



Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij

Walboer-
hoeve

ROC's

Regionale
Onderzoek
Centra

Rapport nr. 161

Effect vacuümverhoging en spoelen in kolommen op uitspoelen melk

H. J. Soede
G. M. V. H. Wolters

Augustus 1995

Colofon

Uitgever:

Proefstation voor de Rundveehouderij,
Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR),
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad
Telefoon 03200-93211
Fax 03200-41584

Redactie:

Afdeling Voorlichting
van het PR.

Drukker:

Drukkerij de Boer
Lelystad

Niets uit dit rapport mag zonder overleg
met het Proefstation worden overgenomen

ISSN 0169-3689

Eerste druk 1995/oplage 300

De onderzoekcentra



Dit rapport is uitsluitend verkrijgbaar
door storting van f 25,- op Postbank
nr. 2307421 van het Proefstation PR,
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad met
vermelding: Rapport nr. 161.

Referaat

Effect vacuümverhoging en spoelen in kolommen op
uitspoelen melk (PR-rapport 161)/H. J. Soede,
G. M. V. H. Wolters - Lelystad, 1995.

In 1991 is het PR gestart met het project milieusparend
reinigen van melkwinningsapparatuur met ondersteuning
door de NOVEM.

Trefw.: Vacuümverhoging, spoelen in kolommen,
melkleidinginstallatie, spoelwaterreductie, spoeeffect.

EFFECT VACUUMVERHOOGING EN SPOELEN IN KOLOMMEN OP UITSPOELEN MELK

*(Effect of rinsing with a higher vacuüm
and rinsing in slugs on
pre-rinse results)*

H.J. Soede
G.M.V.H. Wolters.

VOORWOORD

In 1991 is de Afdeling Melkwinning van het Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderijen Paardenhouderij gestart met het project "Milieusparend reinigen van melkwinningsapparatuur". Dit onderzoek werd mogelijk gemaakt door NOVEM (Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu). Onderdeel van dit project is het onderzoek naar een optimale spoeltechniek in melkleidinginstallaties.

Onze dank gaat uit naar allen die hun medewerking hebben verleend bij het tot stand komen van dit rapport. Met name naar de stagiaires die veel praktisch werkzaamheden hebben verricht.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
2	METHODE EN MATERIAAL	4
2.1	Proefopzet	4
2.2	De proefstal	4
2.2.1	De spoelleidingen	6
2.2.2	Het 50 ø mm systeem	6
2.2.3	Het 75 ø mm systeem	6
2.3	Uitvoering	7
2.4	Praktijkmetingen	8
3	MEET- EN SYSTEEMGEGEVENS	9
3.1	De besturingseenheid	9
3.2	Meetapparatuur	10
3.2.1	Percentage vervuiling.	10
3.2.2	Hoeveelheid.	11
3.2.3	Statistische verwerking.	12
3.3	Systeemgegevens	14
3.3.1	Opzuighoeveelheid van spoelleidingen	14
3.3.2	Dimensies van de melkleidinginstallatie	15
4	RESULTATEN EN DISCUSSIE	17
4.1	De vervuilingsoptlossing	17
4.2	De plaats en hoeveelheid vervuiling.	18
4.3	Metingen aan het 50 mm melkleidingsysteem	20
4.4	Metingen aan het 50 mm systeem met melkmeetglazen	26
4.5	Metingen aan het 75 mm melkleidingsysteem	31
4.6	Metingen aan het 75 mm melkleidingsysteem met melkproductie- meters	34
4.7	Doorstroommetingen	37
4.8	Praktijkmetingen	39
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	45
5.1	Proefmetingen	45
5.2	Praktijkmetingen	48
6	LITERATUUR	51
	BIJLAGE	52

SAMENVATTING

Bij het reinigen van melkleidinginstallaties wordt veel water gebruikt. De hoeveelheid is afhankelijk van het soort en de grootte van de installatie. Tussen bedrijven is daarom ook een grote variatie. De hoeveelheid wordt geschat op 10 liter/dier/dag. De huidige Wet Lozingsbesluit Bodembescherming en de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater maken dat spoelwater niet meer op het oppervlaktewater geloosd mag worden. Alternatieven zijn mestopslag en riool. Beide alternatieven brengen kosten met zich mee zodat vermindering van spoelwater financieel en milieusparend aantrekkelijk is. Dit onderzoek heeft tot doel waterbesparing en daarmee spoelwaterreductie door een optimalisatie van de voor- en naspoeling van een melkleidinginstallatie. Er is onderzocht of door het spoelen in kolommen en / of een verhoging van het vacuüm een beter spoeeffect bereikt kan worden.

De Nederlandse melkveehouderij heeft een grote verscheidenheid aan melkleidinginstallaties. Dit betekent dat de resultaten die voor een bepaald type melkleidinginstallatie gelden, niet op hoeven te gaan voor een ander type installatie. De meest geschikte werkwijzen dienen dus voor verschillende typen melkleidinginstallatie onderzocht te worden.

De proef is uitgevoerd in een proefstal op de Waiboerhoeve te Lelystad. De gebruikte melkstal is een 2 x 3 open tandem met 2 melksystemen, een 50 mm $\varnothing$ en een 75 mm $\varnothing$ melkleiding. In deze proefstal zijn verschillende praktijksituaties na te bouwen.

In de proefstal is een besturingseenheid geplaatst die de gekozen variabelen, vacuüm en kolomgrootte op een constante wijze kan variëren. Hierbij is uitgegaan van een sturing van de hoeveelheid water en lucht met kleppen. Het vacuümniveau wordt gevarieerd door een reguleur.

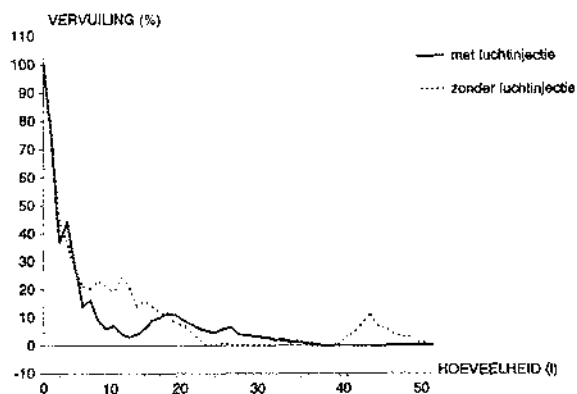
De installatie wordt op een standaard manier vervuld met een oplossing van water en keukenzout (NaCl). Deze oplossing is gekozen na een vergelijkend onderzoek met melk, water en melk en water en keukenzout. Als de installatie is vervuld wordt een spoelprogramma ingesteld en worden een aantal metingen uitgevoerd.

De basis van de proef ligt bij het meten van de geleidbaarheid van het spoelwater en de hoeveelheid gebruikt spoelwater. Na vervuilen en draineren is er 100 % vervuiling aanwezig. Gedurende het spoelen neemt dit af tot 0 % vervuiling. De mobiele meetapparatuur bestaat uit een interface met vier meetpunten en een PC. Aan de interface zijn de volgende meetpunten gekoppeld:

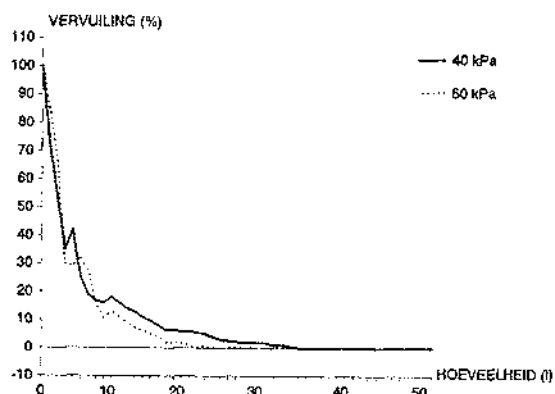
- Geleidbaarheid van het spoelwater
- Temperatuur van het spoelwater
- Vacuüm in de luchtafscheider
- Tijd dat de melkpomp spoelwater verpompt

Vanuit deze waarde wordt een spoelcurve weergegeven die op de X-as de hoeveelheid spoelwater weergeeft en op de Y-as de vervuiling. Deze uitspoelcurve wordt voor elk spoelprogramma gemeten en opgeslagen in de PC. Met kengetallen van de verschillende uitspoelcurves van een melkleidinginstallatie wordt een variantie-analyse gemaakt met het statistische programma Genstat. De hoeveelheid water die nodig is om de installatie schoon te spoelen hangt o.a. af van de diameter en lengte van de melkleiding en het gebruik van extra apparatuur zoals melkmeetglazen en melkproduktimeters. Een ander belangrijk onderdeel is de hoeveelheid vervuiling die uitgespoeld moet worden. Uit een aantal metingen blijkt dat de meeste vervuiling in de melkleiding achterblijft. Bij het 50 mm systeem is dit 1,9 l na 5 minuten draineren. In totaal blijft er 2,4 l vervuiling achter. Voor het 75 mm systeem geldt een hoeveelheid van 0,6 l in de melkleiding en 1,3 l in het totale systeem.

De eerste inleidende metingen geven aan dat een uitspoelcurve zonder luchtinjectie, bij een laag vacuüm veel minder snel schoon zijn dan bij luchtinjectie en hoog vacuüm.



Figuur A: Uitspoelcurve met en zonder luchtinjectie



Figuur B: Uitspoelcurve bij 40 en 60 kPa

De volgende melkleidinginstallaties zijn in de proefstal doorgemeten:

- Het 50 mm melkleidingsysteem zonder melkmeetglazen
- Het 50 mm melkleidingsysteem met melkmeetglazen
- Het 75 mm systeem zonder melkproduktimeters
- Het 75 mm systeem met melkproduktimeters

Bij deze twee melkleidinginstallaties is gebruik gemaakt van een aantal verschillen-
de spoelleidingen:

- Een dubbele laagliggende 38 mm $\varnothing$ spoelleiding
- Een dubbele hoogliggende 32 mm $\varnothing$ spoelleiding
- Een enkele hoogliggende 32 mm $\varnothing$ spoelleiding

De resultaten uit deze metingen lieten een eenduidig algemeen beeld zien. Het effect van vacuüm heeft tussen het niveau van 40 en 50 en tussen 40 en 60 Kpa een significant effect. Tussen 50 en 60 Kpa is het effect niet altijd significant, het effect blijft wel positief. Het effect van spoelen in kolommen tussen 1 en 2 kolommen is significant. Het effect tussen het gebruik van 2, 3 of 4 kolommen is niet altijd significant, ook hier blijft het effect wel positief.

Het gebruik van melkproduktimeters vraagt een geheel andere aanpak van spoelen. De melkproduktimeters bufferen de vervuiling. Spoelen in kolommen

heeft hier een groot effect.

Vervolgens zijn er op twee bedrijven op de Waiboerhoeve praktijkmetingen gedaan om de resultaten gemeten in de proefstal, op praktijkschaal te toetsen.

Conclusies

- Het spoelen in een aantal kolommen geeft een reductie van voor- en naspoelwater van 30 tot 50 %. Een kleine kolom (3 x 20 ℓ) heeft een hogere snelheid dan een grote kolom (1 x 60 ℓ). Tussen de kolommen door kan de vervuiling worden verwijderd zonder te worden vermengd met schoon water.
- De optimale kolomgrootte hangt af van de gebruikte spoelleiding. De inhoud van de spoelleiding waar de spoelstellen aan hangen is de optimale kolomgrootte. Bij deze kolomgrootte is de verdeling van spoelvloeistof voldoende.
- Het spoelen met een verhoogd vacuüm geeft een reductie van het spoelwater van 0 tot 50 %. Een verhoging naar 50 á 60 kPa is hierbij voldoende. Voorwaarde hierbij is dat de melkpomp voldoende snel aangestuurd wordt en voldoende capaciteit heeft om het sneller aangevoerde spoelwater te verpompen.
- De twee bovengenoemde effecten zijn voortgekomen uit een snelheidsverhoging van het spoelwater.
- De inwendige diameters van de melkleidinginstallatie bepalen voor een deel de snelheid van het water. Verder onderzoek kan zich hierop richten.
- Het spoelen van een melkleidinginstallatie verloopt volgens twee principes, afhankelijk van de vorm en constructie van het te spoelen onderdeel. Onderdelen waar de vloeistof snel door kan stromen zonder dat er buffering optreedt worden gespoeld door verdringing. Dit zijn melkslangen, melkleidingen en melkmeetglazen met voldoende snelle afvoer.
Onderdelen waarin spoelwaterbuffering optreedt worden gespoeld door verdunning. Dit zijn melkstellen, melkstroombindicatoren en melkproduktimeters.

- Bij bufferende onderdelen heeft het spoelen in kolommen een groter effect dan bij niet bufferende onderdelen. Een verdringingsspoeling verloopt sneller bij een hoge snelheid van het spoelwater. Dit is te bereiken door vacuüm verhogen en luchtinjecties.
- De praktijkmetingen bevestigen en ondersteunen de eerder genoemde conclusies en reducties.
- De hoeveelheid restvervuiling in een installatie is mede bepalend voor de hoeveelheid voor- en naspoelwater om die installatie schoon te spoelen.
- In een goed sanitair aangelegde installatie met voldoende afschot en drainage blijft een minimale hoeveelheid restvervuiling achter.

SUMMARY

Rinsing and cleaning of milking equipment takes a lot of water. The amount depends on the complexity of the installation. Between farms is a big variation. The average amount used is 10 liter/cow/day. The new law "draining decision soilconservation" and the law "pollution surfacewater" ensure that wastewater is not drained on the surfacewater. Alternatives are manurepit and sewer. Both alternatives cost money, re-use and decrease of wastewater is financially and environmentally attractive.

The purpose of this investigation is to decrease wastewater by optimizing the pre- and after rinse by using a higher vacuüm or/and using slugs.

Dutch dairies have a lot of varieties of milk parlours. It means that the results of this investigation can not always be used directly. The most efficient way of rinsing needs to be tailoring the results, in practical situations. The tests are done on a experimental farm "Waiboerhoeve" in a 2 x 3 open parlour with two milklines, a 50 mm and a 75 mm milkline. In this parlour we can create different practical situations. In the parlour is a control-unit where we can variate vacuüm, air inlet and water inlet for different time periods.

De installation is contaminated in a standard way with a solution of NaCl (salt). This contamination is chosen after a comparison with milk, water and milk and water and NaCl. The basic measurement is conductivity and quantity of rinse water. In the beginning of a rinse test there is 100% contamination, during rinsing it goes down to 0%. The mobile measuring equipment exists of four sensors channels and a PC. The channels are:

- Conductivity of the rinse water
- Temperature of the rinse water
- Vacuüm in the receiverunit
- Pumptime of the milkpump.

With these values we can create a modelled "rinse curve", on the X-as quantity (l)

and on the Y-axis concentration (%). These rinse curves are measured for different rinse programs (vacuum and slugs). With results of the rinse curves, a variance analyses (ANOVA) is made. The quantity of rinsewater necessary to reach 0% contamination depends on diameter and length of the milk line and the use of extra equipment (milk jars, milk production meters, etc). Another important thing is the amount of water/milk left in the installation (residual water). The average amount of residual water at the 50 mm milkline is 1,9 l in the milk line and 2,4 l in the total system. For the 75 mm milkline there is an average of 0,6 l in the milkline and 1,3 l in the total system. The first preliminary measurements show a rinse curve with and without air injection and with 40 and 60 kPa.

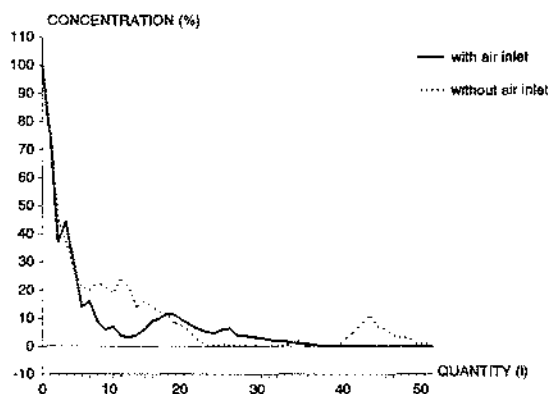


Figure A: Rinse curve with and without air injection

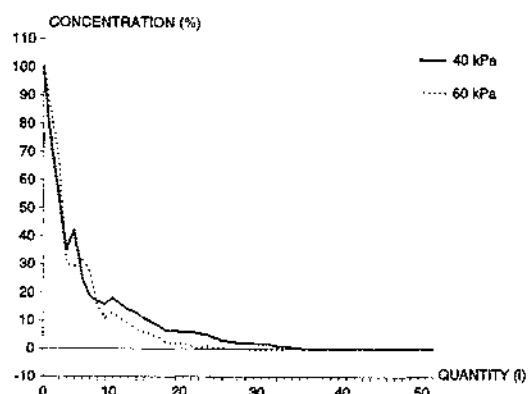


Figure B: Rinse curve with 40 and 60 kPa

The next milk installations are tested in the test parlour.

- 50 mm low milk line without milk jars
- 50 mm low milk line with milk jars
- 75 mm low milk line without milk production meters
- 50 mm low milk line with milk production meters

Those four systems are tested with different rinse lines.

- a double 38 mm low rinse line
- a double 32 mm high rinse line
- a single 32 high rinse line

The results of the tests lead to a general conclusion. There is an positive significant effect of vacuüm between 40 and 50 kPa and between 40 and 60 kPa. Between 50 and 60 there was not always a significant effect. The effect of rinsing in slugs is always significantly positive between 1 and 2 slugs. Between 2,3 or 4 there was a positive effect although it was not significant.

The use of milkproduction meters requires a different approach. Most of the milkmeters need flooding to clean the top of the meter. A good adjustment of valves is important.

At the end of all parlour tests the results were checked on practical farms. On the farms we realized a reduction in prerinse water of 40% - 50%.

Conclusions

- Rinsing in slugs gives reduction of pre and afterrinse up to 50%.
- A small slug (3x20ℓ) has a higher velocity than a big slug (1x60ℓ).
- Between slugs there must be a good fast drainage of water.
- De optimum slug size depends on the size (volume) of the rinse line.
- The volume of the rinse line where clusters are attached is the best slug size. The water is then correctly divided over the clusters.
- Rinsing in with a higher vacuüm gives reductions of pre- and afterrinse up to 50%.
- The milkpump should have enough capacity to remove the rinse water without mixing.
- Vacuüm effect is caused by a higher velocity of the water.
- The inner diameter is a limiting factor for velocity.

- The rinse process works with two principals, depending on form and construction. Parts where rinse water can reach high velocities (milkhose, milkline etc) are rinsed by flushing away the contaminated water. Parts which have a buffer (milk jars, milkproduktion meter, milkflow indicator etc.) are rinsed by dilution.
- Rinsing in slugs has a bigger effect on buffering parts of the installation.
- The measurements on practical farms confirm the results of the testparlour.
- The amount of residual water is important for a efficient rinse result.
- In a properly constructed (good slope of the milk line and automatic drainage) milking installation residual water should be minimal.

A list of translations of captions for tables, figures, appendices and expressions is given from page 8500 wards.

1 INLEIDING

Het reinigen van melkleidinginstallaties kost water, energie en chemie. Een goede voorspoeling is de basis voor een goede reiniging. Dit betekent dat zoveel mogelijk melkresten uit de melkleidinginstallatie verwijderd moeten worden met het voorspoelen. Onderzocht is of verhogen van de snelheid van water, door het spoelen in kolommen (slugs) en een verhoging van het vacuüm een beter spoeeffect bereikt kan worden. Zo kan dus met minder water hetzelfde of misschien wel een beter uitspoeeffect van melk worden bereikt. Dit kan voor verschillende reinigingscircuits met verschillende onderdelen worden onderzocht. Bij de naspoeling zijn het de resten hoofdreinigingsoplossing die verwijderd moeten worden. Het is nu algemeen gebruikelijk om een aanzienlijke hoeveelheid water in één keer door de hele installatie te laten gaan. De drijvende kracht hierbij is het vacuüm. Deze methode vraagt echter zeer veel water. De huidige werkwijze bij de reiniging van melkleidinginstallaties is als volgt:

Na het melken wordt de installatie klaar gemaakt voor de reiniging: De melkstellen worden op de spoeljetters geplaatst, het melkfilter wordt verwijderd en de melkslang wordt uit de tank gehaald en in de spoelbak geplaatst. Vervolgens wordt de reinigungsautomaat aangezet. Deze reinigungsautomaat voert (vaak zonder controle van de veehouder) een programma uit. Eerst een voorspoeling met water van 45 °C om melkresten uit de installatie te verwijderen. Hierna een hoofdreiniging met water van 75 °C met daaraan toegevoegd 0,5% gecombineerd reinigungs- en desinfectiemiddel. Aan het einde volgt een naspoeling met koud water om de achtergebleven reinigungs- en ontsmettingsmiddelen te verwijderen.

Het waterverbruik voor de reiniging van melkleidinginstallaties wordt geschat op 10 l/koe/dag. De jaarlijkse hoeveelheid spoelwater (exclusief melkkoeltank) in Nederland komt dan op 7.000.000 m³ per jaar. Deze hoeveelheden vloeien voort uit de bestaande aanbevelingen m.b.t. benodigde hoeveelheden water voor verschillende installaties. Een experimentele onderbouwing van deze normen is tot nu toe onvoldoende gegeven.

De normberekening is gebaseerd op het aantal melkplaatsen, diameter en lengte van de melkleiding [Koning, et al, 1988]. Daarnaast wordt er een extra hoeveelheid water ingebracht voor melkmeetglazen en melkproduktimeters. Deze norm geeft aan hoeveel water er gebruikt moet worden per spoelbeurt. De normberekening is als volgt.

Voor melkleidinginstallaties met melkmeetglazen geldt:

hoeveelheid per spoelbeurt = 20 l + 3-5 l per melkstel

Voor melkleidinginstallaties met ruime diameter (> 50 mm ø) geldt:

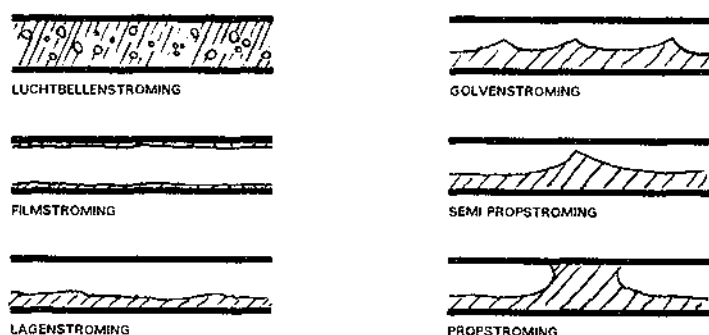
hoeveelheid per spoelbeurt = 30 l + 6-7 l per melkstel

Voor melkproduktimeters wordt een extra hoeveelheid gerekend van 0-4 l per melkproduktimeter afhankelijk van het type.

Vanuit de doelstelling om met minder water te kunnen reinigen en spoelen is in eerste instantie naar het "spoeffect" van het gebruikte water gekeken. Uit literatuur komt naar voren dat het Reynoldsgetal [Koning, et al, 1988] en de snelheid [Grasshoff, 1993] van water een positieve invloed hebben op het verwijderen van vuil uit leidingsystemen en/of leidingdelen.

De vloeistofstroom is een mengsel van water en lucht (de drijvende kracht). De reinigungsoplossing kan bestaan uit 6 soorten stroming [Lind, 1990]. In figuur 1 zijn de diverse 2-fase stromingen weergegeven. De eerste is de luchtbellen stroming "dispersed bubble flow". Vloeistof en lucht worden gelijk gedoseerd zodat er een mengsel te zien is met luchtbellen. De laminaire stroming of "anular flow" is een stroming van water met een overmaat aan snel stromende lucht. Er ontstaat een film van water aan de wanden van de leiding. De stratified flow is een lagenstroming, deze ontstaat bij een klein druk verschil (geringe snelheid). Door de zwaartekracht vormt een laag vloeistof met daar boven een laag lucht. De golvende stroming of "wavy flow" is een stroom waarbij het water stroomt aan de onderkant en de lucht stroomt daar over heen. De bovenkant van de leiding wordt niet bevochtigd, er ontstaan golven. Als de luchtstroming toeneemt en er voldoende water is ontstaan hogere golven "semi-slugflow". De propstroming of "slugflow"

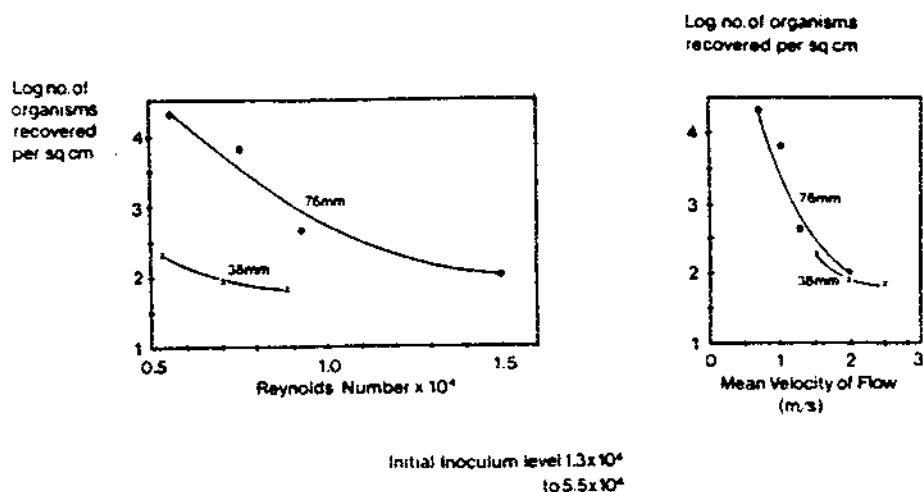
is een stroming waarbij de bovenkant van een leiding wordt geraakt door een kolom water voortgestuwd door lucht. De laminaire stroming en de propstroming hebben beide een goede reinigende werking [Trägårdh, von Bockelmann, 1980]. De vloeistofverdeling en het grote temperatuurverlies maken dat de laminaire stroming minder geschikt is voor een goede vuilverwijdering. Een vloeistofsnelheid van 1,5 m/s of meer is voldoende voor een effectieve reiniging [Timperley, 1981].



Figuur 1 Schematische weergave van verschillende 2-fase stroming (water/lucht)

BRON: O.Lind ,1990

Naast stromingsvorm is turbulentie een belangrijke factor. Bij een vloeistofstroom door buizen spreekt men van een turbulente stroming, als het getal van Reynolds (Re) groter is dan 10.000. Bij een turbulente stroming heeft vrijwel elk punt in de kolom vloeistof dezelfde snelheid, dit in tegenstelling tot de laminaire stroming ($Re = 2300$). Het effect van Reynoldsgetal en verschillende vloeistofsnelheden werd bepaald voor twee leidingsystemen (figuur 2, 38 mm $\varnothing$ en 75 mm $\varnothing$).



Figuur 2a,b Effect van Reynoldsgetal en gemiddelde snelheid op het uitspoelen van indicator-organismen van twee leidingdiameters (38 mm $\varnothing$ en 76 mm $\varnothing$) BRON: D.Timperley, 1981

De hoeveelheid spoelwater per spoelbeurt is voor de drie spoelgangen nog vaak gelijk. De werkgroep reinigen [Koning, et al, 1988] geeft aan dat de voor- en naspoelhoeveelheid kan worden teruggebracht naar 75 % van de normhoeveelheid. Dit zou een reductie van 17 % op het totale spoelwater betekenen. In juli 1992 werd het Lozingsbesluit Bodembescherming van kracht, naast de bestaande Wet Verontreiniging Oppervlaktewater. Bovengronds uitrijden van spoelwater over het land en lozen op het oppervlaktewater zijn hiermee verboden. Alternatieven zijn o.a. lozing in de mestput of op het riool. Een vermindering van spoelwater is met deze wetten daarom milieusparend en financieel aantrekkelijk.

2 METHODE EN MATERIAAL

2.1 Proefopzet

Het doel van de proef is het verbeteren van het spoeeffect door het vaststellen van het effect van verhogen van vacuüm en het tussentijds inlaten van lucht. De niveaus zien er als volgt uit.

- Vacuüm 40, 50 en 60 kPa
- Luchttoevoer 0, 2 en 4 maal gedurende 2 en 8 seconden.

De opzet van de proef is volgens het split-plot schema (tabel 1). Uit het schema blijkt dat er per proef 15 spoelbeurten worden uitgevoerd. Deze 15 spoelbeurten worden per herhaling geloot. De proef wordt twee keer herhaald.

Tabel 1 Split-plot schema van de proef

Vacuüm	40 kPa		50 kPa		60 kPa	
Aantal keer	0		0		0	
X	2 X 2	2 X 8	2 X 2	2 X 8	2 X 2	2 X 8
Sec.lucht	4 X 2	4 X 8	4 X 2	4 X 8	4 X 2	4 X 8

De Nederlandse melkveehouderij heeft een verscheidenheid aan melkleidinginstallaties. Dit betekent dat resultaten die voor een bepaald type melkleidinginstallatie gelden, niet hoeven op te gaan voor andere typen installaties. De meest geschikte werkwijzen dienen dus voor verschillende typen melkinstallaties onderzocht te worden. Om verschillende systemen c.q. onderdelen onder gelijke praktijkomstandigheden te kunnen onderzoeken is gekozen voor de melkstal op Melkvee 5 van de Waiboerhoeve.

In totaal worden er 45 metingen gedaan per proef. De data worden omgezet in percentage vervuiling en hoeveelheid spoelwater. Daarna wordt met het programma Genstat een variantie-analyse uitgevoerd.

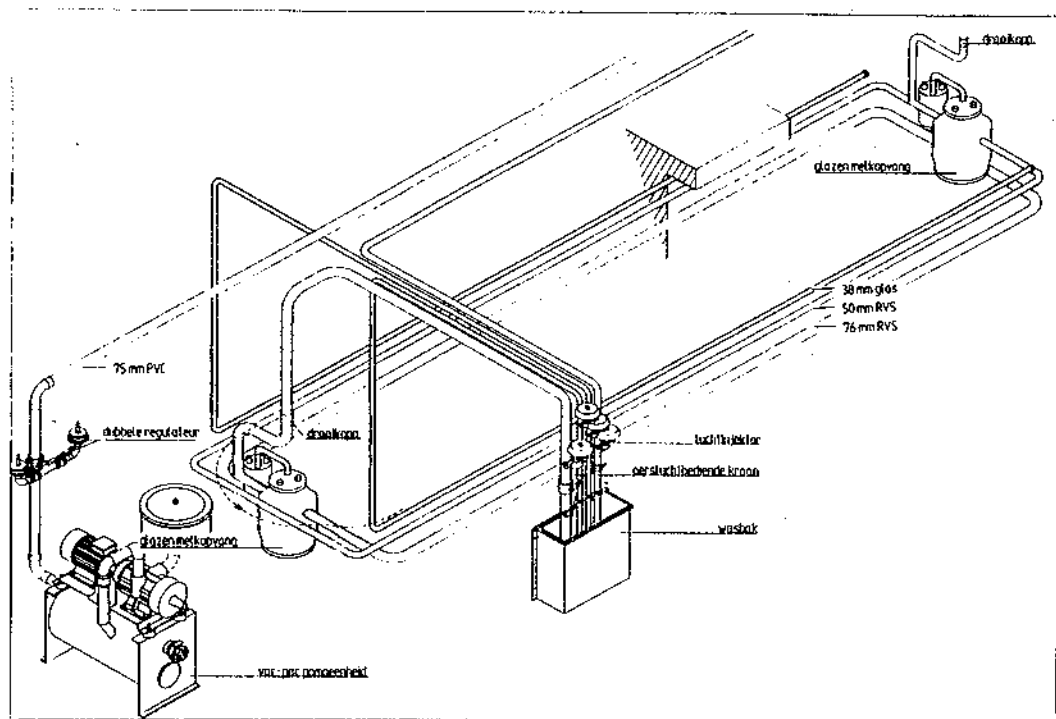
2.2 De proefstal

De stal is ingericht als experimentele proefstal. Uitgangspunt was dat delen in glas werden uitgevoerd om de stroming van water en lucht te kunnen zien.

De melkstal is een 2 x 3 open tandem-stal. Hierin zijn twee melkleidinginstallaties aangelegd: een systeem met een 75 mm $\varnothing$ melkleiding, deels glas, met een glazen luchtafscheider. Het andere systeem heeft een 50 mm $\varnothing$ melkleiding met een glazen luchtafscheider. Beide zijn laagliggende melkleidingen. Elk systeem heeft een aparte retourleiding naar de spoelbak. Beide melkleidingen hebben ook een aparte spoelleiding die aan beide zijden van de luchtafscheider op de melkleiding kan worden aangesloten. Hierdoor kan zowel linksom als rechtsom gespoeld worden. De diameter van deze spoelleiding is gelijk aan de diameter van de melkleiding. Dit is om onnodige vernauwingen in het stromingscircuit te voorkomen.

Iedere zijde van de stal heeft drie melkstellen, die op beide melkleidingsystemen kunnen worden aangesloten. Standaard is een 38 mm $\varnothing$ dubbele laag liggende glazen spoelleiding met een dubbele aansluiting op de spoelbak. Naast deze spoelleiding is het mogelijk om met een 32 mm $\varnothing$ hoge dubbele en een 30 mm $\varnothing$ hoge enkele spoelleiding te spoelen.

De basisopstelling is zo aangelegd dat eenvoudig melkproduktimeters of melkmeetglazen kunnen worden ingebouwd. Ook is het mogelijk om andere melkstellen en spoeljetters met verschillende doorstroomoppervlakten door te meten.



Figuur 3 Melkleidingsystemen in de proefstal

2.2.1 De spoelleidingen

2 x 38 mm $\varnothing$ lage spoelleiding

Deze spoelleiding is van glas en is weggewerkt onder de putrand. Door de uitvoering in glas is de kolomvorming goed waarneembaar, visuele beoordeling van de verdeling van vloeistof is hierdoor mogelijk. De inhoud van de spoelleiding waar de melkstellen op aangesloten zijn is 13 ℓ . De gevormde kolommen zijn : 12 ℓ , 20 ℓ , 60 ℓ en er is 0, 2 en 4 keer lucht ingelaten gedurende 2 en 8 seconden.

2 x 32 mm $\varnothing$ hoge spoelleiding

Deze spoelleiding is van PVC. De inhoud van de spoelleiding waar de melkstellen op aangesloten zijn is 12 ℓ . De gevormde kolommen zijn : 12 ℓ , 20 ℓ , 60 ℓ en er is 0, 2 en 4 keer lucht ingelaten gedurende 2 en 8 seconden.

1 x 32 mm ø hoge spoelleiding

Deze spoelleiding is van RVS. De inhoud van de spoelleiding waar de melkstellen op aangesloten zijn is 6 ℓ. De gevormde kolommen zijn : 6 ℓ, 10 ℓ, 60 ℓ en er is 0, 5 en 9 keer lucht ingelaten gedurende 2 en 8 seconden.

Al deze spoelleidingen staan in verbinding met een 38 mm opzuigleiding die in de spoelbak hangt.

2.2.2 Het 50 ø mm systeem

Als er in dit rapport over het 50 mm systeem wordt gesproken wordt er bedoeld het melkleiding systeem met een 50 mm ø melkleiding. De rondgaande melkleiding is op twee punten aangesloten op de glazen luchtafscheider. Het afschot van deze melkleiding is van - ½ % tot + ½ % . Op de melkleiding is naast de luchtafscheider een spoelleiding gemonteerd. Deze spoelleiding heeft een doorsnede van 50 mm. Het inlaten van water en / of lucht rechtstreeks op de melkleiding is hiermee mogelijk.

2.2.3 Het 75 ø mm systeem

Als er in dit verslag over het 75 mm systeem wordt gesproken wordt het melkleiding systeem met een 75 mm ø melkleiding bedoeld. De rondgaande melkleiding is op twee punten aangesloten op de glazen luchtafscheider. Het afschot van deze melkleiding is van 0 % tot + 1 % . Op de melkleiding is naast de luchtafscheider een spoelleiding gemonteerd. Deze spoelleiding heeft een doorsnede van 50 mm. Het inlaten van water en / of lucht rechtstreeks op de melkleiding is hiermee mogelijk. Voor het spoelen van de 75 mm melkleidinginstallatie is gebruik gemaakt van de dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding met een extra voorziening voor het spoelen van de melkleiding.

Aan het einde van de spoelleiding zijn aan beide zijden extra aanvoerslangen geplaatst die spoelwater aanvoeren naast de luchtafscheider. In plaats van de zes

afvoerslangen op de spoelleiding zijn er nu acht afvoerslangen. Door nu na aanvoer van spoelwater lucht te injecteren op de melkleiding worden er kolommen gevormd. Deze kolommen ontstaan in het eerste gedeelte van de melkleiding en stuwen het spoelwater met vervuiling in de melkleiding voor zich uit. De luchtinjectie op de melkleiding vindt na elke ingelaten kolom plaats. Het proces is als volgt; het water wordt vanuit de spoelbak opgezogen waarna een luchtinjectie de kolom water voor zich uit drukt de spoelleiding in. Als het spoelwater door de extra afvoerslangen is gezogen en via deze slangen in de melkleiding is gelopen, wordt lucht in de melkleiding geïnjecteerd. Voor deze proef zijn de volgende kolomgroottes doorgemeten, 1 x 75 ℓ, 2 x 37 ℓ, 3 x 25 ℓ en 5 x 15 ℓ. Bij de proef waar 1 x 75 ℓ en 2 x 37 ℓ is gebruikt wordt vier maal lucht geïnjecteerd op de melkleiding.

2.3 Uitvoering

De melkleidinginstallatie wordt op een gestandaardiseerde wijze met een vervuilingsooplossing vervuild. Hier is een standaard oplossing en werkwijze voor nodig. Een vergelijkend onderzoek is opgezet om tot een standaardvervuilingsooplossing te komen. De resultaten zijn te vinden in paragraaf 4.1 "de vervuilingsooplossing".

De standaard werkwijze verliep als volgt: De melkstellen worden op de "vervuilings" jettters geplaatst en de retourleiding van de melkpomp komt in het voorraadvat met vervuilingsooplossing. Zo is het mogelijk de vervuilingsooplossing te circuleren. Deze circulatie waarbij de oplossing in combinatie met lucht door de installatie wordt gezogen duurt twee minuten. De installatie is dan "vuil". Hierna wordt het vacuüm van de melkleiding afgehaald en kan het vuil gedurende zes minuten inwerken op de installatie. Tijdens deze zes minuten wordt de installatie spoelklaar gemaakt. Dat wil zeggen de tijdsinstellingen van de klepbesturing en het vacuümniveau worden ingesteld, ook wordt de meetapparatuur klaar gezet. Elke uitspoeling wordt uit praktische overwegingen begonnen met een korte luchtinjectie gevolgd door 16 seconde rust. Dit is gedaan om een vast beginpunt voor alle

metingen te realiseren. Het vooraf ingestelde programma wordt doorlopen, en de uitspoeling wordt gemeten. De temperatuur van het spoelwater is 50 °C. Er is gekozen voor één constante temperatuur om de proef in eerst instantie een niet te grote omvang met te veel variabelen te geven. De temperatuur van voorspoelen is gekozen op 50 °C omdat dit een voorspoeltemperatuur is die op vele praktijkbedrijven wordt gebruikt (warmteterugwinningwater).

De gebruikte hoeveelheid spoelwater is bepaald door een normberekening van de werkgroep reinigen, die in de Nederlandse melkveehouderij algemeen bekend is. De berekende norm voor de diverse proef- en praktijkinstallaties is als volgt:

50 mm systeem	=	50 ℓ
50 mm systeem met melkmeetglazen	=	50 ℓ
75 mm systeem	=	65 ℓ
75 mm systeem met Afikim melkproduktimeters	=	85 ℓ

2.4 Praktijkmetingen

Om de gevonden resultaten in de praktijk te toetsen zijn een aantal praktijkmetingen uitgevoerd op de Waiboerhoeve. De methode is bij deze bedrijven gelijk aan de proefmeting. Het verschil is dat in deze situatie een uitspoeling wordt gemeten van koewarme melk. In eerste instantie is de voorspoeling gemeten onder normale omstandigheden (zonder verhoogd vacuüm en zonder luchtinlaat). Na deze meting zijn stapsgewijs vacuüm verhoogd en is er in kolommen gespoeld. Als laatste meting zijn beide technieken tegelijkertijd toegepast. De hoeveelheid voorspoelwater is volgens de norm, vastgesteld door de fabrikant. Naast de praktijkmetingen met de elektronische meetapparatuur zijn er ook een aantal vereenvoudigde metingen gedaan. Deze metingen zijn uitgevoerd met behulp van een aantal emmers waarin het spoelwater wordt opgevangen. Als er 50 ℓ voorspoelwater wordt gebruikt wordt dit opgevangen in 10 gelijke delen van 5 ℓ. Vanuit elke 5 ℓ

wordt een monster genomen waarvan de geleidbaarheid wordt bepaald. Deze geleidbaarheid kan worden omgezet in een percentage melk. Het verloop van het uitspoelen wordt zichtbaar gemaakt in een staafgrafiek. Dit is een handige methode om met eenvoudige apparatuur toch een goede indruk te krijgen van de efficiëntie van voorspoelen.

3 MEET- EN SYSTEEMGEGEVENS

3.1 De besturingseenheid

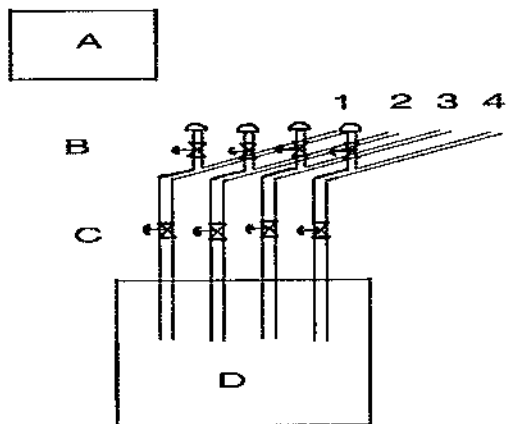
In de proefstal is een besturingseenheid geplaatst die de gekozen variabelen, vacuüm en luchtinlaat op een constante wijze kan realiseren.

Hierbij is uitgegaan van een sturing van de hoeveelheid water en lucht die in de installatie wordt gelaten. Dit is te bereiken door op de spoelleidingen kleppen te plaatsen. Op elke spoelleiding is een watertoevoerklep en een luchttoevoerklep gemonteerd. Deze kleppen, acht in totaal, worden gestuurd vanuit een elektronische besturingskast. Met tijdschakelaars kan de lengte van drie perioden worden ingesteld:

1 watertoevoer open - dicht

2 luchttoevoer open - dicht

3 rustperiode tussen einde luchttoevoer en watertoevoer open



Figuur 4 Schematische weergave van de besturingseenheid

- A = tijdschakeling
- B = luchtinlaatkleppen
- C = waterinlaatkleppen
- D = spoelbak
- 1..4 = spoelleidingen

De tijdsinstelling heeft een bereik van minimaal 1 seconde tot maximaal 10 uur. De volgorde van de klepaansturing is als volgt: eerst gaat de watertoevoerklep open, gevolgd door een luchtinjectie. Daarna volgt een rustperiode (beide kleppen gesloten) zodat de installatie onder vacuüm kan komen. De kleptijden zijn afzonderlijk van elkaar in te stellen maar de volgorde blijft gelijk (water-lucht-rust).

Met deze besturingskast is het ook mogelijk om de kleppen handmatig te bedienen. Tevens kan door handmatige bediening de klepbesturing gevarieerd worden over de vier spoelleidingen zodat de melkleiding en de melkstellen om en om gespoeld worden. De watertoevoerkleppen worden gestuurd door perslucht en de luchttoevoerkleppen door vacuüm. De vacuümpomp heeft een capaciteit van 1000 ℓ /minuut bij 50 kPa. Dit is voldoende om de installatie op een vacuümniveau van 65 kPa te brengen. De reserve capaciteit is 300 ℓ /minuut. Aan de vacuümleiding zijn drie reguleurs gemonteerd. Deze zijn in of uit te schakelen met kranen. Elke reguleur heeft een vast ingestelde waarde, zodat met een enkele handgreep het vacuüm zonder instelfout snel kan worden veranderd.

3.2 Meetapparatuur

De basis van de proef ligt bij de geleidbaarheid van het spoelwater in verhouding tot de hoeveelheid spoelwater die de melkpomp verpompt. De meetapparatuur is zo gemaakt dat deze "mobiel" is. Het is zo mogelijk de meetapparatuur op een praktijkbedrijf te plaatsen, en daar een uitspoelcurve te meten. De interface met de vier meetpunten is de verzameleenheid voor de te meten waarden. Aan de interface zijn de volgende vier meetpunten gekoppeld:

- Geleidbaarheid van het spoelwater na de melkpomp
- Temperatuur van het spoelwater na de melkpomp
- Vacuüm in de luchtafscheider
- Tijd dat de pomp spoelwater verpompt

Deze vier waarden worden weergegeven op een scherm en tegelijk opgeslagen in een file. De data uit deze file worden later bewerkt. Uit de vier meetpunten worden

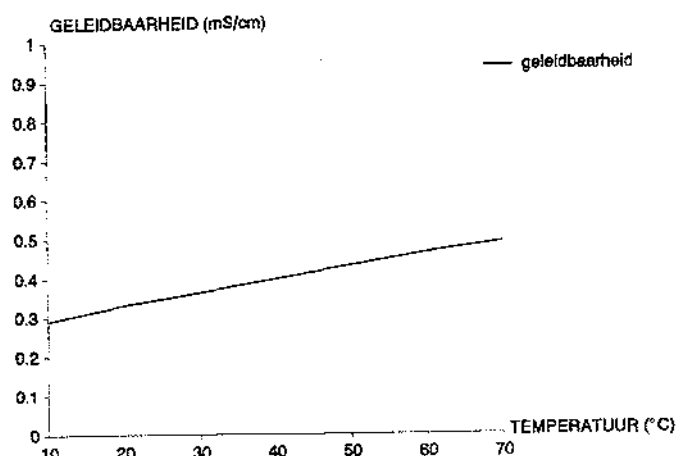
twee waarden herleid namelijk percentage vervuiling en hoeveelheid spoelwater. De temperatuur en geleidbaarheidmetingen worden gedaan achter de melkpomp. Deze plaats is gekozen omdat op deze plaats alle vervuiling die in de installatie aanwezig was, passeert; spoelwater wordt hier afvalwater. Tevens is deze plek gunstig omdat de vloeistofstroom hier geen lucht meer bevat en zo het signaal van de geleidbaarheidsmeter niet wordt verstoord. Het nadeel van geleidbaarheidsmeting op dit punt is dat de oplossing in de luchtafscheider wordt gebufferd en daarna pas wordt gemeten.

3.2.1 Percentage vervuiling

De geleidbaarheidsmeter die voor deze proef is gebruikt, wordt in de praktijk gebruikt als sensor voor mastitisdetectie. Het is een doorstroommeter met twee elektroden die een spanningsverschil meet in een vloeistof. Dit verschil wordt veroorzaakt door de ionen (zouten) in de vloeistof. Omdat de geleidbaarheid afhankelijk is van de temperaturen wordt er voor temperatuur gecorrigeerd. Hiervoor is de geleidbaarheid gecorrigeerd naar één temperatuur. Hiervoor zijn een aantal ijklijnen gemaakt. Er is gekozen voor 20 °C omdat dit de temperatuur is van de vervuilingsooplossing. De geleidbaarheid van de vervuiling is 5,0 mS/cm bij 20 °C. De geleidbaarheid van water is gemeten bij verschillende temperaturen, zodat correctie voor temperatuur mogelijk is. De metingen, gemeten met de Radiometer CDM 80 zijn weergegeven in tabel 2 en figuur 5.

Tabel 2 Geleidbaarheid van water bij verschillende temperaturen

TEMPERATUUR °C	10	20	30	40	50	60	70
GELEIDBAARHEID mS/cm	0,29	0,33	0,36	0,40	0,429	0,462	0,489



Figuur 5 Geleidbaarheid ijklijn van water bij verschillende temperaturen

Elke graad stijging of daling in temperatuur geeft één procent geleidbaarheidsstijging of -daling ten opzichte van het niveau bij 20°C, 0,33 mS/cm. De metingen zijn tevens uitgevoerd bij vervuilde oplossingen 1 % en 5 % melk. Deze ijklijnen hebben het zelfde lineaire verloop als die van water. Vervolgens wordt deze geleidbaarheid omgezet in percentage vervuiling. De vervuilingsoptelling wordt hierbij 100% en schoon leiding water 0%.

GELEIDBAARHEID (mS)

----> VERVUILING (%)

TEMPERATUUR (°C)

3.2.2 Hoeveelheid

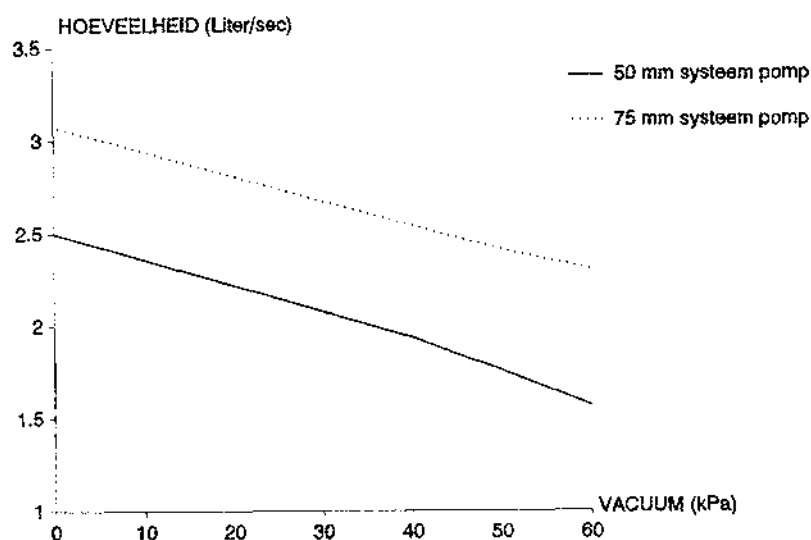
De hoeveelheid spoelwater wordt bepaald door de pomptijd te meten. Aan de hand van een pompkarakteristiek wordt bepaald hoeveel liter water er verpompt is. Deze pompkarakteristiek wordt beïnvloed door het vacuüm dat heerst in de luchtafscheider boven de pomp. Hiervoor moet het vacuüm op deze plaats worden gemeten. Voor de berekening van de pompkarakteristiek zijn gegevens over de capaciteit van

de melkpomp nodig. De metingen zijn gedaan bij vier vacuüm niveaus; 0, 40, 50 en 60 kPa. Het debiet in liter per seconde is gemeten bij pomptijden van 2,4 en 6 seconden. De resultaten van deze metingen staan in bijlage II. Naast de grafische weergave in bijlage IIb is de formule gegeven om het debiet van de pomp te kunnen berekenen bij verschillende vacuüm niveaus.

Vanuit deze metingen komt de volgende tabel met de gemiddelde hoeveelheid verpompt water bij de vier vacuüm niveaus. Figuur 6 is een grafische weergave van de meetgegevens uit tabel 3.

Tabel 3 Debiet (l/s) van 2 melkpompen in de proefstal bij verschillende vacuüm niveaus

Vacuümniveau (kPa)	0	10	20	30	40	50	60
Melkpomp 50 mm systeem	2,52	2,42	2,25	2,12	1,94	1,76	1,57
Melkpomp 75 mm systeem	3,08	2,86	2,78	2,68	2,54	2,41	2,3



Figuur 6 Pompkarakteristieken van de 2 melkpompen (50 mm en 75 mm systeem) bij verschillend vacuüm

Figuur 6 toont aan dat de pompcapaciteit afneemt als het vacuüm stijgt. Elke eenheid (kPa) vacuümstijging of daling geeft 0,015 ℓ per seconde stijging of daling van het debiet. De hoeveelheid in ℓ/s is dan de pomptijd in seconde, vermenigvuldigd met het debiet welke gecorrigeerd is voor het vacuümniveau. Op deze manier is bij elk vacuümniveau met bij behorende pomptijd de hoeveelheid te bepalen. De melkpomp is zo geschakeld dat bij een kleine hoeveelheid vloeistof wordt gepompt. Zo wordt een continue meting verkregen en is er weinig buffering van spoelwater en vervuiling.

VACUÛM (kPa)

----> HOEVEELHEID (ℓ)

POMPTIJD (sec)

3.2.3 Statistische verwerking

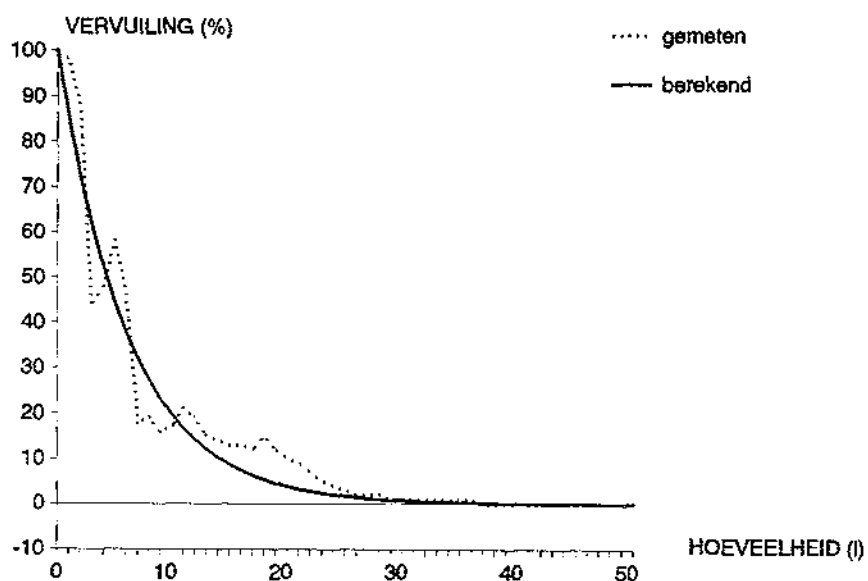
De verzamelde data zijn omgerekend naar percentage vervuiling en hoeveelheid spoelwater. Vervolgens zijn de data met het statistisch analyse programma Genstat verwerkt. Van elke uitspoelcurve is via "curve-fitting" een gestandaardiseerde curve berekend. Voor deze aangepaste curve geldt een formule met een aantal variabelen. Deze variabelen beschrijven de curve, zodat met deze variabelen variantie analyses uitgevoerd kunnen worden. De verschillende uitspoelcurve kunnen zo met elkaar vergeleken worden. De werkelijke curve past voor een groot gedeelte in de berekende curve, een percentage geeft aan voor hoeveel procent dit waar is. Een eis hierbij is dat de berekende curve voor meer dan 85 % de werkelijke curve weer moet geven. Is dit niet het geval dan wordt de betreffende uitspoelcurve niet in de verdere analyse meegenomen.

De variabelen die berekend worden zijn:

- R** Dit is het dalingspercentage van de lijn berekent vanaf 100 % vervuiling. Dit houdt in dat elke liter gebruikt spoelwater de lijn met dat percentage zal dalen, bijvoorbeeld 85 % zoals in figuur 7. In de bijlagen III tot IX zijn van

alle proeven deze dalingspercentages weergegeven.

- 1 % Dit getal geeft het aantal liters water weer dat nodig is om de vervuiling tot 1 procent te reduceren.
- 0 % Dit getal geeft het aantal liters water weer dat nodig is om de vervuiling tot 1 procent te reduceren.



Figuur 7 Werkelijke en berekende uitspoelcurve, $R = 85 \%$, $1 \% = 30 \ell$ en $0 \% = 37 \ell$

Met behulp van deze resultaten wordt een variantie-analyse uitgevoerd. De variantie-analyse heeft het volgende model:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

verklaring van het model:

- Y = liter spoelwater om 1% vervuiling te bereiken (verwachtingswaarde)
- μ = constante
- α = vacuüm effect

β = kolom effect

(α, β) = interactie tussen vacuüm- en kolom effect

e = rest variantie

Het verschil in analyseresultaat tussen een gemeten en een berekende curve is, indien de berekende curve meer dan 85 % de werkelijke curve benaderd nihil. Als eindresultaat wordt vooral gekeken naar de laagste waarde van vervuiling aan het einde van de spoelcurve. In dit gebied zijn berekende en gemeten curve gelijk.

Bij alle metingen aan het 50 mm systeem en bij de metingen met het doorstroomoppervlakte zijn de berekende curven goed voor verdere analyse. Bij de metingen aan het 75 mm melkleidingsysteem zijn de curven zeer steil waardoor de berekende curve voor minder dan 85 % de werkelijke curve weergeeft. De reden van deze steile curve is dat er in het 75 mm systeem minder restvervuiling achter blijft en dat er meer verdunning optreedt van melk en water. De analyse is in deze situatie gedaan met gegevens van de werkelijke uitspoelcurven. Hiervoor zijn werkelijke punten op de uitspoelcurve in de variantieanalyse opgenomen. Deze werkelijke punten zijn het aantal liters om 1 % en 0 % vervuiling te bereiken.

3.3 Systeemgegevens

Voordat de proeven zijn gestart is eerst de installatie op verschillende punten doorgemeten. Dit is nodig om voldoende inzicht te krijgen in de eigenschappen van de installatie. De pompkarakteristiek van de melkpomp is besproken in paragraaf 3.2.2. De opzuighoeveelheden door de spoelleidingen zijn nodig om de kolomgrootte te kunnen bepalen. Om inzicht te krijgen in de stroming van de vloeistof is een "flowsheet" gemaakt waarin alle dimensies van de leidingen en slangen zijn weergegeven.

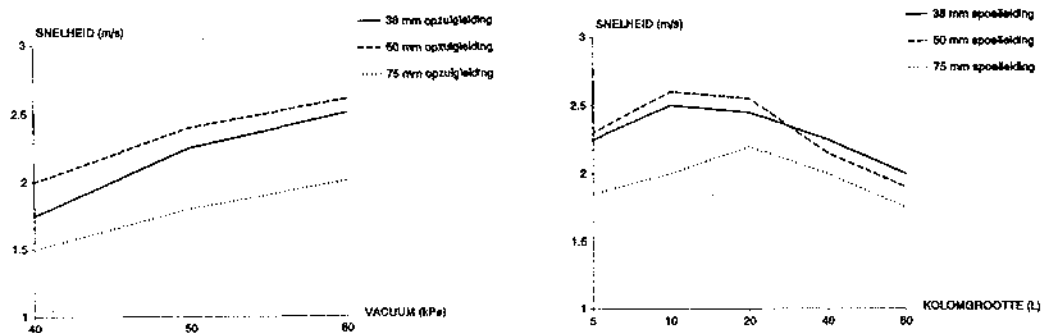
3.3.1 Opzuighoeveelheid van spoelleidingen

Met de besturingseenheid is het mogelijk om kleptijden in te stellen. Door deze

tijden te variëren ontstaan er verschillende waterkolomgroottes. Deze kolomgroottes zijn afhankelijk van het gekozen vacuüm, van de diameter van de opzuigleiding en van de melkleiding waarop de melkstellen zijn aangesloten. Voor elke combinatie is de opzuigsnelheid in liters per seconde bepaald. Dit is gemeten bij een opzuigtijd van 2, 4 en 6 seconden. De metingen zijn twee maal herhaald. De gemeten systemen zijn; spoelleiding (38, 32 en 30 mm $\varnothing$) en de spoelleiding rechtstreeks op de melkleiding (50 mm $\varnothing$ of 75 mm $\varnothing$). De uitkomsten van deze metingen met de bijbehorende grafieken zijn weergegeven in bijlage Ia tot Id. Uit de gegevens van de opzuighoeveelheid kan de snelheid van het water worden bepaald. Dit is de snelheid die in het eerste gedeelte van de leiding wordt behaald. Deze snelheid zal afnemen door weerstand in bochten. De snelheid van het water verder in het systeem wordt bepaald door weerstanden en dimensies. Om de snelheid te berekenen in de diverse spoelleidingen is de hoeveelheid opgezogen vloeistof in cm^3 per seconde gedeeld door het oppervlakte in cm^2 . In tabel 4 staat de snelheid in m/s, per opzuigleiding en per vacuümniveau bij wisselende opzuigtijden weergegeven. Bij een opzuigtijd kleiner dan 1 seconde is een vertraging waardoor minder wordt opgezogen. De snelheid is dan ook lager dan wanneer er langer wordt opgezogen. Vervolgens wordt er een optimum bereikt waar de snelheid het hoogst is. Bij een langere opzuigtijd (> 5 seconden, grote kolom) neemt de hoeveelheid per seconde af. De door het drukverschil te verplaatsen massa is groter waardoor de opzuigkracht afneemt, de snelheid neemt dan ook af. Bij toenemende diameter neemt de snelheid af. Het verhogen van vacuüm van 40 naar 50 kPa geeft een snelheidsverhoging van 17 %. Een vacuümverhoging van 40 naar 60 kPa geeft 25 % snelheidsverhoging. Dit geldt voor alle drie de opzuigleidingen. De snelheidsverhoging door het vormen van kolommen en het inlaten van lucht is tussen een kolom van 60 ℓ en 20 ℓ 25 % meer snelheid bij de kleine kolom.

Tabel 4 Vloeistofsnelheden (m/s) in verschillende spoelleidingen bij verschillende vacuüm niveaus (kPa) en kolomgrootte (l)

Vacuümniveau en kolomgrootte		2 x 38 mm opzuigleiding opp. 22 cm ²	50 mm opzuigleiding opp. 20 cm ²	75 mm opzuigleiding opp. 44 cm ²
40 kPa	10 l	1,75	2,00	1,50
50 kPa	10 l	2,25	2,40	1,80
60 kPa	10 l	2,50	2,60	2,00
60 kPa	5 l	2,25	2,30	1,85
60 kPa	10 l	2,50	2,60	2,00
60 kPa	20 l	2,45	2,55	2,25
60 kPa	40 l	2,25	2,15	2,00
60 kPa	60 l	2,00	1,90	1,70



Figuur 8a,b Snelheid van water (m/s) in diverse spoelleidingen bij verschillende vacuümniveaus (in kPa, figuur 8a) en verschillende kolomgroottes (in l, figuur 8b)

3.3.2 Dimensies van de melkleidinginstallatie

Om te kunnen bepalen waar de stroming van het spoelwater wordt belemmerd door een beperkt doorstroomoppervlak, zijn van de totale melkleidinginstallatie binnendiameters bepaald. Aan de hand hiervan kunnen de doorstroomoppervlakken

op bepaalde plaatsen in de installatie worden berekend. Wanneer een leiding op een bepaalde plaats wordt gesplitst, dan wordt het doorstroomoppervlak van een onderdeel van de installatie vermenigvuldigd met het aantal gesplitste onderdelen. Omdat de zuig-rustslag verhouding 50:50 is en het pulsatiesysteem alternatief is, is er bij de berekening vanuit gegaan dat de helft van de tepelvoeringen open en de andere helft dicht is. Het doorstroomoppervlak van de onderdelen waarvan er vier per melkstel aanwezig zijn, is daarom vermenigvuldigd met twee keer het aantal melkstellen in plaats van vier keer. In bijlage Xa zijn de diameters en de doorstroomoppervlakken weergegeven van de proefmelkstal. De nummers van de onderdelen in deze bijlage corresponderen met de afbeeldingen in bijlage Xb. Het is nu mogelijk om een knelpunt binnen de totale installatie op te sporen. Zo'n knelpunt zou een belemmering in de stroming van de vloeistof kunnen zijn tijdens de reiniging van de installatie. De vloeistofsnelheid kan op plaatsen met een kleine doorstroomopening toenemen. Uit de gegevens is op te maken dat de jetters een mogelijk knelpunt kunnen vormen en dat hier dan ook binnen de uitvoering van de proef rekening mee gehouden kan worden.

Om enig inzicht te krijgen in de grootte van een knelpunt in de melkleidinginstallatie kan het effect worden onderzocht van het opheffen of verminderen van de storende factor.

Zo worden niet alleen kwantitatieve eigenschappen van de installatie bepaald maar ook kwalitatieve eigenschappen die kunnen bijdragen tot het optimaliseren van het spoeeffect.

4 RESULTATEN EN DISCUSSIE

Tijdens de voorbereiding van de proef zijn een aantal kleinere proeven gedaan. Deze proeven waren nodig om meer inzicht te krijgen in de eigenschappen van de installatie en de aard van vervuiling. Vervolgens is het 50 mm systeem met en zonder melkmeetglazen doorgemeten. Dit 50 mm systeem is met hoog en laag liggende spoelleidingen van verschillende diameters doorgemeten. Vervolgens is het 75 mm systeem doorgemeten door eerst alleen de melkleiding en daarna alleen de melkstellen uit te spoelen. Ook zijn er metingen gedaan met melkproduktimeters op het 75 mm systeem. Daarnaast zijn er een aantal praktijkmetingen gedaan die in dit hoofdstuk worden besproken.

4.1 De vervuilingsoptlossing

De vervuiling van de melkleidinginstallatie moet simuleren dat er melk door de installatie is gestroomd. De melkleidinginstallatie moet dus gelijk worden vervuild als in de praktijk. Dit is belangrijk omdat er op deze wijze een zo reëel mogelijk beeld wordt verkregen van een uitspoelproces.

De meest natuurlijke manier is het circuleren van koewarme melk. Deze vervuilingsoptlossing heeft een aantal praktische nadelen. Om vetafzetting in de installatie te voorkomen zou de melk warm gehouden moeten worden. Bij hergebruik van melk vindt er een verdunning van de melk met water plaats waardoor de vervuiling niet standaard is. Daarnaast kan de melk op den duur bedervingsverschijnselen vertonen.

Omdat met de geleidbaarheidsmeter de ionen die in de oplossing aanwezig zijn gemeten worden, lijkt een electrolytoplossing een praktische standaard vervuiling. Het water met zout (keukenzout, NaCl) is snel klaar te maken en de geleidbaarheid is makkelijk op peil te houden. In een vergelijkende proef is gekeken of een zoutoplossing in water andere aanhechtings- en geleidbaarheidseigenschappen heeft dan melk en hoofdreinigingsoptlossing. Hiervoor is het 50 mm melkleidingsy-

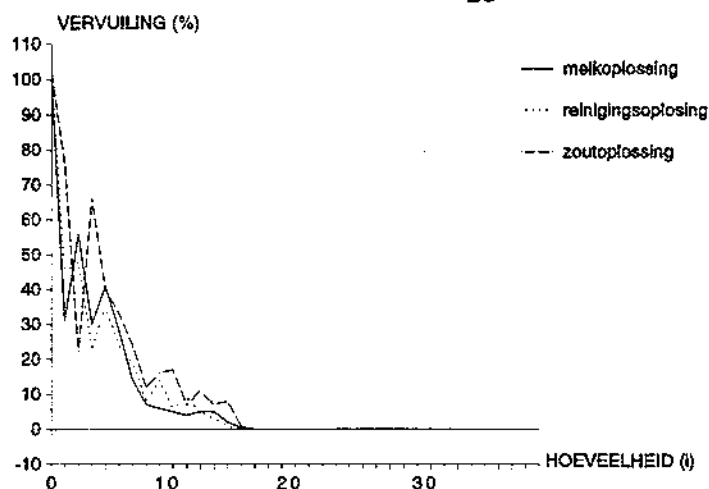
steem vervuild met warme halfvolle melk, een zoutoplossing en met een hoofdreinigingsoplossing. De vervuilingen hadden een geleidbaarheid van 5 mS/cm. Vervolgens zijn de vervuilingen uitgespoeld met 100 l water van 50 °C. Het vacuümniveau is 50 kPa en er is om de 20 l water lucht geïnjecteerd. De uitspoelcurves van de oplossingen zijn weergegeven in figuur 9. Deze curves liggen zo dicht bij elkaar dat geconcludeerd kan worden dat zoutoplossing, melk en hoofdreinigingsoplossing voor dit systeem en programma een vergelijkbaar uitspoelresultaat geven. Aangenomen wordt dat de duur van circulatie een beperkte invloed op de aanhechting van de vervuilingsoptoplossing, de oplossing moet alle delen van de installatie gelijkmatig bevochtigen. De temperatuur van de vervuilingsoptoplossing is 25 °C. De hier weergegeven resultaten zijn representatief voor een groter aantal vergelijkende proeven die zijn uitgevoerd.

De verschillende uitspoelvergelijkingen zijn in een variantie analyse statistisch met elkaar vergeleken. De resultaten van deze variantieanalyse staan in tabel 5.

Tabel 5 De hoeveelheid water (l) nodig om verschillende vervuilingsoptoplossingen uit te spoelen tot 1 % van de begin vervuiling

Variabelen	Liters bij 1 % vervuiling
Zoutoplossing (5 mS)	36,4 ^a
Melkoplossing (5 mS)	36,4 ^a
Reinigingsoplossing (5 mS)	36,5 ^a
Standaardfout	0,32

^a Verschillende letter(s) betekend een statistisch betrouwbaar verschil (P < 0,05)



Figuur 9 Uitspoelcurven met zoutoplossing in water, melk en hoofdreinigingsoplossing als vervuilingsooplossing

Programma: 20 l water - luchtinjectie
Opzuigen: 2 x 38 ø mm spoelleiding
Reinigen: 50 mm melkleiding
Vacuüm: 50 Kpa

Het uitspoelen van vervuiling wordt gedaan met een ruime hoeveelheid water om zeker te zijn dat alle vervuiling wordt uitgespoeld. Regelmatige controle door dubbel uit te voeren spoelingen tonen dit ook aan.

4.2 De plaats en hoeveelheid vervuiling

Voordat er met het meten van de uitspoelingscurve is begonnen is eerst bepaald waar de vervuiling zich in de melkleidinginstallatie bevindt. Hiervoor zijn de verschillende onderdelen van de installatie in delen uitgespoeld. Door nu de installatie met een oplossing van bekende geleidbaarheid te vervuilen, en dan elk onderdeel afzonderlijk uit te spoelen kan van de hoeveelheid spoelwater de begin- en eindgeleidbaarheid gemeten worden en kan teruggerekend worden hoeveel vervuiling achter is gebleven in het betreffende onderdeel. Uit praktische overwegingen zijn de volgende onderdelen afzonderlijk uitgespoeld. Van het 50 mm melkleidingsysteem zijn dit de melkstellen, melkmeetglazen, melkleiding en de luchtafscheider samen met pomp en persleiding. Van het 75 mm systeem zijn de

melkstellen, melkproduktimeters, melkleiding, luchtafscheider samen met pomp en persleiding afzonderlijk uitgespoeld. De resultaten staan in tabel 6 en 7.

Tabel 6 Hoeveelheid vervuiling (l en %) direct na het melken en na vijf minuten drainage op verschillende punten van het 50 mm systeem

PLAATS VAN VERVUILING	DIRECT NA MELKEN		NA 5 MIN. DRAINAGE	
	LITER	%	LITER	%
50 mm MELKLEIDING SYSTEEM				
6 melkstellen	0,2	4	0,2	8
6 melkmeetglazen (25 l)	0,1	2	0,1	4
Melkleiding (12 m)	2,9	56	1,9	80
Luchtafscheider (60 l), pomp en persleiding	2,0	38	0,2	8
TOTAAL	5,2	100	2,4	100

Tabel 7 Hoeveelheid vervuiling (l en %) direct na het melken en na vijf minuten drainage op verschillende punten van het 75 mm systeem

PLAATS VAN VERVUILING	DIRECT NA MELKEN		NA 5 MIN. DRAINAGE	
	LITER	%	LITER	%
75 mm MELKLEIDING SYSTEEM				
6 melkstellen	0,2	4	0,2	16
6 melkproduktimeters (2,5 l)	0,1	2	0,1	8
Melkleiding (12 m)	3,2	61	0,8	60
Luchtafscheider (45 l), pomp en persleiding	1,7	33	0,2	16
TOTAAL	5,2	100	1,3	100

Uit deze metingen komt naar voren dat de meeste (50 % tot 60 %) van de vervuiling in de melkleiding zit; dit geldt voor beide systemen. Door de melkleiding goed op afschot te leggen loopt het grootste gedeelte van de vervuiling naar de luchtafscheider. Verder valt op dat het verschil in hoeveelheid vervuiling in de melkleiding voor een zeer groot deel wordt bepaald door de tijd dat er drainage plaats vindt. Vijf minuten laten draineren onder vacuüm geeft een reductie van de hoeveelheid vervuiling in de melkleiding van 2,9 l naar 1,9 l bij het 50 mm systeem en van 3,2 naar 0,8 l bij het 75 mm systeem. Het 50 mm systeem heeft een afschot van -0,5 % tot +0,5 % waardoor veel vervuiling in de leiding achter blijft. Dit in tegenstelling tot het 75 mm systeem waar het afschot 0 % tot +0,5 % is. Daarnaast blijft er veel vervuiling achter in luchtafscheider, pomp en

persleiding. Deze vervuiling is gemakkelijk weg te halen door het plaatsen van een automatische drainageklep. In verhouding is er maar weinig vervuiling te vinden in de melkstellen, melkmeetglazen en melkproduktimeters, dit komt doordat deze hoger hangen dan de melkleiding waardoor de vervuiling kan uitzakken. De vervuiling die op deze plekken achterblijft bevindt zich op plaatsen die niet voldoende draineren zoals een schuin hangend melkstel of melkslangen met een lange bocht.

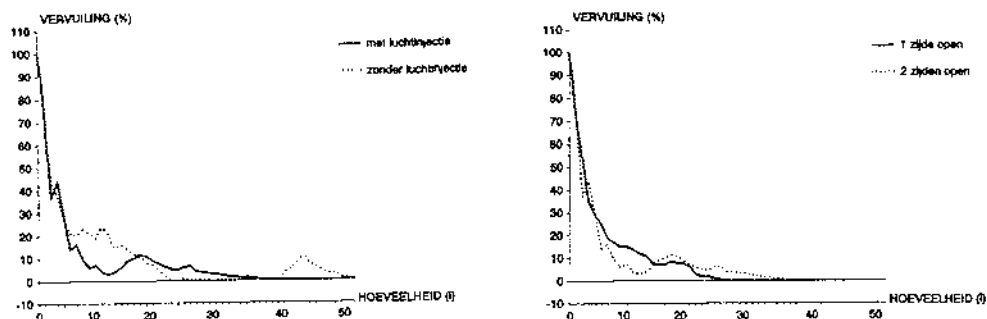
De totale hoeveelheid vervuiling die achter blijft in het systeem direct na het melken is vrij hoog, 5,2 l voor het 50 mm systeem en 5,2 l voor het 75 mm systeem. De oorzaak hiervan is het ontbreken van automatische drainage en een matig afschot van de 50 mm $\varnothing$ leidingen.

4.3 Metingen aan het 50 mm melkleidingsysteem

Voor de eerste serie metingen is gekozen voor het 50 mm melkleidingsysteem. Dit is gedaan omdat dit systeem eenvoudig is en het een veel voorkomend systeem is in de Nederlandse melkveehouderij.

Voor het 50 mm melkleidingsysteem zijn een aantal inleidende metingen gedaan. Het voorspoelen en naspoelen gebeurt in de praktijk veelal door het spoelwater op te zuigen via een spoelleiding op de melkstellen. Bij een 50 mm systeem wordt soms gebruik gemaakt van een aparte opzuigleiding en een aparte luchtinjector op de melkleiding naast de luchtafscheider (voor de proefstal zijn beide mogelijk). De eerst uitspoelcurve laat het effect van luchtinlaat op de spoelleiding tijdens de spoeling zien. De uitspoeling waarbij lucht wordt ingelaten is bij 35 l schoon (0 % vervuiling). De uitspoeling waarbij alleen aan het eind lucht wordt ingelaten (als de spoelbak leeg is, is na 35 l nog niet schoon (figuur 10a). Doordat het spoelwater via twee zijden in de luchtafscheider kan stromen blijft er vervuiling achter in de dode hoek tegenover de luchtafscheider. Deze hoeveelheid vervuiling komt vrij als aan het einde lucht wordt gezogen. In figuur 10a is dit te zien aan de toename van vervuiling bij 40 l. Door tijdens de spoeling lucht in te laten wordt bereikt dat het

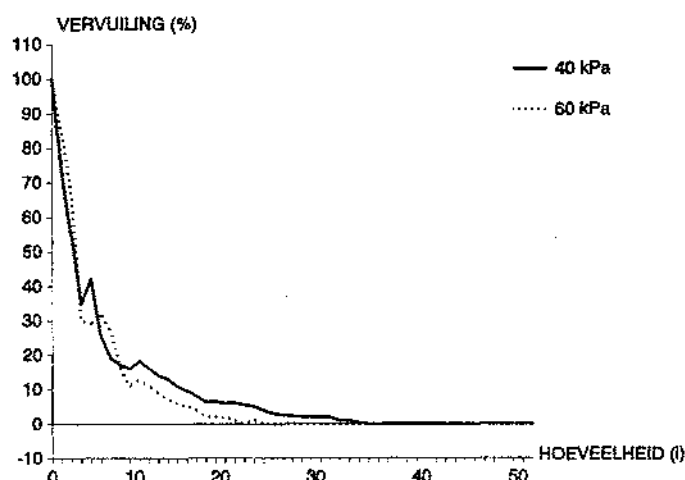
spoelwater in de dode hoeken komt en zo de vervuiling uitspoelt.



Figuur 10a,b Uitspoelcurve met en zonder luchtinjectie (10a) en een uitspoelcurve met 1 en zijden open (10b)

Door één kant van de luchtafscheider voor ongeveer 90% af te sluiten ontstaat een systeem waarbij het spoelwater de melkleiding rond gaat. Figuur 9b laat het effect van eenzijdige afsluiting zien.

De uitspoelcurve laat zien dat bij uitspoeling met rondgaand spoelwater (1 zijde open) er 20 l water wordt verbruikt om 0% vervuiling te bereiken. Uitspoelen via twee zijden gebruikt 30 l water om 0% vervuiling te bereiken.



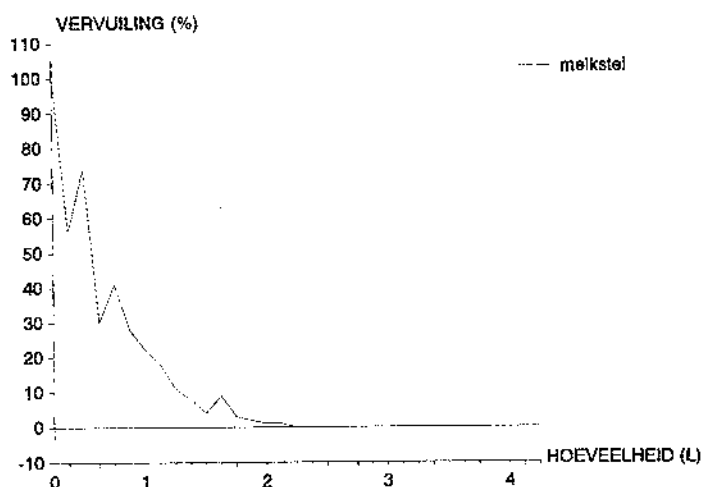
Figuur 11 Uitspoelcurve bij 40 kPa en bij 60 kPa

Figuur 11 laat het verschil in uitspoelen zien bij verschillend vacuümniveau. Bij deze uitspoelcurve is de installatie aan 1 zijde afgesloten en zijn er om de 20 l luchtinjecties toegepast. De uitspoeling bij 60 kPa is na ongeveer 25 l schoon terwijl de uitspoeling bij 40 kPa pas bij 33 l schoon is.

De lengte van de luchtinlaat (2 of 8 seconden) geeft bij de gekozen proefopzet geen significant verschil. Hierbij is wel belangrijk dat er een voldoende lange rustperiode (>10 seconden) tussen de kolommen wordt aangehouden. Het spoelwater moet tijdig naar de luchtafseparator stromen voordat de volgende kolom wordt ingelaten. Bij een langere luchtinlaat > 10 seconden kan de rustperiode vervallen. De invloed van de langere luchtinlaat op de temperatuur van het water is tot nog toe onbekend. De snelheid van het water wordt bepaald door het drukverschil. Bij grotere hoeveelheid lucht wordt het drukverschil niet nog groter. Het maximaal haalbare voor de proef is 0 <-> 60 kPa.

Spoelen van melkstellen

Bij het uitspoelen van de zes melkstellen moet in totaal 0,2 ℓ vervuiling worden uitgespoeld. De vervuiling bevindt zich voornamelijk in de melkklauw. Figuur 12 laat een uitspoelcurve van een melkstel zien. Uit het melkstel moet 0,033 ℓ (0,2 ℓ / 6 melkstellen) vervuiling uitgespoeld worden. Hiervoor is 2 ℓ spoelwater nodig. Bij het uitspoelen van een melkstel speelt het effect van verdringen een kleine rol. In de melkklauw is door een aparte luchtinlaat veel turbulentie waardoor spoelwater en vuil volledig mengen. Er vindt een uitspoeling plaats door verdunning. Als het melkstel wordt gespoeld door alleen verdunnen is na gebruik van 2 ℓ spoelwater nog 0,033 ℓ met 1,65 % vervuiling aanwezig. In de melkslang kan de hoeveelheid vervuiling weer door verdringing worden uitgespoeld.



Figuur 12 Een uitspoelcurve van een melkstel met lange melkslang

Omdat er voor het spoelen van het complete 50 mm melkleidingsysteem meer spoelwater nodig is dan 6 keer 2 ℓ , zullen de melkstellen, bij een goede verdeling altijd voldoende spoelwater krijgen. De melkstellen krijgen als eerst spoelwater zodat gespoeld wordt met schoon water.

Spoelen via 2 laagliggende 38 mm spoelleidingen

Bij het spoelen bij hoog vacuüm (60 kPa) en kleine kolommen (20 en 12 ℓ) oefent water een grote kracht uit op de installatie. De rubber / glas verbindingen zijn met slangklemmen extra vastgezet. De uitkomsten (gemiddelde van twee herhalingen) zijn weergegeven in bijlage III.

Tabel 8 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende vacuüm niveaus

Variabelen	
40 kPa	32,4 ^a
50 kPa	29,8 ^{ab}
60 kPa	24,4 ^b
Standaardfout	2,76

^{ab} Verschillende letters betekent een statistische betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Gebruik van een hoog vacuüm (60 kPa) geeft een significant lager water verbruik. De hoeveelheid water is de helft van de norm (50 ℓ) die gebruikt zou moeten worden.

Tabel 9 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgrootte

Variabelen	
1 x 60 ℓ	29,9 ^a
3 x 20 ℓ	28,3 ^a
5 x 12 ℓ	24,2 ^a
Standaardfout	3,09

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Er is in deze situatie geen significant effect van kolommen. De resultaten van de drie kolomgroottes worden beïnvloed door het effect van vacuüm (tabel 8). De hoeveelheid water bij 1 kolom van 60 ℓ, 40 kPa is 37,6 ℓ. Het laagste waterverbruik wordt gerealiseerd bij 1 kolom van 60 ℓ 60 kPa. (tabel 10). Bij gebruik van te kleine kolommen kan de verdeling negatief beïnvloed worden. De verdeling van

spoelvroestof over de melkstellen is niet gemeten, door visuele beoordeling in de glazen spoelleiding zijn hier wel opmerkingen over te maken. Bij gebruik van 1 kolom van 60 ℓ krijgen alle melkstellen ongeveer gelijktijdig en evenveel water. Bij gebruik van kleinere kolommen blijft de verdeling goed. Bij kolommen die kleiner zijn dan de inhoud van de spoelleiding waar de melkstellen op aangesloten zijn krijgt het laatst aangesloten melkstel meer water dan het eerste aangesloten melkstel. De kolom water schiet door naar dit laatste melkstel en komt tot stilstand bij het laatste melkstel. Voor de lage 38 mm spoelleiding geldt een minimale kolomgrootte van 6 ℓ. De in te laten hoeveelheid spoelwater bij de dubbele opzuigleiding is dan 12 ℓ

Tabel 10 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	1 x 60 ℓ	3 x 20 ℓ	5 x 12 ℓ
40 kPa	37,6 ^d	31,7 ^{cd}	30,6 ^{abcd}
50 kPa	23,5 ^{ab}	31,5 ^{bcd}	31,1 ^{bcd}
60 kPa	22,7 ^a	25,8 ^{abc}	24,8 ^{abc}
Standaardfout	5,3		

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Spoelen via 1 hoogliggende 32 mm spoelleiding

Tabel 11 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende vacuümniveaus

Variabelen	
40 kPa	36,7 ^a
50 kPa	34,6 ^{ab}
60 kPa	34,4 ^b
Standaardfout	1,16

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Tussen het spoelen bij 40 en 60 kPa zit een significant verschil. Opvallend is het niveau verschil t.o.v. het spoelen met een dubbele lage 38 mm spoelleiding. Een enkele hoge 32 mm spoelleiding heeft gemiddeld 6,8 ℓ meer water nodig. Dit verschil kan aan 3 factoren liggen; 1 de diameter, 2 de enkele leiding, 3 de hoogte.

Tabel 12 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes

Variabelen	Liters bij 1 % vervuiling
1 x 60 ℓ	36,9 ^a
6 x 10 ℓ	36,5 ^a
10 x 6 ℓ	33,2 ^b
Standaardfout	1,30

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Het spoelen in kolommen heeft een significant effect op de hoeveelheid water. De kleine kolommen vragen een lager waterverbruik om 1 % van de beginvervuiling te bereiken. De kleinst mogelijke kolom om een goede verdeling te behouden is 6 ℓ. Het spoelen met een enkele leiding kost meer tijd, er wordt minder water per tijdseenheid opgezogen (bijlage I).

Tabel 13 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes en drie vacuüm niveaus

Variabelen	1 x 60 ℓ	6 x 10 ℓ	10 x 6 ℓ
40 kPa	38,8 ^c	38,7 ^c	33,8 ^{ab}
50 kPa	37,3 ^{bc}	32,2 ^a	35,7 ^{abc}
60 kPa	34,6 ^{abc}	33,8 ^{ab}	35,0 ^{abc}
Standaardfout	2,25		

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

De resultaten in tabel 13 laten zien dat het laagste waterverbruik wordt gerealiseerd bij of toepassen van een vacuüm verhoging naar 60 kPa of spoelen in kolommen van 6 ℓ.

Spoelen via twee hoogliggende 32 mm spoelleidingen

Tabel 14 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende vacuümniveaus

Variabelen	
40 kPa	37,1 ^a
50 kPa	31,9 ^b
60 kPa	29,5 ^b
Standaardfout	2,04

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Tabel 15 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	
60 ℓ	35,2 ^a
20 ℓ	32,1 ^{ab}
12 ℓ	29,0 ^b
standaardfout	2,28

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Zowel het verhogen van het vacuüm van 40 naar 50 of 60 kPa als het spoelen in vijf kolommen van 12 ℓ heeft een significante invloed op de hoeveelheid spoelwater.

Tabel 16 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	1 x 60 ℓ	3 x 20 ℓ	5 x 12 ℓ
40 kPa	37,1 ^b	34,2 ^{ab}	29,6 ^a
50 kPa	36,4 ^{ab}	31,9 ^{ab}	29,9 ^a
60 kPa	32,2 ^{ab}	30,2 ^{ab}	32,5 ^{ab}
Standaardfout	3,50		

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

In tabel 17 zijn de resultaten van het spoelen zonder melkmeetglazen met verschillende spoelleidingen weergegeven. Bij de standaard manier van spoelen (1 kolom bij 40 kPa) is bij de twee hoogliggende geteste spoelleidingen $\pm 38 \ell$ water nodig. Bij de laag liggende 38 mm leiding is 32 ℓ nodig. Dit is 75 % tot 65 % van de norm. De eerder genoemde regel waarin wordt gesteld dat de voor- en naspoeling 75 % van de norm mag zijn wordt hiermee bevestigd. Door de geteste spoeltechnieken zoals spoelen in kolommen en verhogen van het vacuüm wordt een reductie van 50 % van de norm gehaald. Spoelen met een dubbele spoelleiding geeft grotere reducties dan spoelen met een enkele spoelleiding.

Tabel 17 Hoeveelheid water (ℓ en %) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende spoelleidingen

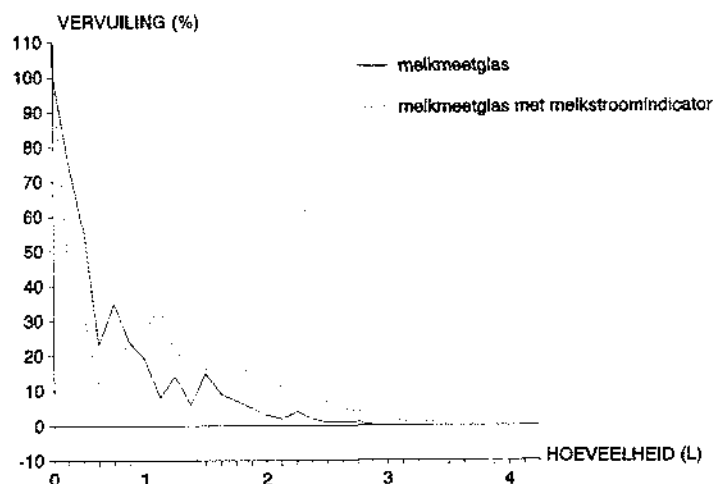
Spoelleiding	Norm (ℓ)	Minimaal effect (ℓ)	Maximaal effect (ℓ)	Vacuüm effect (ℓ)	Kolommen effect (ℓ)
2 x 38 mm	50	38 (24%)	23 (54%)	25 (50%)	30 (40%)
1 x 30 mm	50	39 (22%)	33 (34%)	35 (30%)	33 (34%)
2 x 32 mm	50	37 (26%)	30 (40%)	32 (36%)	30 (40%)

4.4 Metingen aan het 50 mm systeem met melkmeetglazen

Spoelen van melkmeetglazen

De hoeveelheid vervuiling die uitgespoeld moet worden is 0,017 ℓ per melkmeetglas. Een derde van het spoelwater wordt via een T-stuk of een rechtstreekse aansluiting op de spoelleiding naar de melkmeetglazen gestuurd. De toevoer van dit water zit bovenop het glas. Een klein schildje zorgt ervoor dat het water langs de wand van het glas loopt. De overige tweederde gaat via het melkstel en komt daarna via de zijkant in het melkmeetglas. Uiteindelijk gaat al het spoelwater door het melkmeetglas. Als de afvoer van het melkglas groot genoeg is kan het spoelwater direct worden afgevoerd naar de melkleiding. Als dit niet het geval is ontstaat er een verdunning van spoelwater en vervuiling. In dit geval is het spoelen in kolommen een manier om meer tijd te geven om de verdunning te voorkomen. Een voldoende grote afvoer geeft een snellere uitspoeling dan een kleine afvoer. In figuur 13 is een uitspoelcurve van een melkmeetglas met melkstel, en een

melkmeetglas met melkstel en melkstroomindicator weergegeven.



Figuur 13 Uitspoelcurve van een melkmeetglas met en zonder melkstroomindicator

Het uitspoelen van een melkmeetglas met melkstel vraagt 2,75 ℓ . Bij gebruik van een melkstroomindicator die het afnametijdstip van een melkstel kan bepalen moet hier nog eens 0,5 ℓ per melkstroomindicator bij op worden geteld. De totale uit te spoelen hoeveelheid vervuiling per melkstel met melkmeetglas is 0,05 ℓ . Verdunning van vervuiling en spoelwater geeft een vervuilingpercentage van 1,8%.

Spoelen via 1 hoogliggende 32 mm spoelleiding

Voor de metingen zijn zes melkmeetglazen met ieder een inhoud van 25 ℓ geplaatst. Bij dit systeem zijn geen melkstroomindicatoren gemonteerd. Vergelijking met de resultaten van paragraaf 4.3 waar de zelfde uitspoelproef is gemeten zonder melkmeetglazen geeft het effect van deze melkmeetglazen op de hoeveelheid uitspoelwater. Er wordt gebruik gemaakt van de enkele 32 mm $\varnothing$ spoelleiding. De uitvoering van de proef is gelijk aan beide voorgaande proeven.

Tabel 18 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende vacuümniveaus

Variabelen	
40 kPa	36,9 ^a
50 kPa	36,0 ^{ab}
60 kPa	34,1 ^b
Standaardfout	1,32

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

De resultaten zijn vergelijkbaar met de meting zonder melkmeetglazen (paragraaf 4.3). De melkmeetglazen vragen ± 1 ℓ meer water. Het effect van vacuüm is bij verhoging van 40 naar 60 kPa significant.

Tabel 19 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes

Variabelen	
1 x 60 ℓ	37,4 ^a
6 x 10 ℓ	35,3 ^a
10 x 6 ℓ	35,2 ^a
Standaardfout	1,70

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Er is geen significant effect aangetoond door het spoelen in kolommen, wel is er een trend dat bij kleine kolommen minder water nodig is. De afvoer van de melkmeetglazen naar de melkleiding is voor de proefstal voldoende groot om buffering in het melkmeetglas tegen te gaan. Als deze afvoer kleiner is ontstaat er een buffer van spoelwater en vervuiling in het melkmeetglas en vraagt het uitspoelen meer water.

Tabel 20 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgrootte en drie vacuüm niveaus

Variabelen	1 x 60 ℓ	6 x 10 ℓ	10 x 6 ℓ
40 kPa	41,7 ^c	34,6 ^{ab}	36,8 ^{bc}
50 kPa	41,6 ^c	34,3 ^{ab}	34,9 ^{ab}
60 kPa	28,9 ^a	34,1 ^{ab}	33,8 ^{ab}
Standaardfout	2,94		

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil (P < 0,05)

Het verhogen van het vacuüm naar 60 kPa heeft het grootste effect op de hoeveelheid benodigd spoelwater.

Spoelen via twee hoogliggende 32 mm spoelleiding

Tabel 21 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie vacuüm niveaus

Variabelen	
40 kPa	36,9 ^a
50 kPa	33,2 ^{ab}
60 kPa	30,8 ^b
Standaardfout	2,34

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil (P < 0,05)

Het spoelen met een vacuüm van 60 kPa heeft een significant effect op de hoeveelheid water om tot 1 % vervuiling uit te spoelen.

Tabel 22 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgrootte

Variabelen	
60 ℓ	35,2 ^a
20 ℓ	34,4 ^a
12 ℓ	32,1 ^a
Standaardfout	2,62

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil (P < 0,05)

Spoelen in kolommen geeft evenals bij de enkele hoge 32 mm spoelleiding geen significante verschillen te zien. Bij het spoelen in kolommen is wel een positieve trend zichtbaar.

Tabel 23 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	1 x 60 ℓ	3 x 20 ℓ	5 x 12 ℓ
40 kPa	41,9 ^c	38,2 ^{bc}	33,6 ^{ab}
50 kPa	33,2 ^{ab}	35,0 ^{abc}	31,0 ^{ab}
60 kPa	30,6 ^{ab}	30,0 ^a	31,7 ^{ab}
Standaardfout	3,54		

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

In tabel 24 zijn de resultaten van het spoelen met melkmeetglazen met verschillende spoelleidingen weergegeven. Bij de standaard manier van spoelen (1 kolom bij 40 kPa) is bij de twee geteste spoelleidingen 42 ℓ water nodig. Dit is 84 % van de norm. De eerder genoemde regel waarin wordt gesteld dat de voor- en naspoeling 75 % van de norm mag zijn gaat voor een melkleidinginstallatie met melkmeetglazen niet op. Een melkleidinginstallatie met melkmeetglazen vraagt meer water dan een melkleidinginstallatie zonder melkmeetglazen. Het verschil is bij een standaard spoeling (1 kolom bij 40 kPa) 3 ℓ. Per melkglas (zonder melkstroombindicator) is 0,5 ℓ extra nodig. Vergelijking van de gemiddelde van de twee proeven geeft een verschil tussen spoelen met en zonder melkmeetglazen van 0,8 ℓ. Door de geteste spoeltechnieken zoals spoelen in kolommen en verhogen van het vacuüm wordt een reductie van 40 % van de norm gehaald. Vacuüm verhogen heeft bij gebruik van niet bufferende melkglazen (voldoende afvoer) een gunstiger effect dan spoelen zonder melkmeetglazen. Met melkmeetglazen is 35 - 40 % reductie haalbaar terwijl zonder melkmeetglazen 30 - 35 % reductie mogelijk is. Het spoelen in kolommen heeft bij de installatie zonder melkmeetglazen een groter reductie (35 - 40 %) dan bij een installatie met melkmeetglazen (30 - 35 %). Een verklaring hiervoor kan zijn de snelheidsverandering die in het melkglas ontstaat bij het spoelen in kolommen. Bij het hoge vacuüm blijft de snelheid makkelijker gehandhaafd mede door de vacuümbuffer in het melkmeetglas.

Tabel 24 Hoeveelheid water (ℓ en %) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij verschillende spoelleidingen

Spoelleiding	Norm (ℓ)	Minimaal effect (ℓ)	Maximaal effect (ℓ)	Vacuüm effect (ℓ)	Kolommen effect (ℓ)
1 x 30 mm	50	42 (16%)	29 (42%)	29 (42%)	35 (30%)
2 x 32 mm	50	42 (16%)	30 (40%)	30 (40%)	33 (34%)

Overige variatie aan het 50 mm systeem

De proef is uitgevoerd met de lage 38 mm spoelleiding zonder melkmeetglazen. In deze proef is gekeken naar het effect van extra luchtinjectie rechtstreeks op de melkleiding. Programma A en B (tabel 25) zijn beide uitgevoerd bij 40 kPa en er wordt 1 x 60 ℓ water gebruikt.

Bij programma B wordt om de 10 seconde 4 seconde lucht geïnjecteerd op de melkleiding. Door deze luchtinjectie loopt het spoelwater sneller naar de luchtafscheider en is er minder spoelwater nodig om tot 1 % vervuiling te komen. Als de zelfde luchtinjectie wordt gegeven bij het programma D dan is er geen positief effect waarneembaar. In dit geval voegt het niets extra's toe.

Tabel 25 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij vier verschillende programma's

Programma	
A 1 x 60 ℓ, 40 kPa	38,2 ^a
B 1 x 60 ℓ, 40 kPa, elke 10 sec. 4 sec. luchtinjectie op de melkleiding	33,4 ^b
Standaardfout	2,17
C 3 x 20 ℓ, 60 kPa	25,4 ^a
D 3 x 20 ℓ, 60 kPa, elke 10 sec. 4 sec. luchtinjectie op de melkleiding	25,2 ^a
Standaardfout	2,02

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Bij de proef waar naast luchtinjectie ook extra water op de melkleiding is toegelaten, is een hoger waterverbruik waargenomen. Verklaring hiervoor kan zijn dat er in de 50 mm melkleiding ook zonder extra water kolommen ontstaan. Het

water dat via de melkstellen loopt is ruim voldoende om de melkleiding schoon te spoelen. Voor ruimere diameters melkleiding en of langere melkleidingen met een kleine water toevoer per meter melkleiding kan een luchtinjectie op de melkleiding een belangrijke positieve bijdrage leveren.

4.5 Metingen aan het 75 mm melkleidingsysteem

Voor de metingen aan het 75 mm systeem is uitgegaan van het zelfde principe als bij het 50 mm systeem. Het verschil hier is dat het systeem in twee delen is gesplitst, melkleiding en melkstellen worden apart gespoeld. De verwachting is dat door een aparte spoelleiding rechtstreeks op de ruim gedimensioneerde 75 mm melkleiding aan te sluiten deze leiding makkelijker gespoeld kan worden. Het spoelen met een aparte spoelleiding geeft een grotere kans op het vormen van kolommen in de melkleiding. In eerste instantie wordt alleen de melkleiding doorgemeten, daarna worden de melkstellen en de leiding gecombineerd gespoeld.

Als laatste meting wordt gebruik gemaakt van een extra voorziening (extra slang op de spoelleiding die de melkleiding van water voorziet) op de bestaande spoelleiding. De gebruikte spoelleiding is de dubbele laagliggende 38 mm $\varnothing$ spoelleiding. De hoogliggende spoelleidingen zijn uit praktische overweging voor dit systeem niet doorgemeten.

Spoelen via spoelleiding op de melkleiding

Bij de metingen waar alleen de melkleiding wordt gespoeld is gebruik gemaakt van een andere analyse methode. De uitspoelcurve bij deze meting verlopen zo steil dat de eerder gebruikte "gefitte curve" niet gebruikt kan worden. In paragraaf 3.2.3 is deze methode besproken.

De overige uitgangspunten zijn gelijk. Bij de eerste meting is gebruik gemaakt van een 75 mm opzuigleiding waarmee de 75 mm melkleiding gespoeld wordt. Er worden kolommen van 37, 25 15 en 10 l gebruikt. De kolom kan via een glazen

gedeelte in de melkleiding worden beoordeeld, waarbij opvalt dat de grote kolommen een lagere snelheid hebben dan de kleine kolommen. De snelheid is soms zo laag dat de bovenkant van de leiding nauwelijks wordt geraakt.

Tabel 26 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie vacuüm niveaus

Variabelen	
40 kPa	22,5 ^a
50 kPa	21,6 ^a
60 kPa	20,7 ^a
Standaardfout	1,33

Bij het spoelen van de 75 mm melkleiding is geen gebruik gemaakt van een kolom van 75 ℓ. De capaciteit van de luchtafscheider is hier te klein voor, gevolg zou zijn dat de luchtafscheider overloopt en de overloopbeveiliging het vacuüm afsluit.

Bij het spoelen met een verhoogd vacuüm vindt er geen snellere uitspoeling plaats.

Tabel 27 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij vier verschillende kolomgroottes

Variabelen	
2 x 37 ℓ	29,0 ^a
3 x 25 ℓ	19,2 ^b
5 x 15 ℓ	20,5 ^b
7 x 10 ℓ	17,8 ^b
Standaardfout	1,53

Kolommen van 25 ℓ tot 10 ℓ geven de snelste uitspoeling. Hier geeft de kolom van 25 ℓ een dichte waterkolom te zien waar geen luchtballen in zitten. De kolom van 10 ℓ is een mengsel van water en luchtballen.

Tabel 28 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij vier verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	2 x 37 ℓ	3 x 25 ℓ	5 x 15 ℓ	7 x 10 ℓ
40 kPa	32,5 ^d	22,5 ^{bcd}	18,0 ^{ab}	17,0 ^a
50 kPa	26,5 ^{da}	18,0 ^{ab}	23,0 ^{cde}	19,0 ^{ab}
60 kPa	28,0 ^{df}	17,0 ^a	20,5 ^{ab}	17,5 ^{ab}
Standaardfout	2,65			

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Tabel 26 laat zien dat er voor de totale proef geen vacuümeffect is, in tabel 28 zien we dat er bij de grote kolommen (2 x 37 ℓ en 5 x 25 ℓ) wel een vacuümeffect is. Dit effect wordt bij de kleinere kolommen teniet gedaan door het kolomeffect zelf. Voor het spoelen van een melkleiding alleen is er effect van kolommen en verhogen van het vacuüm.

Spoelen met combinatie van spoelleidingen

In deze paragraaf worden de resultaten uit paragraaf 4.3 "Spoelen van melkstellen" en paragraaf 4.5 "Spoelen van 75 mm melkleiding" met elkaar gecombineerd. Voor het uitspoelen van zes melkstellen is 2 ℓ per melkstel, in totaal is minimaal 12 ℓ nodig. De verdeling van spoelwater over de melkstellen moet goed zijn. Bij het spoelen in kolommen vraagt dit extra aandacht. Kolommen kleiner dan 15 ℓ beïnvloeden de verdeling negatief (visuele beoordeling).

In paragraaf 4.5 "Spoelen van 75 mm melkleiding" is gemeten dat het uitspoelen van een 75 mm melkleiding 20 ℓ water vraagt. Deze 20 ℓ wordt in dit geval enkel gebruikt voor het spoelen van de melkleiding. Voor de proefstal met relatief korte leidingen is het efficiënter om deze hoeveelheid ook door de melkstellen te laten stromen. Het spoelen van de gehele melkleidinginstallatie vraagt in dat geval minimaal 35 ℓ water (20 ℓ + 15 ℓ). Deze hoeveelheid is echter een minimum, waarbij een extra opzuigleiding een vereiste is. Om de bovenkant van de leiding voldoende te kunnen bevochtigen is kolomvorming een vereiste. Het spoelen met een extra aanvoer van water en lucht vanaf de spoelleiding op de melkleiding is een goed alternatief (paragraaf 2.2.3 het 75 mm systeem).

Spoelen via twee laag liggende 38 mm spoelleidingen

Tabel 29 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij drie verschillende vacuümniveaus

Variabelen	
40 kPa	33,0 ^a
50 kPa	28,9 ^b
60 kPa	26,8 ^c
Standaardfout	0,8

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

Verhogen van het vacuüm naar 50 kPa is voor deze situatie voldoende om significant minder spoelwater te gebruiken. 60 kPa gebruikt significant minder spoelwater dan 50 kPa.

Tabel 30 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij vier verschillende kolomgroottes

Variabelen	
1 x 75 ℓ	44,6 ^a
2 x 37 ℓ	32,9 ^b
3 x 25 ℓ	27,3 ^c
5 x 15 ℓ	26,3 ^c
Standaardfout	0,7

^{abcd} Verschillende letters betekent een statistisch betrouwbaar verschil ($P < 0,05$)

De kleinste kolommen geven de grootste reductie van spoelwater, hierbij is er geen significant verschil tussen kolommen van 25 ℓ en 15 ℓ. Bij gebruik van 1 kolom van 75 ℓ bij 60 kPa heeft de melkpomp een te kleine capaciteit om al het voorspoelwater tijdig door de meeteenheid te voeren. De vervuiling en het spoelwater werden gemengd in de luchtafscheider.

Tabel 31 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij vier verschillende kolomgroottes en drie vacuümniveaus

Variabelen	1 x 75 ℓ	2 x 37 ℓ	3 x 25 ℓ	5 x 15 ℓ
40 kPa	48,3 ⁱ	36,2 ^o	29,2 ^a	30,0 ^e
50 kPa	44,4 ⁱ	32,3 ⁱ	26,8 ^c	25,5 ^{ab}
60 kPa	40,1 ^h	30,3 ^{ef}	26,2 ^{bc}	23,3 ^a
Standaardfout	1,11			

Uit tabel 31 blijkt dat de uitspoeling in kolommen bij een hoog vacuüm het minst water gebruikt.

4.6 Metingen aan het 75 mm melkleidingsysteem met melkproduktimeters

Spoelen van melkproduktimeters

Bij gebruik van AFKIM melkproduktimeters vraagt de reiniging een grote hoeveelheid water omdat de meter volledig vol moet lopen met spoelwater. De constructie van de melkmeter laat niet toe dat het spoelwater via het deksel langs de wanden naar de afvoer loopt. Het meetprincipe van de melkproduktimeter berust op het feit dat de melkstroom direct tot rust komt in het meetgedeelte. Als de melk via het deksel naar beneden stroomt komt een deel van de melk via de overloop buiten het meetgedeelte van de melkproduktimeter. Het vollopen van de melkproduktimeter is daarom een vereiste voor een goede uitspoeling van vervuiling.

De melkproduktimeter wordt uitgespoeld door verdunning van vervuiling met spoelwater. De inhoud van deze melkproduktimeter is in totaal 2,7 ℓ (paragraaf 4.2). De melkproduktimeter is in serie geschakeld zodat de vervuiling van het melkstel in de melkproduktimeter terecht komt. De totale vervuiling per melkproduktimeter is 17 ml + 33 ml = 50 ml. Bij de uitspoeling vindt verdunning plaats met 2,7 ℓ spoelwater, de vervuiling na verdunning is dan 1,85 procent of 1 ml vervuiling. Na het vullen wordt de melkproduktimeter geleegd en blijft er van deze verdunning weer 17 ml achter. Het in serie geschakelde melkstel is na 2 ℓ

uitgespoeld zodat daar geen extra vervuiling meer bij komt. Na de verdunning zit er in de melkproduktiemeter nog maar 17 ml met 1,85 procent vervuiling. Na een tweede verdunning is de hoeveelheid vervuiling teruggebracht naar 0,01 procent vervuiling. Op deze manier is minimaal 5,4 ℓ ($2 \times 2,7 \ell$) per melkproduktiemeter nodig. Bij een optimale verdeling over de zes melkstellen is minimaal 33 ℓ ($6 \times 5,4 \ell$) nodig.

Spoelen via twee laag liggende 38 mm spoelleidingen

In de praktijk worden melkproduktiemeters gespoeld in de reinigingsstand. In deze stand lopen de melkproduktiemeters langzaam vol met spoelwater. De melkproduktiemeterklep tussen opvanggedeelte en melkmeetkamer opent om de acht seconden gedurende één seconde. De aanvoer van spoelwater is dan groter dan de afvoer van spoelwater. Afhankelijk van het aantal melkproduktiemeters en de snelheid van toevoer van water is er 5 - 7 ℓ spoelwater nodig om de melkproduktiemeter vol te laten lopen. Door een matige turbulentie aan de onderkant van de melkproduktiemeter blijft een deel van de vervuiling achter. Deze hoeveelheid kan pas weglopen als de afvoer groter is dan de toevoer van spoelwater. Bij gebruik van één grote kolom (zoals in de praktijk gebruikelijk) komt deze vervuiling pas aan het einde vrij. Figuur 14a geeft een uitspoelcurve in de reinigingsstand weer.

Voor de proefmetingen is een extra sturingsmogelijkheid op de melkproduktiemeter gebouwd. De melkproduktiemeterklep kan handmatig op een aantal verschillende standen worden gezet. Er is hierbij keuze uit de volgende standen:

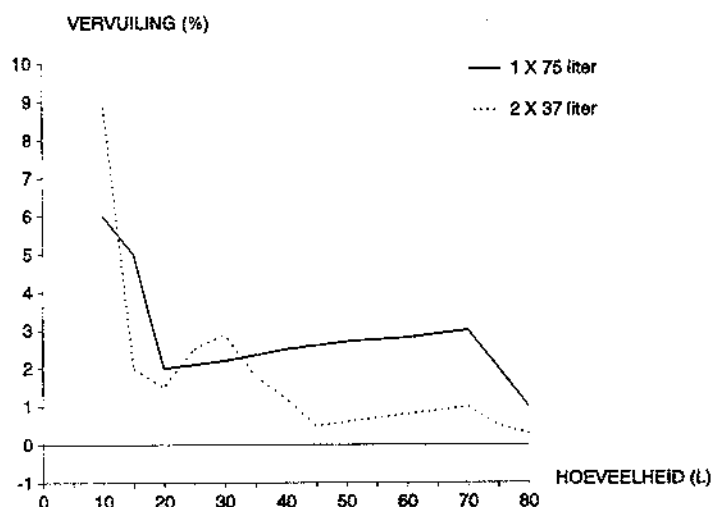
- Klep opent om de acht seconden (toevoer > dan de afvoer)
- Klep dicht (melkproduktiemeter loopt vol)
- Klep opent om de 1 seconde (toevoer < dan afvoer)

Door deze drie standen te gebruiken in combinatie met het spoelen in kolommen kan een groot aantal variaties worden uitgevoerd. De gehele installatie wordt in een keer gespoeld. Op de melkleiding worden na elke kolom en bij grote kolommen halverwege de kolom een luchtinjectie gegeven. In de stand waarbij om de acht seconden spoelwater afgevoerd wordt is een minimale kolomgrootte van 37 ℓ

nodig. Bij gebruik van een kleinere kolom komt de melkproduktiemeter niet volledig vol en wordt de bovenkant van de melkmeter niet gespoeld. In de stand waar de melkproduktiemeter dicht staat is een minimale kolomgrootte van 25 ℓ nodig. Ongeveer 7 ℓ van dit spoelwater loopt rechtstreeks in de melkleiding waarna lucht wordt geïnjecteerd. Bij deze kolomgrootte worden de melkproduktiemeters volledig gevuld met spoelwater. Bij een optimale verdeling van spoelwater is minimaal 17 ℓ (6 x 2,7 ℓ) nodig voor het vullen van de melkproduktiemeters. Deze optimale situatie wordt niet helemaal bereikt.

De proef wordt uitgevoerd met de kolomgroottes; 75, 37 en 25 ℓ. De vacuüm-niveaus zijn 40, 50 en 60 kPa. Achtereenvolgens worden de gekozen combinaties besproken.

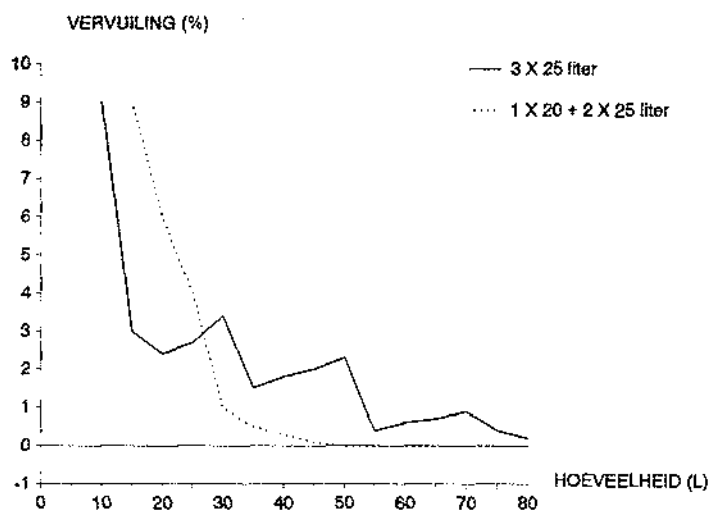
- **A** Dit is de reinigingscombinatie die in de praktijk wordt gebruikt. De afvoer door de klep is nu dermate traag dat de aanvoer groter is dan de afvoer. Dit geldt voor alle kolomgroottes die in deze proef gebruikt zijn. De overmaat aan spoelwater wordt via de overloop aan de zijkant van de melkproduktiemeter afgevoerd. De uitspoelcurve figuur 14a laat een constante lichte vervuiling zien die aan het einde toeneemt. De curve is gemeten bij 50 kPa en bij kolomgrootte van 1 x 75 ℓ waar vier maal lucht is geïnjecteerd op de melkleiding.
- **B** Deze combinatie is vergelijkbaar met A, er zijn nu twee kolommen water gebruikt. Uitspoelcurve 14a is bij twee kolommen van 37 ℓ. Tussen de twee kolommen is voldoende tijd gegeven om de melkproduktiemeters volledig leeg te laten lopen. De vervuiling wordt twee keer verdund en afgevoerd. De installatie is ook hier pas na 75 ℓ schoon. Het niveau van eindvervuiling is wel lager dan wanneer in een kolom van 75 ℓ wordt gespoeld.



Figuur 14a Uitspoelcurve met melkmetercombinatie A en B
Programma A: 1 x 75 l vacuüm 50 kPa
Programma B: 2 x 37 l vacuüm 50 kPa

- C De melkproduktiemetercombinatie A en B laten een verdunning van spoelwater en vervuiling zien. Door gebruik te maken van de sturing van de melkproduktiemeterklep kan deze verdunning worden verminderd. Door de klep of dicht of om de seconde open te zetten is spoelen met kleinere kolommen mogelijk. Figuur 14b geeft een uitspoelcurve bij 50 kPa waar de melkproduktiemeters vol lopen met spoelwater, de melkproduktiemeterklep is gesloten. Een kolom van 25 l vult alle melkproduktiemeters. De vervuiling wordt volledig verdund. De luchtinjectie die achter de kolom aan komt zorgt voor een redelijke turbulentie in de melkproduktiemeter. Als alle meters vol zijn wordt de melkproduktiemeter versneld geleegd. De stand is dan om de seconde openen. Dit wordt twee maal herhaald zodat 75 l spoelwater wordt gebruikt. Na 50 l is de meeste vervuiling (< 1 %) uitgespoeld.
- D De laatst geteste combinatie is vergelijkbaar met de voorgaande combinatie (C). Als eerste wordt een kleine kolom van 20 l door de melkproduktiemeter gezogen. De melkproduktiemeterklep opent om de seconde. De vervuiling

wordt door verdringing uitgespoeld. Als de meter volledig geleegd is wordt de melkproduktiemeterklep gesloten. De volgende kolom, nu van 25 l vult alle melkproduktiemeters, zodat de bovenkant wordt gespoeld. Figuur 14b geeft een weergave van de uitspoeling. De installatie is na de eerste twee kolommen (45 l) schoon.



Figuur 14b Uitspoelcurve met melkmetercombinatie C en D
Programma C: 3 x 25 l vacuüm 50 kPa
Programma D: 1 x 20 l + 2 x 25 l vacuüm 50 kPa

Resultaat van de vier besproken reinigingscombinaties is dat er naast het gebruik maken van kolommen een tweede manier is om het spoelwater te sturen. Programma D gebruikt het minste water. Door een juiste tijdsinstelling van de kleppen van de melkproduktiemeter is een efficiënter gebruik van spoelwater mogelijk. Hierbij is het vooral aantrekkelijk om de melkproduktiemeter niet te laten bufferen, zodat een goede verdringingsspoeling mogelijk is.

Vacuümeffect bij voorspoelen met melkproduktimeters

Bij de proefmetingen zijn er drie vacuümniveaus doorgemeten, 40, 50 en 60 kPa. Aan de hand van de meetgegevens is er geen significant verschil gevonden tussen de drie vacuümniveaus. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de vervuiling met verhoogd vacuüm efficiënter uitspoelt. In de melkleidinginstallatie van dit voorgaand onderzoek waren geen bufferende onderdelen opgenomen. De melkstellen voor de melkproduktimeters zullen waarschijnlijk wel sneller schoon zijn, maar vanwege de bufferende werking van de melkmeters is het niet mogelijk dit verschil te meten. Het verhogen van het vacuüm heeft geen effect op het uitspoelen van de melkresten in de melkproduktimeter, omdat het spoelwater met de extra snelheid die het heeft meegekregen door de melkproduktimeter wordt opgevangen en tot stilstand komt (buffering).

Voor en na deze buffering is er wel een verhoogde snelheid waarneembaar. En naar verwachting een snellere efficiëntere uitspoeling van vervuiling.

4.7 Doorstroommetingen

Spoelen met verschillende lengte van de spoelslang

Bij vergelijking tussen spoelen met een dubbele hoge 32 mm $\varnothing$ spoelleiding en een dubbele lage 38 mm $\varnothing$ spoelleiding komen een aantal verschillen naar voren. Het verschil in snelheid van uitspoelen kan veroorzaakt worden door het diameterverschil, door het hoogteverschil van de spoelleidingen of door het lengte verschil van de spoelslang. De lengte van de spoelslang is een onderdeel welke een groot verschil geeft; 0,5 meter tegenover 2,5 meter.

De lange spoelslangen die, normaal gesproken, behoren bij de hoogliggende spoelleiding zijn overgezet naar de lage spoelleiding. De metingen zijn uitgevoerd bij 50 kPa en in drie kolommen van 20 l. De eerste vergelijking is gedaan met de lage 38 mm spoelleiding. Aangesloten op het 50 mm systeem. De metingen zijn 3 keer herhaald.

Tabel 32 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij twee verschillende melkslanglengtes

Variabelen	
2,5 m spoelslang 38 mm ø spoelleiding	42,2 °
0,5 m spoelslang 38 mm ø spoelleiding	37,1 °
Standaardfout	3,09

Uit de tabel blijkt dat het gebruik van een lange of korte spoelslang geen significante verschillen oplevert. De trend die zichtbaar is kan worden verklaard door een grotere weerstand in de lange spoelslangen. Er is geen verschil in diameter en hoogte van de spoelleiding bij deze proef opzet.

Verskil in doorstroomoppervlakte jetterstel

Bij de tweede vergelijkende meting is gekeken naar het effect van verschillende jetterverdeelstukken en injectors op de snelheid van uitspoelen. Uit bijlage Xa en Xb blijkt dat het verdeelstuk naar de jetter UIT een vernauwing vormt voor de doorstroom van vloeistof in de installatie. Wanneer deze vernauwing wordt opgeheven zal vervolgens de injector problemen geven bij de doorstroom. Om het effect van beide vernauwingen op de snelheid van uitspoelen te kunnen bepalen, zijn jetters gebruikt met ruimere dimensies en zijn de gaatjes in de injectors gedeeltelijk uitgeboord. De dimensionering van de zo ontstane jetter is weergegeven in bijlage Xa. Als beide variabelen, oppervlak van de gaatjes en oppervlak van het verdeelstuk naar jetter UIT, in één proef worden ondergebracht, dan zal het effect van beide op de uitspoeling duidelijk worden. Voor de uitvoering van deze proef is een spoelprogramma gekozen waarbij kolommen zijn gebruikt van 15 ℓ, met daartussen luchtinjecties van acht seconden. Dit programma is gekozen omdat uit eerdere resultaten blijkt dat de uitspoeling die hierbij bereikt wordt het meest optimaal is voor de hier gebruikte melkleidinginstallatie (50 mm melkleiding, dubbele lage 38 mm ø spoelleiding). Het vacuüm is ingesteld op 50 kPa. De metingen zijn drie keer herhaald.

In onderstaande tabel is het effect weergegeven van het vergroten van het oppervlak van het verdeelstuk.

Tabel 33 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij twee verschillende verdeelstukken

Variabelen	
Verdeelstuk 235,6 mm ²	28,5 ^a
Verdeelstuk 603,2 mm ²	26,4 ^a
Standaardfout	4,12

Het vergroten van het doorstroomoppervlak in het verdeelstuk heeft bij het gekozen programma geen significante invloed op het aantal liters spoelwater bij 1 % vervuiling. Wordt het oppervlak van de gaatjes in de injecter vergroot, dan is wel een trend zichtbaar in de snelheid van uitspoelen, maar ook nu is er geen sprake van significante verschillen.

Tabel 34 Hoeveelheid water (ℓ) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling bij twee verschillende injecter diameter

Variabelen	
Injecter 435,8 mm ²	28,4 ^a
Injecter 912,9 mm ²	26,5 ^a
Standaardfout	4,12

Tabel 35 is een interactietabel waaruit het effect van oppervlaktevergroting van het verdeelstuk, in combinatie met oppervlaktevergroting van de gaatjes in de injecter duidelijk wordt.

Tabel 35 Hoeveelheid water (l) nodig om een zoutoplossing uit te spoelen tot 1 % van de beginvervuiling

Variabelen	Injetter 435,8 mm ²	injetter 912,9 mm ²
Verdeelstuk 235,6 mm ²	33,9 ^a	23,2 ^{ab}
Verdeelstuk 603,2 mm ²	22,9 ^{ab}	29,8 ^a
Standaardfout	3,83	

Bij de injetter met een doorstroomoppervlakte van 435,8 mm² is een significant effect op het aantal liters bij 1 % vervuiling tussen een verdeelstuk van 235,6 mm² en een verdeelstuk van 603,2 mm². Bij de injetter met het grote doorstroomoppervlak (912,9 mm²) is hier een negatieve trend zichtbaar. Het vergroten van het kleinste oppervlakte (vernauwing) kan dus een positief effect hebben op de snelheid van uitspoelen. Als beide worden vergroot zal, volgens de gevonden resultaten, de snelheid van de uitspoeling worden verminderd. Doordat beide variabelen in dimensie toenemen kan de vloeistofstroom zonder veel weerstand in vergelijking met de oude situatie, de melkstellen passeren, de snelheid neemt af, en de reinigende kracht van de vloeistof in de melkleiding, en voor een deel in de melkstellen, zal ook afnemen. Tijdens het voorspoelen was de hoeveelheid passerende vloeistof zo groot dat jetters van de tepelbekers werden afgedrukt. Bij gebruik van een minder goed voorspoelprogramma (laag vacuüm geen kolommen) zouden de verschillen groter kunnen zijn.

4.8 Praktijkmetingen

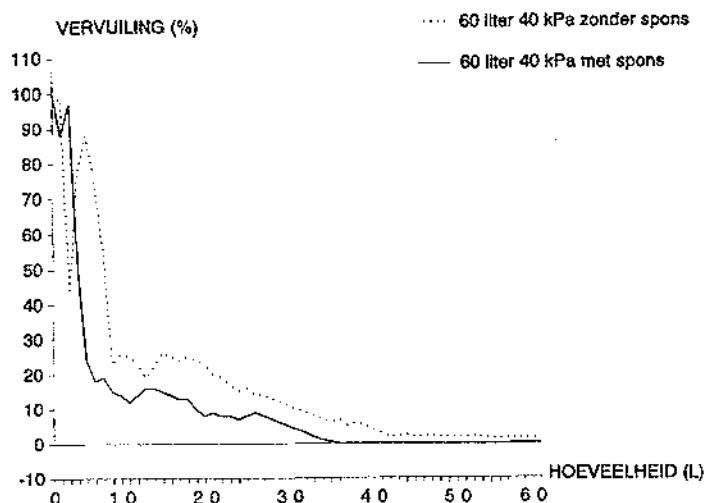
Melkvee 1 (Waiboerhoeve)

Melkvee 1 is een grupstalbedrijf waar wordt gemolken met een 83 meter lange melkleiding (50 mm ø). De melkstellen worden op rubber kelkjetters geplaatst. De jetters staan in verbinding met een drie meter lange spoelleiding (37 mm ø). Voordat de reinigingsautomaat wordt ingeschakeld wordt het buisfilter verwijderd en wordt een sponsje door de melkleiding gezogen om melkresten uit het systeem

te verwijderen. Uit proeven ter bepaling van de hoeveelheid restwater [R.Laan, 1993] komt naar voren dat er in de melkleiding veel restwater blijft staan. De melkleiding heeft een afschot van 0 tot 0,5 % per meter. Na het melken wordt er gedraineerd met lucht. Na deze drainage blijft er 5,5 l melk achter in de installatie. Hiervan zit 2 l in de luchtafscheider en 3,5 l in de melkleiding. Vervolgens wordt het sponsje door de melkleiding gezogen zodat 2 l melk wordt verwijderd. In de melkleiding blijft nog 1,5 l restvervuiling achter. Bij de naspoeling is het echter praktisch moeilijker uitvoerbaar om een sponsje te gebruiken. De naspoeling verloopt hierdoor minder efficiënt.

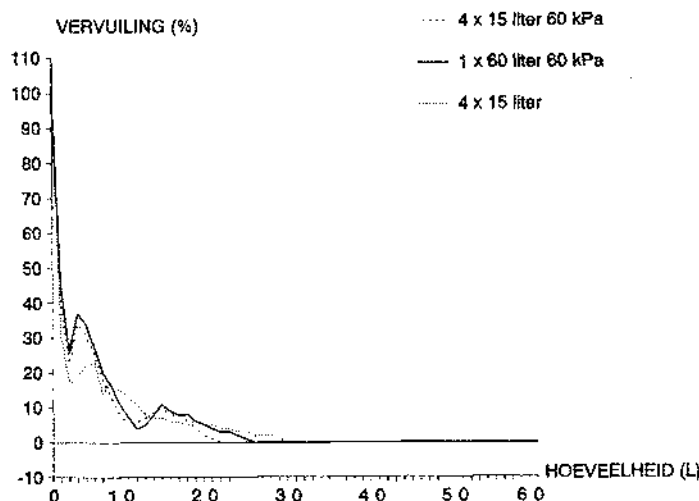
Bij de voorspoeling wordt 60 l water van 43 °C ineens opgezogen (volgens voorschrift van de dealer). Tijdens de voorspoeling, direct na het melken, waarbij het standaard spoelprogramma werd doorlopen, zijn de uitspoelcurven bepaald met verschillende spoeltechnieken.

De norm voor deze installatie is gebaseerd op de lengte van de leiding en het aantal melkstellen.



Figuur 15a Uitspoelcurve van een voorspoeling met en zonder voordrainage op Melkvee 1

Figuur 15a geeft een voorspoeling weer waar geen voordrainage met een spons wordt uitgevoerd. In deze situatie moet 3,5 ℓ melk worden verwijderd, na gebruik van 60 ℓ is de eindvervuiling nog 1 %. Bij gebruik van een spons als voordrainage moet er nog 1,5 ℓ melk worden verwijderd. 35 ℓ is in deze situatie voldoende om 0 % vervuiling te bereiken.



Figuur 15b Uitspoelcurve van een voorspoeling met 60 kPa en in vier kolommen van 15 ℓ

In figuur 15b zijn drie uitspoelcurves weergegeven, alle curves hebben een voordrainage met een spons. Als eerste is de uitspoeling gemeten bij gebruik van vier kolommen van 15 ℓ bij 40 kPa. Na 30 ℓ is de installatie op 0 % vervuiling. Vervolgens is de zelfde meting bij 60 kPa gedaan. Nu is de installatie schoon na 22 ℓ . Als laatste is de uitspoeling gemeten bij 1 kolom van 60 ℓ bij 60 kPa, deze situatie is te vergelijken met de uitspoeling van figuur 14 a waar 1 kolom van 60 ℓ bij 40 kPa is gebruikt. Bij 60 kPa is 25 ℓ spoelwater nodig en bij 40 kPa 35 ℓ .

Uiteindelijk kan er 50 % worden bespaard op voorspoelwater. Voor de naspoeling is meer dan de gebruikte hoeveelheid water nodig, hier vindt geen voordrainage plaats. De grote hoeveelheid restvervuiling is hier de oorzaak van. Voldoende afschot van de leidingen kan de hoeveelheid restvervuiling sterk verminderen. Een

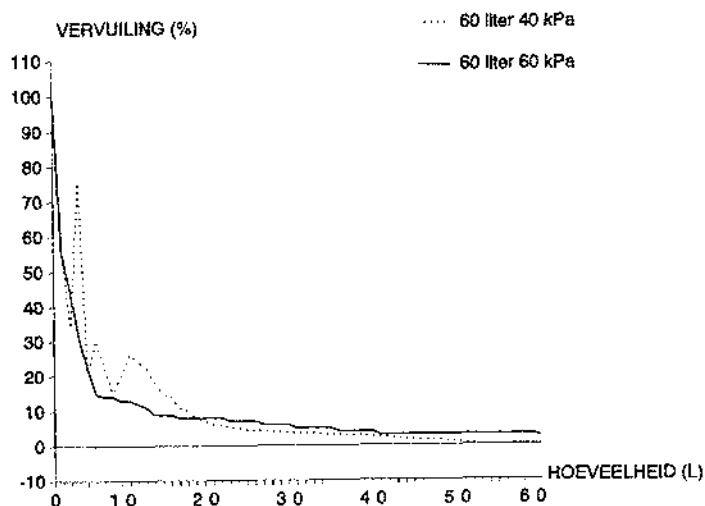
andere oplossing zou zijn om een sponsje voorafgaande aan de voorspoeling te gebruiken.

Melkvee 4 (Waiboerhoeve)

Melkvee 4 is een 2 x 5 visgraatmelkstal met een rondgaande laagliggende roestvaststalen melkleiding (50 mm $\varnothing$) van 20 meter lang. Op de melkleiding bevinden zich Metatron melkproduktimeters. De spoelleiding (37 mm $\varnothing$) heeft een lengte van 30 meter.

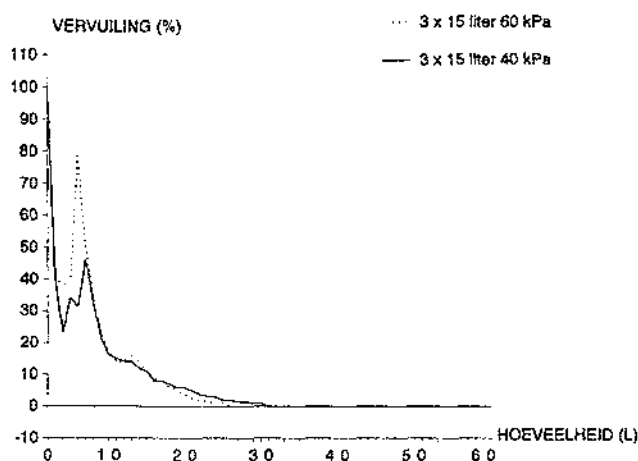
Na het melken worden de melkstellen op kelkjetters geplaatst, waarna de reinigingsautomaat wordt ingeschakeld. De normhoeveelheid per spoelbeurt voor deze installatie is 60 ℓ . De melkmeters van dit type vragen geen extra water. Gedurende de voorspoeling wordt 60 ℓ water met een temperatuur van 52°C in een keer opgezogen. De vloeistofstroom vertakt zich in de melkstal. Een gedeelte van de vloeistof gaat naar de melkleiding, direct naast de luchtafscheider, het overige deel wordt verdeeld over twee spoelleidingen.

De hoeveelheid restwater na vijf minuten draineren is 1 ℓ . Dit is toe te schrijven aan een redelijk afschot van de leidingen en een automatische drainage. Figuur 16a geeft een voorspoeling zoals die dagelijks wordt uitgevoerd, 1 x 50 ℓ bij 40 kPa, na 50 ℓ is alle melk verwijderd. Aan het einde van de curve neemt de vervuiling licht toe. Dit is te verklaren door het volledig leeglopen van de melkproduktimeters. Verhogen van vacuüm naar 60 kPa geeft een geheel andere uitspoeling. Het spoelwater wordt zeer snel door de installatie gezogen en komt in de luchtafscheider. De melkpomp die wordt geschakeld door twee elektroden kan deze grote hoeveelheid spoelwater niet snel genoeg afvoeren. Hierdoor ontstaat buffering van spoelwater en vervuiling. Belangrijk is dat de melkpomp voldoende capaciteit heeft en voldoende snel aangestuurd wordt. Hiervoor is een andere afstelling als tijdens het melken gewenst.



Figuur 16a Uitspoelcurve van voorspoeling bij hoog en laag vacuüm op Melkvee 4

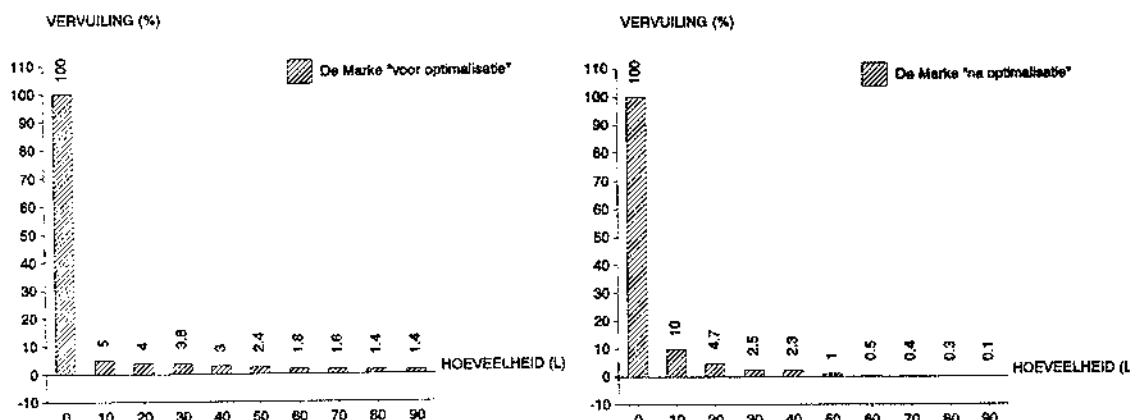
Door te spoelen in kolommen heeft de installatie voldoende tijd om het spoelwater af te voeren. Figuur 16b laat een uitspoelcurve zien waar is gespoeld in drie kolommen van 15 ℓ . De melkleidinginstallatie is na de eerste kolom al op 2 % vervuiling. Bij de tweede kolom is te zien dat de vervuiling al snel afneemt naar 0 %. De combinatie van spoelen in kolommen en verhogen van het vacuüm geeft een kleine reductie in hoeveelheid spoelwater.



Figuur 16b Uitspoelcurve van een voorspoeling in drie kolommen van 15 ℓ bij 40 kPa en in drie kolommen van 15 ℓ bij 60 kPa

De Marke

De Marke heeft een 2 x 5 open tandem melkstal met Surge melkproductiemeters en een ruim gedimensioneerde melkleiding (75 ø mm). De huidige norm voor deze installatie is 90 l per spoelbeurt, deze hoeveelheid wordt ook werkelijk gebruikt. Bij de voorspoeling wordt gebruik gemaakt van een "wash T-stuk met air-injector". Deze voorziening zorgt ervoor dat de luchtafscheider niet leeg wordt gepompt maar vol loopt, als deze vol is wordt het vacuüm van de installatie gehaald en wordt er lucht ingelaten. Het water uit de luchtafscheider loopt terug in de melkleiding, vervolgens wordt het weggepompt. Dit proces wordt tijdens de voorspoeling vier keer herhaald. Gevolg is dat er verdunning van de vervuiling optreedt. De uitspoeling verloopt in trappen van verdunning. Figuur 17a geeft de voorspoeling in de oude situatie weer. Na 90 l is een eindvervuiling bereikt van 1,4%. Om van een verdunningsspoeling naar een verdringingsspoeling over te gaan is een luchtinjector op de melkleiding geplaatst en pompt de melkpomp eerder. Figuur 17b laat de voorspoeling in de geoptimaliseerde situatie zien. De voorspoeling verloopt niet meer in trappen en heeft na 90 l een eindvervuiling van 0,3%.

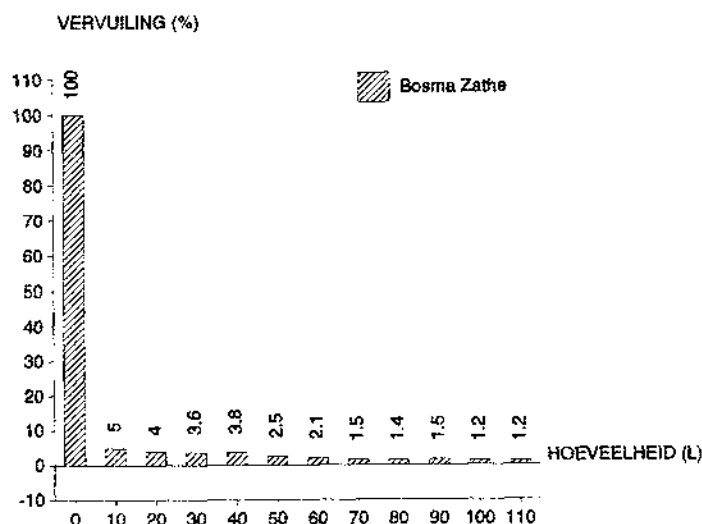


Figuur 17a,b Uitspoelcurve van een 2 x 5 open tandem ROC de Marke a) voor optimalisatie b) na optimalisatie

Bosma Zathe (ROC)

Deze meting is uitgevoerd in een 2 x 5 open tandem met ruime 75 mm melkleiding. De normhoeveelheid voor deze installatie is 100 l. Figuur 18 geeft de uitspoelcurve weer.

De curve is gemeten met de vereenvoudigde methode. Aan het einde van de voorspoeling is er nog restwater in de installatie met een vervuiling van 2 %. Vanuit de percentages melk in het spoelwater kan teruggerekend worden hoeveel melk er in de installatie is achter gebleven. Voor deze installatie is dit 3,13 l.

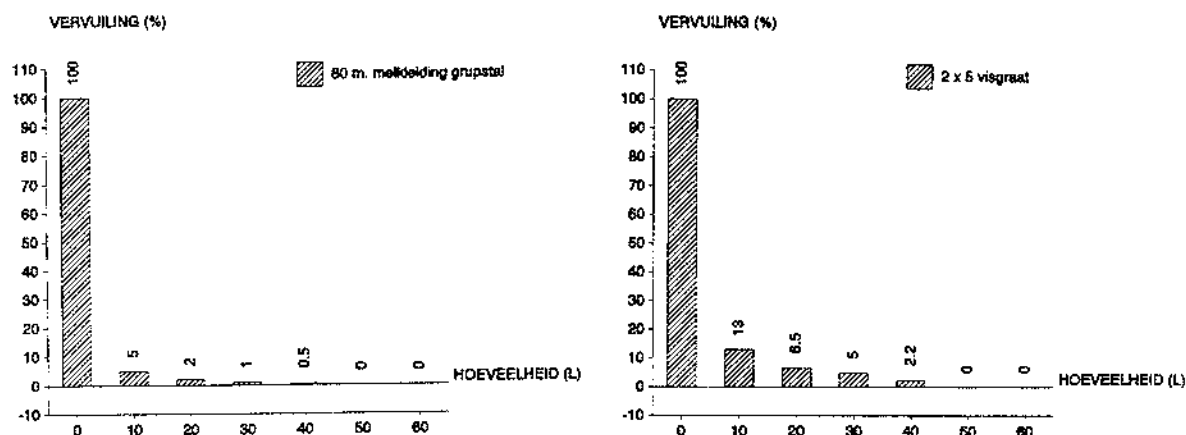


Figuur 18 Uitspoelcurve van een 2 x 5 open tandem met Afikim melkproduktimeters, "vereenvoudigde meting"

Praktijkmeting 1

Figuur 19a is een meting die is uitgevoerd in een 2 x 5 visgraat melkstal met melkmeetglazen en een 50 mm melkleiding. De normhoeveelheid voor deze installatie is 60 l. De installatie is na 45 l op 0 % vervuiling. De hoeveelheid vervuiling die is uitgespoeld is 2,5 l. Er wordt gespoeld bij 40 kPa. De melkstal heeft een enkele 32 mm opzuigleiding die zich vertakt in de melkstal.

Figuur 19b geeft de uitspoelcurve weer van een grupstal. De norm voor deze installatie is 60 l. Voor de voorspoeling is een spons door de installatie gezogen. Na gebruik van 35 l is de installatie al op een restvervuiling 1 %. Het water wordt opgezogen door 5 melkstellen die in de spoelbak zijn geplaatst. Er wordt niet met spoeljetters gewerkt. De hoeveelheid vervuiling die uitgespoeld moet worden is 0,75 l.



Figuur 19a,b Uitspoelcurve van een 2 x 5 visgraatmelkstal met melkmeetglazen (20a) en een uitspoelcurve van een grupstal 80 meter melkleiding van 50 mm

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk worden conclusies besproken die uit de proef- en praktijkmetingen naar voren zijn gekomen. De proef- en praktijkmetingen worden apart behandeld. Het uitspoelen van zout is in de metingen gelijk aan het uitspoelen van melk en hoofdreinigingsoplossing. De conclusies gelden alleen voor de voorspoeling van diverse melkleidinginstallaties. Bij de voorspoeling is een eindvervuiling van 1 % acceptabel omdat er nog een hoofdreiniging volgt. Bij de naspoeling moet de eindvervuiling op 0 % gesteld worden omdat hierna een volgende melkbeurt volgt. De gebruikte meetmethode geeft bij het meten van een naspoeling een goed beeld over het uitspoelen van vervuiling die een geleidbaarheid heeft. Delen die geen of een moeilijk meetbare geleidbaarheid hebben worden niet gemeten (residuen). Bij de naspoeling kan daarom niet zonder meer van het zelfde eindvervuilingsniveau worden uitgegaan.

Nader onderzoek is hiervoor nodig. In de bijlage III - IX zijn ook de gegevens voor het bereiken van 0 % vervuiling opgenomen. Om van 1 % tot 0 % vervuiling te komen is 5 - 9 l meer water nodig.

Tevens worden aanbevelingen gedaan die er toe moeten bijdragen dat de conclusies en bevindingen kunnen worden toegepast in de praktijk. Ook worden aanbevelingen gedaan voor eventueel verder onderzoek.

5.1 Proefmetingen

Als uitkomst van dit onderzoek kan gesteld worden dat spoelen op twee manieren plaats vindt, afhankelijk van de vorm en constructie van het te spoelen onderdeel. Delen waar een snelle doorstroom van spoelwater mogelijk is worden gespoeld door verdringing, het spoelwater kan de vervuiling voor zich uit stuwen. De onderdelen die op deze manier gespoeld worden zijn; melkleidingen, melkslangen en melkmeetglazen met voldoende snelle afvoer.

Onderdelen waar het spoelwater in blijft staan (buffering) door onvoldoende snelle

afvoer of constructie worden gespoeld door verdunning. De vervuiling wordt verdund met spoelwater en vervolgens afgevoerd. Onderdelen die op deze manier gespoeld worden zijn; melkklauw, melkmeetglas met langzame afvoer, melkstroom-indicator, melkproduktimeters en luchtafscheider.

Het 50 mm melkleidingsysteem

De inleidende metingen laten zien dat grote spoelwaterreducties ten opzichte van de norm mogelijk zijn. De aanleg van de installatie heeft naast vacuüm verhogen en luchtinjectie een positieve invloed op de hoeveelheid spoelwater. Uit de proefmetingen komt het volgende naar voren. Het verhogen van het vacuüm heeft een positieve invloed op de hoeveelheid spoelwater (voor- en na spoelwater). Reducties van 30 tot 50 % ten opzichte van de norm zijn haalbaar. Bij het spoelen van een melkleidinginstallatie met melkmeetglazen zijn minder grote reducties mogelijk (30 en 40 %) dan bij melkleidinginstallaties zonder melkmeetglazen waar reducties van 45 % mogelijk zijn. Naast dit verschil is er verschil te zien in de enkele of dubbele spoelleiding en leidingdiameter en leidinghoogte.

Hierbij komt naar voren dat bij een dubbele laag liggende 38 mm spoelleiding grotere reducties (55 %) mogelijk zijn dan bij een enkele hoge 30 mm spoelleiding (45 %). De genoemde reducties gelden voor de situatie waarin het vacuüm wordt verhoogt van 40 naar 60 kPa en er niet in kolommen wordt gespoeld.

Naast vacuüm heeft het spoelen in kolommen een positieve invloed op de hoeveelheid spoelwater, reducties van 30 tot 40 % zijn mogelijk. Het vacuüm blijft in deze situatie op 40 kPa. Het effect van spoelen in kolommen is het grootst als van een kolom van 60 ℓ, vier kolommen van 15 ℓ worden gemaakt met tussen door een luchtinjectie. Spoelen in kolommen kleiner dan 15 ℓ geeft geen extra besparing te zien. De lengte van de luchtinjectie is in deze proef acht seconden, langere of kortere (> 2 seconden) luchtinjecties hebben geen invloed op de hoeveelheid spoelwater.

Bij het spoelen van melkmeetglazen heeft het spoelen in kolommen een groter effect dan bij het spoelen zonder melkmeetglazen. Dit is te verklaren doordat er bij het spoelen in kolommen tussen de kolommen tijd is om het spoelwater af te voeren. Er treedt geen verdunning op waardoor het spoelen sneller verloopt. Voor

de overige onderdelen waar spoeling door verdunning optreedt geldt dezelfde conclusie. Het spoelen bij een vacuümniveau van 60 kPa en in kolommen van 15 l geeft de hoogste reducties. De verhoging ten opzichte van alleen vacuüm of alleen kolommen is echter gering. In tabel 35 zijn de reducties in procenten ten opzichte van de norm weergegeven.

Het uitvoeren van een spoeling met extra water en luchtinlaat op de melkleiding geeft voor de proefstal geen extra reducties. In de melkleiding worden spontaan (door de kleine diameter) kolommen gevormd. Een extra luchtinlaat kan het vormen van kolommen wel verzekeren. In de praktijk waar langere leidingen worden gebruikt, waar een kleine watertoevoer is en waar bij een minder hoog vacuüm wordt gespoeld kan het wel een positieve bijdragen leveren. Het apart inlaten van water en lucht op de melkleiding heeft ten opzichte van de situatie bij 1 kolom en laag vacuüm wel effect.

Tabel 36 Reductie spoelwater in procent ten opzichte van de norm, bij verschillende spoelleidingen

Melkleidingsysteem	Vacuüm en kolommen	Vacuüm	Kolommen	Norm
50 mm SYSTEEM MET MELKMEETGLAZEN				
- Dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding*	-	-	-	
- Enkele 30 mm hoogliggende spoelleiding	35 %	30 %	30 %	50
- Dubbele 32 mm hoogliggende spoelleiding	40 %	40 %	35 %	
50 mm SYSTEEM ZONDER MELKMEETGLAZEN				
- Dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding	55 %	50 %	40 %	
- Enkele 30 mm hoogliggende spoelleiding	45 %	35 %	30 %	50
- Dubbele 32 mm hoogliggende spoelleiding	45 %	40 %	35 %	

* Technisch niet uitvoerbaar

Het gebruik van meerdere spoelleidingen geeft visueel een beter verdeling en een snellere uitspoeling dan bij het gebruik van een enkele spoelleiding. Bij gebruik van meerder spoelleidingen mag het totale inlaatoppervlak niet te groot worden omdat dit nadelig werkt op de snelheid van de vloeistof.

Het kleinste doorstroomoppervlakte in de installatie kan een negatieve invloed

hebben op de snelheid van uitspoelen. Het jetterstel is vaak het knelpunt waar kleine doorstroomoppervlakte voorkomen. Als regel kan gehanteerd worden dat de kleinste diameter niet kleiner mag zijn dan de diameter van de korte melkslangen.

Het 75 mm melkleidingsysteem

Bij het spoelen van het 75 mm systeem zijn vergelijkbare conclusies gevonden als bij het 50 mm melkleidingsysteem. Bij deze proef is alleen gemeten bij een dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding. De melkleiding wordt gespoeld door de zes aangesloten melkstellen en twee extra toevoerkanalen naast de luchtafscheider. Op deze plaats worden ook luchtinjectie gegeven. Een aparte toevoer van spoelwater vanuit de spoelbak levert voor de proefstalsituatie geen extra reductie op. Bij gebruik van een aparte spoelleiding op de melkleiding is het waterverbruik hoger terwijl de uitspoeling niet sneller verloopt. Voor melkstallen met een langere melkleiding kan het echter wel nodig zijn om een aparte spoelwatertoevoer op de melkleiding te monteren. Luchtinjectie op de melkleiding is te allen tijde nodig om kolommen te creëren die de bovenkant van de melkleiding raken. Bij het 75 mm melkleidingsysteem zonder melkproduktiemeters geeft verhogen van het vacuüm van 40 naar 60 kPa een reductie van spoelwater van 55 %. Door te spoelen in kolommen kan een besparing van 55 % worden gerealiseerd. Deze besparing is ten opzichte van de norm van 65 ℓ . Bij het spoelen van de 75 mm melkleiding met melkproduktiemeters zijn gelijke reductie percentages haalbaar. Het vacuümeffect is door de bufferende werking van de melkproduktiemeters niet meetbaar. De norm die wordt gehanteerd is echter hoger (85 ℓ). Het spoelen van een melkproduktiemeter vraagt een andere aanpak dan de overige bufferende onderdelen als melkglas met slechte afvoer en melkstroomindicator. De klep van de melkproduktiemeter kan via de software worden gestuurd in een optimale frequentie. Door de melkproduktiemeter eerst snel door te laten stromen is de meeste vervuiling verdwenen (verdringing). Vervolgens kan de meter op de reinigingsstand of in de dichte stand vol lopen zodat de bovenkant van de melkproduktiemeter bevochtigd kan worden. Dit geeft een snellere uitspoeling dan wanneer de vervuiling wordt verdund en in de melkproduktiemeter achter blijft. De behaalde reductie ten opzichte van

uitspoelen in de reinigingsstand is 55 %. In tabel 36 zijn de reducties in procent weergegeven ten opzichte van de norm.

Tabel 37 Reducties spoelwater in procent ten opzichte van de norm

Melkleidingsysteem	Vacuüm en kolommen	Vacuüm	Kolommen	Norm
75 mm SYSTEEM ZONDER MELKPRODUKTIEMETERS				
- Dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding (½ deel op de melkleiding)	60%	55%	55%	65 l
75 mm SYSTEEM MET MELKPRODUKTIEMETERS				
- Dubbele 38 mm laagliggende spoelleiding (½ deel op de melkleiding)	60%	-	55%	85 l

Spoelen in kolommen

Het spoelen in kolommen heeft een aantal voordelen. Aangetoond is dat door te spoelen in kolommen de spoeling efficiënter verloopt en minder water vraagt. Door kleine porties water door de installatie te sturen wordt de snelheid van het spoelwater (tot + 25%) verhoogd en neemt het spoeeffect toe. De opzuigsnelheid is afhankelijk van de hoeveelheid. Bij het opzuigen van een kleine hoeveelheid (bv. 15 l) ontstaat meer snelheid dan bij het opzuigen van een grote hoeveelheid (bv. 60 l). Het vooruitstuwen van vervuiling wordt hierdoor bevorderd.

De juiste kolomgrootte kan worden bepaald door berekening. De inhoud van de spoelleiding waar de jetterstellen op aangesloten zijn (deel in de melkput) gedeeld door het aantal opzuigleidingen is hiervoor een maat. Voor de proefstal geldt het volgende:

- Inhoud van de dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding is 14 l en volgens de metingen is juiste kolomgrootte 12 l.
- Inhoud van de dubbele hoogliggende 32 mm spoelleiding is 12 l en volgens de metingen is juiste kolomgrootte 12 l.
- Inhoud van de enkele hoogliggende 32 mm spoelleiding is 6,5 l en volgens de metingen is juiste kolomgrootte 6 l.

Verklaring hiervoor is dat als de spoelleiding vol is de melkstellen elk afzonderlijk

een gelijke hoeveelheid spoelwater op kunnen zuigen. Bij kleinere kolommen wordt de verdeling minder.

Omdat de melkproduktiemeter een spoeling door buffering (verdunding) vereist (de bovenkant moet immers worden geraakt), is het efficiënter om in kolommen te spoelen. De kolomgrootte moet dan zo groot worden gekozen dat alle meters vol kunnen lopen. Bij een goede vloeistofverdeling moet de kolomgrootte zo groot zijn als de inhoud van alle melkmeters. Omdat de vloeistofverdeling zelden optimaal is, is een extra hoeveelheid water nodig. Onderzoek naar een optimale verdeling van vloeistof is hier aan te bevelen.

Spoelen met hoog vacuüm

De snelheid kan bij 60 kPa 25 % hoger zijn dan bij 40 kPa. Bij het spoelen van niet bufferende onderdelen heeft vacuüm verhogen een positief effect. Het spoelen met verhoogd vacuüm heeft bij gebruik van bufferende melkproduktiemeters een moeilijk meetbaar effect. Bij gebruik van melkmeters wordt de minimum hoeveelheid spoelwater bepaald door het gebruik van twee kolommen. Het effect van vacuüm is in die situatie niet terug te vinden omdat er buffering optreedt in de melkproduktiemeter. Voor en na het bufferende onderdeel heeft vacuümverhoging wel een positief effect. Dit is aangetoond in proeven zonder bufferende onderdelen.

5.2 Praktijkmetingen

Uit de metingen blijkt duidelijk dat een reductie van spoelwater van ca. 30 tot 50 % ten opzichte van de norm zeker voor mogelijk kan worden gehouden. Natuurlijk hangt deze besparing van spoelwater, absoluut gezien, af van de gebruikte hoeveelheid spoelwater op het bedrijf.

Belangrijk verschil tussen de proefmetingen en de praktijkmetingen is dat de pomp bij de proefmetingen sneller aanslaat waardoor minder buffering van vervuiling optreedt. In de praktijk wordt de pomp geschakeld als er een grote hoeveelheid spoelwater in de luchtafscheider zit. Het gevolg is dat er gemeten wordt in een

verdunde hoeveelheid, de uitspoelcurve laat hierdoor een ander verloop zien als bij de proefmetingen. De laatste hoeveelheid spoelwater die in de luchtafscheider loopt kan schoon zijn, maar doordat het wordt verdund met vuil water meten we een vervuiling op het einde. Uit de praktijkmetingen is dan ook gebleken dat de hoeveelheid restvervuiling die in de proefmetingen op 1 % is gekozen in de praktijk lang niet altijd wordt gehaald. Een eindvervuiling van meer dan 1 % komt vaak voor. Dit hoeft echter geen probleem te zijn als er van deze 1 % oplossing maar weinig achter blijft in de melkleidinginstallatie. De hoeveelheid restwater van een melkleidinginstallatie is een belangrijke parameter in de reiniging. Door een goede sanitaire aanleg en snel schakelen van de melkpomp zijn reducties tot 50 % haalbaar. Het in beeld brengen van de voorspoeling geeft een groter inzicht in de reinigbaarheid van de betreffende melkleidinginstallatie.

Spoelen in kolommen

Bij installaties waar veel spoelwater wordt gebufferd heeft spoelen in kolommen een positieve werking. Tussen de kolommen door kan het spoelwater worden afgevoerd waarna een nieuwe hoeveelheid spoelwater zijn werking kan uitvoeren. De grootte van de kolom is voor elke installatie verschillend. Verder onderzoek kan zich hierop richten. Er kunnen wel uit visuele waarnemingen enkele aandachtspunten worden gegeven. De kolom mag niet te klein zijn omdat anders de gelijke verdeling van spoelwater over de melkstellen verstoord kan worden. Bij gebruik van meer spoelleidingen zijn grotere kolommen nodig en lijkt de gelijke verdeling van spoelwater minder moeilijk. De kolom moet ongeveer zo groot zijn als de inhoud van de spoelleiding waar de melkstellen op zijn aangesloten. De kolomgrootte zal veelal liggen tussen de 10 en 30 ℓ .

Spoelen met hoog vacuüm

Bij het spoelen met een hoog vacuüm moet de installatie aan een aantal eisen voldoen. Ten eerste moet de capaciteit van de vacuümpomp voldoende zijn om een verhoogd vacuüm te kunnen realiseren. Een ander belangrijk punt is dat ook de melkpomp een voldoende capaciteit moet hebben om de snellere aanvoer van spoelwater te kunnen verwerken. De capaciteit van de melkpomp neemt af

wanneer er een hoger vacuüm boven de te verpompen hoeveelheid water heerst. Het effect van een verhoogd vacuüm wordt het eerst zichtbaar bij installaties waar geen buffering van spoelwater optreedt. Bij het voorspoelen in grupstalmelkleiding-installaties kan enkel het verhogen van vacuüm een reductie geven van 50 %.

Het optimaliseren van de voorspoeling geeft een besparing van water en energie. Daarnaast is er een vermindering van de hoeveelheid afvalwater zodat (bij lozing op de mestput) er minder opslag- en uitrijkosten zijn. Voor de optimalisering van de naspoeling kunnen de genoemde spoeltechnieken ook toegepast worden. De hoeveelheid voorspoelwater is gebaseerd op 1 % restvervuiling . Uit het oogpunt van residuen reinigingsmiddel in de melk lijkt het raadzaam om uit te gaan van een lagere restvervuiling als bij de voorspoeling. Hierdoor zullen er bij de naspoeling lagere reducties haalbaar zijn.

Verder onderzoek zal het acceptabele restvervuilingspercentage bij de naspoeling moeten weergeven. Dezelfde technieken om een hogere snelheid van spoelwater te verkrijgen zouden toegepast kunnen worden tijdens de hoofdreiniging. Verder onderzoek kan zich richten op de gewenste snelheid van het water en de temperatuurverliezen die ontstaan door luchtinjectie en de verhoogde snelheid.

6 LITERATUUR

Koning, C, J. Brouwer, J. Nuninga, Werkgroep reinigen, *Reinigen van melkwinningsapparatuur*, Wageningen, augustus 1988.

Hygienic design of dairy processing equipment, IDF-bulletin no 218, 1978.

Soede, H.J. en G.M.V.H. Wolters, *Optimalisatie spoeeffect*, Intern verslag afdeling Melkwinning, nr.81. PR, Lelystad, oktober 1992.

Stuij, K. *Optimalisatie spoeeffect*, Stageverslag Hogere Agrarisch School, CAH. Dronten. Dronten, juni 1992.

Niederer, F. *Optimalisatie spoeeffect*, Stageverslag Internationale Agrarische Hogeschool "Larenstein" Deventer, Goor, januari 1993.

Klungel, G. *Optimalisatie spoeeffect*, Stageverslag Hogere Agrarische School, Prof. H.C. van Hall Instituut, Lelystad, april 1993.

Laan, R. *Optimalisatie spoeeffect en restwaterbepaling*, Stageverslag Hogere Agrarisch School, CAH. Dronten. Lelystad, oktober 1993.

Timperley, D. *"The effect of Reynolds number and mean velocity of flow on the cleaning in-place of pipelines"* Papers of the First International Conference in Fouling and Cleaning of food Processing, Sweden, 1981.

Lind, O. *Cleaning in -place (CIP) of milkingmachine*, Machinemilking and Mastitis, Denmark, August 1990.

Grasshoff, A. Die örtliche Flüssigkeitsbewegung und deren Einfluss auf den Reinigungsprozess in zylindrischen Toträumen, Bundesanstalt für milchforschung, Kiel, 1993.

Trägårdh, C, en I. von Bockelmann, *Mechanical cleaning effect and pressure drop of air-water-flow in horizontal glass tubes*, J. Food Proces England., 1980.

Time, K, en K. Steenberg, *Experiments with cleaning of the pipeline in milking pipeline machine installations*, Norwegian Institute of Agricultural Engineering, Research Report No. 29, Norway, 1979.

Grasshoff, A, en D.J. Reinemann, *Cleaning of milking pipeline using a two-phase flow*, Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 45 (3) 205-234, Kiel, 1993,.

BIJLAGE

- BIJLAGE I Opzuighoeveelheid per systeem en spoelleiding
- BIJLAGE II Meetgegevens ter bepaling van de pompkarakteristieken
- BIJLAGE III Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem gespoeld met twee, 38 mm laagliggende spoelleidingen
- BIJLAGE IV Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem zonder melkmeetglazen, gespoeld via een enkele hoogliggende 30 mm spoelleiding
- BIJLAGE V Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem met melkmeetglazen, gespoeld via een enkele hoogliggende 30 mm spoelleiding
- BIJLAGE VI Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem zonder melkmeetglazen, gespoeld via een dubbele hoogliggende 32 mm spoelleiding
- BIJLAGE VII Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem met melkmeetglazen, gespoeld via een dubbele hoogliggende 32 mm spoelleiding
- BIJLAGE VIII Meetresultaten van het 75 mm melkleidingsysteem, gespoeld via een 75 en 50 mm spoelleiding rechtstreeks op de melkleiding
- BIJLAGE IX Meetresultaten van het 75 mm melkleidingsysteem, gespoeld via een dubbele laagliggende 38 mm spoelleiding, aangesloten op de melkstellen en de melkleiding rechtstreeks
- BIJLAGE Xa Dimensies melkleidinginstallatie Waiboerhoeve 5
- BIJLAGE Xb Overzicht van de onderdelen in de melkleidinginstallatie van Waiboerhoeve

BIJLAGE I Opzuighoeveelheid per systeem en spoelleiding

Opzuigleiding	Melksysteem	Vacuüm	Tijd	t / Sec	Standaardfout
50	50	40	2	4,42	0,04
50	50	40	4	4,04	0,04
50	50	40	6	3,89	0,02
50	50	50	2	4,46	0,05
50	50	50	4	4,74	0,04
50	50	50	6	4,72	0,01
50	50	60	2	5,30	0,08
50	50	60	4	5,26	0,04
50	50	60	6	4,72	0,05
75	75	40	2	7,42	0,13
75	75	40	4	8,57	0,25
75	75	40	6	6,77	0,12
75	75	50	2	8,32	0,08
75	75	50	4	8,04	0,12
75	75	50	6	7,73	0,14
75	75	60	2	9,5	0,09
75	75	60	4	9,07	0,12
75	75	60	6	8,79	0,05
2 x 38 L	75	40	2	4,02	0,04
2 x 38 L	75	40	4	4,24	0,06
2 x 38 L	75	40	6	4,07	0,03
2 x 38 L	75	50	2	4,44	0,03
2 x 38 L	75	50	4	4,97	0,04
2 x 38 L	75	50	6	4,59	0,06
2 x 38 L	75	60	2	5,46	0,05
2 x 38 L	75	60	4	5,23	0,02
2 x 38 L	75	60	6	4,82	0,03
2 x 38 L	50	40	2	4,06	0,08
2 x 38 L	50	40	4	4,00	0,06
2 x 38 L	50	40	6	4,11	0,04
2 x 38 L	50	50	2	4,82	0,14
2 x 38 L	50	50	4	4,94	0,25
2 x 38 L	50	50	6	4,62	0,05
2 x 38 L	50	60	2	5,92	0,12
2 x 38 L	50	60	4	5,49	0,02
2 x 38 L	50	60	6	4,87	0,02

Opzuigleiding	Melksysteem	Vacuüm	Tijd	Liter / Sec	Standaardfout
1 X 30 H	50	40	4	1,55	0,01
1 X 30 H	50	40	8	0,97	0,00
1 X 30 H	50	40	12	0,87	0,03
1 X 30 H	50	50	4	2,28	0,01
1 X 30 H	50	50	8	1,59	0,00
1 X 30 H	50	50	12	1,56	0,03
1 X 30 H	50	60	4	1,93	0,02
1 X 30 H	50	60	8	1,68	0,07
1 X 30 H	50	60	12	1,63	0,04
2 X 32 H	50	40	2	3,33	0,02
2 X 32 H	50	40	4	3,01	0,01
2 X 32 H	50	40	6	2,73	0,03
2 X 32 H	50	40	8	2,73	0,04
2 X 32 H	50	50	2	3,45	0,00
2 X 32 H	50	50	4	3,63	0,01
2 X 32 H	50	50	6	3,39	0,05
2 X 32 H	50	50	8	2,93	0,04
2 X 32 H	50	60	2	4,0	0,01
2 X 32 H	50	60	4	4,13	0,02
2 X 32 H	50	60	6	3,63	0,05
2 X 32 H	50	60	8	3,20	0,07

BIJLAGE II Meetgegevens ter bepaling van de pompkarakteristieken

Systeem		2 seconde	4 seconde	6 seconde	Liter per seconde
Vacuüm	Leiding				
0	75	6,2	12,1	18,7	3,08
40	75	5,0	10,2	15,3	2,54
50	75	4,9	9,7	14,3	2,41
60	75	4,3	9,2	14,1	2,3
0	50	5,2	9,9	14,9	2,5
40	50	3,8	7,7	11,8	1,94
50	50	3,5	6,9	10,7	1,76
60	50	3,0	6,2	9,6	1,57

BIJLAGE III Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem gespoeld via 2, 38 mm ø laag liggende spoelleidingen

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (l)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1% vervuiling	Rest % per l
60	0	40	43,2	37,5	88,4
60	0	50	27,3	23,4	81,7
60	0	60	27,6	22,6	81,4
20	2	40	40,9	34,4	86,7
20	2	50	40,3	34,4	87,4
20	2	60	28,6	23,5	82,0
20	8	40	36,3	28,9	85,3
20	8	50	34,3	28,6	84,7
20	8	60	28,5	26,0	80,9
12	2	40	36,1	31,4	86,1
12	2	50	31,1	25,5	83,2
12	2	60	28,0	22,9	81,5
12	8	40	36,7	29,5	85,2
12	8	50	44,2	36,6	88,3
12	8	60	32,4	26,6	83,9

BIJLAGE IV Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem zonder melkmeetglazen, gespoeld via een enkele hoogliggende 30 mm ø spoelleiding

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (l)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1% vervuiling	Rest % per l
60	0	40	47,6	38,8	88,9
60	0	50	46,5	37,3	88,5
60	0	60	42,2	34,6	87,3
10	2	40	47,5	38,9	88,8
10	2	50	43,7	36,9	88,1
10	2	60	41,3	34,2	87,4
10	8	40	45,6	38,4	88,4
10	8	50	33,6	27,5	84,4
10	8	60	42,9	33,4	87,3
6	2	40	40,7	32,4	87,2
6	2	50	47,0	39,8	88,9
6	2	60	43,3	36,9	88,1
6	8	40	42,9	35,2	87,2
6	8	50	37,2	31,5	86,3
6	8	60	39,0	33,2	86,9

BIJLAGE V Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem met melkmeetglazen, gespoeld via een enkele hoogliggende 30 mm ø spoelleiding

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (l)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1% vervuiling	Rest % per l
60	0	40	48,6	41,7	89,2
60	0	50	48,3	41,6	89,3
60	0	60	35,6	28,9	85,5
10	2	40	44,5	38,3	88,4
10	2	50	43,2	37,7	88,0
10	2	60	44,6	38,1	88,3
10	8	40	36,9	30,9	85,8
10	8	50	35,7	30,8	85,4
10	8	60	41,1	36,1	87,3
6	2	40	42,0	37,0	87,8
6	2	50	46,7	40,5	88,8
6	2	60	40,8	35,1	87,1
6	8	40	41,7	36,6	87,5
6	8	50	33,0	29,0	84,7
6	8	60	37,0	32,3	86,0

BIJLAGE VI Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem zonder melkmeetglazen, gespoeld via een dubbele hoogliggende 32 mm ø spoelleiding

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (f)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1% vervuiling	Rest % per f
60	0	40	56,2	37,0	90,8
60	0	50	49,6	35,0	89,4
60	0	60	50,1	31,3	89,7
20	2	40	44,6	27,1	88,2
20	2	50	49,1	32,5	89,5
20	2	60	41,0	25,2	87,4
20	8	40	49,6	32,2	89,4
20	8	50	43,1	27,0	88,1
20	8	60	46,9	29,0	88,8
12	2	40	45,2	29,8	88,6
12	2	50	49,0	32,2	89,4
12	2	60	44,1	29,9	89,2
12	8	40	59,2	38,5	91,2
12	8	50	48,6	31,6	89,3
12	8	60	47,1	30,4	89,1

BIJLAGE VII Meetresultaten van het 50 mm melkleidingsysteem met melkmeetglazen, gespoeld via een dubbele hoogliggende 32 mm ø spoelleiding

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (l)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1 % vervuiling	Rest % per l
60	0	40	38,3	31,8	86,6
60	0	50	55,0	43,2	90,5
60	0	60	38,7	30,6	86,5
20	2	40	41,3	35,3	87,4
20	2	50	32,1	28,0	84,0
20	2	60	36,8	28,9	85,7
20	8	40	42,1	33,9	87,8
20	8	50	42,4	33,9	87,8
20	8	60	42,8	34,4	87,7
12	2	40	47,8	38,2	89,1
12	2	50	43,2	35,3	88,1
12	2	60	36,5	29,4	84,0
12	8	40	37,0	32,3	86,3
12	8	50	52,1	40,7	90,1
12	8	60	39,4	30,4	86,8

BIJLAGE VIII Meetresultaten van het 75 mm melkleidingsysteem, gespoeld via een 75 mm ø spoelleiding rechtstreeks op de melkleiding

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (f)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	liters bij 0% vervuiling	liters bij 1% vervuiling	Rest % per l
2 x 37	8	40	38,1	32,1	87,0
2 x 37	8	50	33,5	26,4	81,1
2 x 37	8	60	37,0	28,0	84,0
3 x 25	8	40	30,3	22,5	81,1
3 x 25	8	50	28,9	18,0	79,2
3 x 25	8	60	23,7	17,0	77,5
5 x 15	8	40	26,5	18,0	79,6
5 x 15	8	50	30,5	23,0	81,4
5 x 15	8	60	26,0	20,5	82,0
7 x 10	8	40	24,8	17,2	79,0
7 x 10	8	50	27,3	19,4	79,4
7 x 10	8	60	25,1	17,5	78,6

Meetresultaten van het 75 mm melkleidingsysteem, gespoeld via een 50 mm ø spoelleiding rechtstreeks op de melkleiding.

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (f)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	Liters bij 0% vervuiling	Liters bij 1% vervuiling	Rest % per liter
2 x 37	8	40	36,1	31,5	87,2
2 x 37	8	50	33,2	26,8	82,0
2 x 37	8	60	33,5	27,2	84,1
3 x 25	8	40	31,1	23,5	81,2
3 x 25	8	50	27,0	17,4	79,0
3 x 25	8	60	23,7	17,7	77,2
5 x 15	8	40	25,3	18,2	79,2
5 x 15	8	50	31,0	23,1	80,9
5 x 15	8	60	26,4	20,5	81,8
7 x 10	8	40	25,9	18,6	80,1
7 x 10	8	50	26,9	19,4	79,2
7 x 10	8	60	26,1	17,4	78,6

BIJLAGE IX Meetresultaten van het 75 mm melkleidingsysteem, gespoeld via een dubbele laagliggende 38 mm ø spoelleiding, aangesloten op de melksteilen en de melkleiding rechtstreeks

Programma:			Resultaat:		
Kolom grootte (f)	Lucht inlaat (Sec)	Vacuüm (kPa)	Liters bij 0% vervuiling	Liters bij 1% vervuiling	Rest % per liter
1 x 75	8	40	56,4	48,5	92,0
1 x 75	8	50	52,1	44,4	91,1
1 x 75	8	60	48,5	40,1	88,9
2 x 37	8	40	43,4	36,5	87,9
2 x 37	8	50	39,4	32,2	86,4
2 x 37	8	60	37,7	30,1	85,6
3 x 25	8	40	40,0	29,1	85,1
3 x 25	8	50	32,9	26,8	82,4
3 x 25	8	60	34,5	26,5	83,0
5 x 15	8	40	36,9	30,2	82,4
5 x 15	8	50	33,2	25,3	82,3
5 x 15	8	60	29,3	23,5	81,5

BIJLAGE Xa Dimensies melkleidinginstallatie Waiboerhoeve 5

		Aantal	D. [mm]	Opp. [mm²]
1	Opzuigleiding (spoelbak)	2	38,0	2268,2
2	Spoelleiding	2	32,0	1608,5
3	Aansluitnippel spoelleiding	6	13,0	796,4
4	Rubberslang	6	12,0	678,6
5	T-stuk	6	10,0	471,2
6	Verdeelstuk naar jetter IN	6	14,0	923,6
7	Verdeelstuk naar jetter UIT	24	6,0	339,3
8	Korte melkslang	24	10,0	942,5
9	Aansluiting klauw	24	8,0	603,2
10	Afvoer klauw	6	14,0	923,6
11	Lange melkslang	6	12,0	678,6
12	Melkmeetglas IN (reiniging)	6	14,0	923,6
13	Melkmeetglas IN (melken)	6	14,0	923,6
14	Melkmeetglas UIT	6	25,0	2945,2
15	Aanvoerslang naar melkleiding	6	12,0	678,6
16	Aansluitnippel melkleiding (50 mm)	6	14,0	923,6
16a	Aansluitnippel melkleiding (75 mm)	6	16,0	1206,4
17	Melkleiding (50 mm)	1	50,0	1963,5
17a	Melkleiding (75 mm)	1	75,0	4417,9

Dimensies vervuilsjetter Waiboerhoeve 5

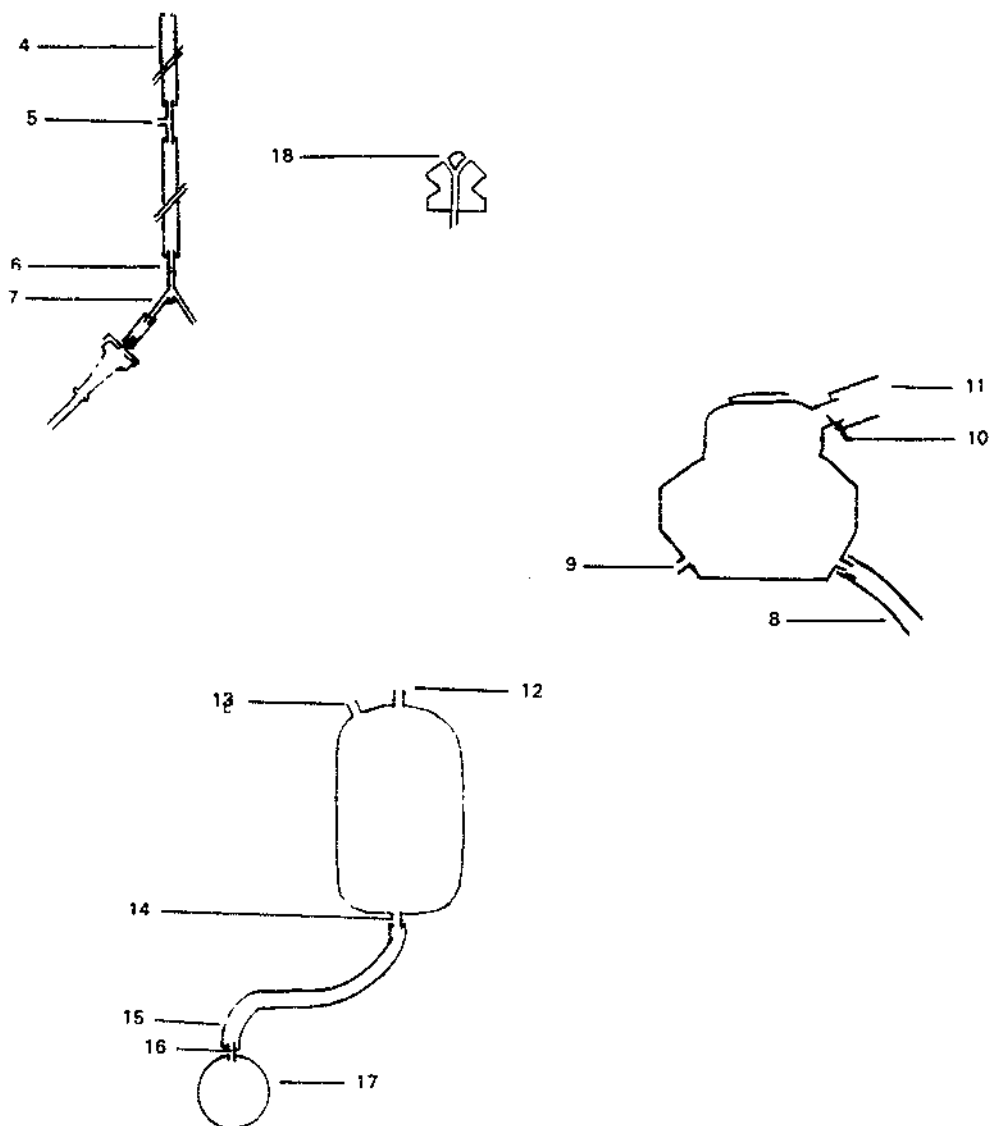
6	Verdeelstuk naar jetter IN	6	13	796,4
7	Verdeelstuk naar jetter UIT	24	5	235,6
18	Injetter, 4 gaatjes	96	3,4	435,8

Dimensies jetter met vergroot doorstroomoppervlak

6	Verdeelstuk naar jetter IN	6	16	1206,4
7	Verdeelstuk naar jetter UIT	24	8	603,2
18	Injetter, 4 gaatjes	96	4,92	912,9

BIJLAGE Xb Overzicht van de onderdelen in de melkleidinginstallatie van Waiboerhoeve 5

De nummers op deze bijlage corresponderen met de nummers op bijlage 10a.



LIST OF CAPTIONS OF FIGURES, TABLES AND APPENDICES

FIGURES

Figure A	Rinse curve without air inlet
Figure B	Rinse curve with 40 kPa and 60 kPa
Figure 1	Layout of different flowpatterns
Figure 2a,b	Effect of Reynolds Number and mean velocity of flow on removal of organisms from bore of 38 and 76 mm pipes
Figure 3	Milking lines of the test parlour
Figure 4	Layout of the control-unit
Figure 5	Conductivity of water at different temperatures
Figure 6	Pumpkarakteristik of the 2 milkpumps at different vacuümlevels
Figure 7	Real and calculated rinse curve
Figure 8a,b	Speed of water in different rinse lines at different vacuüm levels and slug sizes
Figure 9	Rinse curves with salt water-, milk water- and alkaline water circulationfluid
Figure 10a,b	Rinse curve without air inlet and a rinse curve with one or two sides of the receiverunit open
Figure 11	Rinse curve with 40 kPa and 60 kPa
Figure 12	Rinse curve of one milk cluster and long milk hose
Figure 13	Rins curve of a milk jar and milkflow indicator
Figure 14a,b,c,d	Rinse curve with milkproduction meters in position A,B,C and D
Figure 15a,b	Rinse curves of 80 meters long milk line, 7 milk clusters
Figure 16a,b	Rinse curves of a 2 x 5 herringbone parlour, 50

	mm ø milk line, Metatron milkproduction meters
Figure 17a,b	Rinse curve of a 2 x 5 open tandem milk parlour, 75 mm ø milk line, Surge milkproduction meters
Figure 18	Rinse curve of a 2 x 5 open tandem milk parlour, 75 mm ø milk line, Afikim milkproduktion meters
Figure 19a,b	Rinse curves of different practicalfarms (2 x 6 herringbone with milk jars and a 80 meter long 50 mm tie-up barn) measured by hand

TABLES

Table 1	Split-plot design of the test
Table 2	Conductivity of water at different temperatures
Table 3	Velocity of 2 milkpumps in the test parlour at different vacuüm levels
Table 4	Speed of water in different rinse lines at different vacuum levels and slug sizes
Table 5	The effect of contamination sort on the amount of water to reach 1 %
Table 6	Place and amount of residualwater in the 50 mm system
Table 7	Place and amount of residualwater in the 75 mm system
Table 8,11,14,18,21,26,29 by different milksystems	The effect of vacuüm on the amount of rinse water
Table 9,12,15,19,22,27,30	The effect of slug size on the amount of rinse water by different milk systems
Table 10,13,16,20,23,28,31	The interaction effect between vacuüm and slugsize on the amount of rinse water by different milk systems
Table 17	Layout of the amount of rinse water to reach 1 percent contamination, at the 50 mm system without milk jars

Table 24	Layout of the amount of rinse water to reach 1 percent contamination, at the 50 mm system with milk jars
Table 25	The effect of different rinse programs on the amount of rinse water by the 50 mm system
Table 32	The effect of long and short milkhoses on the amount of rinse water
Table 33,34,35	The effect of opening diameter of the clusterholder on the amount of rinse water
Table 36	Reduction of rinse water in percent of the norm, for the 50 mm milk line
Table 37	Reduction of rinse water in percent of the norm, for the 75 mm milk line

APPENDICES

appendix I	The amount of water sucked in by different systems and rinselines
appendix II	The amount of water in ℓ /second pumped by two milkpumps
appendix III	Results of the 50 mm system without milk jars, rinsed by the 2 x 38 mm rinse line
appendix IV	Results of the 50 mm system with milk jars, rinsed by the 1 x 30 mm rinse line
appendix V	Results of the 50 mm system with milk jars, rinsed by the 1 x 30 mm rinse line
appendix VI	Results of the 50 mm system without milk jars, rinsed by the 2 x 32 mm rinseline
appendix VII	Results of the 50 mm system with milkyars, rinsed by the 2 x 32 mm rinseline
appendix VIII	Results of the 75 mm system, rinsed by the 75 and 50 mm milk rinse line
appendix IX	Results of the 75 mm system, rinsed by the 2 x 38 mm rinse line
appendix Xa,b	Flowsheet of the test parlour

ACTUELE RAPPORTEN + JAAR VAN UITGAVE

Nr.	Prijs
113 Vorstschade in grasland, 1988	25,00
114 Grasproductie en benutting bij de beweidingssystemen O4 en B4, 1989	25,00
115 Bodem, vegetatie, produktie en graskwaliteit van grasland met beheersbeperkingen, 1989	25,00
116 Simulatie van voeding en groei van jongvee. Toelichting op een computerprogramma, 1989	25,00
117 Verdeling en toevoegmiddelen bij het inkuilen van gras, 1989	25,00
118 Effect oogstmachines en melasse op de kwaliteit van slecht voorgedroogd kuilvoer, 1989	25,00
119 Invloed van toevoegmiddelen op de kwaliteit van slecht voorgedroogd kuilvoer, 1989	25,00
120 Korrelkneuzen bij de oogst van snijmaïs, 1989	25,00
121 Invloed van het toevoegen van melasse aan gras, 1989	25,00
122 Het schaapmodel, 1989	25,00
123 Bemonstering, kwaliteit en voederwaardering van graskuil, 1990	25,00
124 Grasproductie en -benutting bij de beweidingssystemen B4 en B4+4, 1990	25,00
125 Opname van diploid en tetraploid in Engels raaigras, 1990	25,00
126 Bedrijfsmodel voor veenweidegebieden met verweving van natuur- en veehoudersbelangen, 1990	25,00
127 Graslandgebruik, bemesting en voedervoorziening op bedrijven met beheersbeperkingen, 1990	25,00
128 Continuëgebruik van Italiaans raaigras in vergelijking met Mk1-mengsel op komklei, 1990	25,00
129 Vriespunt van boerderijmelk, 1990	25,00
130 Invloed van het toevoegen van mierzuur en melasse aan weinig voorgedroogde graskuil, 1990	25,00
131 Vleesproductie met Piemontese x zwartbonte kruislingvaarzen, 1991	25,00
132 Invloed van ontwatering van veengrasland en van grasland met gebruiksbeperkingen op de voedervoorziening van melkveebedrijven, 1991	25,00
133 Inpassing melkveehouderij in het geïntegreerde bedrijfsmodel voor veenweidegebieden, 1991	25,00
134 Herstructurering van een veenweidegebied met het geïntegreerde bedrijfsmodel, 1992	25,00
135 Gecombineerd weiden van schapen en pinken, 1992	25,00
136 Invloed tijdstip van toediening op stikstofwerking van dunne rundermest op grasland, 1992	25,00
137 Kuilafdekking en kuilkwaliteit, 1992	25,00
138 Bedrijfseconomische gevolgen beperking stikstofverliezen op melkveebedrijven, 1992	25,00
139 Ammoniak-emissiemetingen met de Lindvaldoos, 1992	25,00
140 Propro Noord-Brabant, 1992	25,00
141 Dairy farming and automatic milking, 1992	25,00
142 Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland naar gebruikswijze, 1992	25,00
143 Twee duurzaamheidscriteria getoetst aan een gangbaar melkveebedrijf, 1993	25,00
144 Stikstofverliezen en inkomen bij meer jongvee op melkveebedrijven, 1993	25,00
145 Afname melkstellen door melkmeters, 1993	25,00
146 Inkuilverliezen bij snijmaïs, 1993	25,00
147 Stromend diepkoelen van rauwe melk, 1993	25,00
148 Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland, 1993	25,00
149 Bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen emissie-arme bedrijfssystemen op melkveebedrijven, 1993	25,00
150 Invloed bedrijfsfactoren op energieverbruik melkveebedrijven, 1994	25,00
151 Perspectieven grassenveredeling voor bedrijfsinkomen en mineralenoverschotten, 1994	25,00
152 Effect bodemverdichting op opbrengst en stikstofopname Engels raaigras op zandgrond, 1994	25,00
153 Vertrapping en grasaanbod op veengrasland met een slechte draagkracht, 1994	25,00
154 Tactische N-voorjaarsbemesting op gras-klavermengsels, 1994	25,00
155 High Performance Conditioner, 1995	25,00
156 Aanzuren rundermest in stal en silo, 1995	25,00
157 Energieverbruik bij ruwvoerteelt en- winning op melkveebedrijven, 1995	25,00
158 Beheersovereenkomsten op grasland van melkveebedrijven. Inpasbaarheid, 1995	25,00
159 Beheersovereenkomsten op grasland van melkveebedrijven. Economie en gevolgen voor de P-huishouding, 1995	25,00
160 Stikstof en fosfaatoverschot bij landbouwkundig goede bedrijfsvoering, 1995	25,00

Rapporten zijn verkrijgbaar door overmaking van het betreffende bedrag op Postbank nr. 2307421 van het PR te Lelystad met vermelding van het nummer van het rapport.