

Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utare- tulehduksen vastustamisessa

Hannele Laukkanen
Kotieläinten jalostustieteen laitos

Helsinki 1984

Julkaisijat:

Kotieläinten jalostustieteen laitos, Helsingin Yliopisto, Viikki
Kotieläinjalostuslaitos, Maatalouden Tutkimuskeskus, Jokioinen

**MAIDON SÄHKÖNJOHTOKYKYYN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT
JA JOHTOKYVYN KÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA UTARE-
TULEHDUKSEN VASTUSTAMISESSA**

Hannele Laukkanen
Pro gradu -työ 1984

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO	1
1. Utaretulehduksen vastustuskyvyn jalostamisesta . . .	1
2. Sähkönjohtokyky fysikaalis-kemiallisena ilmiönä . . .	2
KIRJALLISUUSOSA	4
I Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät . . .	4
I 1. Maidon aineosien vaikutukset	4
I 1.1. Sähköä johtavat maidon aineosat	4
I 1.2. Sähkön johtumista estävät aineosat	5
I 2. Fysikaaliset tekijät	6
I 2.1. Lämpötila	6
I 3. Biologiset tekijät	7
I 3.1. Laktaatiokauden vaihe	7
I 3.2. Ruokinta	9
I 3.3. Eläimen terveydentila	9
I 3.3.1. Utaretulehdus	9
I 3.3.2. Muut sairaudet	12
I 3.4. Muut tekijät	12
I 4. Lypsynajan ja näytetyypin vaikutus	13
I 4.1. Lypsynaika	13
I 4.2. Lypsyn vaihe	14
I 4.3. Näytetyyppi	17
II Utaretulehduksen toteaminen maidon sähkön- johtokykyymittauksen avulla	18
II 1. Utareen todellinen terveydentila	18
II 1.1. Sähkönjohtokykyymittauksissa käytettyjä utareen terveydentilaa kuvaavia kriteerejä	19
II 2. Sähkönjohtokyvyn ja muiden utareterveyden kuvaajien väliset yhteydet	20
II 3. Lehmän neljännesmaitojen sähkönjohtokyvyn keskinäinen vertailu	22
II 4. Seurannan tarpeellisuus	26

OMAT TUTKIMUKSET	29
I Materiaali	29
I 1. Lehmät ja koeajankohta	29
I 2. Näytteiden keruu	29
I 3. Näytteiden analysointi	30
II Aineisto	32
II 1. Tunnusluvut	32
II 2. Muuttujien jakauman normaalisuus	32
II 3. Tilastollisissa analyyseissa käytetyt osa- aineistot	33
III Menetelmät	35
IV Tulokset ja tulosten tarkastelu	40
IV 1. Sähkönjohtokyvyn ja maidon aineosien väli- nen yhteys	40
IV 1.1. Regressiokertoimet	40
IV 1.2. Osittaiskorrelaatiot	41
IV 2. Sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät	42
IV 2.1. Poikimakerta	42
IV 2.2. Laktaatiokauden vaihe	45
IV 2.3. Lypsynaika	50
IV 2.4. Lypsyn vaihe	52
IV 3. Toistuvuudet	55
IV 4. Sähkönjohtokyky utaretulehduksen diagnosoi- jana	56
V Johtopäätökset	61
VI Kirjallisuus	63

JOHDANTO

1. Utaretulehduksen vastustuskyvyn jalostamisesta

Perinnöllisten tekijöiden on todettu osittain vaikuttavan lehmän alttiuteen sairastua utaretulehdukseen. Lie ym. (1980) esittävät kirjallisuustutkimuksessaan heritabiliteettiarvojen vaihtelevan muutamasta prosentista lähes 50 prosenttiin riippuen siitä, mitä kriteeriä utaretulehduksen toteamisessa on käytetty ja millaisella eläinaineistolla tutkimukset on tehty.

Jalostuksen avulla olisi siis mahdollista kehittää lehmien vastustuskykyä ja siten vähentää sairastuvuutta. Jotta jalostusvalintaa voitaisiin alkaa suorittaa, täytyy kuitenkin ensin löytää sopiva kriteeri, jonka perusteella valinta tehdään. Pelkäämään eläinten sairaustietoihin perustuvalla menetelmällä ei saavuteta parasta mahdollista edistymistä, koska ympäristötekijöillä on tällöin suuri vaikutus. Lisäksi vain aikuisilta lehmiltä voitaisiin kerätä tietoja ja tällöin jalostustyössä tärkeä aikatekijä asettaisi omat rajoituksensa.

Tehokkaampaa olisi jos jalostustyössä voitaisiin käyttää hyväksi tietoa eläinten taudin vastustuskyvystä. Parasta olisi, että tutkittava ominaisuus voitaisiin mitata jokaiselta eläimeltä jo varhaisessa vaiheessa ja että ominaisuuden periytyvyysaste olisi korkea. Tutkimuksia onkin jo tehty tällä alueella, mutta läheskään tarpeeksi ei tiedetä, niin että jalostusohjelmiin voitaisiin ottaa tällaisia tekijöitä mukaan.

Jalostuksessa voitaisiin käyttää hyväksi myös ns. merkkiominaisuuksia. Näitä ovat ominaisuudet, joilla on kiinteä yhteys taudin vastustuskykyyn. Merkkiominaisuuden olisi oltava helposti

ja tarkasti mitattavissa sekä sen periytyvyyden tulisi olla korkea. Mm. veriryhmätekijöiden sekä maidon polymorfisten proteiinien yhteyttä utaretulehdusalttiuteen on tutkittu.

Syksyllä 1982 käynnistyi maassamme laaja ns. mastiitti-projekti, jonka tavoitteena on tutkia erilaisia menetelmiä, joiden avulla eläimen utaretulehduksen vastustamiskyvystä saataisiin mahdollisimman luotettava arvio ja joita sitten voitaisiin käyttää valtakunnallisessa jalostustyössä. Lisäksi tutkimuksella pyritään löytämään sellaisia menetelmiä, joiden avulla utaretulehduksen vaihe ja vakavuus voitaisiin kuvata täsmällisesti.

Keväällä 1983 suoritettiin mastiitti-projektin alustavia kokeita Helsingin Yliopiston Viikin koekarjassa. Pro-gradu -työni on osa tästä alustavasta koesarjasta. Työn tarkoituksena oli selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat maidon sähkönjohtokykyyn, määrittää sopiva näytteenottoajankohta ja näytetyyppi sekä laskea mittaustulosten toistuvuusarvoja.

Maidon sähkönjohtokykyä utaretulehduksen osoittajana on jonkin verran tutkittu, mutta ei sen käyttömahdollisuutta jalostustyössä. Suurin osa tutkijoista on keskittynyt siihen, kuinka hyvin sähkönjohtokyvyn avulla tehty diagnoosi ja jollain muulla menetelmällä tehty diagnoosi korreloivat keskenään. Sen sijaan sähkönjohtokykyyn yleisesti vaikuttavia tekijöitä ei ole systemaattisesti tutkittu eikä myöskään esim. toistuvuusarvoja ole kirjallisuudesta löydettävissä.

2. Sähkönjohtokyky fysikaalis-kemiallisena ilmiönä

Ionit johtavat sähköä ja tähän perustuu elektrolyyttien

sähkönjohtokyky. Kun elektrolyyttiin upotetaan kaksi elektrodia, kulkeutuvat anionit anodille ja kationit katodille ja syntyy sähkövirta. Elektrolyytin johtokyky on kationien ja anionien johtokykyjen summa (Wood, Holliday, 1960).

Johtokyky (K) riippuu nesteen sähköisestä resistanssista (R).

$$K = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{a}{d} = \lambda \frac{a}{d},$$

jossa

ρ = nesteen ominaisresistanssi

a = elektrodien pinta-ala

d = elektrodien välinen etäisyys

λ = nesteen ominaisjohtokyky

Nesteen ominaisjohtokyky saadaan mitattua kun elektrodiva-
kio ($\frac{d}{a}$) on yksi.

Johtokyvyn mittayksikkö on siemens (S), josta käytetään myös lyhennettä ohm^{-1} tai mho. Ominaisjohtokyky ilmoitetaan tiettyä matkaa kohti, esim. S/m.

Sähkönjohtokyky on lämpötilan funktio ja elektrolyyttien sähkönjohtokyky kasvaa lämpötilan noustessa. Muutos sähkönjohtokyvyyssä on n. 2 % / °C.

KIRJALLISUUSOSA

I MAIDON SÄHKÖNJOHTOKYKYYN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

I 1. Maidon aineosien vaikutukset

I 1.1. Sähköä johtavat maidon aineosat

Maidon sähkönjohtokyky perustuu epäorqaanisiin suoloihin, jotka ovat dissosioituneet maidon vesifaasiin. Tärkeimpiä sähkönjohtajia ovat kloridi-, natrium- ja kaliumionit. Kalsium-, magnesium- ja fosfaatti-ioneilla on vähäisempi merkitys (Davis, 1975). Kyseisten ionien pitoisuudet normaalimaidossa ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Ionien pitoisuudet normaalimaidossa.

ioni	yksikkö	pitoisuus	lähde
Na	mg/100 ml	57	Kitchen ym. 1980
	- " -	43.6	Tallamy, Randolph 1970
Cl	- " -	91	Ashworth ym. 1967
	- " -	100	Mielke 1975
K	- " -	172.5	Tallamy, Randolph 1970

Sekä natrium-, kalium- että kloridi-ionien erittymistä maitoon säätelevät aktiiviset pumppusysteemit maitoa erittävien solujen pinnoilla sekä passiivinen kulkeutuminen (Linzell, Peaker 1971a, Linzell, 1972). Sensijaan maitotiehyeiden epiteelisolukon esitetään olevan näitä ioneja läpäisemätön (Linzell, Peaker, 1971b). Kaikki muutokset suolojen määrässä ja dissosioitumisasteessa aiheuttavat muutoksen sähkönjohtokyvyssä.

Kirjallisuudessa esiintyvät yleiset korrelaatiokertoimet ionien ja johtokyvyn välillä ovat seuraavat:

	Cl^-	Na^+	K^+	
johtokyky	+ 0,90	+ 0,87	- 0,68	Mielke, Schulz 1973 (ref. Sachse, Schulz, 1973)
		+ 0,60	- 0,28	Pratt ym. 1972
		+ 0,87		Kitchen ym. 1980

Ionien tehtävä liittyy mm. maidon osmoottisen paineen ylläpitämiseen (Mielke, 1975). Myös laktoosi on tärkeä osmoottisesti aktiivinen aine. Jos jostain syystä maidon laktoosi vähenee, lisääntyy ionien määrä, jotta osmoottinen paine säilyisi ennallaan. Siten alhaiseen laktoosin määrään liittyy korkea sähkönjohtokyky.

I 1.2. Sähkön johtumista estävät aineosat

Liukenemattomat rasvapalloset maidossa estävät sähkön johtumista. Rasva vaikeuttaa ionien kulkua elektrodeille ja toisaalta mitä suuremman volyymin rasva vie maitotilavuudesta, sitä vähemmän on tilaa sähköä johtaville partikkeleille. Maidon rasvan osa käyttäytyy kuten homogeeninen elektrolyytti. Jos maidon rasva poistetaan, nousee sähkönjohtokyky n. 11 % (Davis, 1975). Fernando ym. (1981) totesivat esimaitonäytteissä johtokyvyn kasvavan 5.855 mS/cm:stä 6.931 ms/cm:iin kun rasva poistettiin. Rasvapallosten koolla ei ole merkitystä, sillä homogenoitun ja homogeenimattoman maidon sähkönjohtokyvyllä ei ole todettu olevan

eroa (Prentice, 1962). Rasvan vaikutuksesta elektrodien pinnalle saattaa myös kertyä kelmu, joka häiritsee mittausta. Myös maidon proteiineilla on sama vaikutus. Mittauksessa käytettävällä sähkövirran frekvenssillä voidaan vaikuttaa tähän häiriötekijään (Rüegg ym. 1980).

Maidossa olevat solut (epiteelisolut, valkosolut) estävät rasvan tavoin sähköä johtavien partikkelien liikettä ja siten vaikuttavat sähkönjohtokykyyn (Davis, 1975). Solut kuitenkin painuvat hiljalleen näytteen pohjalle, joten pintaosasta voidaan mitata todellinen johtokyky.

I 2. Fysikaaliset tekijät

I 2.1. Lämpötila

Sähkönjohtokyvyn mittauksissa on erittäin tärkeätä tietää, missä lämpötilassa mittaus tehdään, sillä johtokyky on riippuvainen lämpötilasta. Elektrolyyttien sähkönjohtokyky kasvaa lämpötilan noustessa (Lingane, 1953). Maidossa suolojen dissosioituminen ioneiksi lisääntyy lämpötilan noustessa. Lisäksi maidon viskositeetti pienenee.

Vishnevskaya ym. (1961) saivat lämpötilakertoimeksi $1,18 \times 10^{-4}$ ohm/m/°C. Prenticen (1972) mukaan utaretulehduksella ei ole vaikutusta maidon sähkönjohtokyvyn lämpötilakertoimeen. Kerroin itsessäänkin on lämpötilan funktio ja Prentice esittää kaavan:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + \alpha t + \beta t^2),$$

jolla johtokyky (λ) tietyssä lämpötilassa (t) saadaan

$$\lambda_0 = \text{johtokyky lämpötilassa } 0^\circ \text{C}$$

$$\alpha = \text{lineaarinen lämpötilakerroin}$$

β = lämpötilakertoimen neliö.

Lämpötilakertoimiksi normaali- ja utaretulehdusmaidolle Prentice (1972) on saanut seuraavat arvot:

Lämpötila°C	normaalimaito	utaretulehdusmaito
15	0,0241	0,0238
20	0,0223	0,0220
25	0,0208	0,0205
30	0,0195	0,0192
35	0,0183	0,0180
40	0,0173	0,0171

I 3. Biologiset tekijät

I 3.1. Laktaatiokauden vaihe

Poikimisen jälkeen saatavan kolostrumimaidon koostumus poikkeaa selvästi tavallisesta maidosta. Kolostrumissa on runsaasti kationeja ja fosfaatteja. Vinovrški ym. (1976) saivat natriumin määräksi kolmena ensimmäisenä päivänä poikimisen jälkeen 92 mg/100 ml ja seuraavana kuutena päivänä 83,9 mg/ml. Vastaavat luvut kaliumille olivat 149,0 ja 140,5. Yleensä kolostrumissa natriumin ja kloridien määrä on suurempi ja kaliumin määrä pienempi kuin normaalimaidossa (Peaker, 1974).

Ummessaoloajan ja poikimisen jälkeisen kuukauden ajan maidolle saivat Sachse ja Schulz (1973) keskimääräiseksi sähköjohtokyvyksi 7,97 mS/cm. Samassa kokeessa oli välillä 2. - 7. lypsykuukausi sähköjohtokyvyn keskiarvo terveillä eläimillä 4,72 mS/cm.

Maidon sähköjohtokykyä aivan laktaatiokauden alussa ei ole paljoa tutkittu, mutta muutamat havainnot osoittavat johtokyvyn olevan tällöin normaalia suurempi. Linzell ja Peaker (1975) totesivat neljää lehmää tutkittuaan sähköjohtokyvyn laskevan normaalitasolle 2 - 10 päivän kuluessa poikimisesta. Mielken ym. kokeissa todettiin ensimmäisen laktaatiokuukauden aikana mitattujen arvojen poikkeavan merkitsevästi muiden kuukausien aikana saaduista arvoista (Mielke ym. 1981). Sähköjohtokyky oli ensimmäisen kuukauden aikana normaalia suurempi, mutta laski normaalitasolle jo kuukauden kuluessa. Samasta tutkimuksesta ilmenee, että laktaatiokauden lopun (10. - 14. kuukausi) aikana johtokyky on samalla tasolla kuin kauden alussa. Keskiarvo ensimmäisen kuukauden aikana oli 4,9 mS/cm, mutta suurin osa mittauksista oli tehty kuukauden loppupuolella.

Laktaatiokauden lopun korkeista johtokykylukemista on havaintoja myös Linzellin ja Peakerin kokeessa (1975), mutta nämä tutkijat esittävät, että välttämättä johtokyky ei nouse lypsykauden lopullakaan terveillä eläimillä, mutta vaihtelu on kuitenkin laktaatiokauden lopussa (37 - 44 viikkoa poikimisesta) suurempaa kuin kauden alussa. Lisääntyneen eläinten välisen eron ko. tutkijat selittävät sillä, että laktaatiokauden lopulla on useilla eläimillä kohonnut sähköjohtokykytaso koska ko. eläimet ovat jossain laktaatiokauden vaiheessa sairastaneet utrararetulehdusta. Wheelock, Rook, Neave, Dodd (1966) totesivat, että tulehduksen aiheuttamat muutokset maidon ionikonsentraatiossa eivät täydellisesti palaudu ennen kuin seuraavan poikimisen jälkeen. Tämä siis tukee Linzellin ja Peakerin tutkimusta.

Ummessaoloaikana utareen maitokanavissa tapahtuu muutoksia joiden seurauksena Na^+ ja Cl^- -ionit pääsevät paremmin kulkeutumaan maitoon (Linzell, Peaker 1971b). Ummessa olevin lehmien maidon sähkönjohtokyky nousi Beuchen ym. kokeessa (1977) kolmessa viikossa umpeenpanon jälkeen keskimäärin 7.9 mS/cm tasolle. Sekä sairaiden että terveiden lehmien maidossa oli natrium- ja kloridipitoisuus normaalitasoa korkeammalla ja kaliumia oli vähemmän kuin normaalimaidossa. Olennaista eroa pitoisuuksissa ei terveiden ja sairaiden eläinten välillä ollut. Tutkijat toteavatkin, ettei ummessaoloajalta saatuja sähkönjohtokylukemia voida käyttää diagnosointiin.

I 3.2. Ruokinta

Ruokinnan vaikutuksesta maidon sähkönjohtokykyyn ei ole paljon tietoa, mutta Linzell ja Peaker (1972, 1975) toteavat, että kun lehmät pääsevät laitumelle, maidon johtokyky nousee ja maidon koostumus saattaa muistuttaa utaretulehdusmaitoa. Huomattava on tässä, että muutos tapahtuu kaikkien neljännesten maidossa.

Ruokinnan muutoksella totesi myös Schulz ym. (1978) olevan vaikutusta sähkönjohtokykyyn. Tutkituissa karjoissa maidon sähkönjohtokyky nousi totutusaikana, kun pötsi ja aineenvaihdunta sopeutuivat uuteen rehukoostumukseen.

I 3.3. Eläimen terveydentila

I 3.3.1. Utaretulehdus

Jo kauan on ollut tunnettua, että utaretulehdusmaidossa on

runsaasti natriumkloridia. Maidon suolainen maku on ollut yksi merkki utaretulehduksesta. Sairaista utareneljänneksistä saadulle esimaidolle esittää Mielke (1975) seuraavat pitoisuudet:

Na	127 mg/100 ml	
K	108	"
Cl	175	"

Sähkönjohtokyvyn keskiarvo oli samoissa näytteissä 7.9 mS/cm (30 ° C). Kaliumpitoisuus on siis laskenut ja natriumkloridipitoisuus on kohonnut verrattuna normaalimaitoon.

Utaretulehduksessa bakteerit ja niiden erittämät toksiinit aiheuttavat vaurioita maitokanavien epiteelisolukolle ja rauhas-soluille (Seffner, 1978). Linzellin ja Peakerin (1975) teorian mukaan vauriot saavat aikaan epiteelisolukon permeabiliteetin muutoksia ja Na^+ , K^+ , Cl^- -ioneja sekä laktoosia pääsee kulkeutumaan maitotiehyeiden seinämien läpi. Normaalioloissa ko. tutkijat ovat todenneet epiteelisolukon olevan ko. ioneja läpäisemätön (Linzell, Peaker, 1971b). Tulehduksen aiheuttamien vaurioiden seurauksena epiteelisolujen liitoskohdissa olevat ns. "tight junctions" kohdat aukeavat ja kapillaarisuonten permeabiliteetti kasvaa. Sen seurauksena Na^+ ja Cl^- -ionit kulkeutuvat maitoon ja K^+ -ionit pois maidosta (Peaker, 1974). Aineiden kulkusuunnat määräytyvät sen mukaan mikä on konsentraatioero maidon ja ekstraselulaarinesteen välillä sekä mihin suuntaan osmoottinen paine vaikuttaa. Siten K^+ kulkeutuu pois maidosta, koska ekstraselulaarisessa nesteessä on tätä ionia vähän. Myös laktoosi kulkeutuu pois maidosta (Mielke, 1975) ja se aiheuttaisi osmoottisen pai-

neen laskun maidossa, ellei tilalle tulisi muita osmoottisesti aktiivisia aineita. Epiteelisolukon läpäisevyyden muutos takaakin sen, että maitoon pääsee kulkeutumaan Na^+ ja Cl^- -ioneja, jotka saavat osmoottisen paineen pysymään ennallaan. Laktoosin määrän vähenemiseen liittyy siten johtokyvyn nousu lisääntyneiden ionien johdosta.

Jo vuonna 1966 Wheelock, Rook, Neave ja Dodd esittivät Linzellin ja Peakerin saamien tulosten mukaisen hypoteesin, kun he tutkivat bakteerien aiheuttaman tulehduksen vaikutusta maidon koostumukseen. Heidän oletuksena oli, että laktoosin väheneminen johtuu osaksi epiteelisolukon permeabiliteetin muutoksen aiheuttamasta resorptiosta ja osaksi vähentyneestä laktoosin synteesistä. Seurauksena natrium- ja kloridi-ionit kulkeutuvat maitoon ekstrasellulaarisesta nesteestä.

Tutkijat totesivat myös, että tulehduksen aiheuttama muutos natrium-, kloridi-, kalium- ja laktoosikonsentraatioissa oli läheisesti yhteydessä kliinisten oireiden voimakkuuteen.

Illalla otetuista esimaitonäytteistä saivat Fernando ym. (1981) keskiarvoksi tulehtuneen neljänneksen maidon johtokyvylle 6,260 mS/cm ja terveen neljänneksen maidon johtokyvylle 5,027 mS/cm. Sairaksi luokiteltiin ne näytteet, joista löytyi primäärinen patogeeni (Staph. aur., Strept. agal., Strept. dysagal., Strept. uberis., coliform.).

Toisin kuin muut johtokyvyn tasoon vaikuttavat seikat, vaikuttaa utaretulehdus vain sen neljänneksen maitoon, jossa tulehdus on. Muiden neljänneksen maidon johtokyky säilyy normaalitasolla (Linzell, Peaker, 1972).

I 3.3.2. Muut sairaudet

Aineenvaihduntasairaudet muuttavat usein maidon koostumusta samaan suuntaan kuin utaretulehdus. Erityisesti muutokset maidon laktoosin ja kivennäisten osalta ovat samansuuntaiset. Schulz ym. (1978) referoi tutkimuksesta, jossa tehtiin sytologisia, fysikaalis-kemiallisia ja histologisia utarekudostutkimuksia eläimillä, joilla ei ollut utaretulehdusta, mutta jokin muu vakava sairaus (esim. ketoosi). Kloridi- ja natriumpitoisuuden todetaan nousevan ja kalium- ja laktoosipitoisuuden laskevan. Muutos on kuitenkin selvempi maitokammioista saadussa maidossa (Zisternenmilch) kuin alveolimaidossa. Selityksenä tähän esitetään, että on tapahtunut muutos maitokanavien seinämien permeabiliteetissa, minkä seurauksena ionit pääsevät siirtymään kudosten ja maidon välillä.

Maidon sähkönjohtokyvyn on todettu nousevan myös muiden sairauksien johdosta esim. erilaisten tulehdusten takia ja kun eläimellä on vieras esine pötsissä (Janál ym. 1976).

I 3.4. Muut tekijät

Antibioottihoidon on todettu nostavan maidon sähkönjohtokykyä (Linzell, Peaker, 1975). Schulz ja Traoré (1980) totesivat kokeessaan, että 48 tunnin kuluttua antibioottihoidon aiheuttama "ärsytys" lakkasi ja maidon sähkönjohtokyky laski alkuperäiselle tasolle. Jos yhtä neljännestä hoidetaan tulehduksen vuoksi antibiooteilla, nousee myös muiden neljännesten maidon johtokyky (Linzell ym. 1974).

Myös kiiman (oestrus) on todettu joissakin tapauksissa

nostavan maidon johtokykyä (Linzell ja Peaker, 1975). Vuohilla viidellä eläimellä kuudesta nousi maidon natrium- ja kloridipitoisuus ja kaliumpitoisuus laski neljän päivän ajaksi ennen kiihman ulkoisten merkkien ilmaantumista (Linzell ja Peaker, 1973 ja 1974).

I 4. Lypsynajan ja näytetyypin vaikutus

I 4.1. Lypsynaika

Fernandon ym. (1981) kokeessa todettiin vuorokauden ajalla, jolloin näytteet otettiin olevan tilastollisesti merkitsevä vaikutus ($P < 0.01$) maidon sähkönjohtokykyyn. Näytteet otettiin aamu- ja iltalypsyiltä, lypsyvälien ollessa 14 ja 10 tuntia. Sekä sairaiden että terveiden neljännesten esimaidossa oli johtokyky aamulla korkeampi kuin illalla. Lypsyn jälkeen otetuissa jälkimaitonäytteissä ei aamun ja illan välillä ollut kuitenkaan merkitsevää eroa. Tutkijat pitävät pidempää lypsyväliä syynä esimaidon korkeaan johtokykyyn aamulla. Varastoitunut maito utareessa aiheuttaa lisääntyneen paineen maitorauhasessa ja koska alveoli-alueella on rauhasepiteelin permeabiliteetti yleensäkin alhaisin (Linzell, Peaker, 1971b), pääsevät ionit kulkeutumaan alveolimaitoon. Diffusion avulla kulkeutuvat elektrolyytit edelleen alaspäin maitokanavissa ja mitä pidempi maidon varastointiaika utareessa on, sitä enemmän diffuusiota tapahtuu. Toisaalta taas jälkimaidon suuri rasvapitoisuus estää johtokyvyn nousun jälkimaitonäytteissä.

Tulokset Fernandon ym. kokeesta (keskim. johtokyky mS/cm):

	a a m u			i l t a	
	lukum.	esim.	jälkim.	esim.	jälkim.
terveet	61	5,827	4,981	5,027	4,963
sairaas	7	7,725	6,920	6,260	7,540

Kun lypsyvälit muutettiin tasaisiksi (12 tuntia) ei eroa esimaidonkaan johtokyvyille aamu- ja iltanäytteissä syntynyt.

Wheelock, Rook, Dodd ja Griffin (1966) tulivat myös tutkimuksessaan siihen tulokseen, että pidentynyt lypsyväli aiheuttaa natrium- ja kloridi-ionien erittymisen lisääntymistä ja ionit ovat nimenomaan peräisin ekstrasellulaarinnesteestä. Pitkän lypsyvälin vaikutus johtokykyyn olisi siten samansuuntainen kuin utaretulehduksen vaikutus.

I 4.2. Lypsyn vaihe

Siitä, missä lypsyn vaiheessa näytteet johtokyvyn mittausta varten olisi otettava löytyy kirjallisuudessa ristiriitaista tietoa. Fernando ym. (1981 ja 1982) ovat todenneet varsinaisen lypsyn jälkeen saatavan jälkimaidon olevan paras tutkimuksen kohde. Terveillä eläimillä oli jälkimaidossa johtokyky alhaisempi kuin esimaidossa, mutta kun rasva poistettiin, oli rasvattomassa maidossa jälkimaidon johtokyky korkeampi. Sairailla eläimillä oli sekä rasvattomassa että kokomaidossa jälkimaidon johtokyky korkeampi kuin esimaidon. Tämä osoittaisi siis korkeampaa elektrolyyttikonsentraatiota jälkimaidossa. Gebre-Egziabher ym. (1979) totesivat maidon johtokyvyn sekä terveissä että sairaisissa neljän-

neksissä nousevan hieman lypsyn edetessä.

Mielken (1975) tutkimuksen mukaan ei maitokammionaidon ja alveolimaidon välillä ollut eroa Na^+ , K^+ ja Cl^- -pitoisuuksissa terveissä neljänneksissä. Utaretulehdus kuitenkin aiheutti maitokammionaidossa Na^+ ja Cl^- -pitoisuuksien nousun sekä K^+ -pitoisuuden laskun ja seurauksena johtokyvyn nousun. Tulehdus ei kuitenkaan saanut aikaan muutosta alveolimaidossa, muutoin kuin aivan viimeisessä osassa alveolimaitoa, jossa muutos oli samansuuntainen kuin maitokammionaidossa, mutta pitoisuudet kuitenkin jäivät alhaisemmiksi. Mielken mukaan tulehduksen aiheuttamat vauriot maitokammioon yhteydessä olevissa maitokanavissa saavat aikaan todetut konsentraatiomuutokset.

Wittkowskin ym. tutkimuksessa (1979) otettiin viisi eri näytettä lypsyn aikana: 1. ennen maidonantirefleksin tapahtumista, 2. heti maidonantirefleksin tapahduttua, 3. heti edellisen jälkeen, 4. lypsyn keskivaiheilla ja 5. konelypsyn jälkeen. Terveiden neljännesten osalta ei sähkönjohtokyky eronnut eri fraktioissa merkitsevästi, mutta sairaisissa neljänneksissä ensimmäinen näyte poikkesi merkitsevästi muista. Sähkönjohtokyky oli ko. fraktiossa korkein (taulukko 2). Mittaukset oli tehty rasvattomasta maidosta. Sachse ja Schulz (1974) totesivat maitokammionaidon ja alveolimaidon johtokyvyn olevan samalla tasolla terveen eläimen rasvattomassa maidossa.

Linzell ja Peaker (1975) tutkivat ennen ja jälkeen utareen pesun otettujen näytteiden johtokykyä ja totesivat, ettei eroa syntynyt terveissä neljänneksissä. Sen sijaan joissakin tulehtuneissa neljänneksissä oli pesun jälkeen otetussa näytteessä al-

haisempi johtokyky kuin mitä näytteen suurempi rasvapitoisuus olisi antanut aiheutta odottaa. Selitykseksi tutkijat esittävät, että ko. tapauksissa subkliininen tulehdus oli maitokanavan alaosassa, nisän alueella ja utareen pesu sai aikaan maidon sekoittumista ja ionikonsentraatioiden tasoittumista, jolloin johtokyky laski.

Taulukko 2. Sähkönjohtokyky eri neljännesmaitofraktioissa.

(Wittkowski ym., 1979)

fraktio	terveet		tulehtuneet ¹⁾	
	lukum.	JK mS/cm	lukum.	JK mS/cm
1	112	4.89	71	6.16
2	120	4.80	73	5.33***
3	118	4.79	73	5.24***
4	113	4.81	71	5.11***
5	117	4.91	73	5.48***

*** = $P < 0.001$, merkitsevyys suhteessa fraktioon 1

- 1) luokiteltu sairaiksi soluluvun (> 350000 kpl/ml) ja natriumpitoisuuden (> 66 mg%) perusteella

I 4.3. Näytetyyppi

Maidon sähkönjohtokykyä tutkittaessa on yleensä käytetty neljännesmaitonäytteitä. Utaretulehdus esiintyy harvoin samanlaisesti joka neljänneksessä ja kuten mm. Linzell ja Peaker (1972) ovat todenneet tapahtuu elektrolyyttien konsentraatiomuutos ja siten johtokyvyn muutos vain siinä neljänneksessä, jossa tulehdus on. Neljännesmaitonäytteitä käyttämällä saadaan siis heti tieto siitä, mikä neljännes on tulehtunut.

Sachse ja Schulz (1974) tutkivat eri neljännesten yhteismaitonäytteitä. He totesivat, että yhteismaitonäytteen sähkönjohtokyky oli kohonnut ainoastaan, jos useampi kuin yksi neljännes oli tulehtunut. Sama tulos koski myös neljännesten esimaidosta koostunutta yhteismaitonäytettä (taulukko 3).

Mielke ym. (1981) totesivat myös, ettei yhden neljänneksen kohonnut sähkönjohtokyky saa aikaan yhteisesimaitonäytteen johtokyvyn nousua.

Taulukko 3. Johtokyky neljännes- ja yhteismaitonäytteissä.

(Sachse, Schulz, 1974)

lehmä nro	neljännesesimaito				yhteisesimaito	kokomaito
	VE	VT	OT	OE		
4403	7.1	5.6	5.4	4.9	5.7	-
4406	7.1	9.4	6.2	5.8	7.0	-
3800	5.1	5.1	5.3	8.2	5.6	-
3795	5.4	5.5	5.5	6.4	5.6	-
215	5.1	5.8	5.7	5.6	5.5	5.1
223	5.4	7.3	5.6	5.4	5.4	5.2
224	6.6	6.8	6.4	6.2	6.6	5.9

II UTARETULEHDUKSEN TOTEAMINEN MAIDON SÄHKÖNJOHTOKYKYMITTAUKSEN AVULLA

II 1. Utareen todellinen terveydentila

Kun halutaan tutkia maidon sähkönjohtavuuden kykyä erotella sairaat neljännekset terveistä, on ongelmana se, mitä pidetään totuutena ko. neljänneksen terveydentilasta. Erityisesti subkliinisen utaretulehduksen toteaminen on ongelmallista, koska sairaus saattaa ilmetä vain maidon laadun muutoksena. Yleensä maidon sähkönjohtokykyä tutkittaessa on vertailukohtana ollut soluluvun tai bakteriologisen analyysin antama informaatio. Kuitenkaan näitäkään kriteereitä ei voida pitää varmoina tulehduksen osoittajina.

Lindströmin ym. (1981) tutkimuksen mukaan jäi 26 % sairaita neljänneksistä löytymättä, kun rajana terveiden ja sairaiden välillä oli 250000 solua/ml maitoa. Soluluvulle on suositeltu 300000 kpl/ml rajaksi terveiden ja sairaiden välille (Dohoo ja Meel, 1982). Myös epäsuorilla menetelmillä, kuten Wisconsin Mastitis Test (WMT) ja California Mastitis Test (CMT) voidaan maidon soluluku arvioida.

Linzell ja Peaker (1975) kritisivat kuitenkin voimakkaasti sitä vastaan, että sähkönjohtokymittausta ja solulukua vertailaan keskenään. Kumpikin mittaavat aivan eri asiaa; johtokyky rauhas- ja maitokanavien epiteelisolukolle aiheutuneita vaurioita ja soluluku elimistön tulehdusta vastustavaa toimintaa. Linzell ja Peaker pitävätkin tärkeänä, että vertailukohteena on aina bakteriologisen analyysin tulos.

Tutkijat ovat todenneet, että mitään patogeenia ei välttämättä aina löydy, vaikka tulehduksen aiheuttama laadun muutos

maidossa on ilmeinen (Bergmann, Reinhold, 1978). Davisin (1975) mukaan saattaa olla tarpeen tutkia tietty neljännes useaan kertaan, ennen kuin patogeeni löytyy.

II 1.1. Sähkönsijohtokytutkimuksissa käytettyjä utareen terveydentilaa kuvaavia kriteerejä

Kirjallisuudessa on esitetty mm. seuraavia perusteita, joilla neljännekset on luokiteltu terveiksi tai tulehtuneiksi:

terveyden	arviointiperuste (neljännesmaidosta)	tutkija
tila		
tulehdus	maidosta löytyy sama patogeeni näytteenoton yhteydessä ja viikkoa myöhemmin	Fernando ym. 1981, 1982
	- primäärisen patogeenin aiheuttama tulehdus	
	- sekundäärisen patogeenin aiheuttama tulehdus	
tulehdus	vähintään 50 %:ssä näytteistä löytyy patogeeni tai WMT jatkuvasti > 20 mm	Gebre-Egziabher ym. 1979
terve	ei patogeenia tai WMT jatkuvasti < 10 mm	
terve	mitään organismia ei löydy	Peaker, 1978
lievä	ei-hemolyyttinen, koagulaasi-negatiivinen staphylococci ja/tai corynebacterium spp. löytyy	Linzell ja Peaker, 1975, Linzell ym. 1974

vakava-	kliiniset tapaukset tai löytyy	
tulehdus	streptokokki ja/tai hemolyyttinen, koagulaasipositiivinen staphylococci	
tulehdus	sama bakteerilaji löytyy kahdessa kolmesta peräkkäisestä näytteestä	Sheldrake ja Hoare, 1981
	- staphylococcus aureus tai strepto- cocci	
	- corynebacterium bovis tai koagu- laasi-negatiivinen staphylococci	
tulehdus	soluluku > 500000	- " -
tulehdus	soluluku > 350000 ja/tai natriumia enemmän kuin 60 mg%	Wittkowski ym. 1979
tulehdus	soluluku > 500000	Mielke ym. 1981

II 1.2. Sähkönjohtokyvyn ja muiden utareterveyden kuvaajien väliset yhteydet

Johtokyvyn ja muiden utareen terveydentilaa kuvaavien tekijöiden väliset yleiset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4. Laktoosin ja johtokyvyn väliseen yhteyteen vaikuttaa selvästi sellaista aineistoa on käytetty. Sachse ja Schulz (1974) totesivat, ettei terveiden neljänneksen maidossa (johtokyky alle 5.9 mS/cm) ole johtokyvyn ja laktoosipitoisuuden välillä korrelaatiota. Tulehtuneiden neljänneksen maidossa sekä kolostrumi- ja ummessaoloajan maidossa on johtokyvyn ja laktoosipitoisuuden välillä voimakas negatiivinen korrelaatio. Traorè ym. (1979) saivat kliinisesti sairaisissa neljänneksissä voimakkaamman negatiivisen

korrelaation kuin subkliinisesti sairaisissa neljänneksissä.

Taulukko 4. Johtokyvyn ja eräiden muiden utareen terveydentilaa kuvaavien tekijöiden väliset yleiset korrelaatiot.

johtokyky:

soluluku	WMT ¹⁾	laktoosi	Ph	NAG:aasi ²⁾	
0.25		0.56 (?)			Pratt ym. (1972)
0.48		-0.70	0.68		Mielke, Schulz (1973) ref. Sachse, Schulz (1973)
	0.28				Gebre-Egziabher ym. (1979)
		-0.59 (-0.85) ³⁾			Traoré ym. (1979)
0.49					Fernando ym. (1982)
0.75			0.77		Kitchen ym. (1980)

1) WMT = Wisconsin Mastitis Test

2) N-asetyyli- β -D-glukosaminidaasi-entsyymi

3) edellinen luku subkliinisesti sairaisissa neljänneksissä, su-
luissa oleva kliinisesti sairaisissa neljänneksissä

II 3. Lehmän neljännesmaitojen sähkönjohtokyvyn keskinäinen vertailu

Koska maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin utareen terveydentila esitti Davis jo 1947, että saman utareen eri neljännesmaitoja täytyy verrata keskenään. Tällä vertailulla poistettaisiin mm. lypsykauden vaiheen aiheuttama johtokykytason vaihtelu. Davis selvitti kokeessaan, että tulehtuneen neljänneksen maidossa johtokyky oli selvästi korkeampi kuin muiden neljännesten maidossa.

Myös Linzell ja Peaker (1972) pitävät tärkeänä neljännesten keskinäistä vertailua. He totesivat, että satunnaiset tekijät aiheuttivat eri neljännesten maidon koostumuksessa ja johtokykyssä saman suuruista vaihtelua. Kuitenkin, jos jossain neljänneksessä oli tulehdus, aiheutti se selvän poikkeaman tästä muuten yhdenmukaisesta vaihtelusta.

Johtokykymittauksista saatujen tulosten analysointiin onkin kehitetty useita nimenomaan neljännesten eroja kuvaavia menetelmiä. Greatrix ym. (1968) esittivät kolme eri laskentatapaa. I: kunkin neljännesmaidon johtokyvyn ja saman eläimen alhaisimman neljännesmaidon johtokyvyn erotus. II: edellä mainittujen johtokykyarvojen suhde. III: korkeimman ja alhaisimman neljännesmaidon johtokyvyn suhde.

Kahdella ensimmäisellä menetelmällä pyrittiin löytämään tulehtuneet neljännekset ja viimeisellä ne eläimet, joilla oli tulehdus ainakin yhdessä neljänneksessä. I menetelmällä löytyi 41 % neljänneksistä, joiden soluluku oli yli 500000 ja 95 % neljänneksistä, joilla soluluku oli alle 500000. Rajana johtokykyjen

erotukselle terveiden ja tulehtuneiden neljännesten välillä oli tällöin 0.6 mS/cm. Kuitenkin jos alimman johtokyvyn arvo oli yli 5.3 mS/cm, käytettiin erotuksen laskemisessa tuota ylintä hyväksyttyä perusarvoa 5.3 mS/cm.

II menetelmällä löytyi 95 % terveistä (soluluku < 500000) ja 42 % tulehtuneista (soluluku > 500000) neljänneksistä. Rajana oli johtokyky-suhteelle 1.15, mutta jos johtokyky oli yli 5.8 mS/cm luokiteltiin ko. neljännes sairaaksi riippumatta johtokyky-suhteesta. III menetelmällä löytyi 92 % terveistä ja 58 % sairaista eläimistä.

Sheldrake ja Hoare (1981) totesivat, ettei ole perusteltua käyttää mitään ennalta määrättyjä raja-arvoja neljännesmaidon johtokyvyille. He totesivat eri karjoissa tekemissään tutkimuksissa maidon sähkönjohtokyvyn yleisen tason vaihtelevan niin, että mitään etukäteen määrättyä rajaa terveiden ja tulehtuneiden neljännesten välillä ei voida käyttää. Muutoinkin tutkijat epäilivät sähkönjohtokyvyn soveltuvuutta utaretulehduksen osoittajaksi mm. siksi, että muutkin fysiologiset syyt kuin utaretulehdus vaikuttavat johtokykyyn. Myös Pratt ym. (1972) totesivat, että normaalisti katsottava vaihtelu johtokyvyssä on suurempaa kuin utaretulehduksen aiheuttama vaihtelu.

Fernando ym. (1982) totesivat, että käyttämällä hyväksi sekä neljännesmaitojen absoluuttisia että suhteellisia (= neljännesmaidon johtokyvyn suhde alimpaan johtokykyarvoon) arvoja, saadaan terveet ja tulehtuneet neljännekset eroteltua paremmin kuin jos käytettäisiin vain jompia kumpia arvoja hyväksi.

Neljännesten vertailussa Peaker (1978) käytti myös "tasa-

painottomuus" (out-of-balance) menetelmää. Kahden neljänneksen maidon johtokykyjen tulo jaettiin kahden muun neljänneksen maidon johtokykyjen tulolla siten, että pienempi tulo on nimittäjänä. Näin saatu luku osoitti millainen "tasapaino" neljännesten välillä vallitsi. Terveissä utareissa osamäärän tulisi olla lähellä ykköstä. Koska lehmän utareessa on neljä neljännestä, voidaan osamäärä mainituilla ehdoilla muodostaa kolmella eri tavalla, yhdistämällä eri neljännesten tulot osoittajaan ja nimittäjään. Peaker tutki näiden menetelmien tehokkuutta tulehduksen osoittajana ja totesi, että tasapainottomuusmenetelmä oli tehokkain, mikäli otettiin huomioon kaikki kolme yhdistämismahdollisuutta (out-of-balance three-way). Tulokset menetelmien vertailusta ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Johtokymen telmän tehokkuus tulehtuneiden neljännesten erottelussa yhden mittauskerran perusteella, käytettäessä esimaitonäytteitä (Peaker, 1978).

bakteriologinen tulos	johtokymen telmä					
	luokittelu	tasapainottomuus				3-tapa
		suhteellinen	absoluuttinen	1-tapa	2-tapa	
terve (15)	oikein	15	15	15	15	15
	epävarma	-	0	-	-	-
	väärin	0	0	0	0	0
lievä tulehdus (21)	oikein	9	8	10	12	13
	epävarma	-	5	-	-	-
	väärin	12	8	11	9	8
vakava tulehdus (15)	oikein	14	14	8	12	14
	epävarma	-	1	-	-	-
	väärin	1	0	7	3	1
yhteensä (51)	oikein	38	37	33	39	42
	epävarma	-	6	-	-	-
	väärin	13	8	18	12	9

rajoina käytetty:	terve	epävarma	tulehdus
suhteellinen	< 1.159	-	> 1.159
abosluttinen (mM)	< 53	53 - 56.5	> 56.5
tasapainottomuus	< 1.186	-	> 1.186

II 4. Seurannan tarpeellisuus

Linzell ja Peaker (1972) tutkivat maidon koostumuksen ja johtokyvyn päivittäistä vaihtelua ja totesivat, että terveillä eläimillä havaittu vaihtelu oli yhdenmukaista jokaisessa neljänneksessä. Sensijaan jos johonkin neljännekseen tuli tulehdus ei päivittäinen vaihtelu ollut enää yhdenmukaista, vaan ko. neljänneksen maidon koostumuksen (johtokyvyn) vaihtelu poikkesi selvästi muista. Saman totesivat Linzell ym. (1974).

Tutkijat arvelivat, että jatkuvalla seurannalla muutokset neljännesten välisessä vaihtelussa tulisivat esille ja parantaisivat johtokyvyn käytön tehokkuutta utaretulehduksen toteamisessa. Linzell ja Peaker (1972) kehittivät laskentamallin RMQ (Relative Milk Quotient), joka kuvasi kahden peräkkäisen näytteenotokerran välillä tapahtunutta muutosta maidon koostumuksessa tai johtokyvyssä. RMQ vertasi kahden neljänneksen arvoja keskenään ja jos RMQ oli lähellä ykköstä, osoitti se, että muutosta ko. neljännesten välillä tutkittavan aineen pitoisuudessa ei ollut tapahtunut. Tekijät (esim. ruokinnan muutos), jotka vaikuttavat kaikkien neljännesten maitoon eivät aiheuttaneet RMQ:n kohoamista, mutta tulehdus jossain neljänneksessä sai RMQ arvon kohoamaan. Tutkijat painottivat, että tavallisesti ei-patogeenisina pidettyjen bakteerienkin aiheuttamat lievät vauriot utarekudokselle voidaan todeta päivittäisellä neljännesmaitojen analysoinnilla.

Linzell ym. (1974) kehittivät vielä monimutkaisemman mallin, jolla voitiin tarkastella neljännesmaitojen johtokyvyn keskinäisessä vaihtelussa tapahtuvia muutoksia. Neljännes x päivä

yhdysvaikutuksen keskineliö - I.M.S. (interaction mean square) osoitti, kuinka paljon tutkitulla eläimellä oli tietyn ajanjakson aikana poikkeavuutta neljännesten välillä yhdenmukaisesta vaihte-
lusta. Pieni I.M.S. arvo oli osoituksena, että neljännesten väli-
nen ero maidon johtokyvyssä oli päivästä toiseen suurinpiirtein
sama.

Verratessaan eri menetelmiä Linzell ja Peaker saivat I.M.S.
menetelmällä kaikkein tehokkaimmin luokiteltua terveet ja utare-
tulehdusta sairastavat eläimet. Seurannalla, joka kesti seitsemän
päivää, voitiin oikein luokitella 90 % 316 terveestä eläimestä,
mutta koska selvää rajaa ei voitu asettaa erottamaan terveitä ja
sairaita eläimiä, luokiteltiin 3 % testeistä epävarmaksi (I.M.S.
välillä 1,81 - 2,22). Yksinkertaisemmilla menetelmillä oli oikein
luokiteltujen osuus pienempi, mutta kun mittauksia tehtiin useam-
pana päivänä, parani tulos niidenkin osalta (taulukko 6).

Linzell ja Peaker (1975) tutkivat vielä edellä selostetun
kokeensa aineiston perusteella, kuinka hyvin voidaan luokitus
tehdä yhden mittauskerran perusteella. He totesivat, että sekä
absoluuttisen johtokyvyn (neljännemaitojen korkein johtokykyarvo)
että johtokyky-suhteen (edellinen jaettuna pienimmällä johtokyky-
arvolla) avulla saatiin jo yhden mittauskerran perusteella ter-
veet ja vakavaa tulehdusta sairastavat eläimet eroteltua hyvin.
Sen sijaan lievää tulehdusta sairastavista noin puolet luokitel-
tiin virheellisesti terveiksi. Jatkuvalle seurannalle kyettiin
nimenomaan lievät tulehdukset toteamaan paremmin.

Taulukko 6. Eri menetelmien tehokkuus (oikein luokiteltuja, %) käytettäessä hyväksi johtokymmittausta lehmien erottelussa utareterveydenperusteella, sekä seurannan merkitys tehokkuudelle (Linzell ym. 1974).

	terve		lievästi tulehtunut		vakavasti tulehtunut	
	4	7	1	4	7	1
seurantapäiviä	1	4	1	4	7	4
lukumäärä	190 ¹⁾	192 ²⁾	136 ¹⁾	132 ²⁾	132 ²⁾	112 ²⁾
menetelmä	oikein epäv.	oikein oikein	oikein oikein	oikein epäv.	oikein oikein	oikein oikein
johtokysymys	100 ³⁾	100 ³⁾	44	54	62	91
absol. johtok.	99 ³⁾	100	42	46	62	95
yhteismaito	100 ³⁾	100 ³⁾	29	31	39	79
johtok.						
tasapainot-	100 ³⁾	100 ³⁾	33	46	62	55
tomuus yhdellä						
tavalla						

1) testejä kaikenkaikkiaan

2) lehmää testattu/päivä

3) rajat valittu siten, että ei tule väärin terveiksi luokiteltuja

OMAT TUTKIMUKSET

I MATERIAALI

I 1. Lehmät ja koeajankohta

Kokeessa oli mukana kaikkiaan 40 Helsingin yliopiston Viikin koekarjan lehmää, jotka olivat ayrshire-rotua. Lehmät oli valittu siten, että ne olivat poikineet ennen kokeen alkamista ja laktaatiokausi jatkui koko koeajan. Lehmät olivat 1 - 4 kertaa poikineita.

Näytteidenotto tapahtui välillä 27.1. - 3.5.1983. Steriili-näytteet bakteriologisia tutkimuksia varten otettiin 14.2. ja 19.4. iltalypsyn yhteydessä. Bakteereita löydettiin 14.2. 16 neljänneksen (10 %) näytteestä ja 19.4. 20 neljänneksen (13 %) näytteestä. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta oli löydetty bakteeri *Staphylococcus aureus*.

I 2. Näytteiden keruu

Näytteet otettiin eläimiltä normaalin lypsytyön yhteydessä. Utareet pestiin ennen näytteenottoa haalealla vedellä ja jokaisesta neljänneksestä otettiin muutama suihke tarkistumukiin. Tämä oli normaali käytäntö karjassa. Vain steriilinäytteet otettiin jokaiselta lehmältä ennen varsinaista lypsyä.

Esimaitonäyte

Tarkistussuhkeiden jälkeen otettiin kustakin neljänneksestä käsin lypsäen kaksi 50 ml:n muovipurkkia mahdollisimman täyteen maitoa. Ensimmäisenä otettu 50 ml:n näyte lähetettiin seuraavana päivänä Valion analysointikeskukseen. Jälkimmäisenä otettu 50 ml:n näyte jäi Eläinlääketieteen laitoksen laboratorioon siellä

tehtäviä analyysyjä varten.

Kokomaitonäyte

Lypsykoneissa käytettiin maitomittareita ja lypsyn jälkeen otettiin maidonkerääjään kertyneestä maidosta kaksi 50 ml:n näytettä. Sairaats eläimet lypsettiin kannukoneella ja kokomaitonäyte otettiin tällöin kannusta. Toinen 50 ml:n näyte lähetettiin Valioon analysoitavaksi ja toinen jäi Eläinlääketieteen laitoksen laboratorioon.

Jälkimaitonäyte

Kun lehmä oli lypsetty normaalisti koneella otettiin käsin lypsäen kustakin neljänneksestä n. 30 ml:n näyte. Tällainen jälkimaitonäyte otettiin vain 26.4. iltalypsyllä 16:lta eläimeltä. Jälkimaitonäytteitä ei analysoitu Valiossa vaan ne analysoitiin Eläinlääketieteen laitoksen laboratoriossa.

Steriilinäytteet

Bakteriologisia tutkimuksia varten otettiin steriilinäytteet 14.2. ja 19.4.1983. Näytteet tutkittiin Valtion eläinlääketieteellisessä laitoksessa.

I 3. Näytteiden analysointi

Valion Pitäjännmäen analysointikeskuksessa näytteistä analysoitiin rasva- ja valkuaispitoisuus Milko-Scan -laitteella sekä soluluku Fossomatic-laitteella. Eläinlääketieteen laitoksen laboratoriossa määritettiin lypsyn jälkeen cmt-pisteet ja sähkönjohdotkyky. Pakastetuista näytteistä määritettiin myöhemmin natrium-

ja kaliumpitoisuus.

Johtokyky

Maitonäytteiden sähkönjohtokyky mitattiin n. kaksi tuntia lypsyn jälkeen, jolloin maidon lämpötila oli $+20 - +26^{\circ} \text{C}$. Mittauksessa käytettiin Orion-johtokykymittaria, malli 101. Tämä mittari antaa suoraan tutkittavan nesteen ominaisjohtokyvyn halutussa lämpötilassa. Ennen johtokykymittausta näytteen lämpötila mitattiin ja ko. lämpötila ilmoitettiin mittarille, joka suoritti korjauksen ja ilmoitti näytteen ominaissähkönjohtokyvyn $+25^{\circ} \text{C}$ lämpötilassa. Lämpötilakorjauskerroin oli $2 \% / ^{\circ} \text{C}$.

Mittaukset suoritettiin 1 kHz:n taajuudella. Elektrodi pestiin kunkin lehmän näytteiden välillä pesuaineliuksella, jonka johtokyky oli samalla tasolla kuin maitonäytteiden johtokyky. Elektrodi huuhdeltiin tislatusvedellä ja kuivattiin paperilla. Samoin jokaisen näytteen välillä elektrodi kuivattiin.

CMT (California Mastitis Test)

Noin kaksi tuntia lypsyn jälkeen määritettiin näytteiden cmt-pisteet. Määrittämisessä käytettiin Solu-test -reagenssia. Näytteet saivat cmt-pisteitä 1 - 5 siten, että solumäärän kasvessa pisteluku kasvoi.

Natrium ja kalium

Natrium- ja kalium-ionit analysoitiin pakastetuista n. 3 ml:n näytteistä. Mittauksissa käytettiin Corning 435 -liekkifotometriä, joka käyttää sisäistä litiumstandardia.

II AINEISTO

Näytteiden analysoinnista saadut tiedot muodostavat aineiston, jota on käytetty tilastollisissa analyyseissä. Lehmältä nro 121 puuttui yhden iltalypsyn kokomaitonäyte. Lisäksi koko aineistosta poistettiin lehmien nro 12 ja 36 yhden neljänneksen tiedot. Kyseessä olevista neljänneksistä ei saatu näytettä kauden loppupuolella ja sen johdosta poistettiin myös ko. neljänneksen alkukauden tiedot.

II 1. Tunnusluvut

Aineistoa kuvaavat tunnusluvut ovat taulukossa 7.

Natriumpitoisuus ja johtokyky ovat esimaidossa korkeammat kuin kokomaidossa. Kaliumpitoisuudessa ei ole suurtakaan eroa esi- ja kokomaidossa. Standardipoikkeamat ovat kaikkien muuttujien kohdalla esimaidossa huomattavasti suuremmat kuin kokomaidossa. Siten tietyssä neljänneksessä näkyvä muutos ei tule esille kokomaidossa, jossa vaihtelu on vähäisempää. Natriumpitoisuuden ja rasvaprosentin standardipoikkeamat ovat esimaidossa huomattavan korkeat.

II 2. Muuttujien jakauman normaalisuus

Natriumpitoisuuden ja johtokyvyn jakaumat ovat positiivisesti vinoja (esimaidossa $g_1 = 3.34$ ja 2.34) sekä terävämpiä ($g_2 = 14.51$ ja 9.60) kuin normaalijakauma. Saman tyyppinen on soluluvun jakauma (esimaidossa $g_1 = 4.14$, $g_2 = 1.71$). Tästä syystä on natriumpitoisuus, johtokyky ja soluluku muunnettu luonnollisiksi logaritmeiksi ja jakaumat on saatu lähemmäksi normaalijakaumaa. Tekstissä on käytetty näistä lyhenteitä lnnatrium, lnjohtokyky ja

Insoluluku.

II 3. Tilastollisissa analyyyseissä käytetyt osa-aineistot

Eri tekijöiden merkitystä tutkittaessa on käytetty perusaineistoon kuuluvia osa-aineistoja. Laktaatiokauden vaiheen ja poikimakerran vaikutusta on tutkittu aineistosta, johon kuuluvat kahdeksalta iltalypsyiltä saatujen näytteiden tiedot (=ilta-aineisto).

Lypsynajan merkitystä on tutkittu kolmen peräkkäisen päivän aamu- ja iltalypsyiltä saatujen näytteiden aineistosta (= päiväaineisto).

Esi- ja jälkimaidon eroa on tarkasteltu yhden iltalypsyn perusteella 16 eläimen näytteistä (= esi-jälkimaitoaineisto).

Toistuvuuslaskelmissa on käytetty edellä selostettua päiväaineistoa, viikon välein kolmena iltana otettujen näytteiden aineistoa (= viikkoaineisto) sekä kuukauden välein neljänä iltana otettujen näytteiden aineistoa (=kuukausiaineisto). Eri osa-aineistoihin kuuluvien havaintojen lukumäärät ovat taulukossa 8.

Taulukko 7. Aineistoa kuvaavat tunnusluvut.

esimaito:

muuttuja	n	k.arvo	min	maks	std.poik.
Na	1738	20.92	12.00	113.00	10.66
K	1738	41.21	10.00	55.00	4.81
johtok.	1738	5.22	3.91	10.50	0.62
rasva	1736	2.66	0.23	9.14	1.51
solulukku (x 1000)	1738	477	1	9000	1545

kokomaito:

Na	439	17.78	12.00	40.00	3.48
K	439	41.19	10.00	49.00	3.08
johtok.	439	4.87	4.07	6.31	0.36
rasva	439	4.90	2.62	7.46	0.93
solulukku (x 1000)	439	306	3	3571	535

Taulukko 8. Havaintojen lukumäärä eri osa-aineistoissa.

	esimaitonäytteitä	kokomaitonäytteitä
ilta-aineisto	1264 ¹⁾	319
päiväaineisto	632	240
viikkoaineisto	474	119
kuukausiaineisto	632	160
esi-jälkimaitoaineisto	62 ²⁾	-

1) kahdesta näytteestä puuttuu tieto rasvaprosentista, joten analyyseissä, joissa rasva on mukana, on havaintoja 1262

2) jälkimaitonäytteitä 62 kpl

III Menetelmät

Tutkittaessa eri tekijöiden vaikutusta on tilastollisissa analyyseissä käytetty pienimmän neliösumman menetelmää (Harvey, 1960). Samaa tilastollista mallia on käytetty sekä koko- että esimaidolla.

Tutkittaessa johtokyvyn fysikaalista riippuvuutta maidon eri aineosista on käytetty seuraavaa regressiomallia.

$$I \quad Y_i = \alpha + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + e_i$$

Y_i = johtokyvyn luonnollinen logaritmi

α = vakio

b_1 = rasvan regressiokerroin

b_2 = maitomäärän regressiokerroin

b_3 = ln:natriumin regressiokerroin

b_4 = kaliumin regressiokerroin

x_1 = rasvaprosentti

x_2 = lypsykerran maitomäärä

x_3 = natriumpitoisuuden (mmol/l) luonnollinen logaritmi

x_4 = kaliumipitoisuus (mmol/l)

e_i = satunnainen virhetekijä

Laktaatiokauden vaiheen ja poikimakerran vaikutusta on tutkittu mallilla:

$$II \quad Y_{ijk} = \mu + a_i + c_j + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi tai kaliumipitoisuus

μ = korjattu yleiskeskisarvo

a_i = i:nnen laktaatiokauden vaiheen vaikutus, $i = 1..7$ (1-14, 15 - 29, 30 - 59, 60 - 119, 120 - 179, 180 - 209, 210 - , päivää poikimisesta)

c_j = j:nnen poikimakerran vaikutus, $j = 1..3$ (1, 2, 3 - 4 kertaa poikinut)

e_{ijk} = ijk:nnen havainnon satunnainen vaikutus

Tutkittaessa lähemmin, mitkä tekijät aiheuttavat todetun vaihtelun laktaatiokauden eri vaiheissa ja poikimakertojen välillä on käytetty mallia:

$$\text{III } Y_{ijkl} = \alpha + a_i + c_j + d_k + b_1x_1 + b_2x_2 + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi tai kaliumpitoisuus

α = vakio

a_i = laktaatiokauden vaiheen vaikutus, $i = 1..7$

c_j = poikimakerran vaikutus, $j = 1..3$

d_k = terveydentilaa kuvaavan tekijän vaikutus (kun kuvaajana cmt-pisteet: $k = 1..5$)

b_1 = rasvan regressiokerroin

x_1 = rasvaprosentti

b_2 = maitomäärän regressiokerroin

x_2 = lypsykerran maitomäärä

e_{ijkl} = ijkl:nnen havainnon satunnainen vaikutus

Lypsynajan tilastollista merkitsevyyttä on tutkittu mallilla IV, jossa ainoana tasona on vuorokaudenaika (aamu - ilta). Erik-

seen on tutkittu mallia V, jossa on lisäksi regressiotekijöinä rasvaprosentti ja lypsykerran maitomäärä.

$$\text{IV } Y_{ij} = \mu + f_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, kaliumpitoisuus tai natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi

μ = korjattu yleiskeskisarvo

f_i = lypsynajan vaikutus, $i = 1, 2$

e_{ij} = ij:nneen havainnon satunnainen vaikutus

$$\text{V } Y_{ij} = \alpha + f_i + b_1x_1 + b_2x_2 + e_{ij}$$

Y_{ij} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, kaliumpitoisuus tai natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi

α = vakio

f_i = lypsynajan vaikutus, $i = 1, 2$

b_1 = rasvan regressiokerroin

x_1 = rasvaprosentti

b_2 = maitomäärän regressiokerroin

x_2 = maitomäärä

e_{ij} = ij:nneen havainnon satunnainen vaikutus

Lypsynajan vaikutusta tutkittaessa ei ole laktaatiokauden vaiheen ja poikimakerran vaikutusta otettu huomioon. Koska aineisto käsitti vain kolmen päivän aamu- ja iltalypsyt ja korjaukset vaikuttavat aivan samoin sekä ilta- että aamulypsyiltä saatuihin arvoihin ei korjauksilla ole tuloksiin mitään merkitystä.

Esi- ja jälkimaidon eron tarkastelussa on käytetty mallia

VI.

$$\text{VI } Y_{ij} = \quad + g_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, kaliumpitoisuus
tai natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi
= korjattu yleiskeskisarvo

g_i = näytetyypin vaikutus, $i = 1, 2$

e_{ij} = ij :nnen havainnon satunnainen vaikutus

Erikseen on tarkasteltu myös näytetyypin vaikutusta kun kyseessä on joko terveet tai tulehtuneet neljännekset.

Toistuvuudet on laskettu varianssikomponenttimenetelmällä. Esimaitojen osalta varianssit on saatu käyttämällä satunnaisten tekijöiden mallia VII.

$$\text{VII } Y_{ijk} = \mu + h_i + l_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, kaliumpitoisuus
tai natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi

μ = korjattu yleiskeskisarvo

h_i = i :nnen lehmän vaikutus ($i = 1..40$)

l_{ij} = i :nnen lehmän j :nnen neljänneksen vaikutus ($j = 1..4$)

e_{ijk} = ijk :nnen havainnon satunnainen vaikutus.

Toistuvuuslaskelmissa on muuttujat korjattu laktaatiokauden vaiheen ja poikimakerran perusteella mallista II saaduilla korjauskertoimilla.

Kokomaidoista on toistuvuuslaskelmissa tarvittavat varianssit saatu mallista VIII, jossa lehmän vaikutus on satunnainen tekijä.

$$\text{VIII } Y_{ij} = \mu + h_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = johtokyvyn luonnollinen logaritmi, kaliumpitoisuus tai
natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi

μ = korjattu yleiskeskisarvo

h_i = i:n lehmän vaikutus, $i = 1..40$

e_{ij} = ij:n havainnon satunnainen vaikutus

IV Tulokset ja tulosten tarkastelu

IV 1. Sähkönjohtokyvyn ja maidon aineosien välinen yhteys

IV 1.1. Regressiokertoimet

Regressioanalyysillä saatiin seuraavat multippeliregressioyhtälöt:

esimaidossa

$$Y = 0.500 - 0.010x_1 + 0.006x_2 + 0.308x_3 + 0.005x_4$$

kokomaidossa

$$Y = 0.622 - 0.016x_1 + 0.004x_2 + 0.264x_3 + 0.006x_4$$

Y = johtokyvyn luonnollinen logaritmi

x_1 = rasvaprosentti

x_2 = lypsykerran maitomäärä

x_3 = natriumpitoisuuden luonnollinen logaritmi

x_4 = kaliumpitoisuus

Regressiotekijät selittävät lnjohtokyvyn vaihtelusta esimaidossa 67 % ja kokomaidossa 55 %. Estimaatin keskvirhe on esimaidossa 0.053 ja kokomaidossa 0.045.

Lypsykerran maitomäärällä on merkitsevä vaikutus ($P < 0.01$) kokomaidon lnjohtokykyyn. Muuten kaikilla tekijöillä on merkitsevä vaikutus ($P < 0.001$) sekä esi- että kokomaidossa.

Natriumin merkitys lnjohtokyvyn selittäjänä on suurin. Malli, jossa regressiomuuttujana on pelkästään ln natrium selittää 66 % esimaidon lnjohtokyvyn vaihtelusta, mutta estimaatin virhe on tällöin 0.061. Natriumin merkitys on kokomaidossa pienempi kuin esimaidossa, mikä ilmeisesti johtuu pienemmästä natriumpitoisuudesta kokomaidossa.

Kaliumin merkitys on huomattavasti pienempi kuin natriumin,

mutta kuitenkin suurempi kuin rasvan ja maitomäärän. Schulz ja Sydow (1957) ovat todenneet n. 60 % maidon sähkönjohtokyvystä perustuvan natrium- ja kaliumklorideihin.

Rasvan sähkönjohtumista estävä vaikutus tulee esille erityisesti kokomaidossa, jossa rasvapitoisuus on korkeampi kuin esimaidossa. Kuitenkin rasvan merkitys on vähäisempi kuin mitä esim. Davis (1975) ja Prentice (1962) esittävät. Lypsykerran maitomäärän mukaan ottaminen malliin on yksi tekijä, joka pienentää rasvan merkitystä ja rasvan regressiokerrointa. Jos maitomäärää ei oteta malliin on rasvan regressiokerroin esimaidossa -0.014 ja kokomaidossa -0.020 .

IV 1.2. Osittaiskorrelaatiot

Maidon sähkönjohtokyvyn ja natrium- sekä kaliumpitoisuuden väliset osittaiskorrelaatiokertoimet olivat seuraavat:

	esimaidossa		kokomaidossa	
	Na ⁺	K ⁺	Na ⁺	K ⁺
johtokyky	+ 0.83	- 0.49	+ 0.57	+ 0.32

Kirjallisuudessa esiintyvät korrelaatiokertoimet ovat aivan samaa luokkaa kuin nyt esimaidolle saadut kertoimet. Johtokyvyn ja kaliumpitoisuuden välinen positiivinen vuorosuhde kokomaidossa on yllättävä. Kalium-ioni sinänsä on tietenkin sähköä johtava maidon aineosa, joten sikäli tulos on ymmärrettävä. Tulosta voitaneen selittää sillä, että normaalivaihtelu, jossa kalium-ioni siis lisää sähkön johtumista on kokomaidossa suurempi kuin se vaihtelu, joka aiheutuu mahdollisesti yksittäisessä neljänneksessä vallitsevasta vastakkaisesta vuorosuhteesta. Eli yksittäisen

neljänneksen vaikutus ei tule kokomaidossa esille, vaikka ko. neljänneksessä alhaista kaliumpitoisuutta vastaisi korkea sähkönjohtokyky (utaretulehdustilanteessa).

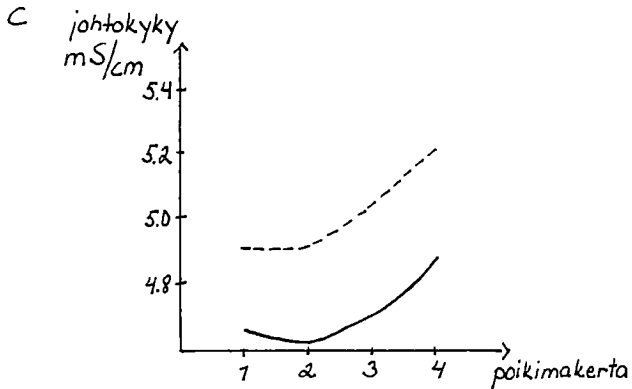
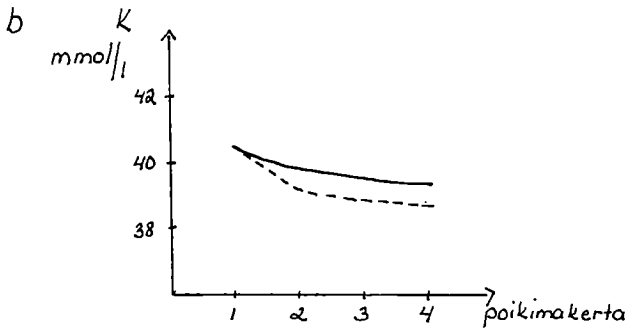
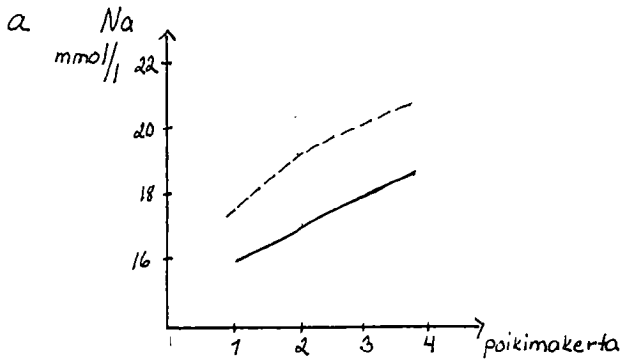
IV 2. Sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät

IV 2.1. Poikimakerta

Poikimakerran vaikutus maidon natrium- ja kaliumpitoisuuteen sekä johtokykyyn tulee samanlaisena esille sekä neljännten esimaidossa että lehmän kokomaidossa (Kuvaaja 1). Poikimakerralla on johtokyvyn vaihtelun selittäjänä suurempi merkitys kuin laktaatiokauden vaiheella. Ainoastaan kokomaidon kaliumpitoisuuteen ei poikimakerralla ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta.

Maidon kaliumpitoisuus laskee ja natriumpitoisuus nousee poikimakertojen lisääntyessä. Sähkönjohtokyky säilyy keskimäärin samana kahden ensimmäisen poikimakerran ajan, mutta nousee sen jälkeen (taulukko 9). Myös Pratt ym. (1972) ovat todenneet maidon natriumin lisääntyvän ja kaliumin vähentyvän lineaarisesti eläimillä, joiden ikä lisääntyi kahdesta yli kuuteen vuoteen.

Kerran poikineet ovat olleet hieman keskimääräistä terveempiä, sillä kun malliin otetaan mukaan terveydentilaa kuvaava tekijä (cmt-pisteet) nousee ensikkojen johtokyky suhteessa muihin lehmiin. Tämä muutos tapahtuu vain esimaitojen johtokyvyssä. Myös lypsykerran maitomäärän mukaan ottaminen malliin lisää ensikkojen maidon johtokykyä.



Kuvaaja 1. Poikimäkerran vaikutus maidon a) natrium- b) kalium-
pitoisuuteen ja c) sähkönjohtokykyyn (— kokomaito,
- - - esimaito).

Taulukko 9. Poikimakerran vaikutus maidon natrium- ja kaliumpitoisuuteen sekä johtokykyyn. Tulokset korjattu laktaatiokauden vaiheen suhteen.

Poikima- kertoja n	Esimaito		Kokomaito					
	lnnatrium	kalium	lnnatrium	Injohtokyky	kalium	Injohtokyky		
	2.95	39.58	2.84	1.61	39.91	1.55		
1	352	-0.08 ±0.02	+1.12 ±0.30	-0.02 ±0.01	88	-0.07 ±0.02	+0.53 ±0.42	-0.01 ±0.01
2	464	0.00 ±0.02	-0.34 ±0.25	-0.02 ±0.01	120	-0.01 ±0.02	-0.02 ±0.36	-0.02 ±0.01
3 - 4 ¹⁾	448	+0.08 ±0.02	-0.78 ±0.26	+0.04 ±0.01	111	+0.08 ±0.02	-0.51 ±0.37	+0.03 ±0.01
merkitsevyys	***	***	***	***	***	***	n.s.	***

44

1) kolme kertaa poikineita lehmä 1 kpl (= 32 esimaito- ja 8 kokomaitonäytettä)

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

*** = P < 0.001

Useissa kokeissa lehmän iän ja siten poikimakerran onkin todettu vaikuttavan utaretulehduksen yleisyyteen. Mm. Rendell ja Sundberg (1962) ovat todenneet utaretulehdukseen sairastuneiden yleisyyden olevan ensikoilla 15 % ja neljä kertaa tai useammin poikineilla 30 - 40 %.

IV 2.2. Laktaatiokauden vaihe

Laktaatiokausi on jaettu seitsemään luokkaan, siten että kauden alussa ja lopussa luokkavälit ovat lyhyemmät kuin kauden keskellä. Tämä siitä syystä, että nimenomaan laktaatiokauden alussa ja lopussa voidaan olettaa tapahtuvan nopeitakin muutoksia tutkittavissa muuttujissa (luokkajako selostettu taulukossa 10).

Laktaatiokauden alkua edustavat lehmät ehtivät koekauden loppuun mennessä siirtyä luokkaan 4 tai 5 ja loppukautta edustavat lehmät olivat koekauden alkaessa luokassa 4 tai 5. Siten alku- ja loppukauden tiedot perustuvat eri lehmien näytteisiin, mutta kauden keskivaiheilla on tiedot lähes kaikilta lehmillä.

Tulokset laktaatiokauden vaiheen vaikutuksesta ovat taulukossa 10. Tulokset on korjattu poikimakerran perusteella.

Muutokset maidon natrium- ja kaliumpitoisuudessa sekä johtokyvyssä laktaatiokauden edetessä näkyvät kuvaajassa 2.

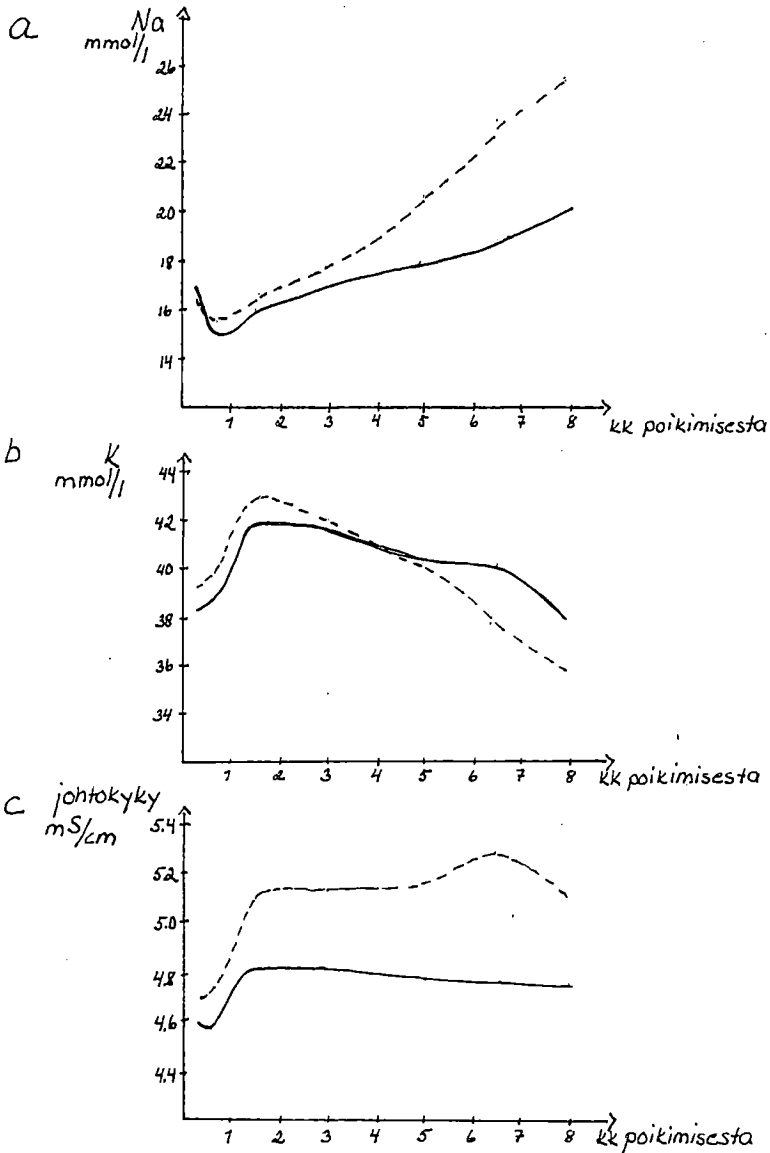
Maidon natriumpitoisuus palaa poikimisen jälkeen nopeasti normaalitasolle ja on alhaisimmillaan noin kuukauden kuluttua poikimisesta. Kaliumpitoisuus nousee ensimmäisen kuukauden aikana ja on korkeimmillaan n. kaksi kuukautta poikimisen jälkeen. Natriumpitoisuus nousee ja kaliumpitoisuus laskee tasaisesti laktaatiokauden edetessä.

Johtokyky on alhaisimmillaan ensimmäisen kuukauden ajan,

Taulukko 10. Laktaatiokauden vaiheen vaikutus lnnatriumin, kaliumin ja lnjohtokyvyn tasoon. Tulokset korjattu poikimakerran perusteella.

Vaihe (päi-		vää poiki-		Esimaito		Kokomaito			
misesta)		n	lnnatrium	kalium	lnjohtokyky	n	lnnatrium	kalium	lnjohtokyky
1 - 14	24	2.95	-0.16 ±0.07	39.58	1.61	2.84	-0.02 ±0.07	39.91	1.55
15 - 29	56		-0.21 ±0.04	-0.56 ±0.89	-0.06 ±0.02	5	-0.02 ±0.07	-1.60 ±1.36	-0.03 ±0.03
30 - 59	188		-0.14 ±0.02	+0.45 ±0.58	-0.05 ±0.01	14	-0.16 ±0.04	-0.68 ±0.82	-0.04 ±0.02
60 - 119	451		-0.07 ±0.02	+2.99 ±0.32	+0.01 ±0.01	48	-0.07 ±0.02	+1.71 ±0.45	+0.02 ±0.01
120 - 179	393		+0.07 ±0.02	+2.35 ±0.21	+0.01 ±0.00	115	-0.03 ±0.01	+1.63 ±0.29	+0.02 ±0.01
180 - 209	112		+0.22 ±0.03	+0.44 ±0.22	+0.02 ±0.01	99	+0.02 ±0.02	+0.51 ±0.31	+0.01 ±0.01
210 -	40		+0.29 ±0.05	-1.89 ±0.42	+0.05 ±0.01	28	+0.09 ±0.03	+0.23 ±0.58	+0.01 ±0.01
merkitsevyys			***	***	***	10	+0.16 ±0.05	-1.79 ±0.97	+0.01 ±0.02
							***	***	***

*** = P < 0.001



Kuvaaja 2. Laktaatiokauden vaiheen vaikutus maidon a) natrium-
b) kaliumpitoisuuteen ja c) sähkönjohtokykyyn (—
kokomaito, - - - esimaito).

mutta nousee nopeasti. Nousu jatkuu tasaisena laktaatiokauden loppuun esimaidossa, mutta laskee kokomaidossa. Esimaidon johtokyvyn kuvaajassa loppuvaiheessa esiintyvä huippu johtuu hieman väärästä luokkajaosta eikä kerro sinänsä totuutta: toisella luokkajaolla nousu olisi todennäköisesti säilynyt tasaisena.

Kun rasvaprosentti otetaan mukaan malliin, muuttuu lnjohtokyvyn kuvaaja siten, että herumahuipun jälkeen johtokykytason nousu ei ole yhtä nopeaa kuin jos rasvaa ei oteta huomioon ja loppukaudella johtokyvyn nousu on jyrkempää kuin mallissa, jossa rasva ei ole mukana. Tämä johtuu siitä, että kun maitotuotos on suuri, on rasvaprosentti alhainen ja loppukaudella kun maitotuotos on pieni, on rasvaprosentti korkea. Aivan samansuuntainen muutos kuvaajassa tapahtuu, kun malliin otetaan mukaan lypsykerän maitomäärä.

Terveydentilaa kuvaavan tekijän ottaminen mukaan malliin ei muuta lnjohtokyvyn kuvaajaa kovinkaan paljon. Tämä johtuu siitä, että samat neljännekset, jotka olivat sairaita koekauden alussa, olivat sairaita myös koekauden loppuessa. Vain muutama neljännes sairastui koekauden kuluessa. Ensimmäisen kuukauden aikana poikemisen jälkeen neljännekset ovat olleet keskimääräistä terveempiä, sillä kun terveydentilaa kuvaava tekijä (cmt-pisteet) otetaan mukaan malliin, nousee johtokykytaso ensimmäisen kuukauden aikana (korjaus on tehty n. cmt 3:n tasolle) suhteessa myöhempään johtokykytasoon, mutta laskeva suunta kuukauden loppuun mennessä säilyy edelleen.

Myös Mielke ym. (1981) ja Linzell ja Peaker (1975) ovat todenneet johtokyvyn laskevan laktaatiokauden alussa. Sen sijaan saatu tulos poikkeaa Mielken ym. (1981) tuloksesta siinä, että

mainitussa tutkimuksessa on todettu johtokyvyn olevan alhaisin kauden keskivaiheilla (3 - 6 kk poikimisesta). Mielken tulos perustuu kuitenkin vain terveiden eläinten maidon johtokykytietoihin ja tutkijat toteavat, että sairaat neljännekset nostivat eri laktaatiokauden vaiheissa johtokyvyn keskiarvoa ja joidenkin kausien aikana johtokyvyn lisäys oli erityisen huomattava.

Johtokyvyn standardipoikkeamat laktaatiokauden eri vaiheissa on esitetty taulukossa 11. Standardipoikkeamat kasvavat kauden edetessä ja tämä on osoitus siitä, että erot eri eläinten (kokomaidot) ja neljännesten (esimaidot) välillä kasvavat. Kaikissa neljänneksissä ei siis tapahdu yhtä voimakasta johtokyvyn nousua.

Taulukko 11. Injohtokyvyn standardipoikkeamat laktaatiokauden eri vaiheissa.

laktaatiokauden vaihe (pv. poikimisesta)	standardipoikkeamat	
	esimaito	kokomaito
1 - 14	0.043	0.031
15 - 29	0.052	0.039
30 - 59	0.062	0.054
60 - 119	0.088	0.067
120 - 179	0.107	0.073
180 - 209	0.173	0.065
210 -	0.144	0.053

Linzell ja Peaker (1975) toteavat, että kaikilla eläimillä ei välttämättä tapahtu maidon johtokyvyn nousua laktaatiokauden lopulla. Syynä tason nousuun he pitävät sitä, että joillakin

lehmillä on ollut tulehdus jossain laktaatiokauden vaiheessa ja siitä syystä johtokyky on jäänyt normaalia suuremmaksi. Tätä puoltaa myös Wheelockin ym. (Wheelock, Rook, Neave, Dodd, 1966) tulos siitä, että ionien määrä jää tulehduksen jälkeenkin vielä normaalia suuremmaksi.

IV 2.3. Lypsynaika

Aamulypsyllä otetussa maidossa on johtokyky korkeampi kuin iltalypsyllä otetussa maidossa. Myös natrium- ja kaliumpitoisuudet ovat aamumaidossa korkeammat kuin iltamaidossa. Lypsynajan merkitys on selvitetty taulukossa 12.

Rasvaprosentti on aamumaidossa pienempi kuin iltamaidossa ja maitomäärä on aamulla suurempi kuin illalla. Keskiarvot ja standardipoikkeamat ovat seuraavat:

	aamulla	illalla
maitomäärä (kg)	12.04 \pm 2.14	8.28 \pm 1.88
rasvaprosentti	4.03 \pm 0.62	5.28 \pm 0.76

Maitomäärän ja rasvaprosentin mukaanottaminen malliin pienentää lypsynajan vaikutusta. Maitomäärän ja rasvapitoisuuden aiheuttamat erot siis selittävät osan lypsynajan vaikutuksesta. Koska laskennassa ei ollut käytettävissä yksittäisten neljännes-ten maitomäärää, on vain kokomaitoja tutkittu mallilla, jossa maitomäärä on mukana. Maitomäärä selittää yksin kaliumpitoisuuden eron aamu- ja iltamaidossa. Myös natriumpitoisuuden erosta selittää maitomäärä merkitsevän osan ($P < 0.001$), mutta johtokykyta-soon ei maitomäärällä ole merkitystä. Rasvaprosentti selittää merkitsevän osan ($P < 0.001$) johtokyvyn ja natriumpitoisuuden

Taulukko 12. Lypsynajan vaikutus maidon natrium- ja kaliumpitoisuuteen sekä johtokykyyn.

Esimaito		Kokomaito						
lypsynaika	n	Innatrium	kalium	Injohtokyky	n	Innatrium	kalium	Injohtokyky
	2.99	41.81	1.66	2.89	1.60	41.45	1.60	
aamu	474	+0.01±0.02	+0.95±0.20	+0.03±0.00	120	+0.03±0.02	+0.85±0.28	+0.03±0.01
ilta	474	-0.01±0.02	-0.95±0.20	-0.03±0.00	120	-0.03±0.02	-0.85±0.28	-0.03±0.01
merkitsevyys	n.s.	***	***	***	*	***	***	***

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

* = P < 0.05

*** = P < 0.001

erosta aamu- ja iltamaidossa. Kuitenkin maitomäärä- ja rasvaprosenttikorjauksen jälkeenkin on lypsynajalla merkitsevä vaikutus ($P < 0.05$) johtokykyyn ja natriumpitoisuuteen.

Myös Fernando ym. (1981) ovat todenneet johtokyvyn olevan korkeampi aamumaidossa kuin iltamaidossa. Lypsylvälit olivat keksessä 14 ja 10 tuntia. Kun lypsylvälit olivat samat aamulla ja illalla ei maidon johtokyvyssäkään ollut eroa. Tutkimuksessani lypsylvälit olivat 14,5 ja 9,5 tuntia. Wheelock, Rook, Dodd ja Griffin (1966) ovat todenneet pidentyneen lypsylvälin lisäävän natrium- ja kloridi-ionien erittymistä maitoon.

IV 2.4. Lypsyn vaihe

Johtokyky on esimaidossa korkeampi kuin jälkimaidossa, mutta natrium- ja kaliumpitoisuuteen ei lypsyn vaiheella ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. Tulokset ovat taulukossa 13. Jos johtokykyero johtuisi pelkästään jälkimaidon suuremmasta rasvapitoisuudesta, täytyisi rasvaprosentin olla jälkimaidossa n. 8 prosenttiyksikköä suurempi kuin esimaidossa (arviossa on käytetty rasvan regressiokertoimena $-0,02$). Kuitenkin esim. Schulz, Mielke ja Beuche (1980) saivat tutkimuksessaan esimaitonäytteiden ja jälkimaitonäytteiden rasvapitoisuuden eroksi n. 3,5 prosenttiyksikköä, joten saamani ero esi- ja jälkimaidon johtokyvylle ei oletettavasti johdu pelkästään erilaisista rasvapitoisuuksista.

Tulehtuneissa neljänneksissä (9 kpl) ei näytetyypillä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta tutkittuihin muuttujiin. Terveissä neljänneksissä johtokyky sekä kalium- ja natriumpitoisuudet olivat esimaidossa korkeammat kuin jälkimaidossa. Tulokset ovat taulukossa 14.

Taulukko 13. Lypsyn vaiheen vaikutus maidon sähkönjohtokykyyn sekä natrium- ja kaliumpitoisuuteen. Mukana kaikki neljännekset.

	n	Innatrium	kalium	Injohtokyky
	3.30	35.13	1.67	
esimaito	62	+0.08 ±0.06	+0.47 ±0.86	+0.08 ±0.02
jälkimito	62	-0.08 ±0.06	-0.47 ±0.86	-0.08 ±0.02
merkitsevyys	n.s.	n.s.	***	

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

*** = $P < 0.001$

Taulukko 14. Lypsyn vaiheen vaikutus maidon sähkönjohtokykyyn sekä natrium- ja kaliumpitoisuuteen terveissä ja tulehtuneissa neljänneksissä.

	n	Innatrium	kalium	Injohtokyky	n	tulehtuneet neljännekset		
						Innatrium	kalium	
	3.20	36.36	1.63	3.85	27.89	1.89		
esimaito	53	+0.08 ±0.05	+1.02 ±0.75	+0.08 ±0.02	9	+0.06 ±0.17	-2.78 ±2.78	+0.09 ±0.08
jälkimito	53	-0.08 ±0.05	-1.02 ±0.75	-0.08 ±0.02	9	-0.06 ±0.17	+2.78 ±2.78	-0.09 ±0.08
	*	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = ei tilastollisesti merkitsevä

* = $P < 0.05$

*** = $P < 0.001$

Esimaidossa on terveiden ja tulehtuneiden neljännesten maidon johtokykyero 1.64 mS/cm ja jälkimaidossa 1.36 mS/cm. Ero on siis esimaidossa hieman suurempi, mutta ero terveiden ja tulehduneiden neljännesten välillä on kuitenkin tilastollisesti merkitsevä ($P < 0.001$) kummassakin näytetyypissä. LS-keskiarvot (Least Squares) on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Natrium- ja kaliumpitoisuuden sekä johtokyvyn

LS-keskiarvot terveiden ja tulehtuneiden neljännesten esimaidossa (e.m.) ja jälkimaidossa (j.m.).

	n	Innatrium		kalium		lnjohtokyky	
		e.m.	j.m.	e.m.	j.m.	e.m.	j.m.
tuleht. nelj.	9	49.95	44.16	25.11.	30.67	7.19	6.07
terveet nelj.	53	26.63	22.75	37.38	35.34	5.55	4.71
eron merkitsevyys		***	***	***	***	***	***

*** = $P < 0.001$

Fernandon ym. (1981) kokeessa terveiden neljännesten maidossa oli johtokyky esimaidossa hieman korkeampi kuin jälkimaidossa, mutta kun rasva poistettiin oli jälkimaidon johtokyky selvästi korkeampi kuin esimaidon. Tulehtuneissa neljänneksissä oli kummassakin tapauksessa jälkimaidon johtokyky korkeampi. Kotutkimuksesta ilmenee siten, että jälkimaidon elektrolyyttikoncentraatio on suurempi kuin esimaidon. Tämä tulos on ristiriidassa saamieni tulosten kanssa.

Sen sijaan Wittkowski ym. (1979) ja Mielke (1975) ovat todenneet, että esimaidossa ionikonsentraatiot (Na^+ ja Cl^-) ovat suuremmat kuin jälkimaidossa. Kuitenkin näiden tutkijoiden mukaan

ero on selvä erityisesti tulehtuneiden neljännesten maidossa. Omassa tutkimuksessani erot esi- ja jälkimaidon välillä olivat tilastollisesti merkitseviä vain terveissä neljänneksissä. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että tulehtuneita neljänneksiä oli niin vähän, että vaikka erot niidenkin osalta olivat selviä, eivät ne ole tilastollisesti merkitseviä.

Vaihtelevat käsitykset esi- ja jälkimaidon eroista selittää-
nee ainakin osaksi se, että eri tutkijat ovat käyttäneet hieman
poikkeavia fraktioita esi- ja jälkimaitonäytteinä ja näytteenot-
totapa saattaa vaihdella. Linzell ja Peaker (1975) ovat toden-
neet, että jo pelkkä utareen pesu voi aiheuttaa muutoksen esimai-
don johtokyvyyssä.

IV 3. Toistuvuudet

Neljännesmaitotietojen perusteella on laskettu kuinka hyvin
tietyn lehmän tietyn neljänneksen esimaidosta saatu analyysitul-
os (johtokyky, Na, K) toistuu kerrasta toiseen. Kokomaidoista laske-
tut toistuvuudet osoittavat kuinka hyvin kunkin lehmän kokomaidon
analyysitul- os toistuu kerrasta toiseen. Saadut toistuvuudet on
esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Mittaustulosten toistuvuudet.

aineisto	neljännesmaitotoistuvuus			kokomaitotoistuvuus		
	JK	K	Na	JK	K	Na
aamu	0.81	0.81	0.91	0.91	0.81	0.91
ilta	0.58	0.52	0.71	0.83	0.38	0.90
viikko	0.43	0.50	0.73	0.51	0.31	0.69
kuukausi	0.49	0.49	0.55	0.71	-	0.70

Toistuvuudet ovat korkeat. Kuukauden väleinkin otetuissa näytteissä analyysitulokset pysyvät samana vielä 50 %:n varmuudella. Korkeat toistuvuudet johtuvat tässä aineistossa osaksi siitä, että ne neljännekset, jotka olivat tulehtuneita kauden alussa, olivat tulehtuneita vielä kauden lopussakin eikä kovin paljon uusia neljänneksiä tulehtunut kauden aikana.

Aamutoistuvuudet ovat yllättävän korkeat iltatoistuvuuksiin verrattuna, kun näytteet on otettu peräkkäisinä päivinä. Valitettavasti pidemmällä näytteenottovälillä ei ole tietoja aamulypsyltä, joten toistuvuuksia täältä osin ei voitu laskea.

Kokomaidolle saadut korkeat toistuvuudet osoittavat, että ei kannata käyttää kaikkien neljännesten yhteismaitoa analysoitaessa utareen terveydentilaa, sillä vaikka muutoksia jossain neljänneksessä olisikin tapahtunut, tämä muutos ei välttämättä tule esiin kokomaidossa.

IV 4. Sähkönjohtokyky utaretulehduksen diagnosoijana

Vaikka tutkimuksen tavoitteena ei ollut selvittää sähkönjohtokyvyn tarkkuutta terveiden ja tulehtuneiden neljännesten erottelussa, on tätä seikkaa tarkasteltu kahden iltalypsyn aineiston perusteella. Näytteenottokerrat on valittu siten, että neljännesten bakteriologinen tila olisi mahdollisimman luotettavasti tiedossa.

Iltalypsyllä 14.2. oli bakteriologisen tutkimuksen mukaan 160 neljänneksestä 144 (90 %) tervettä ja 16 (10 %) tulehtunutta. Iltalypsyllä 3.5. oli 158 neljänneksestä 138 (87 %) tervettä ja 20 (13 %) tulehtunutta.

Soluluvun avulla, kun rajana terveiden ja tulehtuneiden

neljännesten välillä käytettiin 300 000 solua/ml, luokiteltiin ko. iltoina 94,4 % ja 93,7 % oikein. Bakteriologisen tutkimuksen tulosta pidettiin siis vertailukohteena. Soluluvun avulla suoritetussa lukittelussa syntyi virheitä etupäässä siten, että todellisuudessa terveitä neljänneksiä luokiteltiin tulehtuneiksi, eli neljänneksen solulukku oli > 300 000 solua/ml, vaikka bakteereja ei maidossa ollut. Tulokset solulukua käyttäen saaduista luokituksista ovat taulukossa 17. Yleensä ei soluluvun avulla ole päästy näin tarkkaan luokitteluun ja esimerkiksi Lindströmin ym. (1981) tutkimuksessa nimenomaan tulehtuneet jäivät löytymättä.

Taulukko 17. Soluluvun avulla tehty luokitus.

Bakteriologisen tutkimuksen perusteella:

solulukku	terveet neljännekset	tulehtuneet neljännekset
14.2.		
< 300 000	135 (93.8) ¹⁾	0 (0)
> 300 000	9 (6.2)	16 (100)
3.5.		
< 300 000	129 (93.5)	1 (5.0)
> 300 000	9 (6.5)	19 (95.0)

1) prosenttiosuus kaikista terveistä/tulehtuneista

CMT-kokeen avulla kyettiin sekä 14.2. että 3.5. löytämään kaikki tulehtuneet neljännekset, sillä kaikissa näissä neljänneksissä oli maidon CMT-pisteiksi arvioitu 3 - 5 pistettä. Kuitenkin 14.2. oli 25 (17.4 % terveistä neljänneksistä) ja 3.5. 30 (21.7 %) neljänneistä saanut CMT-pisteitä 2 - 5, vaikka ko. neljänneksistä ei löydetty bakteeria.

Käytettäessä luokittelussa maidon sähkönjohtokykyä, kyettiin parhaimmillaankin (14.2.) vain 88.7 % neljänneksistä luokittelemaan oikein. Tähän tulokseen päästiin, kun rajana terveiden ja tulehtuneiden neljännesten välillä oli lnjohtokyky 1.73 (= 5.64 mS/cm). Tällöin kuitenkin 62.5 % tulehtuneista jäi löytymättä ja 6.3 % terveistä luokiteltiin tulehtuneiksi. Taulukosta 18 näkyy, että kun rajaa nostetaan, yhä suurempi osa tulehtuneista jää löytymättä, samalla kun terveiden väärin luokitus vähenee.

Taulukko 18. Maidon sähkönjohtokyvyn perusteella väärin luokiteltuja.

käytetty raja:	ko. rajaa käyttäen bakteriolog. tutkimuksen perusteella	tulehtuneita luokiteltu terveiksi	terveitä luokiteltu tulehtuneiksi	yhteensä väärin luokiteltuja
lnjohtokyky				
>1.62	1 (6.3) ¹⁾	41 (28.5)	42 (26.3)	
>1.64	3 (18.8)	23 (16.0)	26 (16.3)	
>1.66	4 (25.0)	19 (13.2)	23 (14.4)	
>1.68	6 (37.5)	17 (11.8)	23 (14.4)	
>1.70	7 (43.8)	14 (9.7)	21 (13.1)	
>1.71	9 (56.3)	12 (8.3)	21 (13.1)	
>1.72	10 (62.5)	9 (6.3)	19 (11.9)	
>1.73	10 (62.5)	8 (5.6)	18 (11.3)	
>1.74	10 (62.5)	8 (5.6)	18 (11.3)	
>1.75	11 (68.8)	8 (5.6)	19 (11.9)	
>1.76	12 (75.0)	8 (5.6)	20 (12.5)	

1) prosenttiosuus tulehtuneista (16 kpl) / terveistä (144 kpl).

Käytettäessä suhteellista johtokykyä erottelussa, päästään hieman parempaan tulokseen (taulukko 19). Tällöinkin parhaimmillaan käytettäessä rajana suhteellista johtokykyä 1.07, jää 43,8 % tulehtuneista neljänneksistä löytymättä ja 3.5 % terveistä neljänneksistä luokitellaan väärin. Iltalypsyn 3.5. perusteella saadut tulokset ovat aivan vastaavat.

Taulukko 19. Luokitus, kun käytetään rajana suhteellista sähkönjohtokykyä.

käytetty raja:	ko. rajaa käyttäen bakteriol. tutkimuksen perusteella	tulehtuneita luokiteltu terveiksi	terveitä luokiteltu tulehtuneiksi	yhteensä väärin luokiteltuja
johtokykysuhde				
>1.03	3 (18.8) ¹⁾	23 (16.0)	26 (16.3)	
>1.04	5 (31.3)	18 (12.5)	23 (14.4)	
>1.05	5 (31.3)	16 (11.1)	21 (13.1)	
>1.06	7 (43.8)	10 (6.9)	17 (10.6)	
>1.07	7 (43.8)	6 (4.2)	13 (8.1)	
>1.08	7 (43.8)	5 (3.5)	12 (7.5)	
>1.09	9 (56.3)	3 (2.1)	12 (7.5)	
>1.10	10 (62.5)	3 (2.1)	13 (8.1)	
>1.11	10 (62.5)	3 (2.1)	13 (8.1)	
>1.12	12 (75.0)	3 (2.1)	15 (9.4)	

1) prosenttiosuus tulehtuneista (16 kpl) / terveistä (144 kpl).

Tämän perusteella näyttää siltä, että maidon sähköjohtokyky ei aina nouse tulehtuneissakaan neljänneksissä niin selvästi, että tulehdus sen perusteella olisi helposti todettavissa. Tosin tätä tutkimusta ei oltu järjestetty siten, että sähköjohtokyvyn diagnosointikyvystä saataisiin luotettava kuva. Tätä varten olisi suoritettava lisää tutkimuksia laajemmalla aineistolla siten, että utareen "todellisesta" terveydentilasta on luotettava kuva. Tässä käytetyssä aineistossa luokiteltiin 10 - 13 % neljänneksistä tulehtuneiksi, mutta yleinen käsitys on, että utaretulehdusta esiintyy n. 30 %:lla lehmistä. Todennäköistä on siis, että tässä vertailukohteena pidetty bakteriologisen tutkimuksen tulos ei ole antanut todellista kuvaa utareen terveydentilasta, vaan osa tulehtuneista neljänneksistä on jäänyt toteamatta.

Gebre-Egziabher ym. (1979) toteaa tutkimuksessaan, että erityisesti kun kyseessä oli *Staphylococcus aureus* aiheuttama tulehdus, oli tulehduksen toteaminen sähköjohtokykymittauksen avulla vaikeata. Tässä aineistossa lähes kaikki tulehdukset olivat juuri ko. bakteerin aiheuttamia ja se saattaa osaltaan vaikuttaa siihen, että johtokyvyn avulla ei onnistuttu kovinkaan hyvin erottelemaan tulehtuneita ja terveitä neljänneksiä.

V Johtopäätökset

Maidon sähkönjohtokyky on ennen kaikkea riippuvainen maidon natrium-ionien pitoisuudesta. On täysin tunnettua, että natriumpitoisuus maidossa kohoaa utaretulehduksen yhteydessä. Natriumpitoisuuden määrittäminen vaatii kuitenkin ehdottomasti laboratoriotyötä. Sen sijaan maidon sähkönjohtokyky voidaan mitata melko yksinkertaisin laittein ja mittaus on helppo ja nopea suorittaa. On mahdollista liittää johtokykymittari suoraan lypsykoneeseen, jolloin johtokyky voidaan mitata automaattisesti vaikka joka lypsykerran yhteydessä ilman, että normaalia lypsyrutiinia tarvitsee muuttaa.

Johtokykymittauksen automatisoitavuus on tämän menetelmän ehdottomasti suurin etu verrattuna moniin muihin tutkittuihin utareterveyden kuvaajiin. Yksittäisissä karjoissa voitaisiin helposti saada jatkuvasti tietoa kunkin eläimen maidon johtokyvyssä tapahtuvista muutoksista ja tämä auttaisi tulehdusten toteutamisessa, mikäli äkillisiä muutoksia tapahtuisi.

Valtakunnallisessa jalostustyössä voitaisiin lehmillä tiiloilla saatuja tietoja käyttää hyväksi. Toistuvuuslaskelmien perusteella kuukauden välein suoritettut mittaukset periaatteessa riittävät. Mittauksia suoritettaessa on kuitenkin otettava huomioon seuraavat seikat:

- 1) Kunkin neljänneksen maidon sähkönjohtokyky on mitattava erikseen. Neljännesten yhteismaidosta ei saada utareen terveydentilasta luotettavaa kuvaa.
- 2) Mittaukset tulee suorittaa esimaidosta. Esimaidon alhainen rasvapitoisuus puolustaa nimenomaan esimaidon käyttöä mittauksessa. Tämä soveltuukin hyvin käytäntöön

myös silloin, kun mittaus suoritetaan lypsykoneessa olevalla mittarilla.

- 3) Mittaukset voidaan suorittaa joko aamu- tai iltalypsyyn yhteydessä, mutta aina kun tulos ilmoitetaan on tiedettävä kummasta lypsykerrasta on kyse, sillä pidemmän lypsyvälin jälkeen johtokyky on korkeampi kuin lyhyemmän välin jälkeen. Aamulypsy (pidempi lypsyväli) on suositeltava.
- 4) Kolostrumimaidosta ja ummessaoloajan maidosta ei sähköjohtokykyä kannata mitata, koska tällöin sähköjohtokyky on terveekin utareen maidossa kohonnut.
- 5) Kolme kertaa tai useammin poikineiden lehmien maidon sähköjohtokyky on korkeampi kuin ensikoilla ja kaksi kertaa poikineilla.

Mikäli maidon sähköjohtokykytietoja käytetään valtakunnallisessa jalostustyössä, on neljänneskohtaisten esimaitonäytteiden johtokykytiedot korjattava lehmän poikimakerran, laktaatiokauden vaiheen ja lypsynajan perusteella.

Tämän työn tulosten perusteella sähköjohtokymenetelmä voisi soveltua erityisesti tilakäyttöön, jolloin jatkuvalla seurannalla kunkin lehmän yksilöllisessä maidon sähköjohtokykytässä tapahtuvat muutokset ja siten mahdollinen alkava tulehdus voitaisiin todeta. Sen sijaan lisätutkimuksia tarvitaan ennen kuin tämän menetelmän soveltuvuudesta valtakunnalliseen jalostustyöhön voidaan tehdä päätöstä. Lisätietoja mm. periytyvyysarvoista tullaan oletettavasti saamaan kun tulokset mastiittiprojektin varsinaisesta tutkimusosasta valmistuvat.

VI Kirjallisuus

- Ashworth, U. S., Forster, T. L., Luedecke, L. O. 1967: Relation ship between California mastitis test reaction and composition of milk from opposite quarters. J. Dairy Sci. 50: 1078 - 1082.
- Bergmann, A., Reinhold, A. 1978: Mikrobiologische Untersuchungen über das bakterielle Spektrum in Milchproben aus gesunden Eutervierteln und solchen mit erhöhten Zell- und/oder Leitfähigkeitswerten. Arch. exper. Vet. med. 32: 685 - 697.
- Beuche, W., Schulz, J., Teich, R., Simeitis, E., Claus, D., Sprangen, H. 1977: Diagnostische Untersuchungen am Euter trockenstehenden Kühe. Monatsh. Vet. med. 32: 203 - 207.
- Dahoo, I. R., Meek, A. H. 1982: Somatic cell counts in bovine milk. Can. vet. J. 23: 119 - 125.
- Davis, J. G. 1947: The rapid abnormality indicator. Dairy Inds. 12: 35 - 40.
- Davis, J. C. 1975: The detection of sub-clinical mastitis by electrical conductivity measurements. Dairy Industries International 40: 286 - 291.
- Fernando, R. S., Rindsig, R. B., Spahr, S. L. 1981: Effect of milking interval and fat content on milk conductivity and its use for detecting mastitis. J. Dairy Sci. 64: 678 - 682.
- " - 1982: Electrical conductivity of milk for detection of mastitis. J. Dairy Sci. 65: 659 - 664.
- Gebre-Egziabher, A., Wood, H. C., Robas, J. D., Blankenagel, G. 1979: Evaluation of automatic mastitis detection equipment. J. Dairy Sci. 62: 1108 - 1114.
- Greatrix, G. R., Quayle, J. C., Coombe, R. A. 1968: The detec-

- tion of abnormal milk by electrical means. J. Dairy Res. 35: 213 - 221.
- Harvey, W. R. 1960: Least-square analysis of data with unequal subclass numbers. USDA ARS 20-8.
- Janál, R., Haushalterová, J. 1976: Zjištění stavu mlíka při onemocnění dojnice 'cizím tělesem' a panaritii pomocí měrné vodivosti mléka. (Assessment of milk of cows suffering from foreign body and claw panaritium by determining its conductivity.) Veterinářství 26: 407 - 408 (ref. Dairy Sci. Abstr. 39: 6031)
- Kitchen, B. J., Middleton, G., Durward, I. G., Andrews, R. J., Salmon, M. C. 1980: Mastitis diagnostic tests to estimate mammary gland epithelial cell damage. J. Dairy Sci. 63: 978-983.
- Lie, Ø., Madsen, P., Persson, E. 1980: Mastitt hos storfe. Resistens mekanismer, spesielt fra et avlsmessig synspunkt. Et litteraturstudium etter oppdrag fra Nordisk Kontaktorgan for Jordbruksforskning. 42 s.
- Lindström, U. B., Kenttämies, H., Arstila, J., Tuovila, R. 1981: Usefulness of cell counts in predicting bovine mastitis. Acta Agr. Scand. 31: 199 - 203.
- Lingane, J. J. 1953: Electroanalytical chemistry. Interscience Publishers Ltd. London ss. 136 - 149.
- Linzell, J.L. 1972: Mechanism of Secretion of the aqueous phase of milk. J. Dairy Sci. 55: 1316 - 1322.
- Linzell, J.L., Peaker, M. 1971a: Intracellular concentrations of sodium, potassium and chloride in the lactating mammary gland and their relation to the secretory mechanism. J.

- Physiol. 216: 683 - 700.
- Linzell, J. L., Peaker, M. 1971b: The permeability of mammary ducts. J. Physiol. 216: 701 - 716.
- Linzell, J. L., Peaker, M. 1972: Day-to-day variations in milk composition in the goat and cow as a guide to the detection of subclinical mastitis. Br. vet. J. 128: 284 - 296.
- " - 1973: Changes in milk composition preceding oestrus in the goat: comparison with the effects of exogenous oestrogens. J. Endocrinol. 59: xlvii.
- " - 1974: The effects of oestrus and exogenous oestrogens on milk secretion in the goat. J. Endocrinol. 61: 231 - 240.
- Linzell, J. L., Peaker, M. 1975: Efficacy of the measurement of the electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows: detections of infected cows at a single visit. Br. vet. J. 131: 447 - 461.
- Linzell, J. L., Peaker, M., Rowell, J. G. 1974, Electrical conductivity of foremilk for detecting subclinical mastitis in cows. J. agric. Sci. 83: 309 - 325.
- Mielke, H. 1975: Das Verhalten des osmotisch-aktiven Substanzen in der Milch gesunder und kranker Euterviertel als biologische Grundlage automatisierbaren Eutergesundheits und Milchqualitätskontrollsystem bei der industriemässigen Milchproduktion. Monatsh. vet. med. 30: 334 - 338.
- Mielke, H., Schulz, J. 1973: Melktechnik und Eutergesundheit. Vortrag, Fachgruppe Tierphysiologie des Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin. ref. Sachse, M., Schulz, J. 1974.
- Mielke, H., Schulz, J., Beuche, W., Labitzke, H. 1981: Zur Überwachung des Eutergesundheit durch Messung der elekt-

- rischen Leitfähigkeit von Viertelanfangsgemelkproben - Ergebnisse wiederholten Einzeltiere - und Herdenuntersuchungen. Arch. exper. Vet. med 35: 259 - 276.
- Peaker, M. 1974: Recent advances in the study of monovalent ion movements across the mammary epithelium: Relation to onset of lactation. J. Dairy Sci. 58: 1042 - 1047.
- " - 1978: The electrical conductivity of milk for the detection of subclinical mastitis in cows: comparison of various methods of cell counts and bacteriological examination. Br. vet. J. 134: 308 - 314.
- Pratt, M. C., Convey, E. M., Bickert, W. G., Gerrish, J. B. 1972: Electronic detection of abnormal milk. J. Dairy Sci. 55: 711 - 712.
- Prentice, J. H. 1962: The conductivity of milk - the effect of the volume and degree of dispersion of the fat. J. Dairy Res. 29: 131 - 139.
- Prentice, J. H. 1972: The temperature coefficient of electrolytic conductivity of milk. J. Dairy Res. 39: 275 - 278.
- Rendel, J., Sundberg, T. 1962: Factors influencing the type and incidence of mastitis in Swedish dairy cattle. Acta Vet. Scand. 3: 13 - 32.
- Rüegg, M., Bosset, J. O., Pop, E., Blanc, B. 1980: Die Bedeutung der elektrischen Leitfähigkeit für die Milchanalytik und -hygiene: Eine Literaturübersicht von 1954 bis 1979. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 71: 427 - 444.
- Sachse, M., Schulz, J. 1974: Beziehungen zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Laktosegehalt des Kuhmilch. Arch. exper. Vet. med. 28: 479 - 490.

- Schulz, J., Jautze, G., Zehle, H., Lachmann, G. 1978: Einfluss von Stoffwechselstörungen des Rindes auf Eutergesundheit und Rohmilchqualität. Monatsh. Vet. med. 33: 285 - 289.
- Schulz, J., Mielke, H., Beuche, W. 1980: Messungen der elektrischen Leitfähigkeit in Viertelanfangsgemelkproben zur vergleichenden Einschätzung der Eutergesundheit in grossen Milchkuhherden. Arch. exper. Vet. med. 34: 505 - 513.
- Schulz, J., Traoré, A. 1980: Electrical conductivity and lactose content of milk as sensitive indicators of subclinical mastitis. Conference on resistance factors and genetic aspects of mastitis control, Jablonna, October 2. - 5.1980, ss. 67 - 87.
- Schulz, M. E., Sydow, G. 1957: Die "chloridfreie" Leitfähigkeit von Milch und Milchprodukten. Milchwissenschaft 12: 174 - 184.
- Seffner, W. 1978: Pathohistologische Untersuchungen zur sogenannten subklinischen Mastitis. Arch. exper. Vet. med. 32: 213 - 220.
- Sheldrake, R. F., Hoare, R. J. T. 1981: The detection of mastitis in individual quarters using electrical conductivity or somatic cell concentration. N-Z vet. J. 29: 211 - 213.
- Traoré, A., Schulz, J., Beuche, W. 1979: Zur diagnostischen Bedeutung des Laktosegehaltes des Milch. 2. Mitteilung: Laktosegehalt in Viertelanfangsgemelkproben bei verschiedenen Eutergesundheitsstörungen. Arch. exper. Vet. med. 33: 519 - 525.
- Vinovrški, Z., Mikulec, K., Šir, S. 1976: Promet natrija i kalija u kolostrumu i u mlijeku crnošarin krava u prbih

- deset dana laktacije. (Sodium and potassium in colostrum and milk of Friesian cows in the first ten days of lactation.) Veterinarski Arhiv 46: 81 - 87. (ref. Dairy Sci. Abstr. 39: 7629)
- Vishnevskaya, L. V., Magda, V. I. 1969: Temperature coefficient of electrical conductivity of milk. Zhivotnovodstvo 31: 90 - 91. (ref. Dairy Sci. Abstr. 34: 3383).
- Wheelock, J. V., Rook, A.F., Dodd, F. H., Griffin, T. K. 1966: The effect of varying the interval between milkings on milk secretion. J. Dairy Res. 33: 161 - 176.
- Wheelock, J. V., Rook, A. F., Neave, F. K., Dodd, F. H. 1966: The effect of bacterial infections of the udder on the yield and composition of cow's milk. J. Dairy Res. 33: 199 - 215.
- Wittkowski, G., Gedek, W., Kleinschroth, E. 1979: Mastitisdiagnostisch wichtige Messwerte von fraktioniert gewonnenen Milchproben vom Rind. Arch. Lebensm. hyg. 30: 19 - 22.
- Wood, C. W., Holliday, A. K. 1960: Physical chemistry. Butterworths, London 1960, ss. 248 - 253.

SARJASSA ILMESTYNYT VUODESTA 1980 LÄHTIEN:

40. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Lihakarjakokeiden tuloksia IV. 29 s.
41. JALOSTUSPÄIVÄ 9.4.1980. 43 s.
42. LAMMASPÄIVÄ 24.4.1980. 33 s.
43. SIRKKOMAA, S., 1980. Simulointitutkimus sukusiitoksen ja voimakkaan valinnan käytöstä munijakanojen jalostuksessa. Pro gradu-työ, 90 s.
44. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1980. Eri rotuisten lihanautojen elopainot ja iät 160, 180, 210 ja 250 kilon teuraspainossa. 13 s.
45. MAIJALA, K., 1981. Kotieläinten perinnöllisen muuntelun säilyttäminen. 52 s.
46. RUOHOMÄKI, HILKKA, 1981. Lihakarjakokeet vuosina 1960—1980. 30 s.
47. JÄLKEÄISARVOSTELUSEMINAARI 12.5.1981. 44 s.
48. MAIJALA, K., 1981. Jalostus ja lisääntyminen vaikuttavina tekijöinä lihanaudan tuotannossa. 20 s.
49. SYRJÄLÄ-QVIST, LIISA, BOMAN, MARJATTA & MOISIO, S., 1981. Lammastalouden rakenne ja merkitys elinkeinona Suomessa, 25 s.
50. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Keinosiemennyskarjujen jälkeläisarvostelu tyttären porsimistulosten perusteella. Licensiaattityö, 88 s.
51. LAURILA, TERHI, 1982. Kilpailutulosten käyttö ratsuhevosten suorituskyvyn mittaamisessa. Pro gradu-työ, 84 s.
52. LINDSTRÖM, U., 1982. Merkkigeenien ja -aineiden käyttöarvosta kotieläinjalostuksessa, 13 s.
53. LEUKKUNEN, ANU, 1982. Heikkolaatuisen rehun hyväksikäytön geneettinen edistäminen, 24 s.
54. OJALA, M., 1982. Eri kudoslajien kasvurytmi naudoilla, 22 s.
55. OJALA, M., 1982. Vanhempien tuotantotietojen ja eräiden ympäristötekijöiden yhteys sonnien kasvukoetuloksiin. Laudaturtyö, 54 s.
56. OJALA, M., 1982. Kilpailutulosten käyttöarvosta ravihevosten jalostuksessa. Licensiaattityö, 16 s.
57. KENTTÄMIES, HILKKA, 1982. Naudanlihantuotantoon vaikuttavista geneettisistä tekijöistä ja ympäristötekijöistä sekä kasvun mittaamisesta kenttäkokeissa. Licensiaattityö, 104 s.
58. HUHTANEN, P., 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. Laudaturtyö, 82 s.
59. KUOSMANEN, S., 1983. 305 pv:n maitotuotoksen ennustaminen osatuotostietojen perusteella. Pro gradu-työ, 100 s.
60. HEISKANEN, MINNA-LIISA, 1983. Hevosen keinosiemennys tuore- ja pakastespermalla. Pro gradu-työ, 63 s.

61. MARKKULA, MERJA, 1984. Kanojen yleiseen sairaudenvastustuskykyyn liittyviä tekijöitä, 24 s.
62. MÄNTYSAARI, E., 1984. Valintaindeksi jälkeläisarvosteltujen keinosiemennyssonnien kokonaisjalostusarvon kuvaajana. Pro gradu-työ, 86 s.
63. LAUKKANEN, HANNELE, 1984. Maidon sähkönjohtokykyyn vaikuttavat tekijät ja johtokyvyn käyttömahdollisuuksista utaretulehduksen vastustamisessa. Pro gradu-työ, 68 s.

ISBN 951-45-3375-5

ISSN 0356-1429

Helsingin yliopiston monistuspalvelu
Painatusjaos Helsinki 1984