

## EESTI VEISETÕUGUDE PIIMA KALTSIUMI- JA FOSFORISALDUSED NING NEID MÕJUTAVAD FAKTORID

I. Kübarsepp, M. Henno, O. Kärt, T. Kaart

**ABSTRACT.** *Milk calcium and phosphorus content of dairy cattle breeds raised in Estonia and factors influencing it.* Purpose of this study was to compare milk calcium and phosphorus content of different breeds raised in Estonia. In Põlula research farm (RF) five trial groups were made up: Estonian Holstein breed (breeding value >115) (EHF-t), Estonian Holstein breed (breeding value 105...115) (EHF), Red-and-White Holstein breed (RHF), Estonian Red breed (EPK) and Estonian Native breed (EK). Milk samples were collected from five first lactating cows of each trial group twice a month and from five dairies and seven manufactured milks once a month during year 2001. Calcium and phosphorus contents were determined by using IDF methods 36A:1992 and 42B:1990 in Dairy Laboratory of the Institute of Animal Science.

The contents of calcium and phosphorus in milk were significantly influenced by a number of factors: individuality of the cow, breed, stage of lactation and protein content in milk. Phosphorus content in milk was additionally influenced by season of the year, milk yield and urea content. Influence of individuality of cow on content of calcium and phosphorus in milk was secondly large and caused comparably high variability of mean content of individual cows:  $[Ca]_{max}=0.150\%$ ,  $[Ca]_{min}=0.104\%$  and  $[P]_{max}=0.114\%$   $[P]_{min}=0.079\%$ . Mean contents of calcium and phosphorus in milk were higher in RHF and EPK groups. Milk calcium and phosphorus contents were higher in early and late lactation. The lowest calcium and phosphorus contents in milk were observed on third-fourth months after calving. Seasonal changes in milk mineral content were small and it was difficult to distinguish the effect of season from the effects influencing milk mineral content.

**Keywords:** milk calcium content, milk phosphorus content, milk minerals.

Piim ja piimatooted on olulised kaltsiumi ja fosfori allikad meie toidus, mille tähtsust suurendab veelgi piimas leiduvate mineraalainete hea omastatavus. Nende mineraalelementide mõju inimese tervisele (Nordin, 1997; Miller, Groziak, 1997; McIntosh, 1997), eri vanusegruppide vajadust (Flynn, Cashman, 1997; Weaver, 1999) ning omastamist mõjutavaid tegureid (Spallholz, 1989; West, 1990; Morrissey, Flynn, 1990; Schaafsma, 1997) on uuritud põhjalikult.

Lisaks eeltoodule mõjutavad piima mineraalained ka mitmeid tehnoloogilisi protsesse piimatoodete tootmisel. Nii näiteks võtavad kaltsium ja fosfor aktiivselt osa piima laapumisest ning nende elementide sisaldus piimas mõjutab oluliselt piima laapumist ja seeläbi ka juustu kvaliteeti ning väljatulekut (Storry *et al.*, 1983; Grandison, 1986; Martin *et al.*, 1997). Tunduvalt vähem tähelepanu on seni pööratud piima mineraalainete sisaldust mõjutavate tegurite uurimisele, samuti on andmed Eestis kasvatatavate veisetõugude piima mineraalainete sisalduse kohta puudulikud.

Käesolevas artiklis käsitletaksegi eelkõige tegureid, mis mõjutavad piima kaltsiumi- ja fosforisisaldust, ning võrreldakse Eestis kasvatatavate veisetõugude piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi esimesel laktatsioonil. Antud uurimistöö on osa Põlula katsefarmis läbiviidavast Eesti veisetõugude maksimaalse piimajõudluse väljaselgitamise katsest.

**Võtmesõnad:** piima kaltsiumisisaldus, piima fosforisisaldus, mineraalained piimas.

### Materjal ja meetodika

Piimaproovid mineraalainete sisalduse uurimiseks võeti ajavahemikul 23. jaanuarist 2001 kuni 7. jaanuarini 2002 Põlula katsefarmi (KF) viiest katserühmast valitud lehmadel ja farmi jahutustanki piimast kaks korda kuus samaaegselt jõudluskontrolli proovidega. Põlula KF-s komplekteeriti katsegrupid tiinetest mullikatest nelja Eestis kasvatatava veisetõu baasil, kusjuures eesti holsteini tõugu mullikatest moodustati, arvestades suhtelist aretusväärtust (SPAV), kaks gruppi. Katsegrupid moodustati järgmiselt:

- eesti holsteini tõugu mustakirju veise kõrgeima aretusväärtusega (SPAV>115; EHF-t) 20 mullikat;
- eesti holsteini tõugu mustakirju veise keskmise aretusväärtusega (SPAV 105...115; EHF) 20 mullikat;
- eesti holsteini tõugu punasekirju veise kõrgeima aretusväärtusega (RHF) 20 mullikat;
- eesti punast tõugu kõrgeima aretusväärtusega (EPK) 20 mullikat;
- eesti maatõugu kõrgeima aretusväärtusega (EK) 8 mullikat.

Katset alustati kohe pärast poegimist. Esimese kontroll-lüpsi piima valgusisalduse andmete alusel valiti katsesse igast katserühmast omakorda viis lehma: kaks lehma katserühma keskmisest suurema piima valgusisaldusega, kaks lehma katserühma keskmisest väiksema piima valgusisaldusega ja üks lehm, kelle piima valgusisaldus oli katserühma keskmise tasemel (tabel 1). EK rühma lehmad poegisid hiljem ja seetõttu valiti katsesse neli esimesena poeginud lehma. Katse käigus praagiti kaks lehma (EPK, nr 203757; EHT-t, nr 584223), kelle asemele valiti samadest katserühmadest uued (EPK, nr 203771; EHT-t, nr 549450). Alates aprillist hakati määrama mineraalainete sisaldusi veel nelja lehma piimas, kellest kolmel (EPK, nr 366785; RHF, nr 605744; RHF, nr 605798) oli piima somaatiliste rakkude sisaldus eriti suur ja ühe lehma (EPK, nr 656003) piima laapumisomadused olid väga halvad. Ülevaate saamiseks vabariigis varutava piima keskmisest kaltsiumi- ja fosforisisalduse tasemest võeti piimaproove samal ajavahemikul kord kuus viie meierei segupiimadest ja seitsme meierei 2,5%-listest linnapiimadest.

**Tabel 1.** Katselehmad  
**Table 1.** Cows in trial

Katserühm <i>Trial group</i>	Lehma reg. nr <i>Cow reg. No</i>	Valk, % <sup>a</sup> <i>Protein, %</i>	Ipoegimine <i>I calving</i>	Katserühm <i>Trial group</i>	Lehma reg. nr <i>Cow reg. No</i>	Valk, % <sup>a</sup> <i>Protein, %</i>	Ipoegimine <i>I calving</i>
EHF	545221	4,22	31.12.00.	EPK	203757	3,77	25.11.00.
	577746	3,39	26.11.00.		567009	3,60	07.09.00.
	584249	3,22	13.12.00.		203775	3,32	28.11.00.
	545209	2,93	23.10.00.		565470	3,18	15.11.00.
	577651	2,65	30.10.00.		565448	3,10	02.12.00.
	$\bar{x}^b$	3,20			203771	4,05	23.02.01.
EHF-t	584223	3,64	18.12.00.	RHF	366785	3,84	28.10.00.
	549454	3,37	10.12.00.		656003	3,57	28.11.00.
	549472	3,24	05.12.00.		$\bar{x}^b$	3,36	
	549428	2,96	05.12.00.		605767	3,71	08.10.00.
	549447	2,80	04.12.00.		542623	3,46	16.12.00.
	549450	3,41	21.11.01.		605773	3,39	15.10.00.
EK	$\bar{x}^b$	3,23		605749	3,34	09.11.00.	
	509162	3,73	12.04.01.	542637	3,29	14.12.00.	
	635466	3,14	17.06.01.	605744	3,26	15.02.01.	
	635471	3,85	21.06.01.	605798	3,97	12.03.01.	
	635464	3,56	13.08.01.	$\bar{x}^b$	3,38		

<sup>a</sup> katsesse liitumisele eelnenud kontroll-lüpsi andmed / *pre-trial control-milking data*

<sup>b</sup> katserühma keskmine 07.01.01. kontroll-lüpsi andmetel / *trial group mean by 07.01.01. control-milking data*

Laudaperioodil söödeti kõiki lehmi *ad libitum* täisratsioonilise segasöödaga. Karjatamisperioodil (12. mai – 4. okt) kasutati kombineeritud söötmist: päeval karjatamine karjamaal; öösel *ad libitum* segasööt.

EPMÜ LKI piimanduslaboratooriumis määrati piimas kaltsiumisisaldus tiitrimeetriliselt ja fosforisisaldus spektromeetriliselt, vastavalt IDF standarditele 36A:1992 ja 42B:1990. Andmete analüüsimisel kasutati ka jõudluskontrolli käigus määratud piima valgu-, rasva- ja karbamiidisisalduste, somaatiliste rakkude arvu (SRA) ning piimatoodangu andmeid.

*Statistiline analüüs.* Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi mõjutavate faktorite selgitamiseks ja nende mõju statistilise olulisuse kontrollimiseks ning uuritavate tunnuste vähimruutude keskmiste leidmiseks erinevatel faktorite tasemetel viidi programmipaketi SAS (SAS INST. Inc., 1991) abil läbi üldiste lineaarsete mudelite analüüs (GLM), olles eelnevalt kontrollinud valimi normaaljaotust. Erinevate faktorite mõju selgitamiseks uuritavatele tunnustele kasutati järgmist üldist lineaarset mudelit ( $P < 0,001$ ):

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + N_{ij} + S_k + L_l + b_1 \cdot VALK_{ijklm} + b_2 \cdot KARB_{ijklm} + b_3 \cdot SRA_{ijklm} + b_4 \cdot PIIM_{ijklm} + e_{ijklm},$$

kus  $Y_{ijklm}$  – uuritav tunnus: piima kaltsiumi- või fosforisisaldus,

$\mu$  – üldkeskmine,

$T_i$  – tõu mõju,  $i \in \{EHF-t, EHF, RHF, EPK, EK\}$ ,

$N_{ij}$  – lehma mõju (tõusiseselt),  $j \in \{1, 2, \dots, n_i\}$ , kus  $n_i$  on  $i$  tõugu lehmade arv,

$S_k$  – sesoonsuse mõju  $k \in \{1, 2\}$  (1 – laudaperiood; 2 – karjatamine),

$L_l$  – laktatsioonikuu mõju  $l \in \{1, 2, \dots, 11\}$  (iga kuu on 30 päeva ja 11. kuu moodustavad päevad pärast 300. laktatsioonipäeva),

$VALK_{ijklm}$  – piima valgusisaldus,

KARB<sub>ijklm</sub> – piima karbamiidisisaldus,  
 SRA<sub>ijklm</sub> – soomaatiliste rakkude arv piimas,  
 PIIM<sub>ijklm</sub> – päevane piimatoodang,  
 b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> – regressioonikordajad,  
 e<sub>ijklm</sub> – jääk.

## Tulemused ja arutelu

### 1. Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi mõjutavad faktorid

GLM analüüsi tulemusena leitud piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi mõjutanud faktorid on esitatud tabelis 2. Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi mõjutasid oluliselt lehma individuaalsed omadused (genotüüp), tõug, laktatsioonikuu ja piima valgusisaldus. Piima fosforisisaldust mõjutas lisaks eelpool nimetatud faktoritele oluliselt ka sesoon, piimatoodang ja karbamiidisisaldus. Udara tervis, mida kirjeldab soomaatiliste rakkude arv piimas, ei osutunud antud katses oluliseks mõjufaktoriks ei piima kaltsiumi- ega ka fosforisisaldusele.

Ka Holti (1985), Flynn, Cashmani (1997), Foxi, McSweeney (1998) andmetel mõjutavad piima mineraalainete sisaldusi tõug, lehma individuaalsus, laktatsioonijärk, sesoon, söötmine ja lehma tervislik seisund, täpsemalt mastiiti haigestumine. Piima mineraalainete sisaldusi mõjutab ka lüpsikordade arv. Mineraalainete sisaldus piimas suureneb lüpsikordade arvu vähenedes. Samas väheneb aga koos lüpsikordade arvu vähenemisega ka päevane piimatoodang ja piimaga organismist väljutatavate mineraalainete kogused (Lacy-Hulbert *et al.*, 1999). Lüpsmiskordade arvu mõju meie katses ei uuritud, kuna katselaudas lüpsiti kogu katseperioodi vältel kolm korda päevas.

Mõjufaktori dispersioonanalüüsi III tüüpi hälvete ruutude summa suhe kogu hälvete summasse (kitsendatud R<sup>2</sup>) näitab, kui suure osa tunnuse varieeruvusest kirjeldab ainuüksi uuritav faktor. Andmed, kui suure osa üks või teine faktor kirjeldas piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusest, on toodud tabelis 2, millele lisanduvad erinevate faktorite koosmõjud. Kõige suurema osa nii piima kaltsiumi- kui fosforisisalduse varieeruvusest kirjeldas piima valgusisaldus, kirjeldatuse osakaalud vastavalt 25,1 ja 10,1%. Sellele järgnesid lehma individuaalsuse, tõu ja laktatsioonikuu individuaalsed mõjud. Ülejäänud mõjufaktorid kirjeldasid piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse varieeruvusest juba tunduvalt väiksema osa. Antud tulemustest järeldub, et piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus on suures osas geneetiliselt määratud, kuna suurimateks mõjufaktoriteks olid piima valgusisaldus, lehma individuaalsus ja tõug.

**Tabel 2.** Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldust mõjutavate faktorite olulisused ja kirjeldamise osakaalud (kitsendatud R<sup>2</sup>)

**Table 2.** Significances and restricted R<sup>2</sup> for factors influencing calcium and phosphorus contents in milk

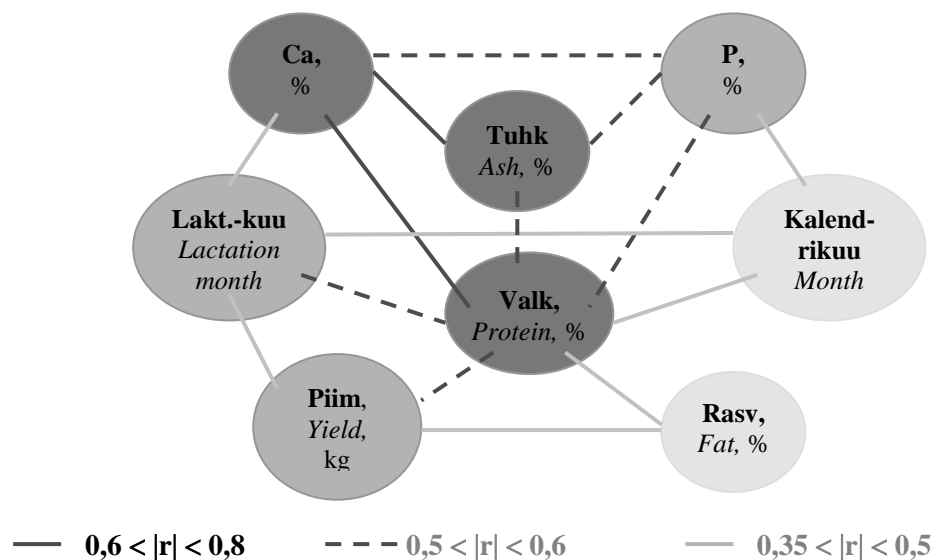
Mõjufaktor <i>Influence factor</i>	Ca		P	
	Olulisus <i>Significance</i>	Kitsendatud R <sup>2</sup> <i>Restricted R<sup>2</sup></i>	Olulisus <i>Significance</i>	Kitsendatud R <sup>2</sup> <i>Restricted R<sup>2</sup></i>
Valgusisaldus / <i>Content of protein</i>	<0,001	0,251	<0,001	0,101
Lehma individuaalsus / <i>Individuality of cow</i>	<0,001	0,192	<0,001	0,098
Tõug / <i>Breed</i>	<0,001	0,054	<0,001	0,042
Laktatsioonikuu / <i>Month of lactation</i>	<0,001	0,027	<0,001	0,036
Sesoon / <i>Season</i>	0,150	0,002	0,003	0,009
Piimatoodang / <i>Milk yield</i>	0,157	0,002	0,007	0,008
Karbamiidisisaldus / <i>Content of urea</i>	0,220	0,001	0,007	0,008
Som. rakkude arv / <i>Somatic cells count</i>	0,486	4 · 10 <sup>-6</sup>	0,433	6 · 10 <sup>-6</sup>

Piima koostisainete sisalduste vahelisi korrelatiivseid seoseid ning seoseid laktatsiooni- ja kalendrikuudega iseloomustavad korrelatsioonikordajad on esitatud tabelis 3 ja joonisel 1. Piima kaltsiumisisaldusel olid tugevamad positiivsed korrelatiivsed seosed piima valgu- ja tuhasisaldusega ( $r = 0,62$ ;  $r = 0,73$ ). Ka fosforisisaldus oli tugevasti seotud valgu- ja tuhasisaldusega ( $r = 0,56$ ;  $r = 0,53$ ) ning tugev oli ka uuritud mineraalelementide omavaheline seos ( $r = 0,52$ ). Kaltsiumi- ja fosforisisalduste tugeva seose valguga põhjustab nende elementide kuulumine piimavalkude koostisse. Ligikaudu kaks kolmandikku kaltsiumist ja üle poole fosforist on kolloidse kaltsiumfosfaadina kaseiini mitsellide koostises (Holt, 1985; Fox, McSweeney, 1998). Korrelatsioonanalüüsi tulemised on kooskõlas GLM analüüsil leitud piima valgusisalduse mõju olulisuse ja ulatusega (tabel 2). Kaltsiumisisaldus oli seotud veel laktatsioonikuuga ( $r = 0,35$ ) ja fosforisisaldus kalendrikuuga ( $r = 0,35$ ). Ka GLM analüüsil leiti, et fosforisisaldust mõjutas sesoon (seega ka kalendrikuu) tugevamalt kui kaltsiumisisaldust. Piimatoodangu ja rasvasisalduse seosed kaltsiumi- ja fosforisisaldusega ei olnud küll tugevad, aga nad olid tugevalt seotud mineraalainete sisaldusi mõjutava valgusisaldusega.

**Tabel 3.** Uuritud näitajate omavaheliste seoste korrelatsioonikordajad  
**Table 3.** Correlations between studied parameters

	Kalendrikuu Month	Lakt.-kuu Month of lactation	Piim, kg Yield, kg	Rasv, % Fat, %	Valk, % Protein, %	Lakt. % Lactose, %	Karb. mg/l Urea, mg/l	SRA, 10 <sup>3</sup> /ml SCC. 10 <sup>3</sup> /ml	Tuhk, % Ash, %	P, %	Ca, %
Kalendrikuu Month	1										
Lakt.-kuu Month of lact.	0,40 ***	1									
Piim, kg Yield, kg	-0,28 ***	-0,47 ***	1								
Rasv, % Fat, %	0,15 **	0,10 *	-0,49 ***	1							
Valk, % Protein, %	0,43 ***	0,52 ***	-0,55 ***	0,36 ***	1						
Lakt. % Lactose, %	-0,11 *	-0,22 ***	-0,03	0,01	0,01	1					
Karb. mg/l Urea, mg/l	-0,02	-0,05	-0,05	0,02	-0,17 ***	0,14 **	1				
SRA, 10 <sup>3</sup> /ml SCC. 10 <sup>3</sup> /ml	0,01	-0,09 *	0,02	0,06	-0,02	-0,16 ***	-0,20 ***	1			
Tuhk, % Ash, %	0,20 ***	0,27 ***	-0,12 **	-0,01	0,54 ***	-0,27 ***	-0,34 ***	0,07	1		
P, %	0,35 ***	0,18 ***	-0,18 ***	0,12 **	0,56 ***	0,06	-0,23 ***	0,04	0,53 ***	1	
Ca, %	0,22 ***	0,35 ***	-0,28 ***	0,13 **	0,62 ***	-0,03	-0,21 ***	0,01	0,73 ***	0,52 ***	1

\* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001



**Joonis 1.** Uuritud näitajate omavaheliste seoste korrelatsioonigraaf  
**Figure 1.** Relations between studied parameters

## 2. Lehma individuaalsuse ja tõu mõju

Katseperioodi keskmised piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused olid vastavalt 0,122 ja 0,098% (tabel 4). Piima keskmine kaltsiumisisaldus varieerus piirides 0,104% (EK, nr 635466) kuni 0,150% (RHF, nr 605773), üksikmõõtmistes varieerus kaltsiumisisaldus ligikaudu kolm korda (0,078...0,213%). Katseperioodi madalaim

keskmise piima fosforisisaldus oli EHF-t rühma lehmil 584223 (0,079%) ning kõrgeim EPK tõugu lehmil 203771 (0,114%), kellel oli ka katselehmadest suurim piima valgusisaldus (4,24%). Katseperioodi keskmine piimatoodang oli 28,2 kg päevas ja varieerus piirides 16,4 (EK, nr 509162) kuni 42,4 kg päevas (EHF-t, nr 549447). Suurima piima päevatoodanguga kaasnes aga väikseim keskmine valgusisaldus (3,00%) ning keskmisest väiksem kaltsiumi- ja fosforisisaldus (vastavalt 0,117 ja 0,090%). Kahel lehmil (EHF, nr 57746; EK, nr 635471) oli samaaegselt oma katserühma suurim kaltsiumi- kui ka fosforisisaldus, teistes rühmades sellist kokkulangevust ei esinenud.

**Tabel 4.** Katselehmade keskmised piimatoodangud ja piima koostised  
**Table 4.** Means of milk yield and composition for selected cows

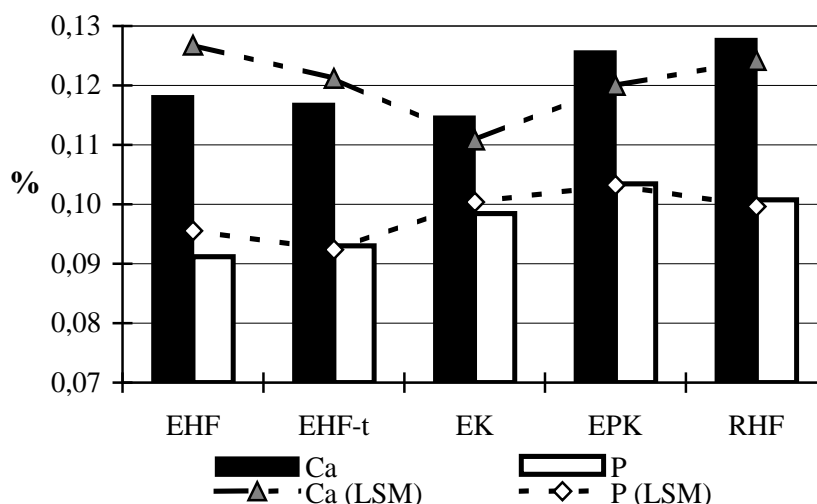
Lehma reg. nr Cow reg. No	Katserühm Trial group	n	Piim, kg päevas Milk yield, kg/day	Valk, % Protein, %	Ca		P	
					%	s	%	s
584249	EHF	20	28,8	3,37	0,116	0,0021	0,087	0,0014
577746	EHF	20	36,3	3,60	0,122	0,0036	0,099	0,0022
545221	EHF	20	30,3	3,40	0,115	0,0039	0,088	0,0025
545209	EHF	20	25,2	3,21	0,122	0,0023	0,092	0,0021
577651	EHF	15	32,7	3,17	0,116	0,0020	0,089	0,0021
549447	EHF-t	20	<b>42,4</b>	<b>3,00</b>	0,117	0,0021	0,090	0,0025
584223	EHF-t	6	22,4	3,56	0,115	0,0018	<b>0,079</b>	0,0086
549450	EHF-t	13	27,4	3,60	0,109	0,0034	0,087	0,0024
549428	EHF-t	23	35,4	3,58	0,117	0,0023	0,100	0,0025
549472	EHF-t	24	30,5	3,58	0,116	0,0023	0,095	0,0025
549454	EHF-t	20	29,9	3,43	0,123	0,0026	0,093	0,0017
509162	EK	17	<b>16,4</b>	3,85	0,116	0,0040	0,098	0,0024
635471	EK	14	21,0	3,73	0,123	0,0039	0,105	0,0019
635466	EK	14	22,6	3,56	<b>0,104</b>	0,0040	0,094	0,0029
635464	EK	10	27,4	3,33	0,117	0,0042	0,095	0,0018
565470	EPK	21	30,9	3,57	0,128	0,0022	0,106	0,0020
565448	EPK	20	26,2	3,51	0,122	0,0036	0,097	0,0036
366785	EPK	16	25,8	3,70	0,116	0,0045	0,101	0,0013
203771	EPK	14	22,5	<b>4,24</b>	0,130	0,0037	<b>0,114</b>	0,0021
203775	EPK	23	30,4	4,05	0,130	0,0035	0,108	0,0029
203757	EPK	7	20,6	3,62	0,141	0,0035	0,099	0,0103
567009	EPK	18	26,5	3,54	0,126	0,0011	0,095	0,0035
656003	EPK	10	23,4	3,83	0,123	0,0030	0,108	0,0013
605749	RHF	22	27,2	3,78	0,130	0,0049	0,102	0,0036
605798	RHF	5	26,3	3,76	0,129	0,0024	0,112	0,0021
605773	RHF	19	22,4	4,09	<b>0,150</b>	0,0069	0,106	0,0036
605767	RHF	19	20,2	3,72	0,118	0,0031	0,096	0,0023
542637	RHF	24	32,4	3,56	0,128	0,0020	0,103	0,0013
542623	RHF	20	27,6	3,45	0,122	0,0024	0,095	0,0017
605744	RHF	16	30,6	3,46	0,117	0,0033	0,097	0,0012
$\bar{x}$		510	28,2	3,58	0,122	0,0159	0,098	0,0125
Min <sup>1</sup>			4,8	2,63	0,078		0,040	
Max <sup>1</sup>			60,0	5,22	0,213		0,154	

<sup>1</sup> üksikmõõtmiste andmed / separate measurements data

Et piimatoodang ja piima koostis on geneetiliselt determineeritud omadused, on genotüübi iseärasustega seletatav suur lehmadevaheline erinevus, eriti siis, kui neid peetakse sarnastes söötmiss- ja pidamistingimustes. Lehma individuaalset mõju kui geneetilist faktorit piima mineraalainete sisaldusele on esile tõstnud ka Fox ja McSweeney (1998). Piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse suur kõikumine katseperioodi jooksul tõestab, et lisaks geneetilistele teguritele mõjutavad piima mineraalainete sisaldusi ka teised, eelpool kirjeldatud faktorid.

Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused tõugude keskmistena on esitatud tabelis 5 ja joonisel 2. Piima aritmeetilised keskmised kaltsiumi- ja fosforisisaldused olid suuremad EPK ja RHF rühmades. Väikseim aritmeetiline keskmine kaltsiumisisaldus oli EK rühmas ja fosforisisaldus EHF, EHF-t rühmades. Tõu mõju arvestav vähimruutude keskmine piima kaltsiumisisaldus oli suurim EHF ja väikseim EK rühmas ning vähimruutude keskmine fosforisisaldus oli sarnaselt aritmeetilise keskmisega suurim EPK ja väiksem EHF, EHF-t rühmades.

EK katserühma madalaim piima keskmine kaltsiumisisaldus võis olla põhjustatud sellest, et EK tõugu lehmad lülitusid katsesse teistest hiljem ja ei jõudnud katse vältel laktatsiooni lõppu. Vähimruutude keskmine sisaldus erineb aritmeetilisest keskmisest, kuna erinevalt viimasest võtab vähimruutude keskmine arvesse vaid tõu mõju ja arvestab, et ühe lehma erinevad vaatlused on üksteisest sõltuvad. Vähimruutude ja aritmeetiline keskmine lahknevad piima kaltsiumisisalduse korral rohkem kui fosforisisalduse korral (joonis 2), kuna lehma individuaalse mõju ulatus piima kaltsiumisisalduse varieeruvusele on suurem kui fosforisisalduse varieeruvusele (tabel 2). Katserühmade vahelised erinevused ning erinevused aritmeetiliste ja vähimruutude keskmiste vahel vähenesid, kui vähimruutude keskmiste arvutamisel lisaks tõule arvestati ka piima valgusisalduse ja laktatsioonijärgu mõju piima mineraalainete sisaldusele (tabel 5).



**Joonis 2.** Katserühmade aritmeetilised ja vähimruutude (LSM) keskmised kaltsiumi- ja fosforisisaldused  
**Figure 2.** Averages and last-square means (LSM) of calcium and phosphorus contents for trial groups

**Tabel 5.** Mineraalainete keskmised sisaldused (%) piimas katserühmade lõikes  
**Table 5.** Means of contents (%) of milk mineral for trial groups

	EHF	EHF-t	EK	EPK	RHF
n	95	106	55	129	125
$\bar{x}$					
Ca	0,118 <sup>a</sup>	0,117 <sup>a</sup>	0,115 <sup>a</sup>	0,126 <sup>b</sup>	0,128 <sup>b</sup>
s	0,0131	0,0113	0,0163	0,0142	0,0202
P	0,091 <sup>a</sup>	0,093 <sup>a</sup>	0,098 <sup>b</sup>	0,103	0,101 <sup>b</sup>
s	0,0100	0,0123	0,0096	0,0135	0,0118
<b>LSM</b>					
Ca	0,127 <sup>a</sup>	0,121 <sup>b</sup>	0,111	0,120 <sup>b</sup>	0,124 <sup>ab</sup>
P	0,096	0,092	0,100 <sup>a</sup>	0,103 <sup>a</sup>	0,099 <sup>a</sup>
<b>LSM (arvest. valgusisalduse mõju) / (consider influence of protein content)</b>					
Ca	0,125 <sup>a</sup>	0,120 <sup>b</sup>	0,114	0,120 <sup>b</sup>	0,125 <sup>a</sup>
P	0,095 <sup>a</sup>	0,093 <sup>a</sup>	0,098 <sup>ab</sup>	0,100 <sup>bc</sup>	0,100 <sup>bc</sup>
<b>LSM (arvest. laktatsioonijärgu ja valgusisalduse mõju) (consider influences of stage of lactation and protein content)</b>					
Ca	0,126 <sup>a</sup>	0,120 <sup>b</sup>	0,112	0,119 <sup>b</sup>	0,124 <sup>a</sup>
P	0,095 <sup>a</sup>	0,093 <sup>a</sup>	0,097 <sup>ab</sup>	0,100 <sup>bc</sup>	0,100 <sup>bc</sup>

<sup>a, b, c</sup> – samade indeksitega keskmised ühes reas ei erine oluliselt ( $P > 0,05$ )

<sup>a, b, c</sup> – means with same superscripts in one row are not significantly different ( $P > 0,05$ )

Tõu mõju piima koostisele, sealhulgas mineraalainete sisaldusele on küllalt hästi tõestatud. Poolas läbi viidud uurimus näitas, et piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus oli poola punast ja simmentali tõugu lehmadel suurem kui mustakirjut ja punasekirjut holsteini tõugu lehmadel (Grega *et al.*, 2000). Fisher *et al.* (1970) ja Fox, McSweeney (1998) võrdlesid holsteini, džörsi ja äärširi tõuge ja leidsid, et holsteini tõugu lehmade piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus on väiksem kui teistel uuritud tõugudel. Võrreldes mujal tehtud uurimustega näeme,

et ka Eestis on mustakirjut holsteini tõugu lehmade piimas vähem kaltsiumi ja fosforit kui teiste uuritud tõugu lehmade piimas.

### 3. Laktatsioonikuu ja sesoonsuse mõju

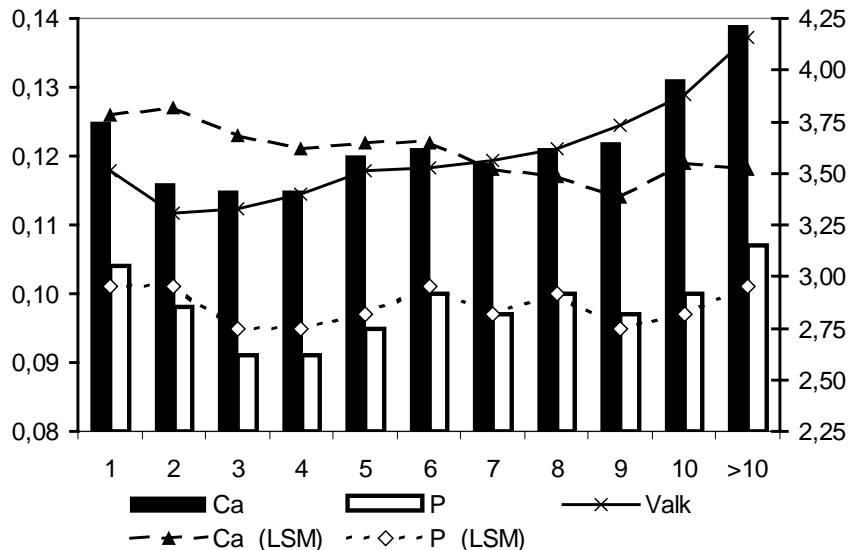
Mitmete autorite (Holt, 1985; Oestersen *et al.*, 1997; Fox, McSweeney, 1998) andmetel toimuvad suurimad muutused piima soolade kontsentratsioonides pärast poegimist ja laktatsiooni lõpus ning enamiku laktatsiooni jooksul on terve lehma piima mineraalaineline koostis suhteliselt konstantne.

Meie uurimistulemuste andmetel olid piima aritmeetilised keskmised kaltsiumi- ja fosforisisaldused suuremad laktatsiooni alguses ja lõpus ning väikseimad kolmandal-neljandal laktatsioonikuul (tabel 6, joonis 3). Piima kaltsiumisisalduse puhul on need andmed kooskõlas ka teiste uurijate poolt saadud tulemustega. Fisher *et al.* (1970) andmetel oli piima kaltsiumisisaldus suurem laktatsiooni alguses ja lõpus ning neljandal laktatsioonikuul ja kaltsiumisisalduse miinimum oli teisel-kolmandal laktatsioonikuul. Keogh *et al.* (1982) ja Auld *et al.* (1995) leidsid läbiviidud uurimustes, et lehmade piima kaltsiumisisaldus oli suurem laktatsiooni lõpus ning väiksem kolm kuud pärast poegimist (eriti suur oli langus ioonilise kaltsiumi osas).

Laktatsiooni vältel toimuva piima fosforisisalduse muutumise kohta on kirjanduse andmed aga vasturääkivad. Nii langes piima fosforisisaldus Foxi, McSweeney (1998) andmetel kiiresti esimestel laktatsiooninädalatel, seejärel hakkas laktatsiooni arenedes ühtlaselt tõusma. Keogh *et al.* (1982) leidsid, et piima fosforisisaldus oli suurem laktatsiooni alguses ja hakkas siis langema.

Väike piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus kolmandal ja neljandal laktatsioonikuul võib olla põhjustatud piima sekretsioonimehhanismide muutustest indlemiste ja tiinestumise ajal. Sellekohaseid uurimusi on teinud Peaker ja Linzell (1974), kes leidsid, et kitsedel toimuvad piima ioonide kontsentratsioonides muutused juba neli päeva enne inna algust. Udaras hakkab prevaleerima ioonide paratsellulaarne transport, mille tulemusena inna ajal piimas suureneb naatriumi ja kloriidioonide ning väheneb kaltsiumi, kaaliumi ja laktoosi sisaldus.

Laktatsioonikuu mõju hindamisel piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusele on oluline arvestada kõigi uuritud mineraalainete sisaldusi mõjutavate faktoritega. Antud uurimuses kirjeldas laktatsioonikuude mõju ainult 2,7% kaltsiumi- ja 3,6% fosforisisalduse varieeruvusest, kusjuures valgusisalduse ja lehma individuaalsuse mõjud olid tunduvalt ulatuslikumad (tabel 2). Eelöeldust tulenevad ka aritmeetiliste ja vähimruutude keskmiste erinevused (joonis 3) ning piima kaltsiumi- ja fosforisisalduste aritmeetiliste keskmiste (sisaldab ka valgusisalduse mõju) käitumiste sarnasus valgusisalduse aritmeetilise keskmisega laktatsiooni vältel (tabel 6, joonis 3).



**Joonis 3.** Piima mineraalainete sisalduste (%) aritmeetiliste ja vähimruutude (LSM) keskmiste ning valgusisalduste (%) dünaamika laktatsioonikuude lõikes

**Figure 3.** Lactational dynamics of averages and last-square means (LSM) of minerals and protein contents (%) in milk

**Tabel 6.** Piima valgusisalduse (%) ning mineraalainete sisalduse (%) aritmeetilised ja vähimruutude (LSM) keskmised laktatsioonikuude lõikes

**Table 6.** Averages and last-square means (LSM) of calcium, phosphorus and protein contents (%) for months of lactations

Lakt.-kuu Month of lact.	Valk Protein	Ca		P	
		$\bar{x}$	LSM	$\bar{x}$	LSM
1	3,51	0,125	0,126	0,104	0,101
2	3,31	0,118	0,127	0,098	0,101
3	3,33	0,115	0,123	0,091	0,095
4	3,40	0,115	0,121	0,091	0,095
5	3,51	0,120	0,122	0,095	0,097
6	3,53	0,121	0,122	0,100	0,101
7	3,56	0,119	0,118	0,097	0,097
8	3,62	0,121	0,117	0,100	0,100
9	3,73	0,122	0,114	0,097	0,095
10	3,88	0,131	0,119	0,100	0,097
>10	4,16	0,139	0,118	0,107	0,101

Piima kaltsiumisisaldus Põlula KF-s oli 2001. aastal suurem sügiskuudel (sept, okt, nov) ning väiksem juulis-augustis ja veebruaris-märtsis (tabel 7, joonis 4). Vabariigi keskmist taset iseloomustav viie meierei piima keskmine kaltsiumisisaldus oli suur detsembrist veebruarini ja aprillis ning väike juulis. Piima fosforisisaldus Põlula KF-s oli suurem novembrist-detsembrist ning väiksem veebruaris-märtsis. Meiereide keskmine piima fosforisisaldus oli suurem aprillis, oktoobris ja detsembrist ning väiksem märtsis ja mais. Põlula katsefarmi piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse vähenemist veebruaris-märtsis võis põhjustada see, et suur osa katselehmadest indles ja seemendati selles ajavahemikus. Katsefarmi lehmade piima kaltsiumisisalduse järsk suurenemine septembris võis olla tingitud sellest, et enamik katselehmhi jõudis laktatsiooni lõppu.

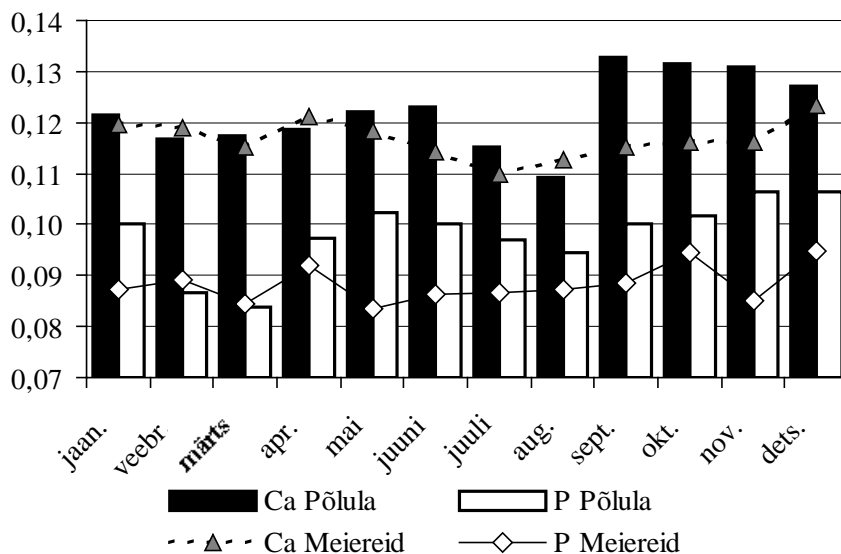
Piima mineraalainete sisalduse sesoonset muutumist on jälgitud põhiliselt Iirimaal tehtud uurimistöodes. Holt ja Muir (1979) täheldasid piima kaltsiumisisalduse lühiajalist vähenemist mais ja juunis, pärast lehmade minekut karjamaale, kusjuures piima kaltsiumisisaldus oli kõige suurem oktoobris. On oluline lisada, te Iirimaal korraldatud katses oli nii ioonilise kui kaseiiniga seotud kaltsiumi sisaldus piimas kõige väiksem just karjatamise perioodil (Keogh *et al.*, 1982). Seevastu O'Brien *et al.* (1999) leidsid, uurides mineraalelementide sisaldusi Iirimaal meiereidesse laekunud piimas, et piima kaltsiumisisaldus kõigub pidevalt vahemikus 0,107...0,137% ja pole kindlalt seotud aastaajaga. Poolas läbiviidud uuringud kinnitavad siiski seisukohta, et piima kaltsiumisisaldus on suvisel karjatamise perioodil väiksem kui laudaperioodil (Gorska, 2000).

**Tabel 7.** Põlula katsefarmi ja meiereide keskmised piima mineraalainete sisaldused (%) aasta lõikes

**Table 7.** Means of contents (%) of minerals in bulk milk of Põlula research farm and dairies over the year

Kuu Month	Ca		P	
	Põlula	Meiereid Dairies	Põlula	Meiereid Dairies
Jaan / Jan.	0,122	0,120	0,100	0,087
Veebr / Feb.	0,117	0,119	0,087	0,089
Märts / March	0,117	0,115	0,084	0,084
Aprill / April	0,119	0,121	0,097	0,092
Mai / May	0,122	0,118	0,102	0,084
Juuni / June	0,123	0,114	0,100	0,086
Juuli / July	0,115	0,110	0,097	0,087
Aug / Aug.	0,109	0,113	0,094	0,087
Sept / Sept.	0,133	0,115	0,100	0,088
Okt / Oct.	0,132	0,116	0,102	0,095
Nov / Nov.	0,131	0,116	0,106	0,085
Dets / Dec.	0,127	0,123	0,106	0,095





**Joonis 4.** Põlula katsefarmi piima mineraalainete keskmiste sisalduste (%) dünaamika aasta lõikes, võrrelduna meiereide keskmistega

**Figure 4.** Dynamics of mean of mineral contents (%) in bulk milk of Põlula research farm over the year compared with means of dairies

Piima fosforisisalduse muutused pole kirjanduse andmeil siiski samasuunalised piima kaltsiumisisalduse muutustega. Iirimaal korraldatud uuringute kohaselt oli piima fosforisisaldus väiksem septembris, hakkas seejärel suurenema ja saavutas maksimumi veebruaris (Holt, Muir, 1979).

Kuigi Iirimaal läbiviidud erinevates uurimustes on saadud erinevaid tulemusi, oli valdavalt karjatamisperioodil piima kaltsiumisisaldus väiksem kui talvekuudel. Ka meie uurimuses oli piima kaltsiumisisaldus väiksem just karjatamisperioodil (tabel 8). Piima fosforisisalduse vähimruutude keskmine oluline erinevus aritmeetilisest keskmisest tuleneb sellest, et piima fosforisisalduse varieeruvusest on ainuüksi sesoonsusega kirjeldatav väga väike osa (tabel 2). Ka piima kaltsiumisisalduse varieeruvusest on ainult sesoonsuse mõjuga kirjeldatav väga väike osa (0,2%). Seega on sesoonsuse mõju piima koostisele pigem mitmete faktorite interaktsioon. Piima fosforisisalduse aritmeetiline keskmine, mis arvestab kõiki erinevaid koostisosi, oli karjatamisperioodil oluliselt väiksem kui talvisel laudaperioodil. Refereerides erinevate uurimuste tulemusi järeldeb Holt (1985), et sesoonset muutust mineraalainete koostises on raske eristada teistest piima koostist mõjutavatest faktoritest, nagu laktatsioonijärk, keskkonna temperatuur, mastiit, tiinus, ind ja ketoos. Ka Nielsen ja Ullum (1989) leiavad, et piima koostise sesoonne muutumine on tingitud mitmetest eri faktoritest, nagu söötmise muutumisest seoses karjatamisega, laktatsioonijärgust ja ilmastikust.

**Tabel 8.** Piima mineraalainete keskmised sisaldused (%) erinevatel sesoonidel

**Table 8.** Means of mineral contents in milk for different seasons

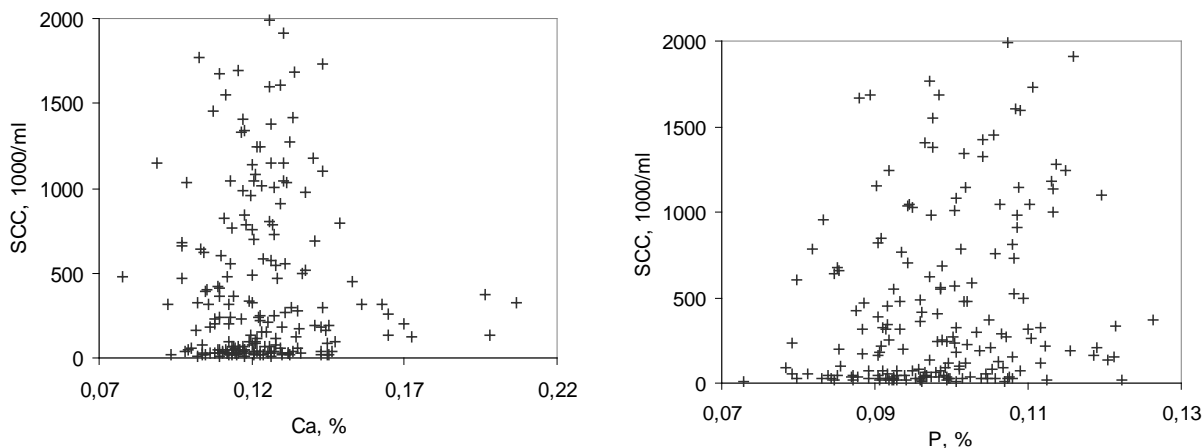
Mineraalelement <i>Mineral</i>	Laudaperiood <i>Stable</i>	Karjatamine <i>Pasture</i>	P <sup>1</sup>
n	258	275	
$\bar{x}$ (s)			
Ca	0,123 (0,0136)	0,119 (0,0195)	0,047
P	0,099 (0,0135)	0,096 (0,0102)	0,005
LSM			
Ca	0,121	0,120	0,149
P	0,096	0,100	0,003

<sup>1</sup> olulisuse tõenäosus / probability of significance

#### 4. Somaatiliste rakkude arvu mõju

Somaatiliste rakkude arvu (SRA) piimas peetakse udara tervise näitajaks ja mastiidi korral on piimas SRA suurenenud (Korhonen, Kaartinen, 1996). Harmon (1995) väitel on suure SRA-ga (>200 tuh./ml) piimas kaltsiumi- ja fosforisisaldused väiksemad kui madala SRA-ga piimas. Meie katses ei osutunud SRA oluliseks piima kaltsiumi- ja fosforisisalduste mõjufaktoriks. Ka SRA seos piima kaltsiumi- ja fosforisisaldustega oli väga

nõrk (korrelatsioonikordajad vastavalt 0,01 ja 0,04), mida kinnitab ka joonis 5, kus on kujutatud piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse sõltuvust piima SRA-st. Erinevalt Tallamy, Randolphi (1970), Hamanni, Krömkeri (1997), Flynn, Cashmani (1997), Foxi, McSweeney (1998) ja juba eespool märgitud autorite järeldustest ei ilmnud katseandmetest SRA seost piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusega, mille üheks põhjuseks võis olla katselauda suhteliselt kõrge keskmine SRA tase Põlula katselauda lehmade piimas ( $\bar{x}$  = 363 tuh./ml;  $s$  = 769).



**Joonis 5.** Piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse sõltuvus somaatiliste rakkude arvust (SCC)

**Figure 5.** Calcium and phosphorus contents dependences on somatic cell count (SCC)

Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused diagnoositud mastiidijuhtumite korral on esitatud tabelis 9. Enamikul juhtudel mastiidi korral piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus vähenes. Suur piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus langus oli lehmadel nr 203757 ja nr 605773. Seevastu kolmel lehmal (nr 545209, nr 549450, nr 549454) piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus mastiidi korral isegi tõusis. Eesti maakarja tõugu lehmal nr 635471 registreeriti katseperioodi jooksul mastiiti kahel korral, kusjuures ühel korral piima kaltsiumi- ja fosforisisaldus vähenes, aga teisel korral suurenes. Mitmel juhul piima mineraalelementide sisaldus, eriti fosforisisaldus, seoses mastiidiga ei muutunud.

**Tabel 9.** Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused (%) diagnoositud mastiidijuhtude korral

**Table 9.** Calcium and phosphorus contents (%) during diagnosed mastitis

Lehma reg. nr Cow reg. No	Ca		P		SCC, 10 <sup>3</sup> /ml	
	$\bar{x}^1$	Mastiit	$\bar{x}^1$	Mastiit	$\bar{x}^1$	Mastiit
545209	0,122	0,124	0,092	0,102	719	8332
577651	0,116	0,115	0,089	0,089	167	822
549450	0,109	0,097	0,087	0,066	500	2230
549428	0,117	0,105	0,100	0,090	1180	807
549454	0,123	0,144	0,093	0,101	29	1032
366785	0,116	0,112	0,101	0,102	374	479
203757	0,141	0,124	0,099	0,091	44	16
605798	0,129	0,120	0,112	0,113	1437	3915
605773	0,150	0,105	0,106	0,094	318	1682
542637	0,128	0,124	0,103	0,103	761	1046
605744	0,117	0,121	0,097	0,101	366	1081
509162	0,116	0,102	0,098	0,091	556	323
635471	0,120	0,103	0,105	0,101	118	2240
		0,129		0,114		

<sup>1</sup> lehma katseperioodi keskmine / trial period mean for studied cow

Ka erinevad uurijad on saanud mastiidi mõju kohta piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusele erinevaid tulemusi. Tallamy ja Randolphi (1970) katses oli lehmadel, kelle mastiiditest osutus positiivseks, piimas vähenenud fosforisisaldus 8% ja kaltsiumisisaldus 4%. Seevastu Auldisti *et al.* (1995) ja Rogersi *et al.* (1989) Austraalias läbiviitud uurimustes ei esinenud mastiiti põdevate ja tervete lehmade piima kaltsiumisisaldustes erinevusi.

Holt (1985), refereerides mitmeid eri allikaid märgib, et mastiidi korral võib piima kaltsiumisisaldus kas väheneda või suurened. Kaltsiumisisalduse suurenemise põhjuseks võib olla see, et mastiidi korral võib piimäärmed suurened kaltsiumi seostumine kaseiiniga. Piima kaltsiumisisaldust võib vähendada lahustunud kalt-

siumi osakaalu vähenemine. Mastiidist põhjustatud kaseiini sünteesi vähenemine põhjustab üldjuhul piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse vähenemise, kuna enamik kaltsiumist ja fosforist on seotud kaseiiniga (Harmon, 1995). Udarapõletiku korral ei suuda sekretsioonirakud ionide selektiivset läbilaskvust kontrollida, mille tõttu suureneb ionide passiivse rakkudevahelise transpordi osakaal. Selle tulemusena muutuvad vere ja piima ioonilised koostised sarnasemaks (Korhonen, Kaartinen, 1996).

Udarapõletiku erinev mõju uuritud mineraalelementide sisaldusele piimas võib olla põhjustatud erinevatest haigusetekitajatest, mis võivad mõjuda erinevalt piima sünteesi- ja sekretsioonimehhanismidele. Meie töös aga ei määratud mastiidi tekitajaid ega uuritud nende mõju piima mineraalainelisele koostisele.

### 5. Põlula KF piima kaltsiumi- ja fosforisisalduse võrdlus vabariigi keskmise tasemega

Vabariigi keskmisest tasemest ülevaate saamiseks koguti piimaproove viie meierei segupiima tankidest. Viide erinevasse meiereisse laekunud piima keskmine kaltsiumisisaldus jäi vahemikku 0,115...0,118% ja fosforisisaldus 0,086...0,090% (tabel 10). Meiereide piimade keskmised kaltsiumi- ja fosforisisaldused (vastavalt 0,117 ja 0,088%) olid oluliselt ( $P < 0,05$ ) väiksemad Põlula KF piima uuritud näitajatest (vastavalt 0,120 ja 0,099%). Põlula katsefarmi piima kaltsiumisisaldus oli vabariigi keskmisest tasemest vähem erinev (erinevus 2,5%) kui fosforisisaldus (erinevus 11%). Põlula KF piima suuremad kaltsiumi- ja fosforisisaldused olid ilmselt põhjustatud kõrgemast söötmistasemest. Piima suuremat kaltsiumisisaldust kõrgema söötmistaseme juures on täheldanud ka Malossini *et al.* (1996) Itaalias läbiviidud katsetes.

**Tabel 10.** Linnapiima, meiereidesse laekunud ja Põlula KF jahutustanki piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused  
**Table 10.** Content of calcium and phosphorus in manufacturing, retail and Põlula research farm's (RF) bulk milks

Piim / Milk	Ca, %	P, %
Linnapiimad <i>Manufacturing milk</i>		
ALMA	0,119	0,093
FARMI	0,118	0,088
KAVASTU	0,117	0,088
MEIERI	0,117	0,092
MILLA	0,115	0,086
MUMUU	0,118	0,093
TERE	0,119	0,090
Meiereid / <i>Dairies</i>		
1	0,117	0,086
2	0,115	0,089
3	0,118	0,090
4	0,116	0,088
5	0,118	0,087
$\bar{x}$ (s)		
<b>Linnapiimad</b> <i>Manufacturing milk</i>	<b>0,117<sup>a</sup></b> (0,0044)	<b>0,090<sup>a</sup></b> (0,0068)
<b>Meiereid / <i>Dairies</i></b>	<b>0,117<sup>a</sup></b> (0,0052)	<b>0,088<sup>a</sup></b> (0,0055)
<b>Põlula KF / RF</b>	<b>0,120</b> (0,0064)	<b>0,099</b> (0,0051)

<sup>a</sup> – sama indeksiga keskmised ühes tulbas ei erine oluliselt ( $P > 0,05$ )

<sup>a</sup> – means with same superscript in one column are not significantly different ( $P > 0,05$ )

Tarbijani jõuab reaalsetl aga linnapiim, mille kaltsiumi- ja fosforisisaldus võeti vaatluse alla, kuna pastöriseerimise mõju kohta piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusele on erinevad autorid mõnevõrra erinevatel seisukohtadel. Lopez *et al.* (1985) ja Andersson, Öste (1995) on leidnud, et pastöriseerimine ei mõjuta piima mineraalelementide sisaldusi ega omastatavust. O'Brien *et al.* (1999) läbiviidud uurimuses täheldati aga, et meiereidesse laekunud piimas oli kaltsiumisisaldus oluliselt suurem kui linnapiimas. Eestis 2001. a jooksul läbiviidud monitooringu käigus ei täheldatud olulisi erinevusi linnapiima ja meiereidesse laekunud toorpiima kaltsiumi- ja fosforisisaldustes (tabel 10). Teistest linnapiimadest väiksem kaltsiumi- ja fosforisisaldus oli kõrgkuumutatud Milla piimas, mille põhjuseks võis olla kõrge temperatuuri poolt põhjustatud kaltsiumi ja fosfori osaline väljasadestumine  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -na. Tavalisel pastöriseerimistemperatuuril on tasakaal lahustunud ja kolloidse kaltsiumfosfaadi vahel pöörduv.

## Kokkuvõte

Käesolevas töös uuriti Eesti veisetõugude maksimaalse piimajõudluse väljaselgitamise katse raames piima kaltsiumi- ja fosforisisaldusi mõjutavaid faktoreid Eestis kasvatatavatel veisetõugudel. Piimaproove mineraalainete sisalduse uurimiseks koguti aasta jooksul Põlula katselauda viiest katserühmast valitud esimesel laktatsioonil olevatel lehmadel samaaegselt jõudluskontrolli proovidega. Põlula katsefarmi piima keskmise kaltsiumi- ja fosforisisalduse võrdlemiseks vabariigi üldise tasemega võeti piimaproove viide erinevasse piimatööstusesse laekunud piimast. Pastöriseerimise mõju väljaselgitamiseks uuritud mineraalelementide sisaldusele piimas analüüsiti seitsme piimatööstuse poolt jaemüügis realiseeritavat piima.

Kogutud andmete analüüsi tulemuste alusel saab teha alljärgnevad järeldused.

1. Piima kaltsiumisisaldust mõjutavad oluliselt piima valgusisaldus, lehma individuaalsus, tõug ja laktatsioonikuu; piima fosforisisaldust lisaks nimetatutele ka sesoon (*resp.* aastaaeg), piimatoodang ja piima karbamiidisisaldus.
2. Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused on tugevas positiivses korrelatsioonis piima valgusisaldusega.
3. Piima kaltsiumisisaldus on suurem punasekirjut holsteini ja eesti punast tõugu lehmadel.
4. Piima fosforisisaldus on suurem eesti punast tõugu lehmadel ja väiksem eesti holsteini tõugu lehmadel.
5. Piima kaltsiumi- ja fosforisisaldused on suuremad laktatsiooni alguses ja lõpus ning väikseimad kolmandal ja neljandal laktatsioonikuul.
6. Vabariigi keskmisest kõrgema söötmistasemega Põlula katsefarmi piimas oli kaltsiumi- ja fosforisisaldus oluliselt suurem kui piimatööstustesse laekunud piimas keskmiselt.
7. Pastöriseerimine ei mõjutanud piima kaltsiumi- ja fosforisisaldust, seevastu kõrkuumutamine (UHT) vähendas piima kaltsiumisisaldust.

Saadud tulemused piima mineraalainete sisaldusi mõjutanud faktorite osas ei ole kahtlemata lõplikud, vaid vajaksid edasist täpsustamist, kuna kasutati vaid ühe aasta ja suhteliselt piiratud arvu esimesel laktatsioonil olevate katselehmade andmeid. Arvestades piima ja piimatoodete tähtsust inimeste toitumisel, tuleks kindlasti sellesuunalist uurimistööd jätkata. Selgitamist vajaksid küsimused, kuidas mõjutab piima mineraalainete sisaldust lehmade vanus ja laktatsioon, kuidas on omavahel seotud piima mineraalainete sisaldus ja piima laapumise omadused ning kas piima mineraalainete sisaldust mõjutab ka innatsükkel ja tiinus.

*Uurimistöö on läbi viidud põllumajandusministeeriumi projekti "Eesti veisetõugude maksimaalse piimajõudluse väljaselgitamine" (leping nr 287), teaduskompetentsi nõukogu sihtfinantseerimise (teema n 0170394s98) ja ETF grand'i (nr 4823) toel.*

## Kirjandus

- Andersson, I., Öste, R. Nutritional quality of heat processed liquid milk. – Heat-induced changes in milk. 2<sup>nd</sup> edn. Ed. by P. F. Fox – IDF, Belgium, p. 279...307, 1995.
- Auld, M. J., Coats, S., Rogers, G. L., McDowell, G. H. Changes in the composition of milk from healthy and mastitic dairy cows during the lactation cycle. – Australian J. Exp. Agric., vol. 35, p. 427...436, 1995.
- Fisher, L. J., Macintosh, A. I., Carson, R. B. Effects of *ad libitum* versus restricted intake of concentrate and stage of lactation on the mineral content of cow's milk. – Can. J. Anim. Sci., vol. 50, p. 121...127, 1970.
- Flynn, A., Cashman, K. Nutritional aspects of minerals in bovine and human milk. – In book: Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, water, salts and vitamins, 2<sup>nd</sup> edn. Ed. by P.F. Fox. – Chapman & Hall, London, p. 257...302, 1997.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. Dairy Chemistry and Biochemistry. – Chapman & Hall, 1998, 465 p.
- Gorska, A. Calcium and magnesium content in milk of cows from individual farms in the Podlasie region. – 50 Years of the National Research Institute of Animal Production "Safe Food as a Challenge to Animal Sciences" Balice, 24 May 2000. Research reports. II Effect of environmental factors on the quality of animal product. – Roczniki-Naukowe-Zootechniki, No. Supl. z. 6, p. 42...45, 2000.
- Grandison, A. S. Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheesemaking. – Dairy Industries International, vol. 51, p. 21...24, 1986.
- Grega, T., Sady, M., Farot, A., Pustkowiak, H. Level of calcium, phosphorus, lactose and citric acid in the milk of cows of different breeds. – 50 Years of the National Research Institute of Animal Production "Safe Food as a Challenge to Animal Sciences" Balice, 24 May 2000. Research reports. I Effect of genetic factors on the quality of animal product. – Roczniki-Naukowe-Zootechniki, No. Supl. z. 5, p. 27...30, 2000.
- Hamann, J., Krömker, V. Potential of specific milk composition variables for cow health management. – Livestock Production Science vol. 48, p. 201...208, 1997.

- Harmon, R. Mastitis and milk quality. – Milk Quality. Ed. by Harding F. – Chapman & Hall, p. 25...39, 1995.
- Holt, C. The Milk Salts: their Secretion, Concentrations and Physical Chemistry. – Developments in Dairy Chemistry, vol. 3: Lactose and Minor Constituents. Ed. by P. F. Fox – Elsevier Applied Sci., London, p. 143...181, 1985.
- Holt, C., Muir, D. D. Inorganic constituents of milk: I. Correlation of soluble calcium with citrate in bovine milk. – J. Dairy Res., vol. 46, p. 433...439, 1979.
- Keogh, M. K., Kelly, P. M., O'Keeffe, A. M., Phelan, J. A. Studies of milk composition and its relationship to some processing criteria. II. Seasonal variation in the mineral levels in milk. – Irish Journal of Food Science and Technology, vol. 6, p. 13...27, 1982.
- Korhonen, H., Kaartinen, L. Mastiidist tingitud piima koostise muutused. – Lehma udar ja udarahaigused. Koost. Sandholm, M., Honkanen-Buzalski, T., Kaartinen, L., Pyörälä, S. – Tartu, lk 70...76, 1996.
- Kübarsepp, I., Henno, M., Kärt, O., Karus, A. Mineraalained piimas. – APSi Toimetised nr 14, lk 131...134, 2001.
- Lacy-Hulbert, S. J., Woolford, M. W., Nicholas, G. D., Prosser, C. G., Stelwagen, K. Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. – J. Dairy Sci., vol. 82, p. 1232...1239, 1999.
- Lopez, A., Collins, W. F., Williams, H. L. Essential elements, calcium and lead in raw and pasteurised cow and goat milk. – J. Dairy Sci., vol. 68, p. 1878...1886, 1985.
- Malossini, F., Bovolenta, S., Piras, C., Dalla Rosa, M., Ventura, W. Effect of diet and breed on milk composition and rennet coagulation properties. – Ann Zootech, vol. 45, p. 29...40, 1996.
- Martin, B., Chamba, J.-F., Coulon, J.-B., Perreard, E. Effect of milk chemical composition and clotting characteristics on chemical and sensory properties of Reblochon de Savoie cheese. – J. Dairy Res., vol. 64, p. 157...162, 1997.
- McIntosh, G. H. Calcium and colon cancer prevention. – Bulletin of the IDF N° 322: "Dietary Calcium in Health" – Belgium, p. 16...19, 1997.
- Miller, G. D., Groziak, S. M. Calcium and blood pressure. – Bulletin of the IDF N° 322: "Dietary Calcium in Health" – Belgium, p. 25...28, 1997.
- Morrissey, P. A., Flynn, A. Bioavailability of minerals in milk. – Proceedings of the XXIII International Dairy Congress "Dairying in a Changing World", Montreal, Canada, p. 1187...1207, 1990.
- Nielsen, E. W., Ullum, J. A. Dairy technology I. – Danish Turnkey Dairies Ltd, 1989, 110 p.
- Nordin, B. E. C. Calcium and osteoporosis. – Bulletin of the IDF 322, "Dietary Calcium in Health" – Belgium, p. 4...10, 1997.
- O'Brien, B., Mehra, R., Connolly, J. F., Harrington, D. Seasonal variation in the composition of Irish manufacturing and retail milks. 4. Minerals and trace elements. – Irish Journal of Agricultural and Food Research, vol. 38, p. 87...99, 1999.
- Oestersen, S., Foldager, J., Hermansen, J. E. Effects of stage of lactation, milk protein genotype and body condition at calving on protein composition and renneting properties of bovine milk. – J. Dairy Res., vol. 64, p. 207...219, 1997.
- Peaker, M., Linzell, J. L. The effects of oestrus and exogenous oestrogens on milk secretion in the goat. – Journal of Endocrinology, vol. 61, p. 231...240, 1974.
- Rogers, S. A., Michell, G. E., Bartley, J. P. The relationship between somatic cell count, composition and manufacturing properties of bulk milk. 4. Non-protein constituents. – Australian Journal of Dairy Technology, vol. 44, p. 53...56, 1989.
- Schaafsma, G. Bioavailability of calcium. – Bulletin of the IDF N° 322: "Dietary Calcium in Health" – Belgium, p. 20...24, 1997.
- Spallholz, J. E. Nutrition: Chemistry and Biology – Prentice Hall, USA, 1989, 288 p.
- Storry, J. E., Grandison, A. S., Millard, D., Owen, A. J., Ford, G. D. Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from different breeds and species of ruminant. – J. Dairy Res., vol. 50, p. 215...229, 1983.
- Tallamy, P. T., Randolph, H. E. Influence of mastitis on properties of milk. V Total and free concentrations of major minerals in skim milk. – J. Dairy Sci., vol. 53, p. 1386...1388, 1970.
- Weaver, C. M. Calcium in food fortification strategies. – 3<sup>rd</sup> International Symposium on Recombined Milk & Milk Products. – Belgium, p. 108...116, 1999.
- West, D. W. Phosphopeptides and calcium absorption. – Proceedings of the XXIII International Dairy Congress "Dairying in a Changing World", Montreal, Canada, p. 1208...1216, 1990.

## Milk Calcium and Phosphorus Content of Dairy Cattle Breeds Raised in Estonia and Factors Affecting It

I. Kübarsepp, M. Henno, O. Kärt, T. Kaart

### Summary

*Milk is a very important source of calcium. Milk calcium and phosphorus are of a great nutritive importance; they are necessary substances for bone and teeth formation. The calcium content in milk plays a critical role in rennet coagulation, and the calcium bonds between the casein molecules are important factors for the consistency of cheese. In general there are a limited number of studies about the factors influencing milk mineral content. The similar situation exists in Estonia: milk calcium and phosphorus contents of local dairy cattle breeds have not been studied enough.*

*The objective of this research was to compare milk calcium and phosphorus content in different breeds raised in Estonia. Based on the obtained results different factors and their magnitude of influence on the contents of calcium and phosphorus in milk were studied.*

*In Põlula research farm (RF) five trial groups were made up:*

- |   |          |
|---|----------|
| ▪ Estonian Holstein breed (breeding value >120) (EHF-t)   | 20 cows; |
| ▪ Estonian Holstein breed (breeding value 95...105) (EHF) | 20 cows; |
| ▪ Red-and-White Holstein breed (RHF)                      | 20 cows; |
| ▪ Estonian Red breed (EPK)                                | 20 cows; |
| ▪ Estonian Native breed (EK)                              | 8 cows.  |

*Milk samples were collected from five first lactating cows of each trial group twice a month during a period 23.01.2001...7.01.2002. The cows were selected considering their milk protein content (Table 1). Calcium and phosphorus contents were determined by using IDF methods in Dairy Laboratory of the Institute of Animal Science. In addition, data about milk yield and content of protein, fat, urea and somatic cell count obtained from Animal Recording Centre were used.*

*For drawing a parallel between Põlula RF and Estonian common level of milk calcium and phosphorus contents milk samples were collected from five dairies once a month during year 2001. Milk samples from seven different 2.5% manufacturing milk were collected also once a month during year 2001 to find out an effect of pasteurising on studied milk minerals.*

*Results were evaluated statistically using general linear model including both discrete and continuous effects and assuming an autoregressive variance structure of the repeated measurements of the individual cow.*

*Based on the collected data the following **conclusions** can be made:*

- 1. The contents of calcium and phosphorus in milk were significantly ( $P < 0,001$ ) influenced by a number of factors: individuality of the cow, breed, stage of lactation and protein content in milk. Phosphorus content in milk was additionally influenced by season of the year, milk yield and urea content in milk (Table 2).*
- 2. Milk calcium and phosphorus contents had strong positive correlation with milk protein content (Table 3; Figure 1).*
- 3. Mean content of calcium in milk was higher in RHF and EPK groups (Table 5; Figure 2).*
- 4. Content of phosphorus in milk was the highest in EPK and the lowest in EHF and EHT-t groups.*
- 5. Milk calcium and phosphorus contents were higher in early and late lactation. The lowest calcium and phosphorus contents in milk were observed in third-fourth months after calving (Table 6; Figure 3). Seasonal changes in milk mineral content were small and it was difficult to distinguish the effect of season from the others effects influencing milk mineral content (Tables 7, 8; Figure 4).*
- 6. Bulk milk from Põlula RF, which has higher feeding level compared with Estonian common level, contained more calcium and phosphorus, as compared to milk collected from dairies (Table 10).*
- 7. Pasteurising has no significant effect on milk calcium and phosphorus content, whereas using ultra-high-temperature (UHT) treatment decreased milk calcium and phosphorus content (Table 10).*

*Results and conclusions of this research have to be taken as preliminary. Considering importance of milk and milk products in human diet, it is necessary to continue research on these directions. The effects of age of a cow, oestrus and pregnancy on the content of milk minerals need further studies. Due to high interest in milk production the relationship between milk mineral contents and milk rennet coagulation properties has to be more thoroughly studied.*