



PraktijkRapport Rundvee 58

Automatisch melken; kansen voor kwaliteitszorg en melkbewerking op de boerderij



December 2004

Rundvee





Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek
Postbus 2176, 8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 - 293 211
Fax 0320 - 241 584
E-mail info.po.asg@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl/po>

Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

© Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen

Bestellen

ISSN 1570-8616
Eerste druk 2004/oplage 150
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn schriftelijk, telefonisch, per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

Referaat

ISSN 1570 - 8616

De Jong, O., K. Bos, P. Leij

Automatisch melken; kansen voor kwaliteitszorg en melkbewerking op de boerderij

PraktijkRapport Rundvee 58

In deze deskstudie is nagegaan welke kansen het toepassen van automatisch melken biedt in een duurzame veehouderij in Nederland met specifieke aandacht voor kwaliteitszorg en het concentreren van melk op de boerderij. Het melken neemt een centrale plaats in in een kwaliteitszorgsysteem voor een melkveebedrijf. Via een Pareto-analyse zijn de belangrijkste factoren Mens, Middelen, Methoden en Uitrusting geanalyseerd voor zowel automatisch als conventioneel melken. Concentreren van melk op de boerderij kan bijdragen aan het verminderen van de transportkosten tussen boerderij en zuivelverwerker. In Nederland wordt het concentreren van melk op de boerderij nog niet toegepast. De belangrijkste reden hiervoor is de lange terugverdiensijd. De combinatie van een high-tech toepassing als automatisch melken met aangepaste concentratietechnieken biedt mogelijk betere economische perspectieven.

Trefwoorden: Automatisch melken, kwaliteitszorg melkveehouderij, concentreren van melk

Abstract

In this literature review automatic milking is reviewed on two main topics, the role within product quality and control systems and the possibilities of applying reverse osmosis on the farm. The milking process is a key process within a total quality management system on dairy farms. The milk production process was analysed using a Pareto analysis, identifying the main factors Man, Materials, Methods and Machinery. For each of these main factors quality control has been described for both automatic milking and conventional milking. On-farm condensing of milk will contribute to the reduction of transport costs between the dairy farmer and the dairy processor. In The Netherlands on-farm condensing of milk is not practised due to lack of profitability (long payback times). However with the introduction of automatic milking on dairy farms, new chances appear. The high level of automation within AM-systems, the relatively low milk flow per hour, availability of high-tech cleaning systems within AM-systems and the overall scaling up of dairy farms can be mentioned as chances in reducing payback times of condensing equipment.

Key-words: Automatic milking, quality assurance, on farm condensing of milk



PraktijkRapport Rundvee 58

Automatisch melken; kansen voor kwaliteitszorg en melkbewerking op de boerderij

Automatic milking; opportunities for quality assurance and on-farm processing

Oene de Jong

Kees Bos

Peter Leij (Nizo food research)

December 2004

Voorwoord

Automatisch melken heeft de afgelopen jaren sterk in de belangstelling gestaan. In het kader van een Europees onderzoeksproject is onderzoek verricht naar de effecten van de introductie van automatisch melken op melkveebedrijven. In dat project is met name aandacht besteed aan de sociaal-economische aspecten, de effecten op melkqualiteit, reiniging, diergezondheid, welzijn, beweiding en management. Zaken die vooral te maken hebben met de introductie en implementatie van automatisch melken op een melkveebedrijf.

In opdracht van de Commissie Melkveehouderij is ook gekeken naar de kansen die automatisch melken biedt voor de melkveehouderij op het terrein van kwaliteitszorg en de mogelijkheden om melk te concentreren op de boerderij. In de moderne melkveehouderij is kwaliteitszorg en kwaliteitsborging niet meer weg te denken. Binnen kwaliteitssystemen speelt het omgaan met en beheersen van risico's een belangrijke rol. Wat zijn de kritische risicopunten en hoe kan ik die beheersen? In deze deskstudie wordt automatisch melken vergeleken met conventioneel melken op het punt van kwaliteitsborging. Hoewel meer techniek niet per definitie hoeft te leiden tot minder risico's, biedt automatisch melken zeker perspectieven, zoals uit een uitgevoerde risico-analyse blijkt. Een voorbeeld van technologie in dienst van de veehouder.

Daarnaast biedt een high-tech toepassing als automatisch melken wellicht ook mogelijkheden voor nieuwe technieken op de boerderij, zoals de toepassing van membraanfiltratie als concentratietechnologie, waardoor mogelijk aanzienlijke kostenbesparingen zijn te bereiken. Om deze kansen in kaart te brengen is NIZO food research door de Animal Sciences Group van WUR gevraagd een overzicht te maken van de technische en economische mogelijkheden voor het op de boerderij concentreren van melk met membraanfiltratie. Hiertoe is vooral gebruik gemaakt van de op NIZO food research aanwezige kennis in de vorm van rapporten en literatuur.

Het rapport biedt een inzicht in de mogelijkheden en kansen die een nieuwe technologie als automatisch melken biedt.

Kees de Koning
Manager Cluster Productkwaliteit en Borging
Animal Sciences Group Wageningen UR, divisie Praktijkonderzoek

Samenvatting

In de veehouderij doet het automatisch melken haar intrede. Ongeveer 600 Nederlandse melkveehouders pasten eind 2003 automatisch melken toe en het aantal neemt gestaag toe. In deze deskstudie is nagegaan welke kansen het toepassen van automatisch melken biedt in een duurzame veehouderij in Nederland. Hierbij is gefocust op twee onderdelen: kwaliteit en borging en toepassing van membraanfiltratie op het veehouderijbedrijf.

Het melken neemt een centrale plaats in in een kwaliteitszorgsysteem voor een melkveebedrijf. Het melkproces en alles wat daarmee samenhangt, is samengevat in een visgraatdiagram en geeft de onderlinge relaties weer. De belangrijkste factoren zijn Mens, Middelen, Methoden en Uitrusting. Voor elk van deze factoren is beschreven hoe kwaliteit geborgd kan worden bij automatisch melken in vergelijking met conventioneel melken. De belangrijkste conclusie is dat een deel van de borgingspunten verschuift van de factoren Mens naar Uitrusting. De factor Mens is lastiger te borgen, sterk afhankelijk van opleiding, vakmanschap en managementvaardigheden. Een verschuiving naar de factor Uitrusting levert voordelen op in termen van kwaliteitsborging. Voor de factor Uitrusting geldt dat apparatuur goed geborgd kan worden en werkzaamheden altijd op eenzelfde wijze worden uitgevoerd. Voorwaarde is dat sensoren de rol van de factor Mens op een goede wijze kunnen overnemen. Risico's kunnen daardoor verminderd worden en borging is eenvoudiger. Een aantal processen kunnen met sensoren worden gecontroleerd en geborgd die al aanwezig zijn in een automatisch melksysteem.

Door schaalvergroting van zuivelondernemingen nemen de afstanden tussen melkveehouder en melkverwerker toe. Concentreren van melk op de boerderij kan bijdragen aan het verminderen van het aantal transportkilometers en bijbehorende transportkosten. Het concentreren van melk op de boerderij kan uitgevoerd worden middels omgekeerde osmose, mogelijk in combinatie met ultrafiltratie. Het concentratieproces kan worden uitgevoerd direct vanaf de koe voor of na de koeling van de melk. Het hierbij vrijkomende water uit de melk kan op de boerderij gebruikt worden als reinigingswater. De meeste zuivelproducten kunnen met een aantal aanpassingen aan de procesvoering, worden bereid uit geconcentreerde melk. Volgens de huidige warenwet is dit echter niet zonder meer voor alle producten toegestaan.

In de Verenigde Staten wordt het concentreren van melk op de boerderij reeds succesvol toegepast. In Nederland is het concentreren van melk op de boerderij nog niet toegepast. De belangrijkste reden hiervoor is dat het tot nog toe niet economisch rendabel leek te zijn. Oorzaak hiervoor is dat er in de Nederlandse situatie een vrij lange terugverdientijd bestaat op de apparatuur (>30 jaar). De transportafstanden zijn in Nederland nog steeds beperkt, melkveebedrijven zijn relatief klein en de aanschafkosten van de benodigde apparatuur zijn vrij hoog. Ook lijkt de bereidheid van de zuivelindustrie voor de verwerking van geconcentreerde melk niet hoog te zijn onder meer door onzekerheid over de productkwaliteit en de benodigde aanpassingen in de verwerkingsprocessen. Daarnaast is het wettelijk niet toegestaan water uit melk te onttrekken voor bijvoorbeeld de bereiding van Goudse kaas.

Door de toepassing van automatisch melken op de boerderij treden een aantal ontwikkelingen op die voordelig kunnen zijn voor de introductie van het concentreren op de boerderij. Dit zijn o.a. een hogere automatiseringsgraad, gespreid melken, de aanwezigheid van een reinigingsinstallatie en de optredende schaalvergroting. Al deze aspecten zijn positief ten aanzien van de economische haalbaarheid van het concentreren van melk op de boerderij.

Summary

Automatic milking has been introduced in the Dutch dairy sector. At the end of 2003, around 600 Dutch farmers milked their cows with an automatic milking system (AM-system) and the number of AM-farmers is expected to increase steadily in the near future. In this literature review automatic milking is reviewed on two main topics, the role within product quality and control systems and the possibilities of applying reverse osmosis on the farm.

The milking process is a key process within a total quality management system on dairy farms. The milk production process was analysed using a Pareto analysis, identifying the main factors Man, Methods, Machinery and equipment and Materials. For each of these main factors quality control has been described for both automatic milking as for conventional milking. The main conclusion is that when AM systems are applied, several control points move from Man to Machinery. It is quite difficult to control the factor Man especially on the family type dairy farms; moreover the factor Man depends on education, experience and management skills. Being less dependent on the factor Man will result in fewer risks and therefore gives some advantages in terms of quality control. Within the factor Machinery, it is more easy to control this factor by using sensor technology, applying preventive measures and moreover all activities handled by in this case the AM-system will always be done in the same way, not interfered by mood changes or other disturbances. However this will require sensors that are capable of doing the job of the milker in a good way. In this way risks can be minimized and control of the process will become easier. Current AM-systems are mostly equipped with this type of sensors.

On-farm condensing of milk will contribute to the reduction of transport costs between the dairy farmer and the dairy processor. One of the techniques that might be applied is the so-called Reverse Osmosis, perhaps combined with ultra filtration techniques. There are several possibilities for condensing, directly after harvesting the milk before cooling, after cooling or the milk collection phase at the farm. The water released by the condensing process can be used on the farm as cleaning water or drinking water. Most dairy products can be produced also by using condensed milk. However today, law does not allow this for several dairy products.

On-farm condensing of milk is more common in North America. In The Netherlands condensing of milk on the farm is not practised at all. The main reason seems to be lack of profitability due to payback times over 30 years. In the Netherlands, a relative small country, distances are limited, dairy farms are relatively small and investments for condensing are still relatively high. Moreover the dairy industry does not seem to be very interested in handling on farm condensed milk due to uncertainties about product quality and the necessary adjustments in the processing plant. Moreover by law it is not permitted to withdraw water from milk when processing Gouda cheese.

However due to the introduction of automatic milking on dairy farms, new chances appear. The high level of automation within AM-systems, the relatively low milk flow per hour, availability of high-tech cleaning systems within AM-systems and the overall scaling up of dairy farms can be mentioned as chances in reducing the payback time of this type of equipment.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Melkverwerking in Nederland.....	1
1.1	Productie	1
1.2	Transport	1
1.3	Automatisch melken	1
2	Kwaliteitszorg in Nederland	2
2.1	Middelen	3
2.2	Mens	3
2.2.1	Management	3
2.2.2	Melker	3
2.3	Uitrusting	4
2.3.1	Constructie (melkmachine)	4
2.3.2	Onderhoud (melkmachine)	5
2.3.3	Werking (melkmachine)	5
2.3.4	Melkkoeling	5
2.3.5	Reiniging	6
2.3.6	Stal en weide	6
2.4	Methoden	6
2.4.1	Melken	6
2.4.2	Melktechniek	6
2.4.3	Preventie	7
2.4.4	Reiniging	7
2.4.5	Behandelen	7
2.4.6	Stalhygiëne	7
3	Bewerking op de boerderij	8
3.1	Technologie	8
3.2	Moment van concentreren	9
3.3	Huidige toepassingen	9
3.4	Verwerking van geconcentreerde melk	9
3.4.1	Consumptiemelk	10
3.4.2	Yoghurt	10
3.4.3	IJs	10
3.4.4	Geëvaporeerde melk en melkpoeder	10
3.4.5	Boter	10
3.4.6	Kaas	10
3.5	Scheiding van melk op eiwitgehalte	11
4	Kansen voor automatisch melken	12
4.1	Kwaliteitsborging	12
4.2	Bewerking op de boerderij en economie	13
4.2.1	Kansen concentreren op de boerderij	14

4.2.2	Automatisch melken en concentreren van melk.....	14
5	Conclusies en praktische relevantie	16
	Literatuur.....	17

1 Melkverwerking in Nederland

1.1 Productie

Door een proces van schaalvergroting is het aantal zuivelondernemingen en zuivelproductielocaties in Nederland in de laatste decennia sterk afgenomen. Eind 2003 waren er nog 13 zuivelondernemingen en 55 productielocaties (PZ, 2003). Hierdoor is de gemiddelde transportafstand tussen de primaire bedrijven en de verwerkende industrie toegenomen. De verwachting is dat deze in de toekomst nog verder zal toenemen. Jaarlijks wordt ongeveer 10,5 miljard kilo rauwe melk geproduceerd. Daarvan wordt ca. 1,5 miljard kg afgezet in de vorm van consumptiemelk. De meeste andere zuivelproducten bevatten veel minder water dan de grondstof melk. Het grootste gedeelte van de melk (ruim 6 miljard kilo per jaar) wordt verwerkt tot kaas. In 2003 werd ruim 657 miljoen kg fabriekskaas geproduceerd (tabel 1). Het overgrote deel van de kaasproductie wordt grootschalig in kaasfabrieken gerealiseerd.

Tabel 1 Melkaanvoer en productie van melk en melkproducten in Nederland (2003)

	x miljoen kg
Afgeleverde hoeveelheid melk	10.696,4
In consumptie gebracht:	
• Room	15,7
• melk en melkproducten	1.475,9
Productie:	
• kaas (inclusief kwark)	657,0
• boter	116,4
• gecondenseerde melk	277,7
• niet-mager melkpoeder	116,9
• mager melkpoeder	65,3
• weipoeder	335,9

1.2 Transport

Transport van de rauwe melk naar de melkverwerker vindt plaats met RMO's (Rijdende Melk Ontvangst). Het bulktransport van melk levert een belangrijke bijdrage aan de belasting van het verkeer. Het gemiddeld aantal gereden kilometers bedraagt 3,94 km per ton melk. Door op de boerderij water te verwijderen uit melk (concentreren) zou het aantal benodigde transportkilometers drastisch kunnen worden verminderd, zeker in combinatie met minder frequent ophalen van de melk.

1.3 Automatisch melken

In de Nederlandse melkveehouderij maakt het automatisch melken haar intrede. Automatisch melken wordt nu op ruim 600 melkveebedrijven in Nederland toegepast, wereldwijd ging het eind 2003 om ruim 2200 melkveebedrijven, waarvan het overgrote deel in Noordwest Europa is te vinden (De Koning & Rodenburg, 2004). Voor Nederland wordt het aantal bedrijven met een automatisch melksysteem in 2015 geschat op zo'n drie tot vierduizend (circa 20% van de veehouders). Bij automatisch melken worden een aantal handmatige handelingen van de melker overgenomen door high-tech apparatuur. De werkzaamheden verschuiven meer richting management (Ouweltjes & De Koning, 2004). Automatisch melken biedt kansen voor zowel de individuele veehouder als de melkveehouderij met name waar het gaat om aspecten als kwaliteitsborging en bewerking van melk op de boerderij.

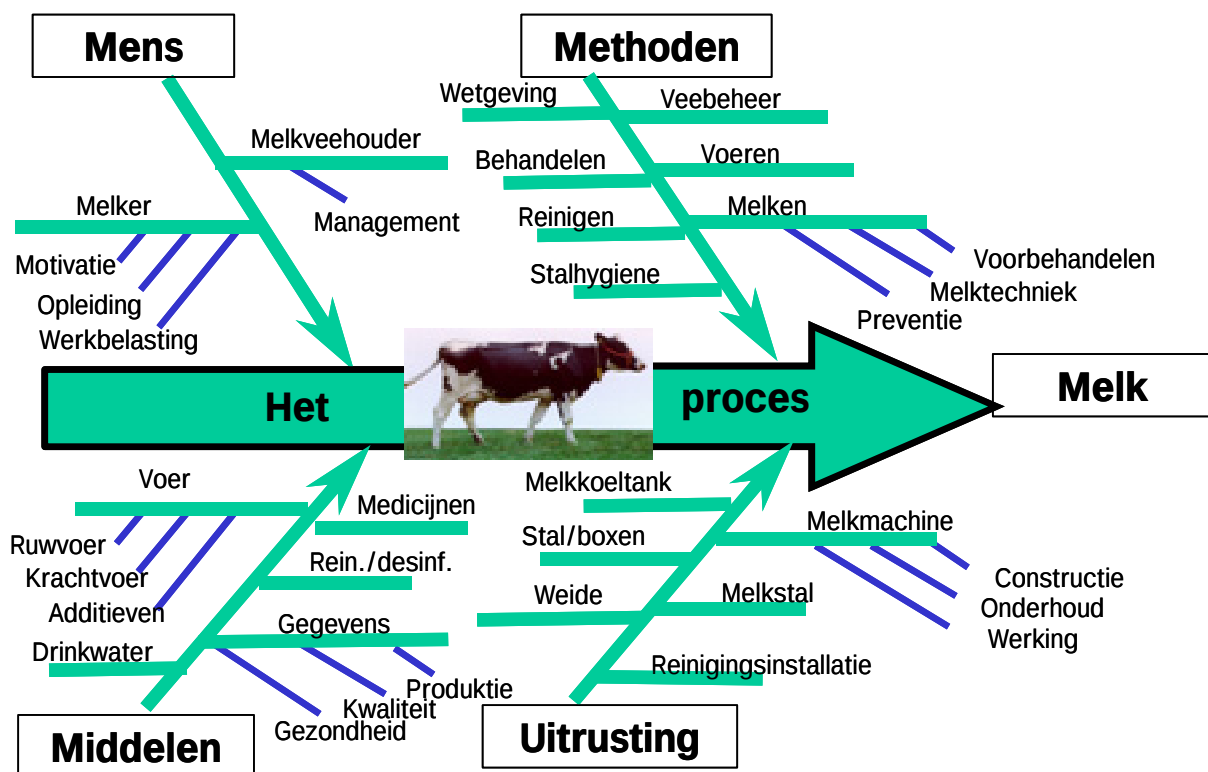
2 Kwaliteitszorg in Nederland

De Nederlandse zuivelsector heeft een uitstekende marktpositie en een goed imago. Om die te behouden moet de sector inspelen op de wensen van de consument en de samenleving. De consument wil steeds meer garanties over de betrouwbaarheid en veiligheid van producten. Daarnaast wil zij garanties over de productiewijze. Inspelen op de wensen van de consument betekent veilig, verantwoord en zorgvuldig produceren. Voor het melkveebedrijf houdt dit in, dat niet alleen de technische kwaliteit van de melk van belang is maar ook aspecten als het diergeneesmiddelengebruik, gezondheid en welzijn van het vee en zorg voor landschap en milieu. Er is een toenemende vraag naar een transparante en geborgde productiewijze op alle facetten van de bedrijfsvoering.

Kwaliteitsborgingsystemen waarmee de kwaliteit en veiligheid van het product en een verantwoorde manier van produceren worden aangetoond, worden steeds belangrijker. Hieraan kunnen en willen voldoen binnen een keten, is voor de melkveehouderij van belang om te kunnen blijven produceren. Imago en concurrentiepositie van de productieketen zullen hiervan steeds meer afhankelijk zijn. De primaire dierlijke productie is in het verleden buiten beeld gebleven bij wettelijke kwaliteitseisen en kwaliteitsprogramma's. Binnen de EU moeten primaire producenten, o.a. door de introductie van de voedselveiligheidsautoriteiten, aan regels gaan voldoen die transparantie van de wijze van produceren eist (Van der Vorst et al., 2003).

De melkkwaliteit van bedrijven met een automatisch melksysteem is uitvoerig bestudeerd in het Europese project (www.automaticmilking.nl). Hoewel direct na de introductie de kwaliteit enigszins negatief wordt beïnvloed, is het algehele beeld dat de melkkwaliteit bij automatisch melken gelijk is aan die van conventioneel melken (De Koning et al, 2004).

In deze deskstudie ligt de focus vooral op kwaliteitsborging en de vraag in hoeverre automatisch melken hierbij kansen biedt voor de gehele zuivelsector. Aan de hand van het onderstaande visgraatmodel zijn de verschillende processen op het melkveehouderijbedrijf geanalyseerd voor bedrijven met een automatisch melksysteem. Het productieproces van melk door de koe wordt in onderstaand 'visgraat'-model verdeeld in 4 invloedsfactoren: Mens, Methoden, Middelen en Uitrusting.



Figuur 1 Visgraatdiagram (Pareto analyse) van het productieproces melk (van der Haven, Westenbrink, 1993)

De verschillende factoren worden hierna verder besproken met specifieke aandacht voor de verschillen tussen conventioneel en automatisch melken.

2.1 Middelen

Een logische start van het productieproces is te beginnen bij de aanvoer van grond- en hulpstoffen op een bedrijf. Deze grond- en hulpstoffen vallen onder de categorie 'Middelen'. De inkoop van GMP-waardige grond- en hulpstoffen op een bedrijf zorgt voor een goede kwaliteitsborging. Het drinkwater voor het melkvee, leidingwater of jaarlijks onderzocht bronwater, moet van goede kwaliteit zijn. Indien het melkveebedrijf oppervlaktewater gebruikt dan moet de veehouder zich bewust zijn van de risico's. Hierbij valt te denken aan oppervlaktewater in de buurt van de zogenaamde riooloverstorten. Een goede maatregel is om zoveel mogelijk gebruik te maken van leidingwater of bronwater en indien oppervlaktewater gebruikt wordt, dat regelmatig te beoordelen en te laten onderzoeken op kwaliteit (Van der Vorst et al, 2003).

Daarnaast moeten de medicijnen van een GVP-erkende dierenarts afkomstig zijn. Verder moeten alle reiniging- en desinfectiemiddelen een registratienummer bezitten en moet de gebruiksaanwijzing opgevolgd worden. Tot slot komen er nog vele gegevens binnen op het melkveebedrijf waarmee de veehouder, indien noodzakelijk, het proces kan bijsturen.

Bij zowel melkveebedrijven met een automatisch melksysteem als bij een conventionele melksysteem gelden dezelfde borgingscriteria voor bovenstaande goederen. De verschillende melksystemen hebben geen invloed op de aankoop van deze goederen. Voor het eindproduct melk heeft dit geen gevolgen voor verschillen in kwaliteit en productveiligheid voor de twee melksystemen.

2.2 Mens

2.2.1 Management

Op het gebied van dagelijks management zijn er belangrijke verschillen tussen conventioneel en AM-melken. Waar bij conventioneel veel tijd zit in het praktisch uitvoeren van werkzaamheden, worden die bij AM-melken door het AM-systeem overgenomen. De focus verandert sterk van uitvoering naar een meer controlerende taak. Een directe controle van de melk van elk afzonderlijk dier door de veehouder is onhaalbaar omdat het melken 24 uur per dag plaatsvindt. Daarom heeft sinds de introductie van het AM-melken ook het gebruik van sensoren voor detectie van afwijkende melk een vlucht genomen (De Koning & Rodenburg, 2004, Ouweltjes & de Koning, 2004). Een belangrijk aandachtspunt is echter wel de kwaliteit van de informatie. Rasmussen (2004) concludeert dat de huidige sensoren in AM-systemen goede hulpmiddelen zijn voor het management, maar onvoldoende geschikt zijn voor automatische separatie van afwijkende melk. Een belangrijke rol speelt het managementsysteem van het AM-systeem. Naast allerlei instellingen voor het melkproces, worden hierin attenties van koeien weergegeven maar ook bijvoorbeeld behandelingen geregistreerd. Het toepassen van de juiste instellingen is van belang voor het goed melken van de koe. Het gebruik van de attentielijsten vraagt de nodige kennis en vaardigheden voor het juist interpreteren van de informatie en het bepalen van de vervolgstappen. De gebruiker moet bekend zijn met de informatie om de juiste afweging te kunnen maken. Bij bijvoorbeeld een attentie op geleidbaarheid, zal de veehouder moeten controleren of de melk inderdaad afwijkt en of de koe vervolgens behandeld zal moeten worden waarna ook de melk gesepareerd moet worden. Dit gebeurt ook bij conventioneel melken maar met dit verschil dat dit al tijdens of soms zelfs voor het melken kan plaatsvinden.

Evenals bij conventioneel melken is het belangrijk om procedures goed vast te leggen, zodat een eventuele vervanger hiermee goed uit de voeten kan. De vervanger zal echter wel kennis moeten hebben van het AM-systeem en managementprogramma om de juiste beslissingen te nemen.

2.2.2 Melker

Bij conventioneel melken speelt de melker een belangrijke rol omdat deze bij het proces melkwinning aanwezig is. De belangrijkste aspecten hierbij meespelen zijn motivatie, opleiding en werkbelasting. Motivatie is belangrijk met het oog op het goed uitvoeren van de handelingen bij het melken. Indien motivatie niet aanwezig is, is de kans op fouten vele malen groter dan bij een persoon die erg gemotiveerd is en met veel inzet zijn werk verricht. Het risico dat de kwaliteit van het eindproduct melk achteruit gaat is ook groter. Als tweede punt komt de opleiding naar voren; een melker moet een bepaald basisoniveau hebben en kan via een opleidingsplan zijn kennis

verbreden. Hierbij valt te denken aan cursussen en (avond)opleidingen. Met een goed opgeleide melker is de kans op fouten tijdens de melkwinning kleiner. Zaken die voor een juiste melkwinning belangrijk zijn en bij fouten een gevaar voor de kwaliteit van de melk kunnen opleveren moeten zoveel mogelijk geborgd en beheerst worden. Als laatste is de werkbelasting een belangrijk aandachtspunt bij het productieproces melkwinning. Bij een hoge werkbelasting is de kans op het maken van fouten groter dan onder lage werkbelasting. Bij kleinere financiële marges zal de werkbelasting over het algemeen toenemen. Al deze factoren beïnvloeden het werk van de melker en hiermee de kans dat er zaken fout gaan. De kans op het maken van fouten is altijd aanwezig en bij een conventioneel melksysteem zal het risico dan ook groter zijn dan bij een automatisch melksysteem waarbij de techniek de melker vervangt. De veehouder heeft nu meer een controlerende taak in plaats van een uitvoerende taak. Menselijke fouten kunnen grote gevolgen hebben voor de melk; denk maar aan het melken van met antibiotica behandelde koeien (vergeten te merken, niet gemerkt, per ongeluk in de tank gemolken, niet gezien, te vroeg de melk in de tank, etc.). In een onderzoek naar oorzaken van antibioticaresiduen in tankmelk (Hogeveen et al, 2000) bleek dat in 38% van de gevallen, de veehouder een koe had behandeld voor mastitis en per ongeluk de melk in de tank had laten lopen, het melkstel niet goed gereinigd, melk in de tank laten lopen voordat de wachtermijn was verlopen, of de koe niet goed behandeld had.

2.3 Uitrusting

Het automatisch melksysteem neemt een aantal taken van de veehouder over waarbij de risico's verminderd kunnen worden. Daarnaast kunnen door het vastleggen van gegevens bepaalde processen eenvoudiger worden geborgd zodat ook controle beter is uit te voeren. Met name op het technische vlak liggen de verschillen tussen een bedrijfsvoering met een AM-systeem en een conventionele melkstal.

2.3.1 Constructie (melkmachine)

Technisch gezien is het grootste verschil tussen conventioneel melken in de melkstal en automatisch melken het geautomatiseerd reinigen van de spenen en het aansluiten van de tepelbekers. AM-systemen hebben naast sensoren die de werking van het systeem controleren en bewaken ook allerlei en sensoren om bijvoorbeeld melkgift, geleidbaarheid van de melk, kleur van de melk, activiteit van het dier, krachtvoeropname enzovoorts te meten. Ook het afnemen van het melkstel gebeurt volledig automatisch, met dit verschil dat in tegenstelling tot conventioneel melken er per kwartier afgenomen wordt. Doordat de techniek de koe volledig geautomatiseerd kan melken betekent de introductie een arbeidsverlichting voor de veehouder. Een directe meting in of aan de melk geeft mogelijkheden om ook hier direct op te reageren. Hierbij is het denkbaar dat melk van onjuiste kwaliteit wordt afgezonderd. De huidige methodieken bieden hiervoor wel mogelijkheden maar zijn niet betrouwbaar genoeg om op deze manier toe te passen (Rasmussen, 2004). Bijvoorbeeld een veelgebruikte sensor om te kunnen attenderen op mastitis is de geleidbaarheidsmeting. De output hiervan levert een aantal vals positieven op (dus onterecht aangemerkt als mastitis koe) maar ook vals negatieven (onterecht aangemerkt als gezonde koe). Om automatisch afwijkende melk te kunnen separeren, zijn verbeterde technieken noodzakelijk (Ouweltjes en De Koning, 2004). Een andere technische voorziening die bij AM-systemen relatief eenvoudig is te realiseren is het scheiden van melkstromen op basis van historische metingen, bijvoorbeeld het vetpercentage gemeten tijdens de melkcontrole. Er zou op deze manier een scheiding gemaakt kunnen worden tussen twee melkstromen en daarmee bijvoorbeeld melk met een hoog vetgehalte te scheiden van de melk met een laag vetgehalte. Voorwaarde is dat de afnemer behoefte heeft aan dergelijke melkstromen.

Bij een automatisch melksysteem zijn sensoren doorgaans noodzakelijk omdat ze de "ogen en handen van de melker" zijn, maar zijn ze ook economisch sneller interessant dan bij melken met een conventioneel melksysteem (Ouweltjes & De Koning, 2004). Met het AM-systeem worden relatief veel dieren op 1 melkunit gemolken en zo kunnen de investeringskosten van een sensor over meer kg melk worden uitgesmeerd. Met een automatisch melksysteem kunnen ongeveer 60-65 dieren driemaal daags gemolken worden. Bij dat aantal dieren en een conventionele melkstal (twaalfstands visgraat) zijn 12 sensoren nodig in plaats van de ene sensor in het AM-systeem.

Sensoren kunnen verschillende doelen dienen en in de toekomst zou het AM-systeem voorzien kunnen zijn van bijvoorbeeld de volgende sensoren (tabel 2):

Tabel 2 Overzicht van mogelijke sensoren in een AM-systeem

Toepassingsgebied	Sensor
Opsporen van mastitis	• Geleidbaarheid • Temperatuur • Lactose ¹⁾ • Celgetal ¹⁾
Prestatie individuele dier	• Melkgift • Vet/eiwit% ¹⁾ • Ureum ¹⁾ • Melkstroom • Progesteron ¹⁾
Afwijkende melk	• Kleur (bloed/biest) • Antibiotica ¹⁾
Reiniging	• Temperatuur • Geleidbaarheid • Spenen
Procesbewaking	• AM-systeem • Melktechniek • Koeltechniek • Kleppen

¹⁾ Wordt nog niet standaard toegepast in AM-systemen

2.3.2 Onderhoud (melkmachine)

Onderhoud aan het AM-systeem is vergelijkbaar met onderhoud aan een conventionele installatie. Wel is de frequentie van onderhoud verhoogd omdat er veel dieren op 1 melkunit gemolken worden (Wemmenhove & De Koning, 2001). Een afwijkende melkinstallatie kan grotere gevolgen hebben voor de dieren. Doorgaans hebben veehouders een contract voor controle eens in de 6 tot 8 weken in tegenstelling tot jaarlijks bij een conventionele installatie. Het onderhoud is belangrijk omdat de installatie in alle gevallen zal moeten blijven functioneren en de tijd dat het systeem stilstaat tot een minimum beperkt moet worden. Bij de controles worden de verschillende onderdelen van de installatie nagelopen. Voor een nauwkeurige werking van de sensoren zullen deze geijkt moeten worden. Sensoren zullen regelmatig (tijdens onderhoud) of zelfs continu (alarm) op hun werking gecontroleerd moeten worden.

De installatie moet tweemaal jaarlijks compleet worden doorgemeten door een gecertificeerde onderhoudsmonteur. Bij een conventionele installatie is dit jaarlijks.

2.3.3 Werking (melkmachine)

De controle van het melksysteem kan voor een deel automatisch worden uitgevoerd. Omdat het melken met een automatisch melksysteem 24 uur per dag plaatsvindt zal er continue melk in de installatie aanwezig zijn, dit maakt het handmatig controleren van processen ook lastiger. Bij het niet goed functioneren geeft het AM-systeem een alarmmelding aan de veehouder door. Dit zal afhankelijk van de aard van de alarmmelding plaats vinden via het management systeem (PC). Voor een aantal belangrijke meldingen zal de veehouder worden opgepiept, zoals een niet goed uitgevoerde reiniging. In de meeste gevallen is handmatig ingrijpen dan noodzakelijk om het systeem weer in werking te kunnen stellen.

2.3.4 Melkkoeling

De melk moet zowel bij conventioneel melken als bij automatisch melken binnen 3 uur gekoeld zijn naar 4° C. Dit betekent dat bij automatisch melken de melkkoeling aangepast moet worden. In een aantal gevallen wordt gekozen voor een buffertank. Hierin wordt de melk opgeslagen vanaf het moment dat de hoofdtank gelegeerd en gereinigd wordt. Het doel hiervan is tweeledig; enerzijds om te voorkomen dat het AM-systeem stilstaat omdat de hoofdtank niet beschikbaar is, anderzijds om te voorkomen dat de melk aanvriest in de hoofdtank. Als de opslagtank weer beschikbaar is, en de buffertank voldoende gevuld is, wordt de melk vanuit de buffertank naar de opslagtank overgepompt. Een punt van aandacht vormen de leidingen en kleppen bij deze oplossingen.

Enkele fabrikanten van tanks hebben een systeem op de markt gebracht, een zogeheten één-tank systeem. Hierbij wordt geen buffervat of buffertank gebruikt. Om te voorkomen dat het AM-systeem te lang stilstaat wordt een korte reiniging toegepast. Daarnaast is ook de koeling aangepast omdat de melk in relatief kleine hoeveelheden tegelijk de tank binnenkomt. Om tijdens de reiniging van de melkkoeltank toch door te kunnen melken, kan een buffervat geplaatst worden.

2.3.5 Reiniging

De opbouw van een AM-systeem verschilt qua reiniging niet veel van een conventionele installatie. Veel van de sensoren zullen in het melkvoerend gedeelte geplaatst worden en dienen daarom goed reinigbaar te zijn. De reiniging van het AM-systeem reinigt tot aan de tank, dus het complete circuit waar continue melk in staat wordt meegenomen. Een eventueel aanwezig buffervat wordt gelijktijdig meegenomen. De aanwezigheid van een buffervat of een buffertank betekent voor het reinigen dat er extra onderdelen in het reinigingsproces moeten worden meegenomen wat uiteraard ook risico's met zich meebrengt. De constructie van de melktransportleiding is complexer dan bij conventioneel melken omdat de melk automatisch via de leidingen naar de juiste plek moet worden getransporteerd. Dit houdt in dat de leidingen vaak langer zijn en dat er meer kleppen in het systeem aanwezig zijn. Ook deze zullen goed gereinigd moeten worden. Dit alles vraagt om een juiste constructie en aanleg en een optimalisatie van het reinigingsproces. De tankreiniging neemt het overige deel van het systeem voor zijn rekening. Hierin is weinig verschil met conventionele systemen. In het algemeen worden dezelfde opslagtanks gebruikt als in een conventionele installatie.

2.3.6 Stal en weide

Automatisch melken stelt weinig extra eisen aan de inrichting van de stal, met uitzondering van de koe routing. Omdat de dieren het gehele etmaal gemolken moeten kunnen worden, zal het AM-systeem op een voor de dieren logische plaats moeten staan. Vaak wordt een routing van melken, voeren en liggen toegepast; al dan niet met gedwongen koeverkeer. Naast het feit dat het AM-systeem gemakkelijk toegankelijk moet zijn voor de dieren, moet de ruimte waarin het AM-systeem aan hygiënische eisen voldoen en goed toegankelijk zijn voor personen. De ruimte moet goed schoon te houden zijn voor een goede hygiëne, dit verschilt niet wezenlijk van conventioneel melken. Bij AM-melken wordt ook beweiding toegepast, maar er wordt relatief meer gekozen voor volledig opstallen, met name vanuit het oogpunt van extra benodigde arbeid bij beweiding en de capaciteit van het AM-systeem. Beweiding vraagt wat overcapaciteit van het AM-systeem. Het percentage veehouders in Nederland dat automatisch beweiden combineert met weidegang, bedraagt circa 52% (Van der Vorst et al, 2003).

2.4 Methoden

2.4.1 Melken

Voorbehandelen

Het voorbehandelen gebeurt bij een AM-systeem automatisch. Bij een aantal merken gebeurt dit met een voorbehandelbeker, ook wordt wel een borstel gebruikt. De voorbehandelbeker kan een extra beker zijn die alleen voor het voorbehandelen wordt gebruikt, maar ook dezelfde beker die ook voor het melken gebruikt wordt. Hierbij wordt de speen eerst aangesloten en gespoeld met water en wordt dit samen met wat eerste stralen melk weggemolken. Ook bij toepassing van borstels zijn er twee systemen. Een veel gebruikt systeem is een systeem met twee roterende borstels die de speen schoon borstelen. Een andere methode is het toepassen van een zogenaamde voorbehandelbeker, die de speen met water en lucht reinigt. De huidige beschikbare systemen maken geen onderscheid in de mate van vervuiling van de spenen wat een melker wel zal doen. Een melker zal vuile uiers doorgaans intensiever behandelen. De technieken die bij automatische melken worden toegepast functioneren goed, maar liggen qua effectiviteit doorgaans iets beneden die van een goede melker (Knappstein et al, 2004). Theoretisch is er bij automatisch melken wat meer kans op vuil in de melk, maar cijfers geven aan dat hier geen verschillen gevonden worden (Knappstein et al, 2004, De Koning et al, 2004). Een belangrijke preventieve maatregel bij automatisch melken ligt in de box en stalhygiëne.

2.4.2 Melktechniek

Omdat bij het melken met een AM-systeem per dier gemolken wordt, geeft dit mogelijkheden om meer diergericht te gaan melken. Hierbij valt te denken aan het aanpassen van melktechnische instellingen afgestemd op het individuele dier. Een belangrijk verschil is het melken per kwartier, waardoor de belasting van de spenen zal

afnemen. Naar de toekomst toe kan ook gedacht worden aan andere instellingen per dier zoals bijvoorbeeld pulsatie en vacuümniveau waarbij het individuele dier het beste zijn melk afgeeft.

2.4.3 Preventie

Automatische melksystemen zijn uitgerust met een heel scala aan sensoren (tabel 2). De meeste AM-systeemen zijn standaard uitgerust met melkmeting, geleidbaarheidsmeting eventueel gecombineerd met temperatuur. Ook veel toegepast is kleurmeting en soms wordt ook wel activiteitsmeting gebruikt. Omdat de veehouder met het AM-systeem tijdens het melken niet meer direct een visuele waarneming kan doen wordt hij voor signalering van afwijkingen voor het grootste deel afhankelijk van deze attenties (Ouweltjes & De Koning, 2004). Een mogelijk nadeel is dat hij deze afwijkingen pas kan zien als de melking al heeft plaatsgevonden, maar het geheel aan waarnemingen biedt hem grote mogelijkheden waar het gaat om het toepassen van preventieve maatregelen.

2.4.4 Reiniging

Zoals gezegd, is het reinigingsprincipe bij een AM-systeem vergelijkbaar met conventioneel melken. Om de systeemcapaciteit te optimaliseren is door een aantal merken gekozen voor hittereiniging in verband met de korte reinigingstijd. Bij conventionele melksystemen wordt in het algemeen voor een circulatiereiniging van de melkinstallatie gekozen. Uiteindelijk zorgen beide systemen voor een goede reiniging van de installatie. Een risico bij het gebruik van een buffertank is het leeg staan van de tank. Omdat de tank alleen nodig is wanneer de opslagtank geleegd en gereinigd en geleegd is de buffertank meestal slechts voor een halve tot een hele dag in gebruik. Daarna wordt deze weer gereinigd en blijft de buffertank leeg staan. In deze periode wordt er niet gekoeld, en kunnen zich eventueel bacteriën ontwikkelen. Een aantal veehouders neemt geen risico en zorgt dat de buffertank nogmaals een reiniging uitvoert voordat deze weer gevuld wordt. In alle gevallen zal de veehouder de tank(s) regelmatig moeten controleren op een goede reiniging, evenals bij conventioneel melken.

2.4.5 Behandelen

Een mastitiskoe zal meestal behandeld moeten worden. Bij AM-melken is het belangrijk in welke volgorde de handelingen verricht worden. Eerst zal het dier moeten worden ingevoerd in het management systeem om aan te geven dat de melk gesepareerd moet worden. Dit om te voorkomen dat de melk toch in de tank terechtkomt als het dier direct na de behandeling gemolken wordt. Is het dier eenmaal ingevoerd in het systeem, dan is de kans dat de melk toch in de tank terechtkomt vrijwel nihil.

Registratie van gebruik van diergeneesmiddelen is een verplicht onderdeel in bijvoorbeeld KKM. In het management systeem kan worden aangegeven van welke dieren de melk apart gehouden of in een afvoerleiding gedumpt moeten worden. In een aantal gevallen is in dit managementsysteem ook aan te geven welke middelen gebruikt zijn en welke wachttijden er in acht genomen moeten worden.

Afwijkende melk zal moeten worden gesepareerd en afgevoerd. In de melkstal zal dit handmatig moeten gebeuren door de veehouder. Bij het melken in een melkstal zijn allerlei vormen van koeherkenning van behandelde dieren mogelijk zoals pootbandjes, kleuren op de uier of poot, whiteboards met koenummer/halsbandnummer tot technologische oplossingen zoals bij het AM-systeem.

De praktijk leert dat door verlies van, niet gezien, etc. de kans op het maken van een fout hoger is dan bij een AM-systeem. Bij een AM-systeem is dit proces volledig geautomatiseerd. Cruciaal is dat de behandelde dieren ingevoerd zijn in het managementsysteem. Als dit goed is gedaan, kan er verder in dit proces weinig fout gaan omdat het AM-systeem elke keer op dezelfde wijze zal handelen.

2.4.6 Stalhygiëne

Om een goede kwaliteit melk te kunnen leveren is het belangrijk dat de stal schoon is. Dit geldt voor zowel een conventionele installatie als bij een AM-systeem. Bij AM-melken is een goede stalhygiëne echter nog belangrijker. Omdat de robot niet visueel controleert op de vuilheid van de spenen, moeten de spenen dus voor het melken zo schoon mogelijk zijn. De robot is dan in staat om het restvuil te verwijderen.

3 Bewerking op de boerderij

3.1 Technologie

Het onttrekken van water uit melk vindt reeds plaats bij de melkverwerkende fabrieken. Concentratietechnieken worden daar op grote schaal toegepast. Veelal is hier sprake van het opwerken van de melk tot poederproducten. Het vermijden van het transport is hierbij over het algemeen geen doelstelling. De meest toegepaste technieken om water te verwijderen uit melk zijn indampstorens en droogstorens. Dit zijn over het algemeen grote industriële installaties met een relatief groot energieverbruik. De waterhoeveelheid die uit rauwe melk bij de melkveehouder moet worden verwijderd is te klein voor toepassing van de indampstechniek op de boerderij. Een andere technologie die kan worden toegepast om water uit melk te verwijderen is omgekeerde osmose.

Bij omgekeerde osmose (RO = reverse osmosis) worden vloeistof en vaste stof gescheiden door een semi-permeabel membraan. Er wordt met zodanig dichte membranen gewerkt dat alleen water wordt doorgelaten (permeaat). RO wordt thans in Nederland bij een beperkt aantal kaasfabrieken toegepast voor het indikken van wei. RO kan ook worden gebruikt voor het concentreren van rauwe melk. Rauwe melk heeft een droge stofgehalte van 12,5%. Met RO kan melk ca. 2 keer worden geconcentreerd tot een droge stof gehalte van 25%. Bij hogere droge stofgehalten gaat de permeaatflux sterk naar beneden. Vanwege de aard van het proces is bij RO energie in de vorm van elektriciteit nodig (pompen). Een RO installatie zal ten minste bestaan uit een hoge drukpomp en één of meer membraanmodules. De hoge drukpomp is benodigd om een druk hoger dan de osmotische druk te creëren. Veelal wordt ook een circulatiepomp toegepast om vervuiling van het membraan te verminderen. Door de vloeistofcirculatie langs het membraan wordt concentratiepolarisatie en gellaagvorming verminderd.

Voor het concentreren van rauwe melk kan ook gekozen worden voor een proces waarbij gebruik gemaakt wordt van ultrafiltratie (UF) in combinatie met RO. Bij UF worden membranen gebruikt die meer open zijn dan RO membranen. Grotere componenten zoals eiwitten en vetten worden tegengehouden door het UF membraan en kleinere componenten (suikers, zouten, water) gaan door het membraan. Door eerst UF toe te passen kunnen eerst eiwitten en vetten worden afgescheiden uit de melk. Uit het UF-permeaat kan vervolgens het water worden verwijderd door middel van RO. Het UF-concentraat en RO-concentraat moeten weer worden samengevoegd om tot melk met een concentratiefactor 2 te komen. Een voordeel van dit proces is dat er minder vet- en eiwitbeschadigingen optreden in de melk, doordat het UF proces bij lagere drukken kan worden uitgevoerd. Er zijn echter ook goede resultaten gevonden met RO alleen.

Voor het verwijderen van water uit melk voor aflevering bij de melkverwerker zal gekozen moeten worden voor een kleinschalig proces dat eenvoudig te bedienen, onderhouden en te reinigen is en een gering energieverbruik heeft. In tabel 3 zijn een aantal voor- en nadelen vermeld van de te gebruiken technologieën. Op basis van de eerder genoemde criteria is omgekeerde osmose de meest geschikte techniek.

Tabel 3 Voor- en nadelen van technologieën voor waterverwijdering uit melk op de boerderij

	Voordelen	Nadelen
Indampen	Drogestofgehalte van ca 38% haalbaar	Installatie te groot Hoger energieverbruik Thermische belasting product
RO	Kleinschalig proces	Kans op vet en eiwitbeschadiging
UF+RO	Minder kans op vet en eiwitbeschadiging dan RO alleen RO module kan kleiner worden uitgevoerd	Standaardisatie van product noodzakelijk Procesinstallatie meer complex

3.2 Moment van concentreren

Om het transport van water uit melk te verminderen kan water op aantal momenten worden verwijderd voordat het wordt afgeleverd bij de melkverwerker. Het onttrekken van water kan plaatsvinden in de volgende schakels van de keten:

- a) Bij de melkveehouder direct vanaf de koe voor koeling;
- b) Bij de melkveehouder na koeling;
- c) Bij het overpompen in de tankwag en;
- d) Op een centraal punt (melk van meer dan 1 veehouder);

Hieronder wordt kort de voor- en nadelen van de diverse momenten van concentreren behandeld.

- a) De grootste besparing zowel in transport als in energie wordt bewerkstelligd door de rauwe melk uit de koe direct te concentreren alvorens de melk te koelen. De melkveehouder dient hierbij zelf de beschikking te hebben over een RO-installatie (RO = reverse osmosis). Een bijkomend voordeel is dat er minder koelcapaciteit nodig is omdat alleen de geconcentreerde melk hoeft te worden gekoeld. Een ander voordeel van het concentreren bij hogere temperatuur is de hogere flux die kan worden bereikt tijdens het RO proces. Aandacht moet echter worden gegeven aan de bacteriologische kwaliteit van de melk omdat de melk langere tijd op hogere temperatuur wordt verwerkt en bewaard. Het water dat met omgekeerde osmose uit de melk gehaald wordt, kan als reinigingswater voor de apparatuur worden gebruikt. Als dit water niet direct wordt gebruikt, dient het wel te worden 'geconserveerd' aangezien er nog een laag gehalte aan voedingsstoffen in het water aanwezig kan zijn.
- b) Een andere mogelijkheid is om de melk eerst te koelen en hierna te concentreren. Mogelijk is de bacteriologische kwaliteit van de melk hierbij beter. Een ander voordeel is dat bij lagere temperaturen minder vetbeschadiging zal optreden. Nadelen zijn echter de lagere fluxen die optreden bij het RO-proces bij lagere temperatuur waardoor meer membraanoppervlak en pompcapaciteit benodigd is. Ook wordt de vermindering in benodigde koelcapaciteit gedeeltelijk tenietgedaan aangezien alle melk eerst dient te worden gekoeld voordat verdere verwerking plaatsvindt.
- c) Een ander moment van het concentreren van melk is wanneer de rauwe melk uit de boerderijmelktank wordt overgepompt naar de tankwag en. In dit geval zijn de benodigde capaciteiten van de installatie hoger. De concentratie-installatie kan bijvoorbeeld op de tankwag en worden geïnstalleerd. Voordeel van deze maatregel is dan dat de capaciteit en bedrijfstijd van de concentratie-installatie hoger ligt dan in het geval van een concentratie-installatie bij de melkveehouder. De technisch haalbare snelheid van het concentreren is met een RO-proces op de tankwag en echter te laag om dit uit te voeren binnen de normale overpomptijd.
- d) Tot slot bestaat de mogelijkheid om op een centraal punt de rauwe melk te verzamelen. In dit tussenverwerkingsstation kan de melk met grotere capaciteiten en bedrijfstijden worden ingedikt. In de Nederlandse situatie is deze oplossing niet zinvol, omdat hiervoor met de melk twee maal transport nodig is en het aantal transportkilometers hierdoor eerder toe zal nemen.

3.3 Huidige toepassingen

In Nederland is het concentreren van rauwe melk op de boerderij nog niet geïntroduceerd. In de Verenigde Staten echter, zijn sinds 1996 een aantal UF/RO systemen in gebruik genomen voor het concentreren van melk op de boerderij. De technologie is hier ontwikkeld en gepatenteerd door Membrane System Specialists Inc., Wisconsin Rapids, WI. De systemen zijn ontworpen voor boerderijen met 4000 tot 20.000 koeien. De kosten voor dergelijke systemen bedragen ca. 2,5 tot 5 miljoen US\$ afhankelijk van de grootte. Hierbij wordt gebruik gemaakt van systemen zonder recirculatie bij een temperatuur < 4,5 °C (Mermelstein, 2002). Een positieve impuls voor het concentreren op de boerderij vormen de grote transportafstanden en de bedrijfsgrootte.

3.4 Verwerking van geconcentreerde melk

Rauwe melk dient bij de melkverwerker als grondstof voor een groot aantal zuivelproducten. Van belang is dat met de geconcentreerde melk deze producten ook kunnen worden bereid. Het liefst zonder al te ingrijpende aanpassingen van de huidige verwerkingsprocessen. Smaak, textuur en stabiliteit dienen natuurlijk niet negatief te

worden beïnvloed evenals de houdbaarheid. Niet alleen de geschiktheid van de geconcentreerde melk is van belang maar ook de warenwettelijke aspecten. Goudse kaas bijvoorbeeld, dient te worden bereid uit melk waaraan geen bestanddelen zijn toegevoegd of onttrokken. Een aantal zuivelproducten zal kort worden beschouwd.

3.4.1 Consumptiemelk

Indien uit rauwe melk water wordt onttrokken zal dit later moeten worden toegevoegd om het gewenste eindproduct te krijgen. Voor de verwerking van geconcentreerde melk tot consumptiemelk is het mogelijk de melk in de fabriek tot de oorspronkelijke samenstelling te verdunnen of dit bij de consument te doen. Het voordeel van het verdunnen van de melk bij de consument is dat hierbij aanzienlijk bespaard kan worden op transport- en koelkosten. Een groot bezwaar ligt echter in de acceptatie van de consument. Melk is een natuurproduct waarvan de consument wellicht verwacht dat het in pure vorm wordt gedronken. Het aanlengen van een melkconcentraat met water draagt waarschijnlijk niet bij aan het gezonde imago van melk. Voordeel voor de consument kan zijn dat hij zelf minder melk hoeft te transporteren en meer ruimte in de koelkast overhoudt.

3.4.2 Yoghurt

Voor de bereiding van yoghurt zal de geconcentreerde melk voor de bereiding eerst moeten worden verdund. Ditzelfde geldt voor vla. Yoghurt bereid uit RO-concentraat werd door panelleden organoleptisch beter beoordeeld dan traditioneel bereide yoghurt en bleek bovendien minder synerese te geven (Dixon, 1985).

3.4.3 IJs

Bij de traditionele bereiding van ijs wordt onder andere uitgegaan van room, magere melkpoeder en ondermelk. Deze drie ingrediënten kunnen worden vervangen door geconcentreerde melk. Standarisatie is dan echter nog wel nodig. Smaak en textuur van het uit RO-concentraat bereide ijs werd nagenoeg gelijk beoordeeld vergeleken met traditioneel bereid ijs (Glover, 1978). Het uit RO-concentraat bereide ijs werd soms zelfs beter beoordeeld vanwege de afwezigheid van een kooksmaak.

3.4.4 Geëvaporeerde melk en melkpoeder

Bij de bereiding van geëvaporeerde melk en melkpoeder is het onttrekken van water uit melk onderdeel van het proces. Doordat de melk in geconcentreerde vorm wordt aangeleverd, hoeft er in de fabriek veel minder water verwijderd te worden. De geconcentreerde melk, die geleverd wordt aan de fabriek, kan goed tot geëvaporeerde melk en melkpoeder worden verwerkt. Dit kan worden uitgevoerd met de bestaande indampers en drogers met enige aanpassingen in het productieproces.

3.4.5 Boter

Het verwerken van geconcentreerde melk tot traditionele boter levert technisch geen problemen op. De opromingsscherpte is zelfs iets beter dan bij rauwe melk (Kloet, 1980), er treedt minder vochtverlies op. Concentraat-boter heeft een twee maal zo hoog vetvrije droge-stofgehalte. Het vetvrije droge-stofgehalte van de boter uit geconcentreerde melk ligt boven het wettelijk toegestane gehalte van 2%. Om toch tot een droge-stofgehalte van 2% te komen is uitwassen een mogelijkheid. Hierbij treedt echter verlies op van waardevolle melkbestanddelen. De room van geconcentreerde melk heeft een hoger gehalte aan bufferende eiwitten en heeft ondanks de hogere zuurtegraad (twee maal zoveel melkzuur) toch een hogere pH. Deze hogere zuurtegraad wordt als negatief beoordeeld (Kloet, 1980). Het extra aroma, dat ontstaat ten gevolge van meer diacetyl productie, wordt echter positief beoordeeld. Uit keuringsuitslagen blijkt dat zowel boter uit dunne melk als uit geconcentreerde melk goed wordt beoordeeld. Er zijn echter wel smaakverschillen waardoor de kans groot is dat de consument de traditionele smaak blijft prefereren.

3.4.6 Kaas

Zoals al eerder opgemerkt is mag volgens de huidige wetgeving geen Goudse kaas bereid worden uit geconcentreerde melk. Uit onderzoek uitgevoerd bij NIZO food research is gebleken dat een goede kwaliteit Goudse kaas bereid kan worden uit kaasmelk met een concentratiefactor 1,6. Bij de bereiding van kaas uit deze geconcentreerde melk kan de overvloedige lactose op twee manieren worden verwijderd. Het is mogelijk om de lactose met veel waswater te verwijderen. Ook is het mogelijk om de lactose door middel van ultrafiltratie te

verwijderen. Het bereidingsproces dient op een aantal punten te worden aangepast. Verder is bij Cheddar bereiding gerapporteerd dat door het insluiten van wei-eiwitten een iets hogere kaasopbrengst kan worden verkregen (Barbano, 1985).

3.5 Scheiding van melk op eiwitgehalte

Mogelijk is ook scheiding van melkstromen op de boerderij een interessante optie. In het verleden zijn berekeningen uitgevoerd naar de haalbaarheid van het scheiden van melk op het bedrijf op basis van eiwitgehalte (Mandersloot et al, 1991). Scheiding zou kunnen gebeuren op basis van historische gegevens, bijvoorbeeld melkcontrole, maar in de nabije toekomst mogelijk ook op basis van on-line metingen. Melk met een hoog eiwitgehalte zou apart opgeslagen kunnen worden van de melk met een lager eiwitgehalte. Uit analyse van gegevens bleek dat gemiddeld over het jaar de hoog eiwit groep op elk bedrijf 0,5% meer eiwit per kg melk produceerde dan de laag eiwit groep (Mandersloot et al, 1991). 40% van alle melk lag in de hoog eiwit groep en 60% in de laageiwit groep.

Het gescheiden ophalen van de melk brengt ook kosten met zich mee. Er zal een apart circuit voor de verschillende melkstromen moeten zijn en ook aparte opslag. Daarnaast zal deze melk apart door de melkfabriek opgehaald en afgerekend moeten worden. De meerwaarde van de melk (hoger eiwitgehalte) zal zich terug moeten verdienen in meeropbrengsten. Wanneer deze meeropbrengst gekort wordt op de opbrengst van de melk met een laag eiwitgehalte zal het per saldo niet veel opleveren.

Uit de berekeningen bleek dat scheiding met name voor de grotere bedrijven (meer dan 600.000 kg melk) interessant zou kunnen zijn omdat dan de kosten terugverdiend kunnen worden. Bij deze berekeningen is uitgegaan van een conventioneel melksysteem. Bij een automatisch melksysteem zal het eerder rendabel zijn omdat met relatief weinig aanpassingen de melk naar een tweede tank getransporteerd kan worden. De meerkosten zitten dan in de aanschaf van een tweede tank, kleppen voor scheiden van melk en een extra transportleiding.

4 Kansen voor automatisch melken

4.1 Kwaliteitsborging

Voor de vier verschillende categorieën van het 'visgraat'-model is een risicoanalyse opgesteld voor beide melksystemen. De risicoanalyse zelf bestaat uit het identificeren van het gevaar en het aangeven van de Kans op en de Ernst van het betreffende gevaar. Beide waarden kunnen gewaardeerd worden met 1 tot 3, waarbij 3 staat voor de hoogste Kans of Ernst.

De Kans maal de Ernst geeft aan hoe groot een bepaald Risico voor het desbetreffende melksysteem is. Daarnaast staat onder de beheersmaatregelen kort aangegeven welke beheersmaatregelen en motivatie mogelijk zijn om de genoemde gevaren zoveel mogelijk uit te bannen.

Tabel 4 Verschillen in productveiligheid bij conventioneel en automatisch melken

Risicopunten	Product veiligheid bij melkstal			Product veiligheid bij AM-systeem			Toelichting / beheersmaatregel Conventioneel systeem	Toelichting / Beheersmaatregel AM-systeem
	K	E	R	K	E	R		
Cat. Mens Werkbelasting (lichamelijk)	2	2	4	1	2	2	Door vele fysieke handelingen tijdens het melken en tijdsdruk ontstaat hoge belasting. Aandacht voor goede werkhouding/apparatuur nodig.	Controlerende taak/ goed organiseren en plannen van werkzaamheden. Levert sterke fysieke arbeidsverlichting op
Menselijk handelen	2	3	6	1	3	3	Tijdens het melken kunnen er door vele handelingen altijd fouten ontstaan.	Weinig tot geen handelingen meer door de mens en hierdoor ook geen kans op fouten
Cat. Methoden Controle dier (wel/niet behandelt dier)	2	3	6	1	3	3	Pootbandjes, merkstiften, noteren van koenummer, technologische oplossing etc. Hiermee kan de veehouder behandelde dieren herkennen.	Invoeren van diergegevens is essentieel; door elektronische koeherkenning kans vrijwel 100% herkenning behandelde dieren.
Controle attentielijsten	1	2	2	1	2	2	Niet noodzakelijk voor het opsporen van afwijkingen	Noodzakelijk voor het opsporen van afwijkingen.
Voorbehandelen	1	2	2	1	2	2	Door visuele controle kan indien nodig extra voorbehandeling plaatsvinden	Geen visuele controle en hierdoor geen extra voorbehandeling, beheersen door goed schoonhouden stal
Melken	2	1	2	1	1	1	Toepassing melktechniek afhankelijk melker	Melkproces altijd op een zelfde wijze
Preventie/ opsporen afwijkende melk	1	2	2	1	2	2	Door toepassing van voor-melken en/of technologische oplossingen kunnen afwijkingen worden opgespoord.	Door toepassing van sensoren kunnen afwijkingen in de melk opgespoord worden. Moet door melker bevestigd worden
Cat. Uitrusting Onderhoud melkapparatuur	1	2	2	1	2	2	Goed onderhoud geeft goede werking aan de installatie	Goed onderhoud geeft goede werking aan de installatie, hogere onderhoudsfrequentie.
Detectie afwijkende melk	1	2	2	1	2	2	Als hulpmiddel soms aanwezig, doorgaans visueel te beoordelen	Moet goed functioneren om veehouder te helpen afwijkende melk op te sporen
Cat. Middelen							Geen verschil tussen beide systemen	Geen verschil tussen beide systemen

Wanneer beide melksystemen vergeleken worden, vallen enkele verschillen op. Ten eerste heeft een automatisch melksysteem een compleet geautomatiseerd melksysteem waardoor de kans op het maken van menselijke fouten vrijwel nihil is. Wel moeten de gegevens vooraf in de computer gezet worden voordat bijv. een koe behandeld gaat worden. Dit om te voorkomen dat de behandelde koe rechtstreeks richting de melkrobot gaat en

de melk gewoon in de melktank gemolken wordt. Ten tweede zorgen sensoren voor een snelle opsporing van afwijkingen in de melk. Soms is er visueel geen afwijking aan de melk te zien terwijl er wel een (sub)-klinische mastitis aanwezig is. Door zorgvuldig de attentielijsten te bestuderen kunnen afwijkingen in een vroeg stadium opgespoord worden door de melkveehouder. Als nadelen komt als eerste naar voren dat er geen visuele controle meer is bij het melken waardoor een mastitisgeval niet direct opgemerkt wordt en ten tweede het gevaar van het niet tijdig invoeren van behandelingen.

In het algemeen is de kwaliteit van melk bij automatisch melken gelijk aan die bij conventioneel melken. Vanuit kwaliteitsborging bezien, heeft een automatisch melksysteem zeker perspectieven. De melk is van goede kwaliteit en door een goede kwaliteitsborging door middel van automatisering worden de meeste menselijke handelingsfouten uitgesloten.

Samenvattend kan er geconcludeerd worden dat de risico's onder de categorieën Mens en Methode beter beheerst worden bij een AM-systeem en dat de risico's bij de categorieën Uitrusting en Middelen vrijwel gelijk zijn. AM-systemen opereren 24 uur per dag en frequent preventief onderhoud is noodzakelijk.

4.2 Bewerking op de boerderij en economie

De grootste transportwinst en energiebesparing kunnen worden behaald door het concentratieproces bij de melkveehouder te laten plaats vinden. Rauwe melk (uit de koe) wordt dan geconcentreerd alvorens de melk wordt gekoeld. De meest geschikte techniek hiervoor is omgekeerde osmose (RO).

Om de economische haalbaarheid van het gebruik van RO op de boerderij voor het concentreren van melk in Nederland in te schatten is een globale berekening opgesteld. De financiële besparing is berekend voor een gemiddeld melkveebedrijf met een melkproductie van 500 ton melk per jaar (70 koeien, gemiddelde melkgift 7,187 kg/koe/jaar, PZ 2002). Bij een concentratiefactor van 2 is de afname van de hoeveelheid te verwerken rauwe melk 250 ton per jaar. Melk wordt op de meeste melkveebedrijven 3 maal per week getransporteerd naar de fabriek. Eén RMO-wagen levert per dag (ca. 16 uur) 5 keer 16 ton af bij de melkverwerker. Voor de loonkosten van de chauffeurs is 30 €/uur gerekend. Voor afschrijving/onderhoud van een RMO vrachtwagen is 300.000€ over een periode van 10 jaar aangehouden. Voor brandstofkosten is uitgegaan van 3,94 km/ton melk, een verbruik van 1 op 2,5 en een dieselprijs van 0,60€. Voor energieverbruik, ontwatering en verminderde koelkosten is gebruik gemaakt van gegevens van KWA Bedrijfsadviseurs (Oldenhof, 2002). Voor energie is een kostprijs van 0,125 €/kWh aangehouden.

Tabel 5 Besparingen per jaar voor een gemiddeld melkveebedrijf met 500 ton melk

Onderdeel	Besparing per ton geconcentreerde melk	Besparing €/jaar
Besparing koeling rauwe melk	10kWh	312,50
Besparing transport rauwe melk		
loonkosten	6€	
afschrijving	1€	1990
brandstof	0,96€	
totaal	7,96€	
Totaal		2302,50

De besparing van ruim 2300 €/jaar per melkveebedrijf is indicatief, niet alle besparingen in de zuivelketen zijn meegenomen zoals bijvoorbeeld de waterbesparing op de boerderij, kleinere opslagtank, maar ook besparingen bij de melkverwerking. Voor het ontwateren moet rekening gehouden worden met een extra energieverbruik van 2 kWh per ton geconcentreerde melk, de energiekosten per jaar bedragen 62,50 €/jaar. De investering voor de melkveehouder zal bestaan uit een omgekeerde osmose installatie. Deze wordt globaal geschat op 70.000€. De investering zal bestaan uit membraan, behuizing, pompen, leidingen en instrumentatie. De installatie dient CIP reinigbaar te zijn. De terugverdientijd is in dit geval >30 jaar. Slack et al. (1982) heeft voor de Amerikaanse situatie berekend dat concentreren op de boerderij economisch haalbaar kan zijn voor melkveebedrijven met meer dan 100 koeien.

4.2.1 Kansen concentreren op de boerderij

In tabel 6 zijn een aantal argumenten pro en contra weergegeven voor het onttrekken van water bij de veehouder middels RO. Zoals eerder vermeld wordt membraanfiltratie op de boerderij nog niet toegepast bij de Nederlandse melkveehouder. Een belangrijke reden hiervoor is dat de Nederlandse situatie een vrij lange terugverdientijd van de apparatuur tot gevolg heeft. Dit komt doordat de transportafstanden in Nederland nog steeds beperkt zijn, de melkveebedrijven relatief klein zijn en de aanschafkosten van de benodigde apparatuur vrij hoog zijn. Ook speelt de houding van de zuivelfabrieken een rol. Melkverwerkers zullen niet zeer positief staan tegenover introductie van concentreren van melk op de boerderij. Veelal zullen aanzienlijke veranderingen moeten worden aangebracht in de huidige processen om goede producten te maken uit geconcentreerde melk en blijft er enige onzekerheid bestaan t.a.v. productkwaliteit. Ook is het voor de melkverwerker nadelig om op dezelfde locatie stromen geconcentreerde melk en niet geconcentreerde melk te verwerken.

Tabel 6 Kansen en bedreigingen voor de betrokken partijen bij concentreren op de boerderij

Betrokken partij	Argumenten pro	Argumenten contra
Veehouder	- Minder opslagcapaciteit nodig - Vrijkomend water kan voor reiniging worden gebruikt - Energiebesparing op koeling rauwe melk	- Investering RO installatie - Bediening en onderhoud RO-installatie - Kwaliteit moet blijven voldoen, melk wordt langer opgeslaan voor verwerking - Extra energieverbruik - Verbruik van chemicaliën (zuur + loog)
Melktransporteurs Zuivelfabrieken	- Volumestroom neemt af - Kosten voor melktransport nemen af - Energiebesparing concentrering in fabriek	- Minder opbrengst (afrekening op kilometers) - Verwerkingsprocessen technisch nog niet geschikt om geconcentreerde melk te verwerken - Geconcentreerde melk is niet voor alle producten geschikt - Flexibiliteit nodig: verwerking geconcentreerde melk en niet geconcentreerde melk - Capaciteitsvernietiging, minder melk te verwerken - Voorbehandelen geconcentreerde melk noodzakelijk bij kaasbereiding - Fysische verandering melk (vetbolletjes) door hoge druk en daardoor chemische verandering melk - Volgens de huidige wetgeving mag melk die gefiltreerd is geen melk meer heten - Procédés voor beschermde kaassoorten (o.a. Goudse en Edam) liggen wettelijk vast - Risico's microbiële kwaliteit

4.2.2 Automatisch melken en concentreren van melk

Door de toenemende schaalvergroting en gebruik te maken van automatisch melken op de boerderij treden een aantal ontwikkelingen op die voordelig kunnen zijn voor de introductie van het concentreren op de boerderij. Te noemen zijn:

- hogere automatiseringsgraad
- gespreid melken
- aanwezigheid reinigingsinstallatie

Een belangrijke onderdeel in de kosten voor de aanschaf van een RO installatie op de boerderij vormt de benodigde procesautomatisering voor de RO installatie. Door de procesautomatisering te integreren in de procesbesturing van de automatische melkinstallatie kunnen deze kosten aanzienlijk worden gereduceerd. Tevens zal de melkveehouder door deze verder gaande professionalisering meer gewend zijn om te werken met dergelijke verwerkingsapparatuur.

Het gebruik van een automatisch melksysteem geeft een meer continue aanvoer van rauwe melk op de boerderij. In tegenstelling tot de conventionele melktechniek waarmee in twee melkbeurten met een capaciteit van ca. 1000-2000 l/h wordt gemolken is de melkstroom bij automatisch melken veel kleiner (tot 200 l/h). Door deze

continue aanvoer van een kleinere melkstroom kan worden volstaan worden met een kleinere RO installatie, mogelijk geïntegreerd in het automatische melksysteem. De RO installatie kan worden uitgevoerd met kleinere membraanmodules met minder membraanoppervlak en een kleinere hoge druk pomp. Ook dit zal de kosten voor een installatie verminderen. Een in het automatisch melksysteem geïntegreerde RO installatie is een nog niet bestaand verwerkingsproces, dit zal eerst nog moeten worden ontwikkeld en beproefd voor het in de praktijk kan worden toegepast.

Voor het reinigen van de RO installatie kan mogelijk gebruik gemaakt worden van de reinigingsinstallatie die gebruikt wordt voor het reinigen van het automatische melksysteem. Ook dit levert besparingen op in de aanschaf van de RO installatie aangezien er niet een separate reinigingsset hoeft te worden aangeschaft.

Schaalvergroting kan een belangrijke bijdrage leveren aan een economisch rendabel concentratieproces. Globaal gesproken kan worden gesteld dat bij een melkveebedrijf met een tweemaal zo groot aantal koeien de terugverdientijd kan worden gehalveerd.

Alle bovengenoemde aspecten zijn gunstig voor de economische haalbaarheid van het concentreren van melk op de boerderij. Nog onderzocht zou kunnen worden wat de kosten zijn voor een RO installatie die geïntegreerd is met een automatische melksysteem en de invloed hiervan op de terugverdientijd. Veel hangt hierbij echter af van het verwacht aantal te plaatsen installaties aangezien de prijs van een installatie aanzienlijk gereduceerd zal kunnen worden in geval van 'massaproductie'.

5 Conclusies en praktische relevantie

Conclusies

- Het gebruik van automatisch melken biedt kansen op het gebied van kwaliteitsborging. Risico's die er zijn bij conventioneel melken worden voor een deel overgenomen door betrouwbare geautomatiseerde acties.
- Acties die geborgd moeten worden, kunnen met een automatisch melksysteem eenvoudig automatisch geregistreerd en gecontroleerd worden.
- Sensoren bieden in de toekomst mogelijkheden voor een gedegen objectieve beoordeling van de melk. Dit biedt perspectief in het voorkomen van ongewenste melk en anderzijds kansen voor het scheiden van melkstromen.
- Vanuit economisch perspectief zijn sensoren eerder rendabel bij automatisch melken omdat de kosten over meer kg melk verdeeld kunnen worden.
- Scheiding van melkstromen is bij automatisch melken eenvoudiger te realiseren dan bij conventionele melksystemen.
- Bij RO (reverse osmosis) filtratie nemen de kosten voor melktransport af. Maar de beperkte transportafstanden in Nederland, de relatief kleine melkveebedrijven en de vrij hoge aanschafkosten van de benodigde apparatuur, leiden er toe dat membraanfiltratie op de boerderij een lange terugverdientijd kent.
- Bij automatisch melken is door hogere automatiseringsgraad, gespreid melken, aanwezigheid reinigingsinstallatie en in combinatie met een schaalvergroting het concentreren op de boerderij voordeliger dan bij een conventioneel melksysteem.
- De marktkansen en mogelijkheden van scheiding van melkstromen en concentratie van melk op de boerderij worden naast wettelijke aspecten ook bepaald door de melkverwerkers.

Praktische relevantie

Het concentreren van melk op de boerderij is momenteel niet toegestaan in Europa en ligt door de complexiteit van benodigde apparatuur en bijkomende kosten wellicht ook niet direct voor de hand, hoewel er zeer zeker kostenbesparingen zijn te realiseren. Automatisch melken heeft een hoge automatiseringsgraad en technieken om melk te concentreren zijn relatief eenvoudig toe te voegen. Het zal echter sterk afhangen van de verwerkende industrie of een dergelijke techniek in Nederland toegepast kan gaan worden.

Kwaliteitszorg is niet meer weg te denken in de Nederlandse melkveehouderij. Uit de uitgevoerde risicoanalyse blijkt dat een automatische melksysteem op enkele onderdelen als Mens en Methoden beter scoort dan een conventioneel systeem. Het gedeeltelijk uitschakelen van de factor Mens leidt op onderdelen tot minder risico's ten aanzien van Productveiligheid. Een goed voorbeeld daarbij is antibiotica residuen in melk. In een conventioneel melksysteem worden behandelde dieren vaak gemerkt met behulp van een pootbandje, markeerstift enzovoorts. Vervolgens moet elk melkmaal gecontroleerd worden op dat merkteken om de melk apart te houden. De kans op fouten is reëel aanwezig. Vanuit kwaliteitsborging bezien, heeft een automatisch melksysteem zeker perspectieven. De melk is van goede kwaliteit en door een goede kwaliteitsborging door middel van automatisering kunnen de meeste menselijke handelingsfouten uitgesloten worden.

Literatuur

- Barbano, D.M. en Bynum, D.G. Whole milk reverse osmosis retentates for Cheddar cheese manufacture: chemical changes during aging. *Journal of Dairy Science*, 68 (1) 1-10.
- Dixon, B.D. Dairy products prepared from reverse osmosis concentrate; market milk products, butter, skim milk powder and yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology*. vol. 40, 1985 (3), 91-95.
- De Koning K., J. Rodenburg, 2004. Automatic Milking, State of the art in Europe and North America. In: *Proceedings of the International Symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, pp 27-40
- De Koning K., B.A. Slaghuis, Y. van der Vorst, 2004, Milk Quality on Farms with an Automatic Milking System, In: *Proceedings of the International Symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, pp 311-320
- Glover, F.A. Ultrafiltration and reverse osmosis for the dairy industry, Technical bulletin, National Institute for Research in Dairying, U.K., 1985, no. 5, 207 p.
- Haven, M.C. van der en Westenbrink, G.1993. 'Kwaliteitszorg rond het melken – verslag van een workshop', IKC Veehouderij, Lelystad.
- Hogeveen, H. , J. Poelarends, J. Minderman en W. Wieggersma, 2000, ISAH 2000, 2-6 July Congress Maastricht, *Proceedings of the Xth international congress on Animal Hygiene*, p. 86-91
- Kloet, M.O. Enkele procesvariabelen bij het concentreren van rauwe melk met omgekeerde osmose en de gevolgen hiervan voor de boterbereiding, NIZO verslag-734, 1980.
- Knapstein, K., N. Roth, B. Slaghuis, R. Ferwerda, H.G. Walte & J. Reichmuth, 2004a. Farm hygiene and teat cleaning requirements in automatic milking, In: *Proceedings of the International Symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, pp 83-92
- Mandersloot, F. Verheij, J.P.C. Jagtenberg, C.J. Smolders, E.A.A. 1991. Melken in twee tanks: hoog en laag eiwitgehalte.
- Mermelstein, N.H. Concentrating milk, *Food Technology* 56 (3) 72-74, 78.
- Oldenhof, S., Stienstra, Y.J. en C.J.A. Lokin. Duurzame (voedsel-) ketens en energiebesparing (DKE) – Pre-pilot onderzoek naar het onttrekken van water uit melk in de zuivelketen, Rapport Novem, KWA Bedrijfsadviseurs, 2002, 22 p.
- Ouweltjes, W., C.J.A.M. de Koning, 2004. Demands and opportunities for operational management support, In: *Proceedings of the International Symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, pp 433-442
- PZ. Statistisch jaaroverzicht 2003, Productschap Zuivel, 2004.
- Rasmussen, M.D., 2004. Detection and separation of abnormal milk in automatic milking systems, In: *Proceedings of the International Symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, pp 189-197
- Slack, A.W., C.H. Amundson an C .G. Hill jr. 1982. On-farm ultrafiltration of milk: Part 2 – Economic analysis. *Process Biochemistry*, Sept/Oct. 23-33.
- Vorst, Y. van der, Poelarends, J. , Meijering, A. , Eenige, E. van. 2003. 'Toepassing HACCP-principes op het melkveebedrijf' Rapportage voor opdrachtgever.
- Vorst Y. van der, W. Ouweltjes, 2003. Melkqualiteit en automatisch melken, een risico-inventarisatie. Rapport 28, Praktijkonderzoek Veehouderij
- Wemmenhove, H., C. de Koning, 2001. 'Kwaliteitsborging automatische melksystemen – Meet- en adviesrapport en procedure van doormeten' Rapport nr. 217
- www.automaticmilking.nl Web-site EU project automatisch melken met opzet project, projectplan en rapportages (engelstalig)