Staldindretning og styring af kotrafik. Í: (ritstj.: Rasmussen, M.D.) Automatisk malkning i Danmark. DJF rapport nr. 24. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, DK: 59-62.
- Rasmussen, M.D., Blom, J.Y., Nielsen, L.A.H. & Justesen, P., 2001. Yversundhed hos køer i besætninger med automatisk malkning. Í: (ritstj.: Rasmussen, M.D.) Automatisk malkning i Danmark. DJF rapport nr. 24. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning, Tjele, DK: 39-48.
- Raun, C. & Rasmussen, M.D., 2001. Afgræsningens effekt på malkefrekvens, mælkeydelse og driftsøkonomi i automatiske malkesystemer. DJF rapport nr. 26. Husdyrbrug. Danmarks JordbrugsForskning. Tjele. DK: 106 s.
- Rushen, J., de Passillé, A.M. & Munksgaard, L., 1999. Fear of people by cows and effects on milk yield behavior and heart rate at milking. Journal of Dairy Science. 82: 720-727.
- Salomonsson, M., & Spörndly, E., 2000. Cow behaviour at pasture with or without supplementary roughage in automatic milking systems. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 192-193.

- Schacht, H.R., 1943. Landbrugets Redskaber og Maskiner. Í: (ritstj.: Byskov, J. & Jørgensen, N.) Dansk Landbrugsleksikon. Skandinavisk Bogforlag a/s. Odense. DK: 693-763.
- Schick, M., Volet, M.R. & Kaufmann, R., 2000. Modelling of time requirements and milking capacity in automatic milking systems with one or two milking stalls. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 32-37.
- Snorri Sigurðsson, 2000. Nýjungar í hefðbundinni mjaltat ækni. Í: Ráðunautafundur 2000. Bændahöllinni 8.-11. febrúar: 274-275.
- Stefanowska, J. & Ipema, A.H., 2000. Affect of access to a field on the visiting pattern of cows to the automatic milking system and other behaviour. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 194-195.
- Svennersten-Sjaunja, K., Berglund, I. & Pettersson, G., 2000. The milking process in an automatic milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 277-288.
- Svennersten-Sjaunja, K., Johansson, B., Redbo, I & Uvnäs-Moberg, K., 2000. The effect of feeding during milking on oxytocin release, milk production, milking parameters and cow behaviour. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 196.
- van der Vorst, Y. & Hogeveen, H., 2000. Automatic milking systems and milk quality in the Netherlands. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 73-82.
- van't Land, A., van Lenteren, A.C., van Schooten, E., Bouwmans, C., Gravesteyn, D.J. & Hink, P., 2000. Effects of husbandry systems on the efficiency and optimisation of robotic milking performance and management. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 167-176.
- Walters, G.M.V.H., Verstappen-Boerekamp, J.A.M., Minderman, J.S. & Hogeveen, H., 2000. Cooling and storage requirements for automatic milking. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 47-55.
- Wenzel, C., 2000. First management guidelines for automatic milking systems from a behavioural viewpoint. Í: (ritstj.: Hogeveen, H. & Meijering, A.) Robotic Milking. Wageningen Pers. NL: 197-198.