

Rasvhapped biomarkerina

Merike Henno, Meelis Ots, Merko Vaga

Projekti „Eesti piimaveiste kasumlikkuse suurendamine uute aretusväärtuste väljatöötamise ja kasutuselevõtmisega ning farmide e-aretusplaanide väljaarendamine“

27.05.2025

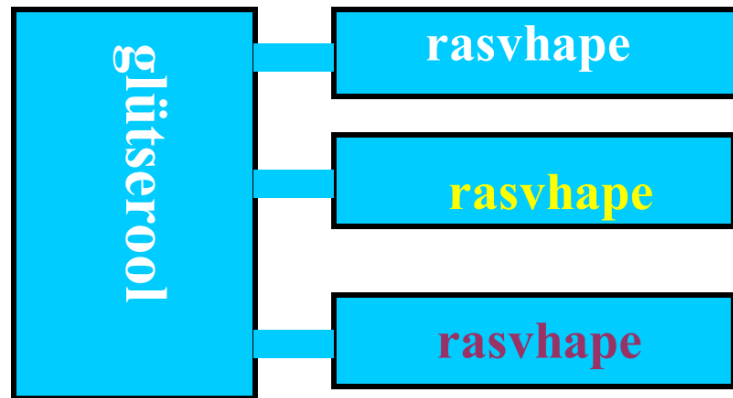




- Piima rasvhapped
- Piima rasvhapped ja söötmine
- Piima rasvhapped karja tervise prognoosimisel

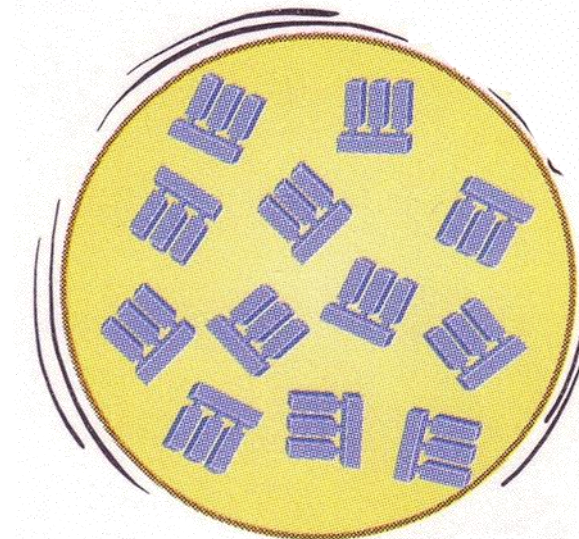
Piimarasv

- Peamise osa (~98%) piimarasvast moodustavad triatsüülgütseroolid – glütserooli ja rasvhapete triestrid



Piimast on määratud ligi 400 rasvhapet

Rasv on piimas väikeste rasvakuulikeste e gloobulitena, mille stabiilsuse tagab neid ümbritsev membraan



Rasvhapped

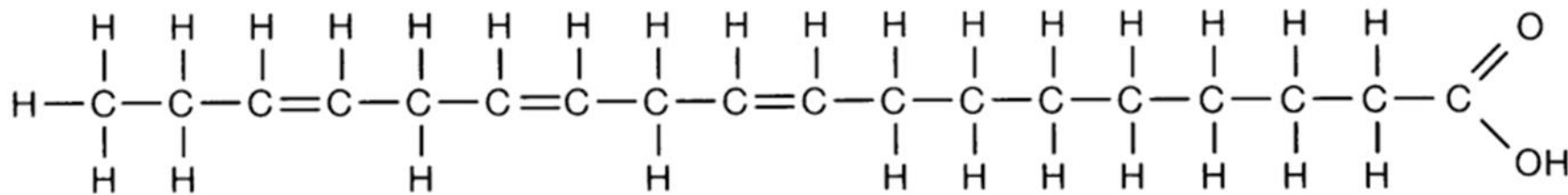


Rasvhapped liigatamise alused:

- Süsiniku ahela pikkus
- Kaksiksidemete arv
- Vesinikuaatomite asetus kaksiksideme tasapinna suhtes
- Päritolu

Süsiniku ahela pikkus

- Lühikese süsiniku ahelaga rasvhapped – C4:0...C10:0 (SCFA)
- Keskmise süsiniku ahelaga rasvhapped – C12:0, C14:0, C16:0 (MCFA)
- Pika süsiniku ahelaga rasvhapped – $\geq$ C18:0 (LCFA)



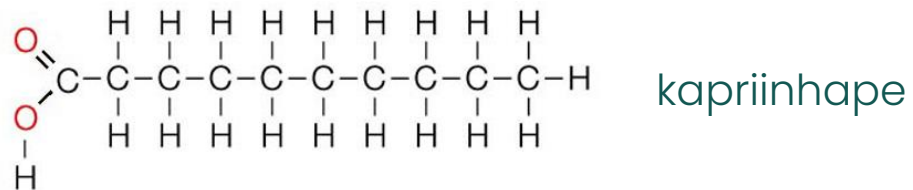
C18:3 α -linoleenhapet



Rasvhapped

Liigitus kaksiksidemete arvu alusel

- Küllastunud (SFA) – süsiniku aatomite vahel kaksiksidemed puuduvad

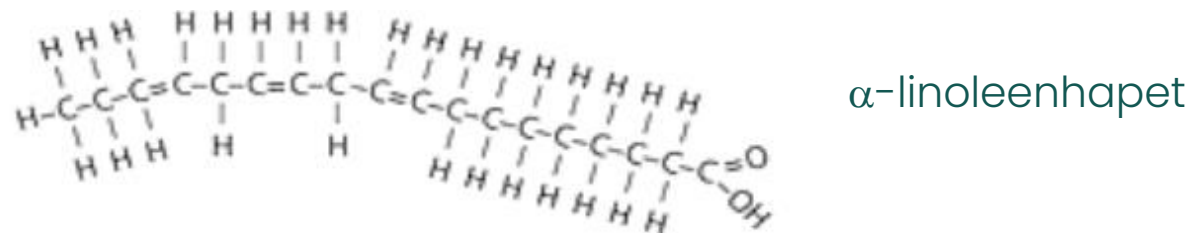


- Küllastumata (UFA) – üks või mitu kaksiksidet

- Monoküllastumata (MUFA) – üks kaksikside



- Polüküllastumata (PUFA) – rohkem kui üks kaksikside



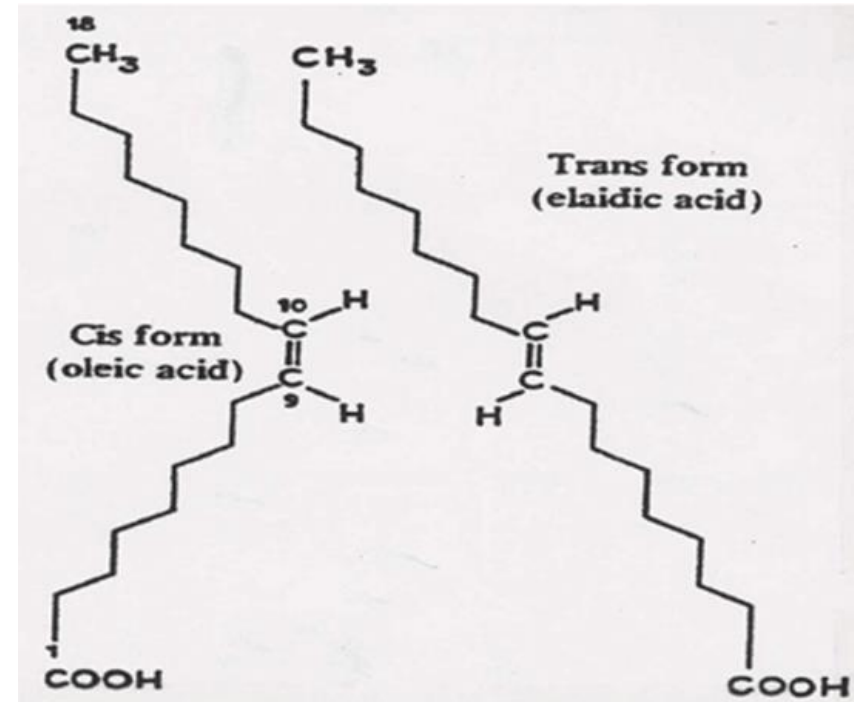
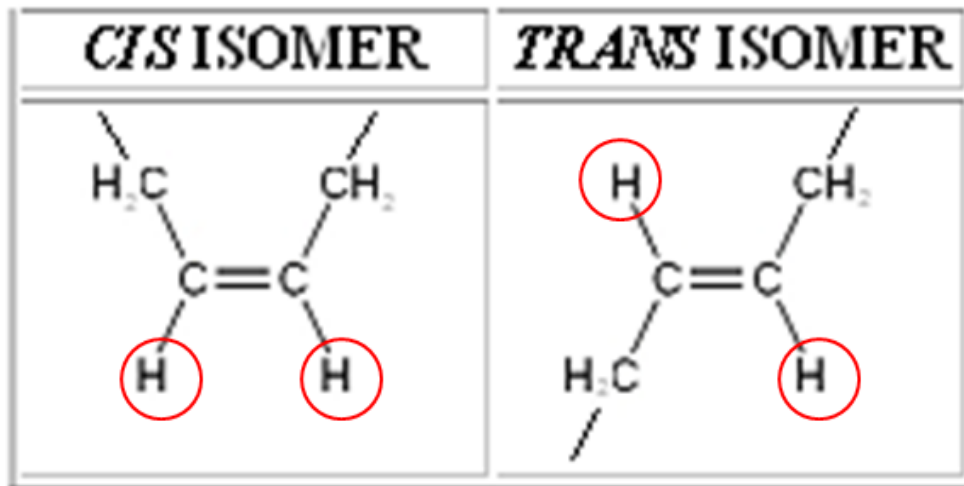


Rasvhapped

Vesinikuaatomite asetus kaksiksideme tasapinna suhtes

Cis-isomeeris asetsevad vesinikuaatomid kaksiksideme tasapinna suhtes samal poolel.

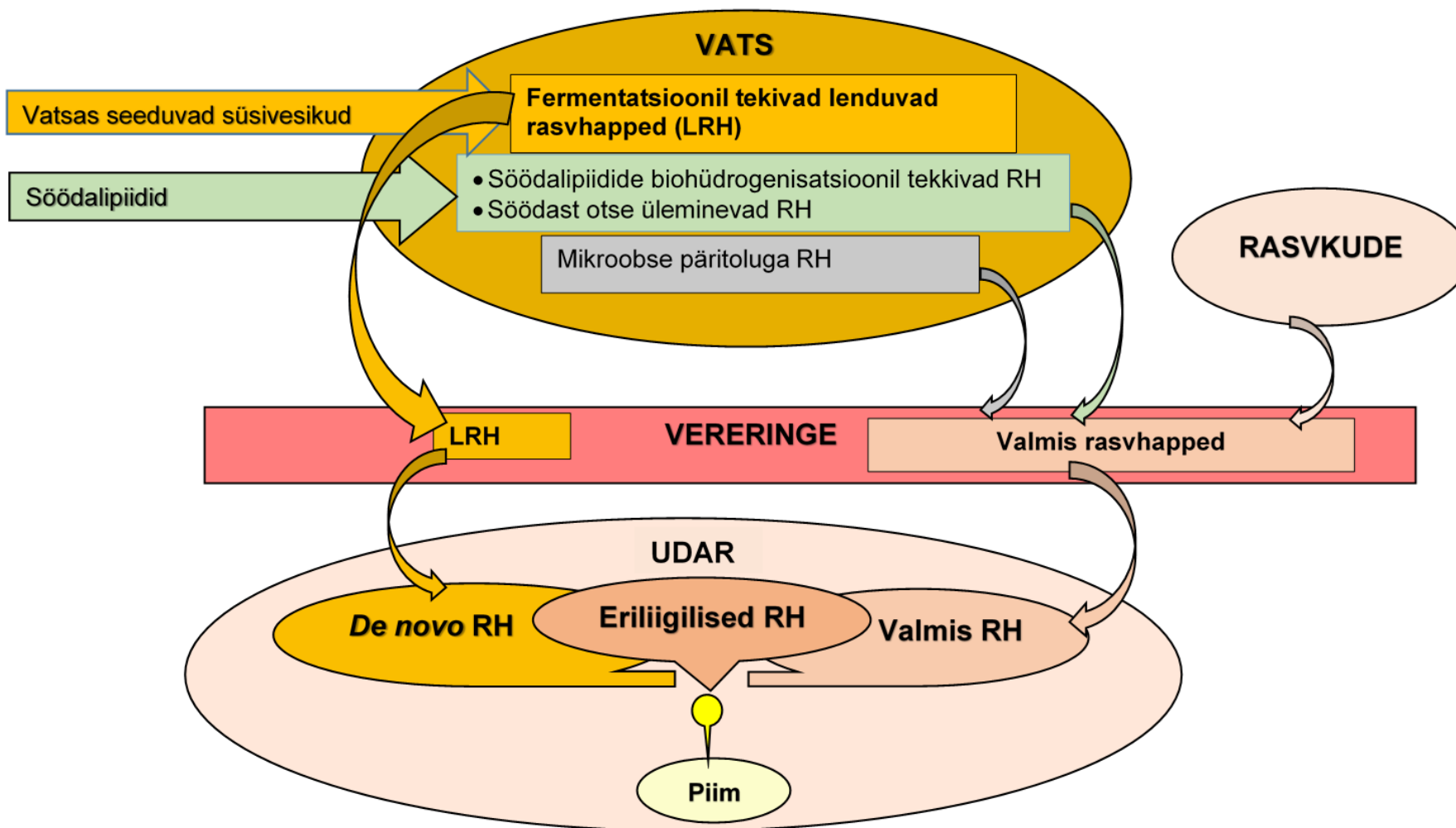
Trans-isomeeris asetsevad vesinikuaatomid kaksiksideme tasapinna suhtes vastaspooltel.





Rasvhapped

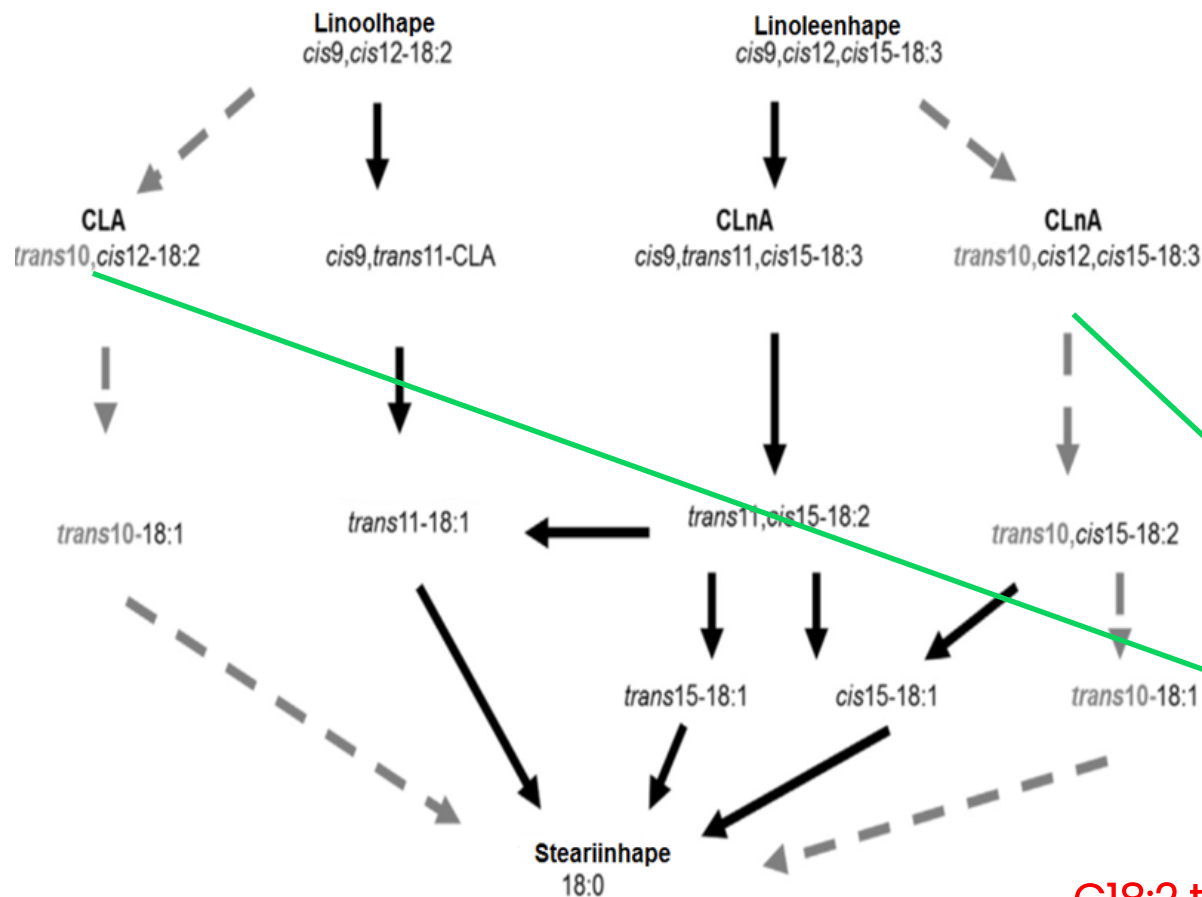
Piima rasvhapete liigitus päritolu järgi





Rasvhapete metabolism vatsas

- Söödalipiidide peaaegu täielik hüdrolüüs (mikroobsed lipaasid) glütserooliks ja vabadeks rasvhapeteks.
- Mikroobidele toksiliste MUFAde ja PUFAde kiire biohüdrogenisatsioon.



Biohüdrogenisatsiooni raja muutust põhjustavad: vatsas seeduva tärklise ja/või UFAd rikas ratsioon, pH

Muutunud radade vaheproduktid võivad põhjustada **de novo sünteesi** pidurdumist

C18:2 *trans*-10, *cis* 12 (CLA) → põhjenda 1/3 muudatustest

Kokkuvõte



Söödaratsiooni muutus

mõjutab

Vatsa pH ja/või mikroobikooslust ning mikroorganismide ainevahetust

kaasnevad

De novo, eriliigiliste ja valmis rasvhapete osakaalude muutused piimarasvas

Analüsaatoriga määratavad rasvhapped



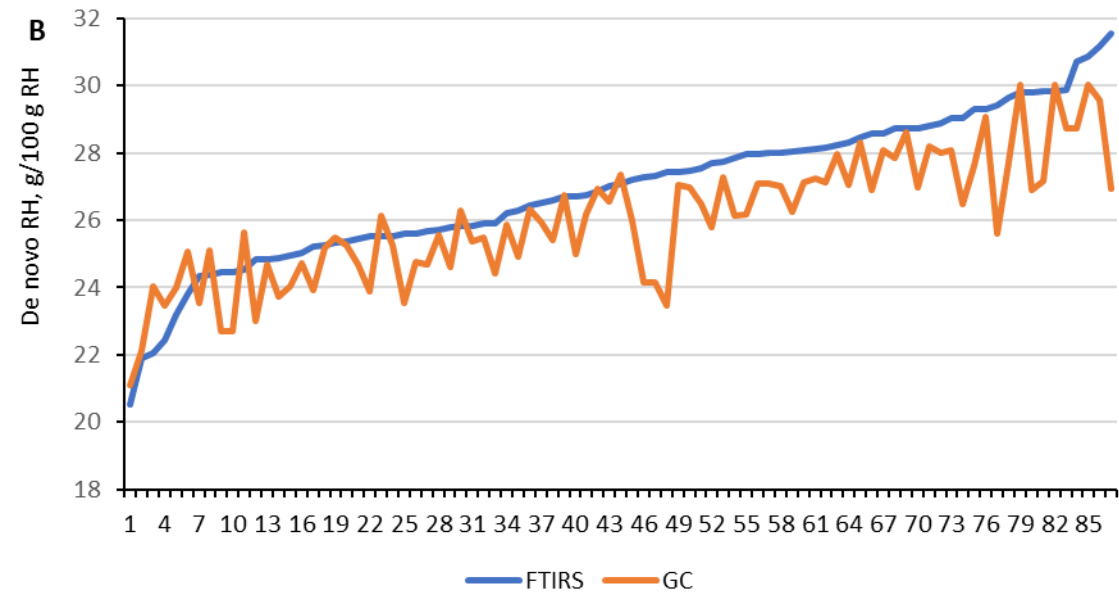
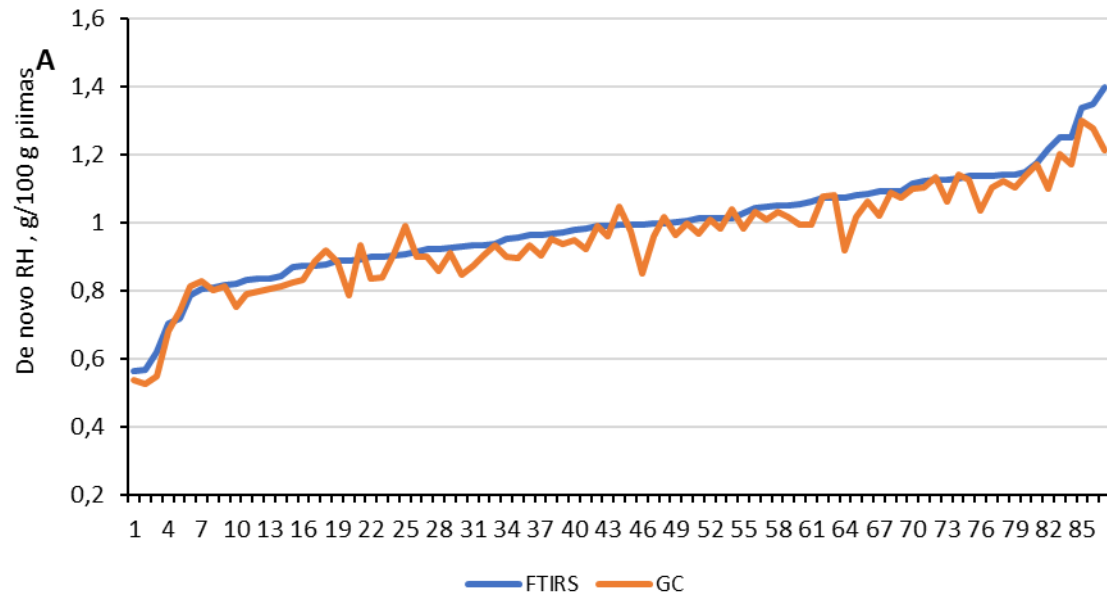
Rasvhape/RH rühm	Selgitus
C14:0	Müristiinhape
C16:0	Palmitiinhape
C18:0	Steariinhape
C18:1	Kõik C18:1 isomerid
SCFA	Lühikese süsinikuahelaga rasvhapped (Short Chain Fatty Acids)
MCFA	Keskmise süsinikuahela pikkusega rasvhapped (Medium Chain Fatty Acids)
LCFA	Pika süsinikuahelaga rasvhapped (Long Chain Fatty Acids)
SFA	Küllastunud rasvhapped (Saturated Fatty Acids)
MUFA	Monoküllastumata rasvhapped (Monounsaturated Fatty Acids)
PUFA	Polüküllastumata rasvhapped (Polyunsaturated Fatty Acids)
Σ Trans RH	Trans rasvhapete summa
De novo RH	C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C14:1
Eriliigilised RH	C16:0, C16:1
Valmis RH	C15:0, C17:0, $\geq$ C18

Piimarasva rasvhappelise profiili kahe määramismeetodi (gaaskromatograafia ja infrapunaspektroskoopia) võrdlus



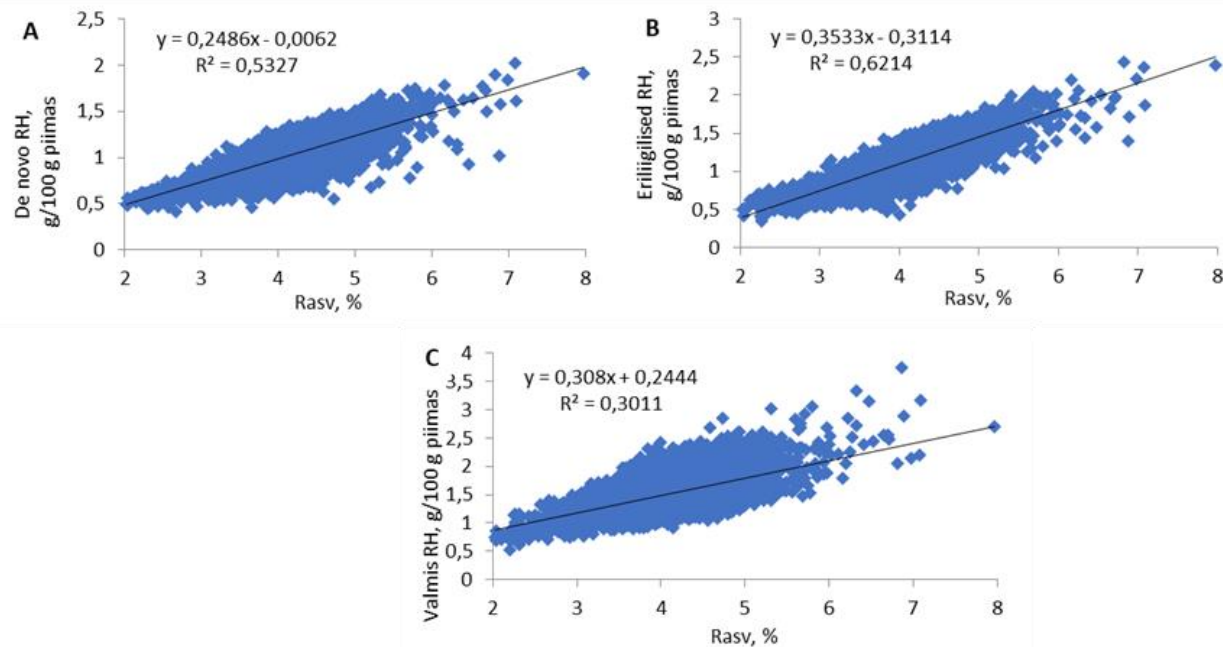
Rasvhapped	Lineaarne korrelatsioonikordaja	
	g/100 g piimas	g/100 g rasvhapetes
De novo RH	0,960	0,847
Eriliigilised RH	0,922	0,704
Valmis RH	0,922	0,866

Korrelatsioonikordajad:
g/100 g piimas $r=0,528\ldots0,960$
g/100 g RH $r=0,505\ldots0,866$

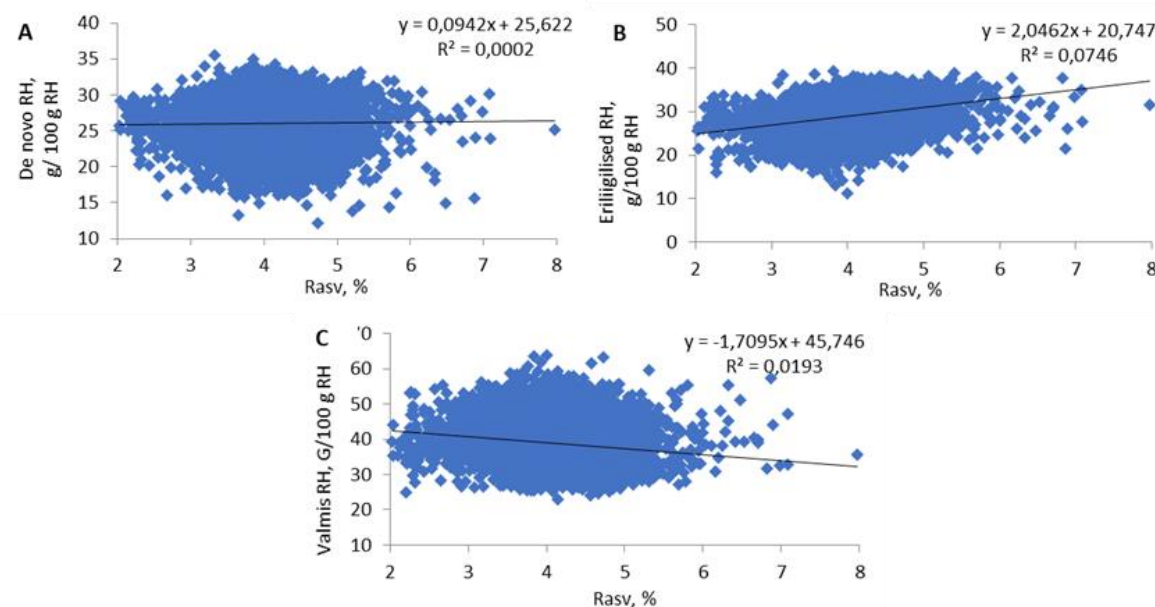


Joonis. Kahe meetodiga (FTIRS ja GC) määratud *de novo* rasvhapete sisalduste (A – g 100/g piimas, B – g/100 g rasvhapetes) võrdlus

Seosed piima rasvasisaldusega



Joonis 1. Tankipiimade *de novo* RH (A), eriliigiliste RH (B) ja valmis RH sisalduste (g/100 g piimas) seosed piima rasvasisaldusega (%).

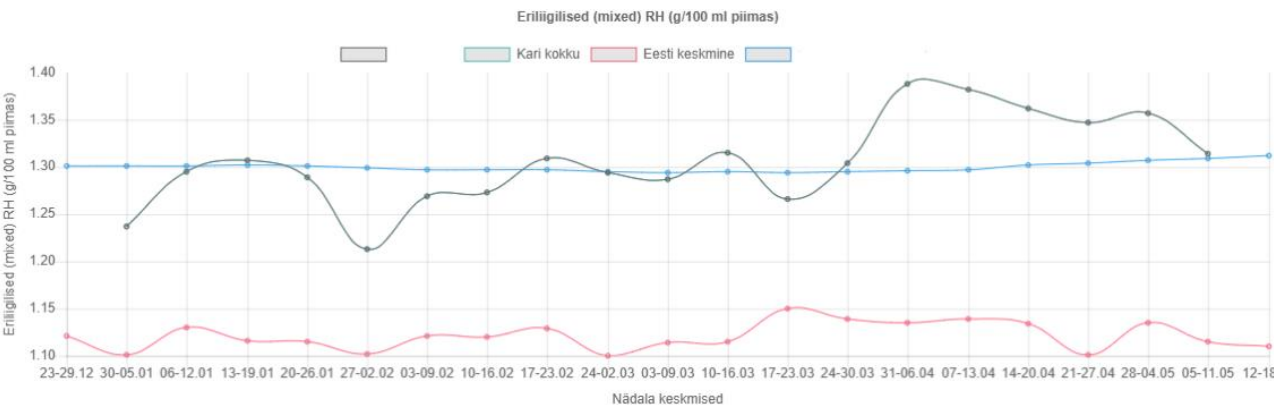
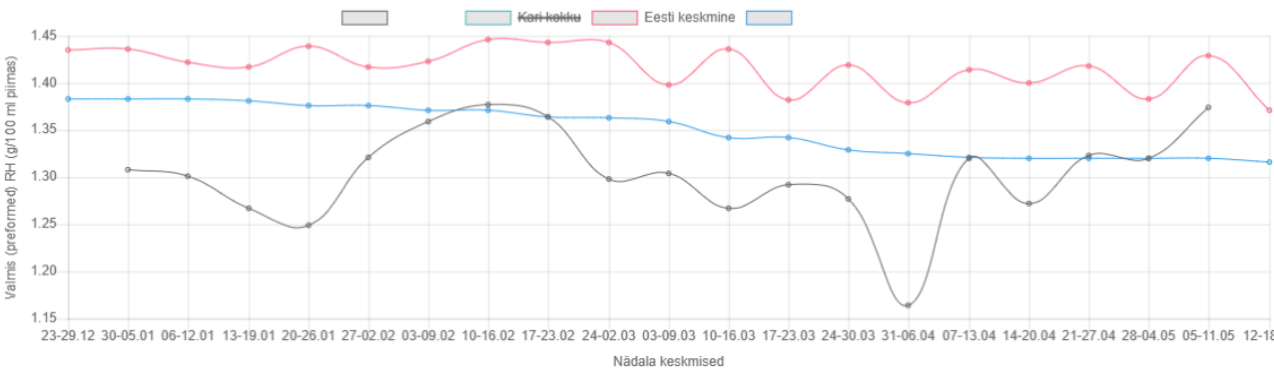
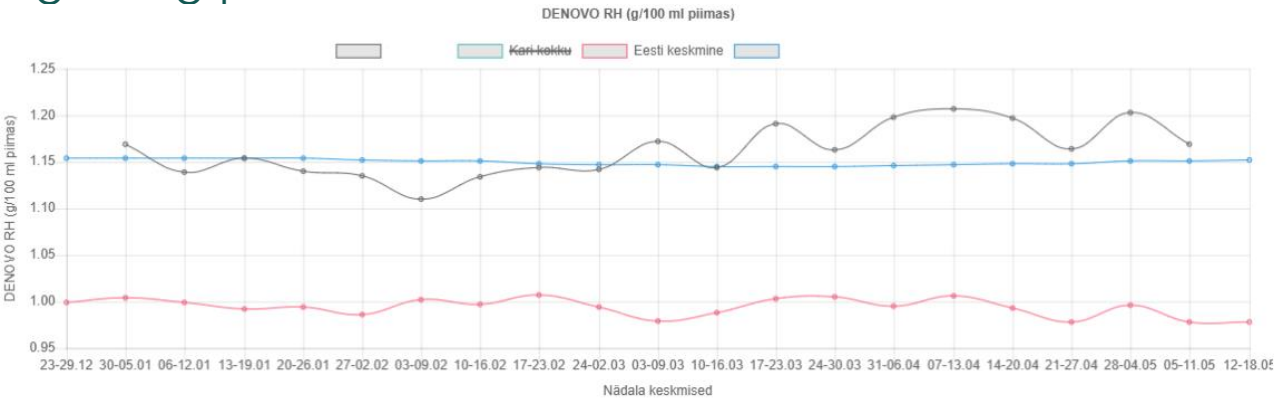


Joonis 2. Tankipiimade *de novo* RH (A), eriliigiliste RH (B) ja valmis RH sisalduste (g/100 g rasvhapetes) seosed piima rasvasisaldusega (%).

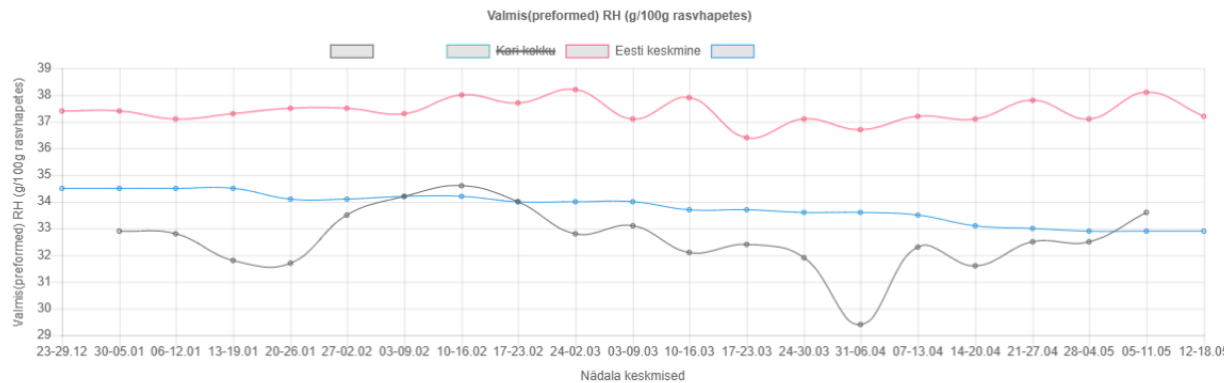
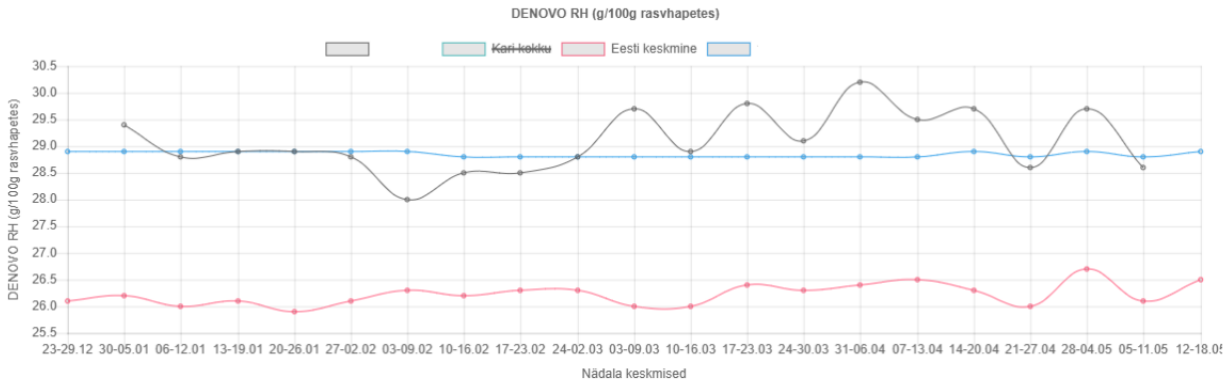
Milliseid rasvhapete graafikuid praegu näeb



g/100 g piimas



g/100 g rasvhapetes



Jaanuar....Aprill

Piim, kg/päev

38,1...39,9

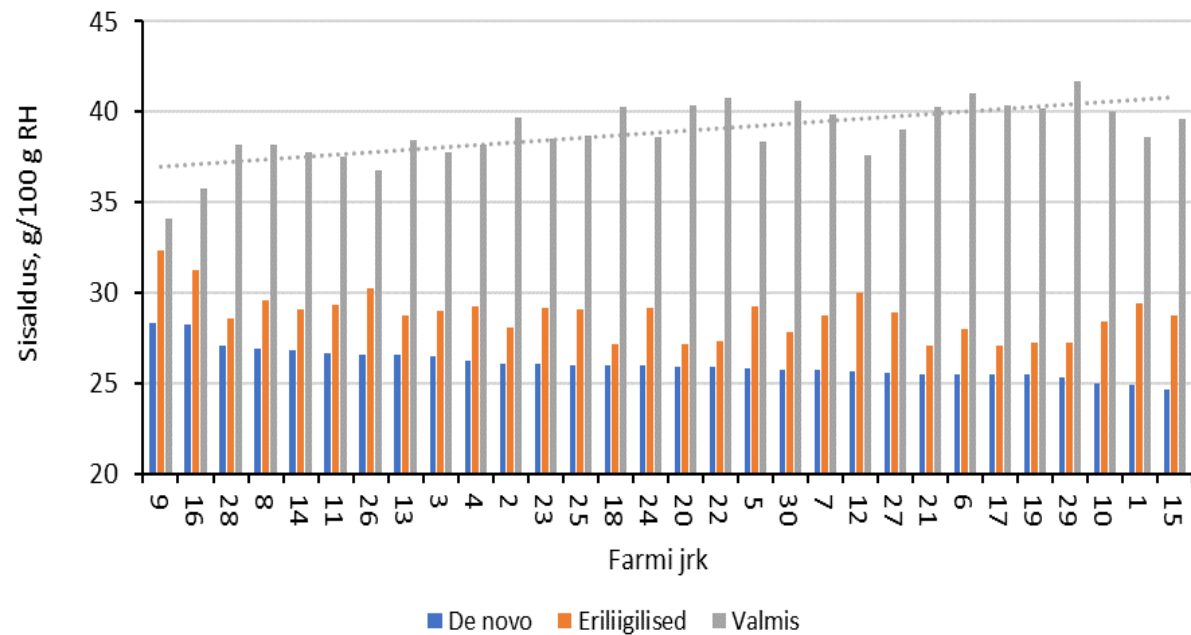
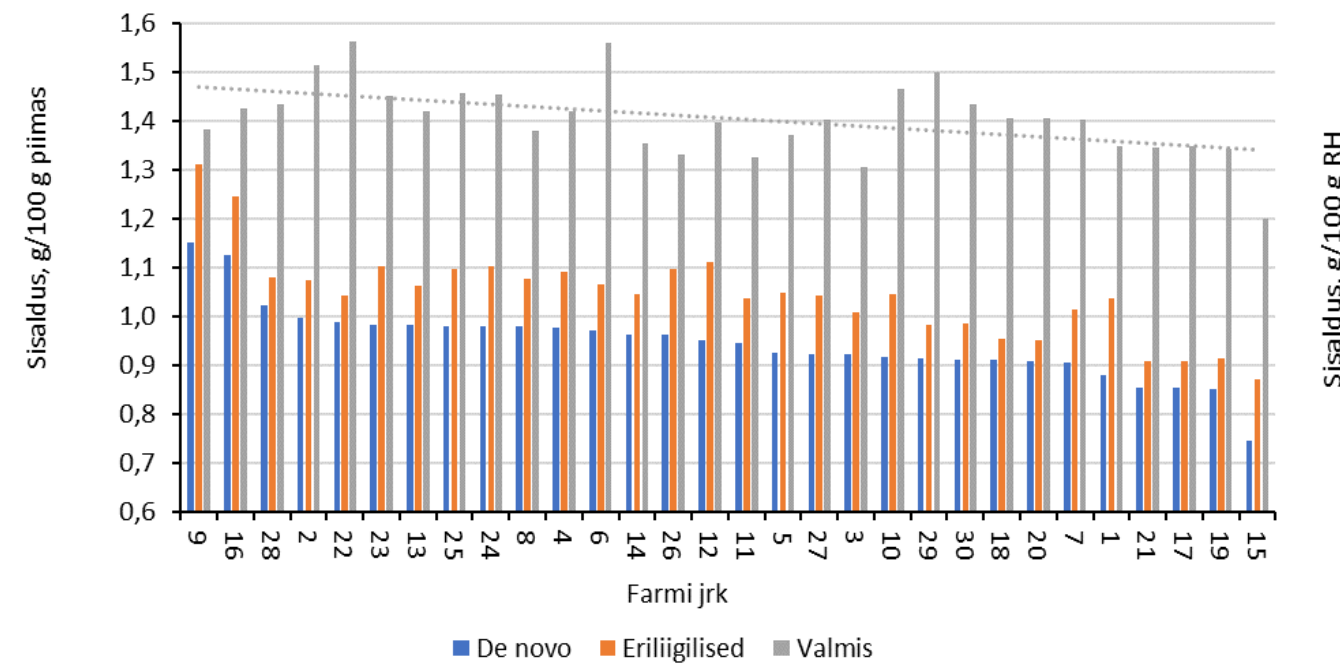
Rasv, %

4,17...4,29

Valk, %

3,59...3,68

Farmi tankipiimade keskmised rasvhappelised profiilid

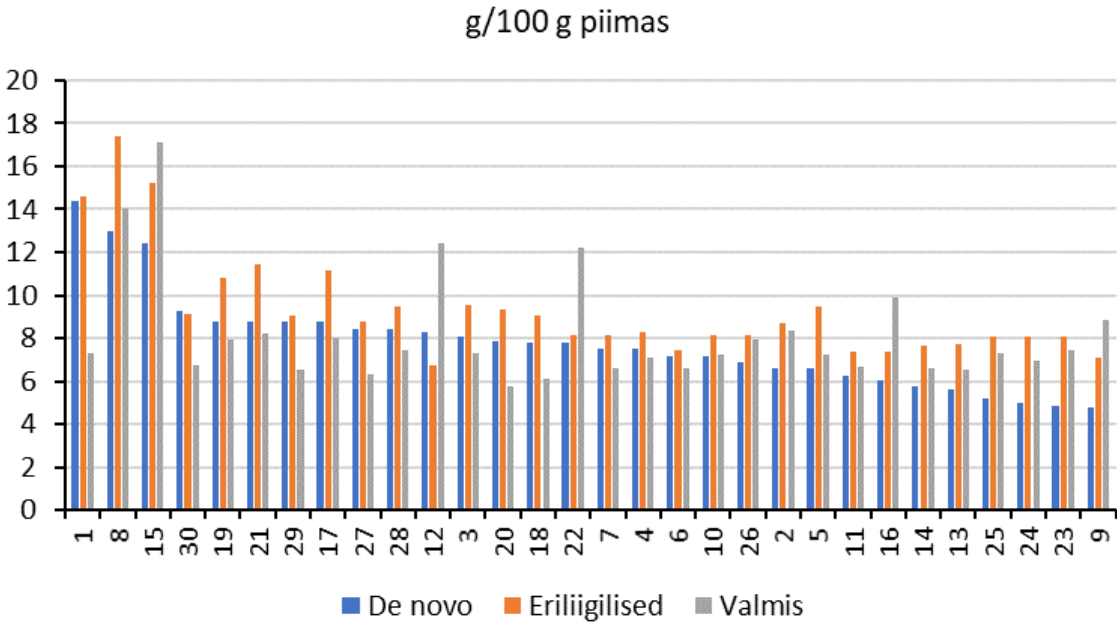


	Farm nr 9		Farm nr 19	
	Toodang, kg	Rasvasisaldus, %	Toodang, kg	Rasvasisaldus, %
2023	10648	4,30	13827	3,20
2024	11774	4,18	14082	3,19

Farm	De novo RH	Eriliigilised RH	Valmis RH
	g/100 g piimas		
9	1,149	1,310	1,382
19	0,851	0,912	1,341

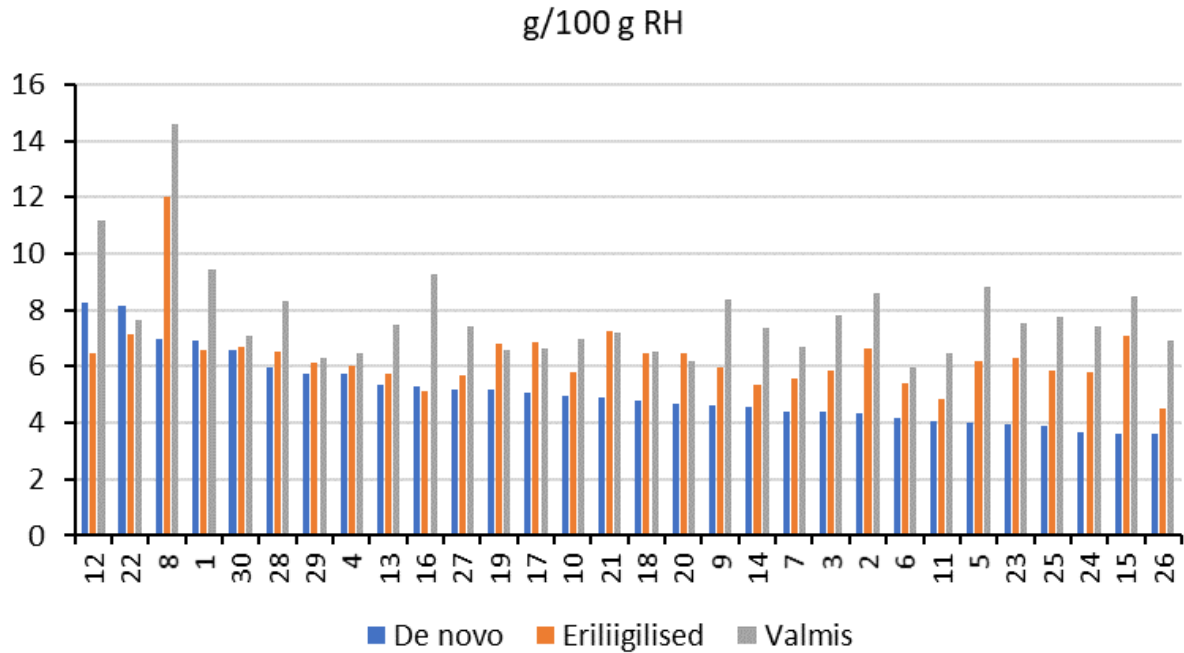
Farm	De novo RH	Eriliigilised RH	Valmis RH
	g/100 g RH		
9	28,36	32,31	34,10
19	25,47	27,29	40,23

Farmi tankipiimade rasvhappeliste profiilide varieeruvus

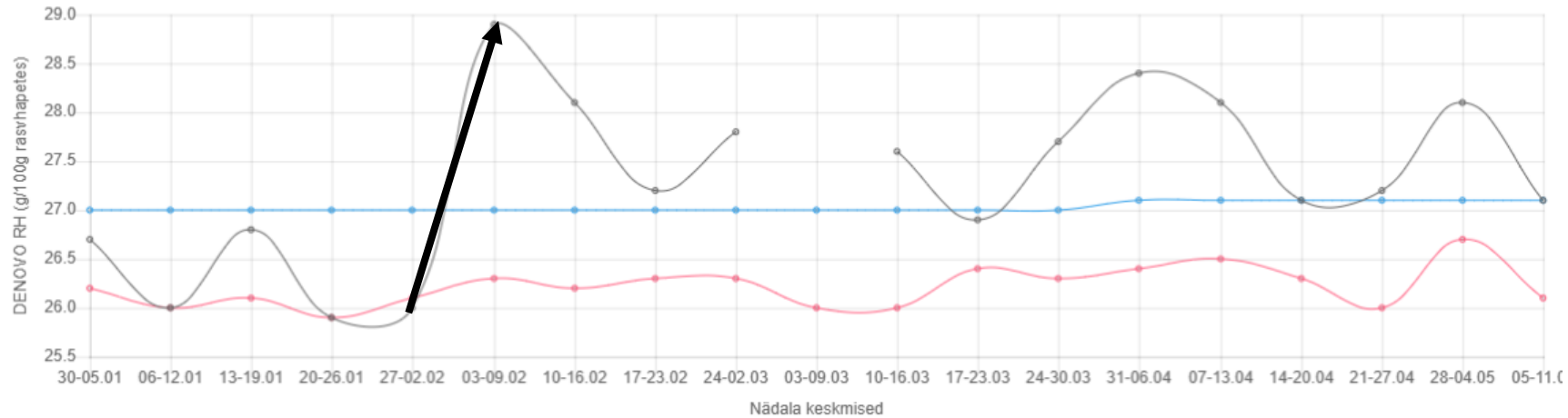


	Variatsioonikoefitsent		
	De novo RH	Eriliigilised RH	Valmis RH
Max	4,80	6,76	5,80
Min	14,38	17,37	17,14

	Variatsioonikoefitsent		
	De novo RH	Eriliigilised RH	Valmis RH
Min	3,58	4,50	5,97
Max	8,27	12,04	14,57



Tankipiima (farm nr 4) rasvhappelise profiili järsk muutus ja eeldatav põhjus

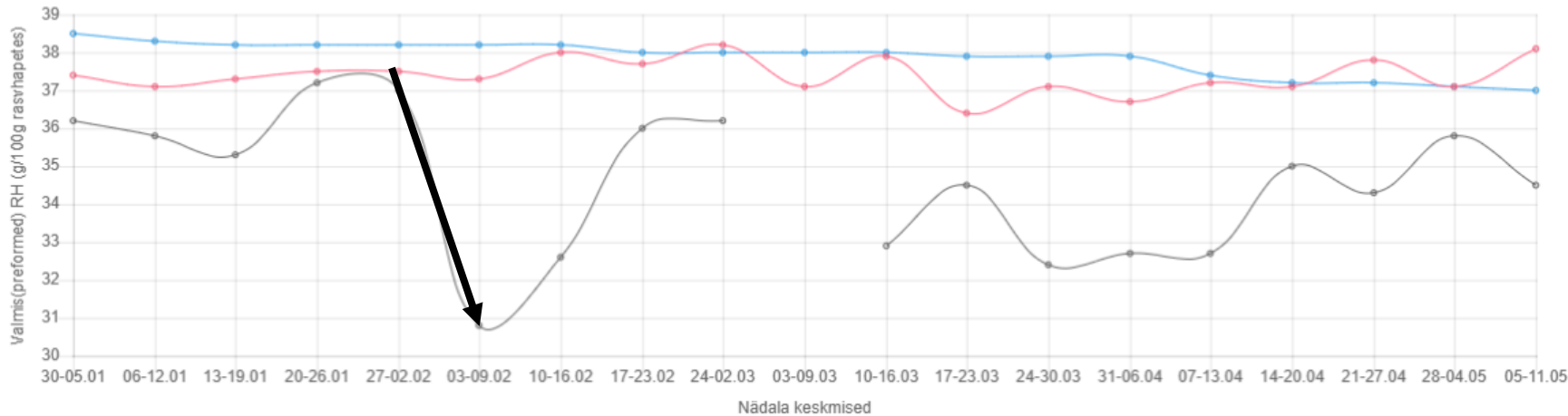


Silo vahetus

De novo RH ↑ 2,9 ühikut

Eriliigilised RH ↑ 3,4

Valmis RH ↓ 6,2



Tankipiima (farm nr 19) rasvhappelise profiili järsk muutus ja eeldatav põhjus



Augusti algusest
esimese niite madala
energia- ja proteiini
sisaldusega silo.

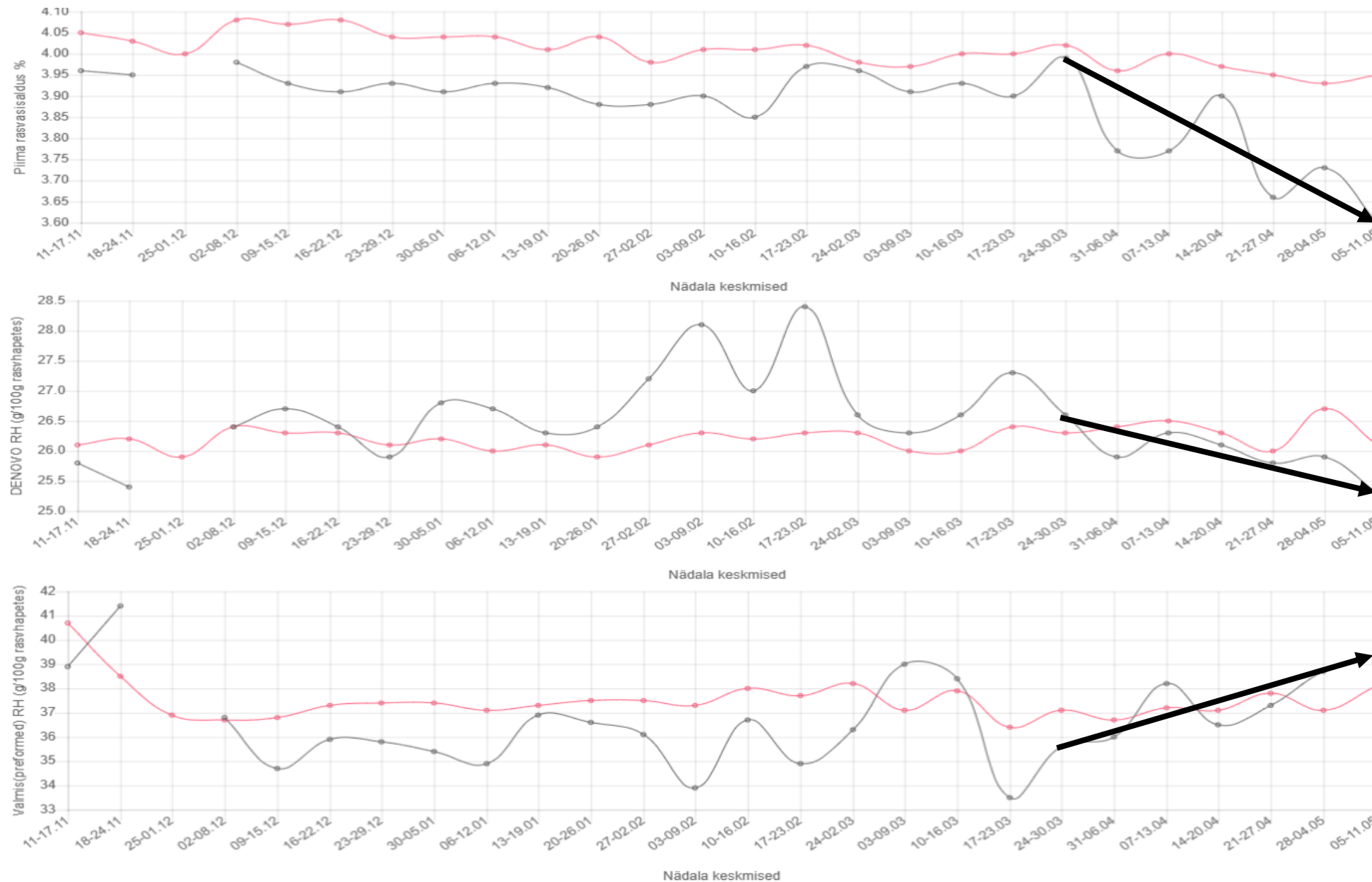
De novo RH ↓ 3,2 ühikut

Eriliigilised RH ↓ 6,8

Valmis RH ↑ 6,7

Rasv, % 3,67 → 2,83

Tankipiima (farm nr 13) rasvhappelise profiili järsk muutus ja eeldatav põhjus



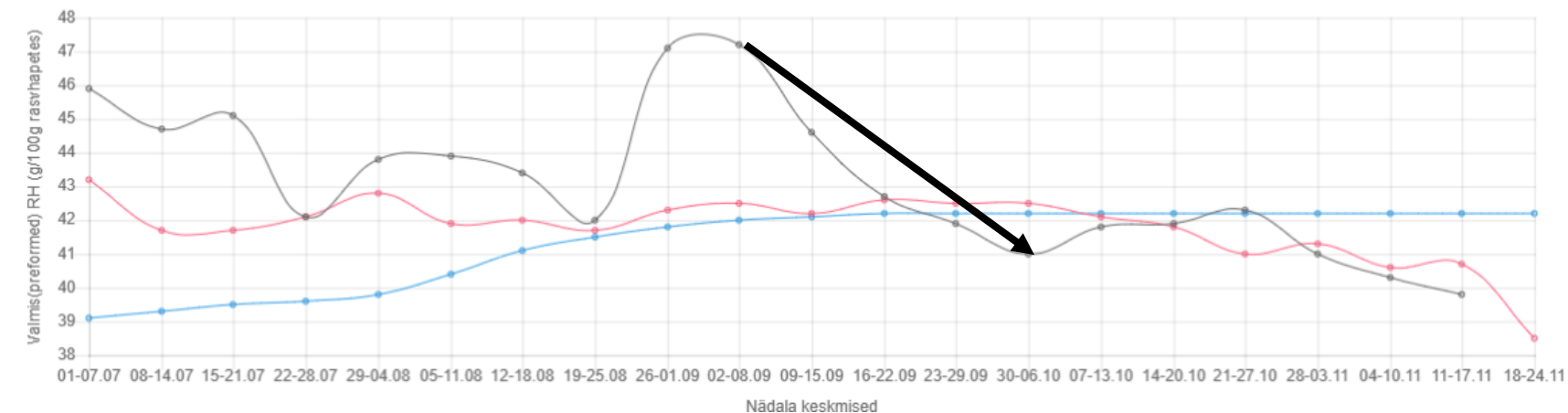
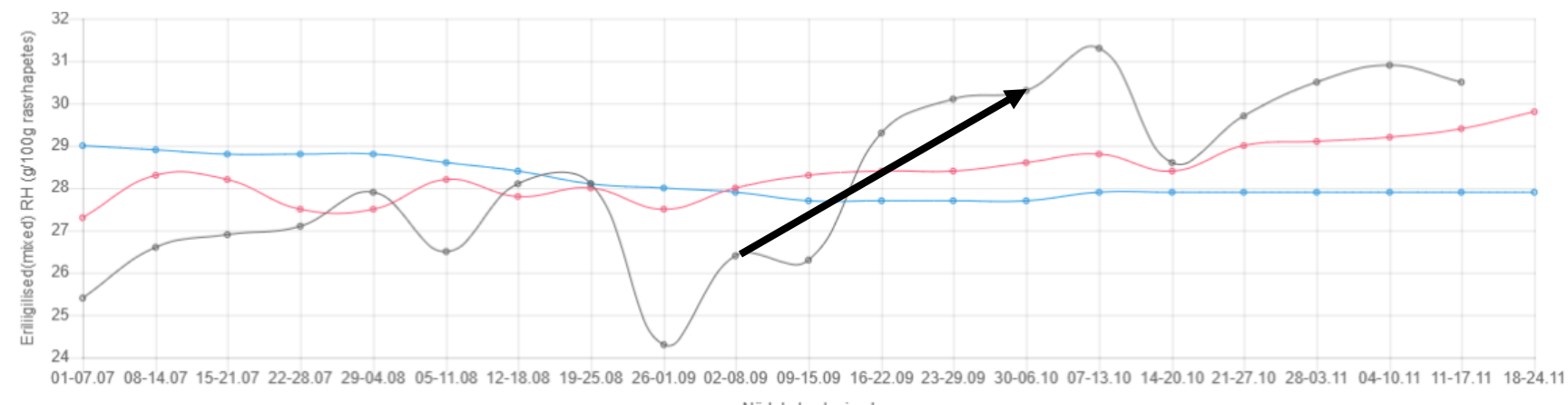
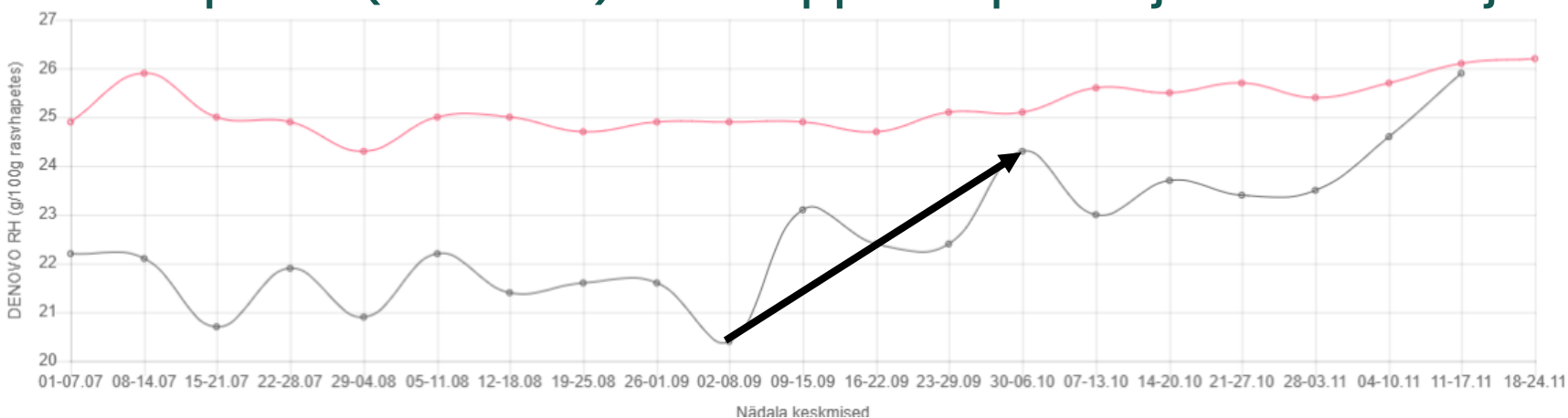
Üleminek kolmekordsele lüpsile.

De novo RH ↓ 1,3 ühikut

Valmis RH ↑ 3,8

Rasv ↓ 0,39

Tankipiima (farm nr 1) rasvhappelise profiili järsk muutus ja eeldatav põhjus



Täielik ratsiooni muutus.
Mõlemad silod vahetusid.

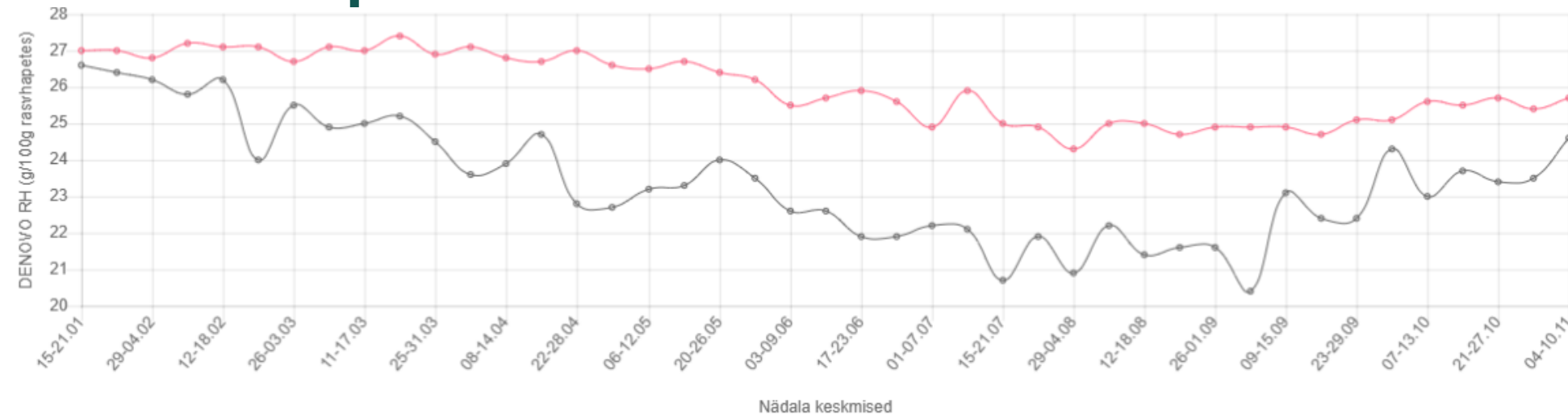
De novo RH ↓ 3,9 ühikut

Eriligiilised RH ↓ 3,9

Valmis RH ↑ 6,2

Rasv, % 3,28 → 3,85

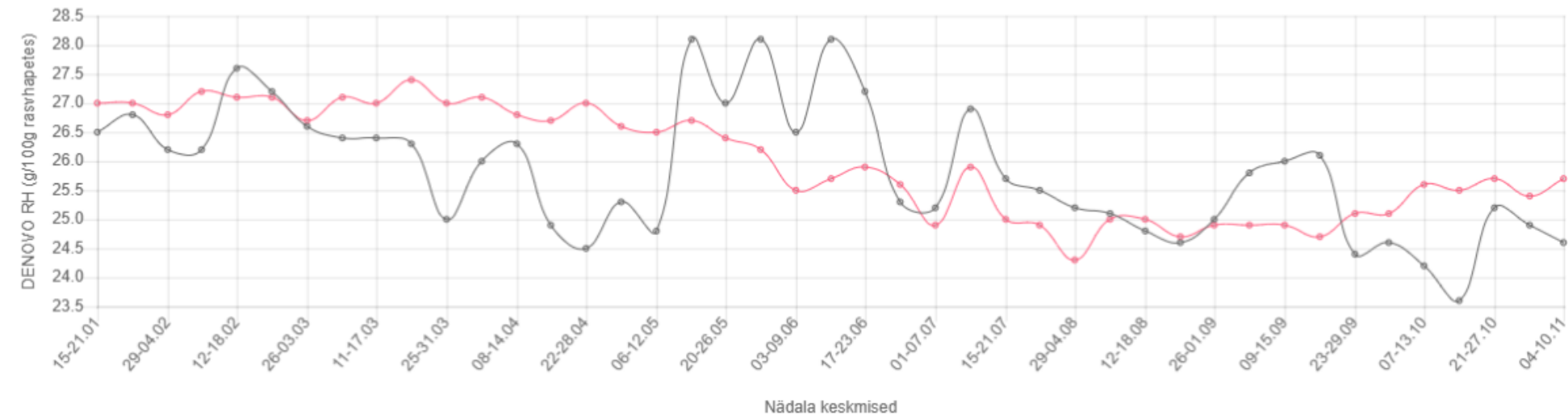
Sarnaste aastalehma toodangutega farmide rasvhapete dünaamika võrdlus



Farm nr 1

Toodang aastalehma
kohta – **12160**

Rasvasisaldus – **3,45%**

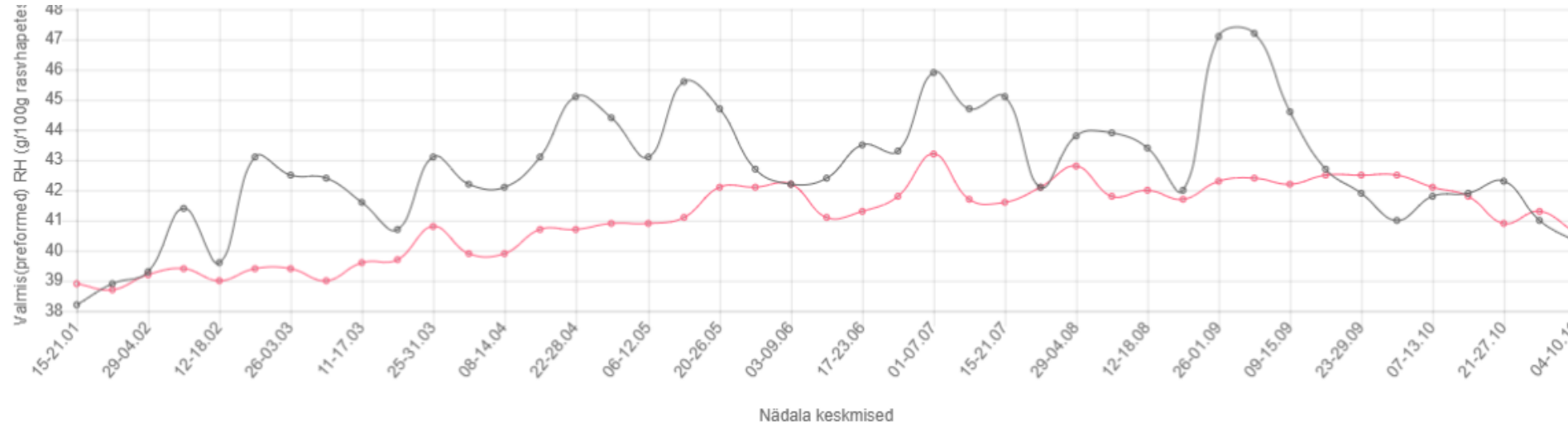


Farm nr 2

Toodang aastalehma
kohta – **12130**

Rasvasisaldus – **3,83%**

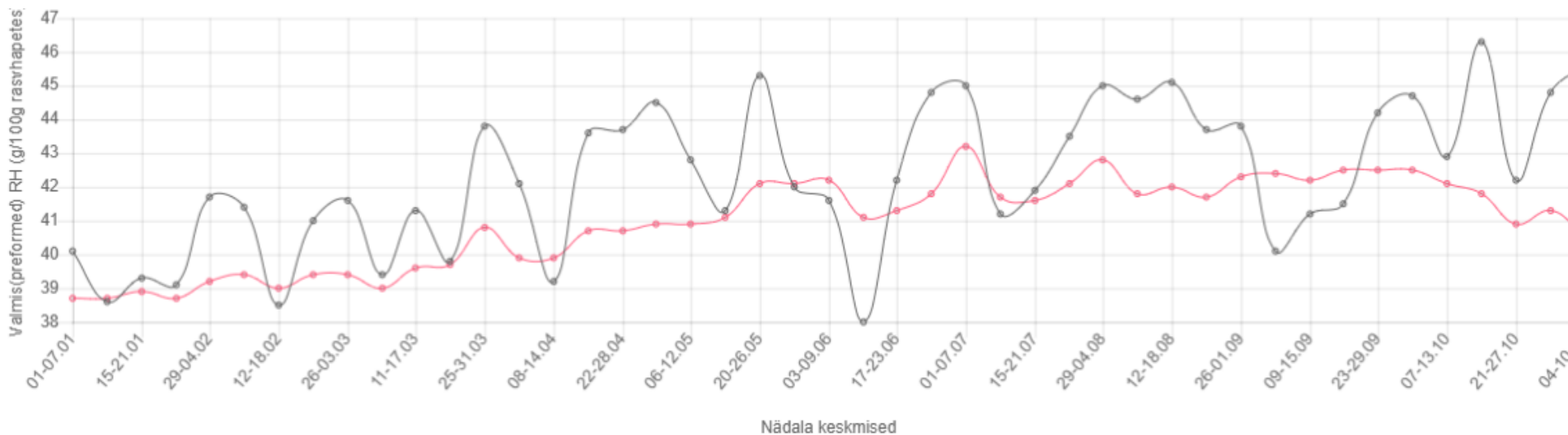
Sarnaste aastalehma toodangutega farmide rasvhapete dünaamika võrdlus



Farm nr 1

Toodang aastalehma kohta – **12160**

Rasvasisaldus – **3,45%**



Farm nr 2

Toodang aastalehma kohta – **12130**

Rasvasisaldus – **3,83%**

De novo RH – Peegeldavad vatsa tervist



↑	Vatsa hea tervis
	Mikroobide optimaalne talitus
↓	Madal söötmise tase ja/või söömus, nälg Vatsas energia ja/või proteiini puudus
↓	Liiga palju rasva, sh küllastumata rasvhappeid ratsioonis
↓	Vatsa atsidoos Vatsas efektiivse kiu puudus ja/või kergesti seeduvate süsivesikute liig Sööda sorteerimine
↓	Halb farmi söötmis- ja pidamiskorraldus Suur paiknemistihedus Ebapiisav söödafrondi laius

↓	Ionoforid
↓	Kõrge hallitusseente sisaldus söödas, mükotoksiinid

Eriliigilised RH

↑	Palmirasval baseeruv lisasööt
	<i>De novo</i> sünteesi suurenemine
↓	Palmirasval baseeruva sööda söötmise lõpetamine
	Mistahes <i>de novo</i> sünteesi vähendav faktor



Valmis FA

Peegeldavad söömust ja keharasvade mobilisatsiooni

↑	Koresööda muutus (noorem materjal, maisisilo)
	Söömuse ja/või söötmistaseme suurenemine
	Negatiivne energiabilanss
	Rasvarikaste söötade osakaalu suurendamine
↓	Söömuse vähenemine, koresööda osakaal ratsioonis suurem
	Koresööda muutus (vanem materjal, vähem rasva)
	Söödas vähe energiat (või rasva)



Kokkuvõte

Farmi piimatanki piimaproovidest (meiereiproovid) määratavate rasvhapete gruppide sisalduse dünaamikat kirjeldavad graafikud iseloomustavad farmi potentsiaali piima rasvasisalduse ja piimatoodangu manageerimisel

Kuidas edasi?

- Otsustada milliseid rasvhapete sisalduse ühikuid kasutada
- Selgitada, kas praegu kuvatavate graafikute asemel annaksid parema tulemuse graafikud, mille aluseks on konkreetse farmi ja vaatlusgrupi keskmise tulemuse vahe
- Selgitada vajadus etalonväärtuste/indikaatorväärtuste seadmiseks
 - Otsustada millistele gruppidele on etalonväärtuste seadmine kõige otstarbekam
 - Leida vastavad etalonväärtused



Piima rasvhapete seos karja tervisega



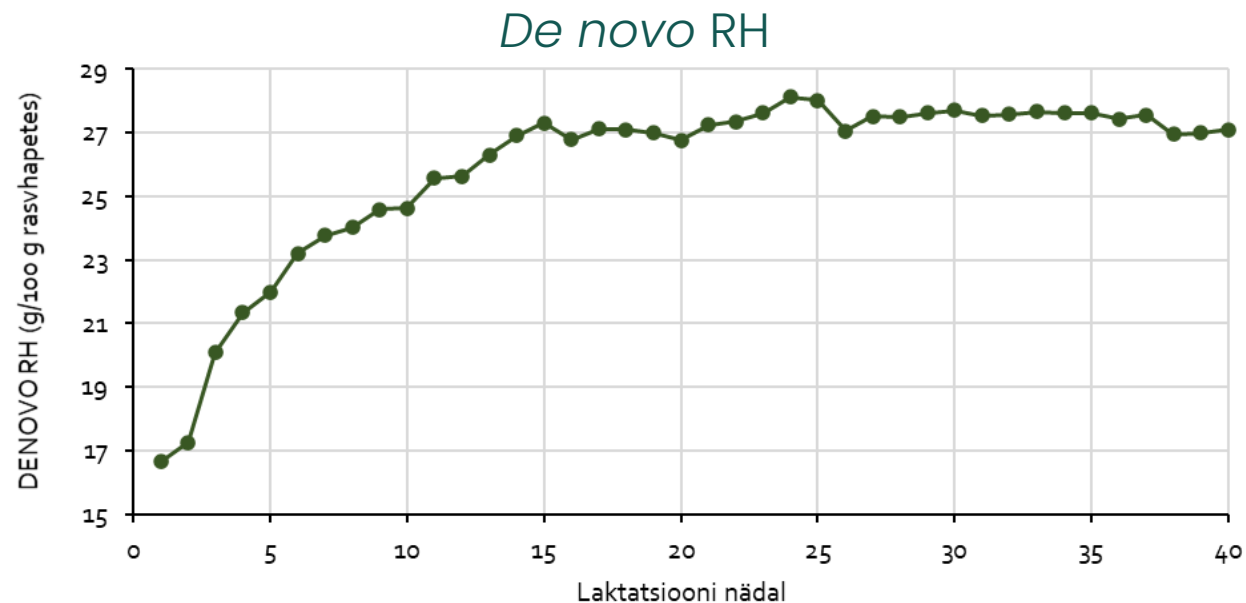
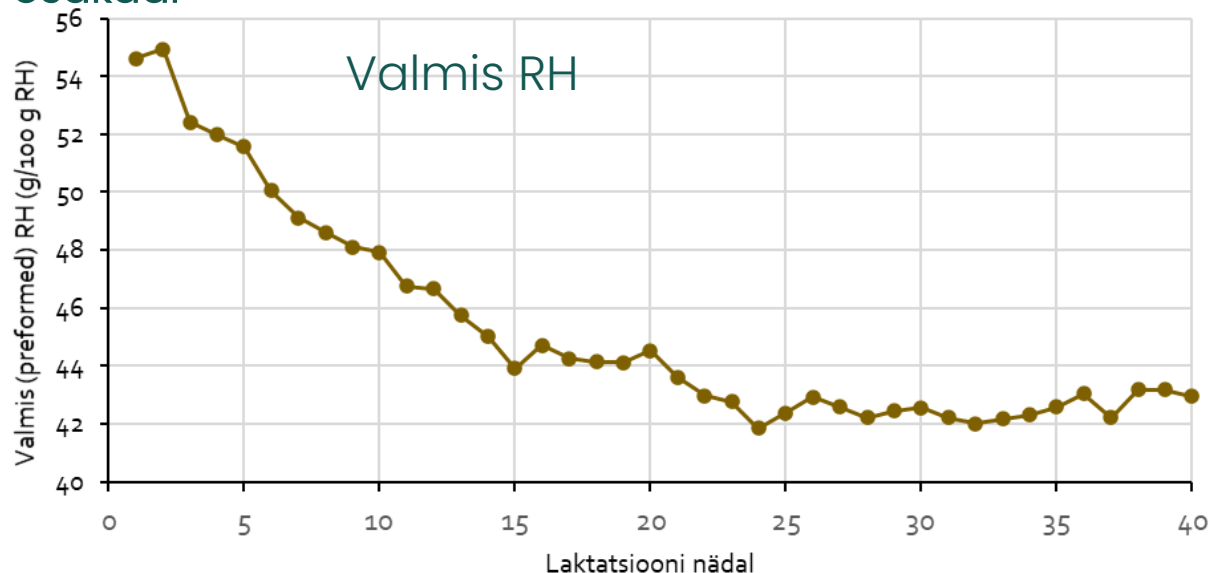
Kasutatud andmebaasid

- 41 farmi
- 238959 kontroll lüpsi tulemust
- 434971 registreeritud haigusjuhtumit
- 4093 ainevahtushaigust ja 12612 udara haigust

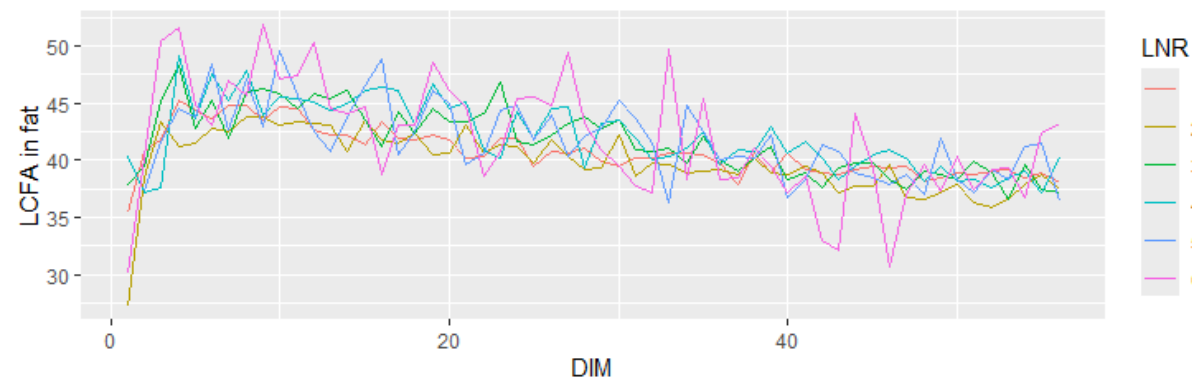
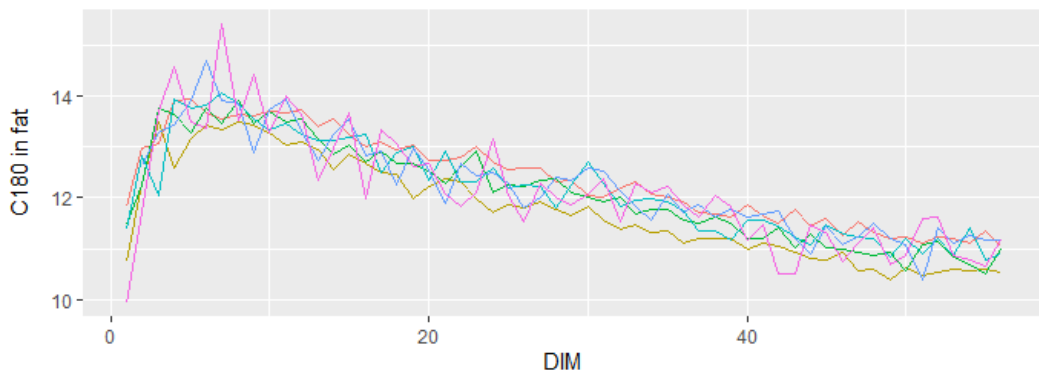
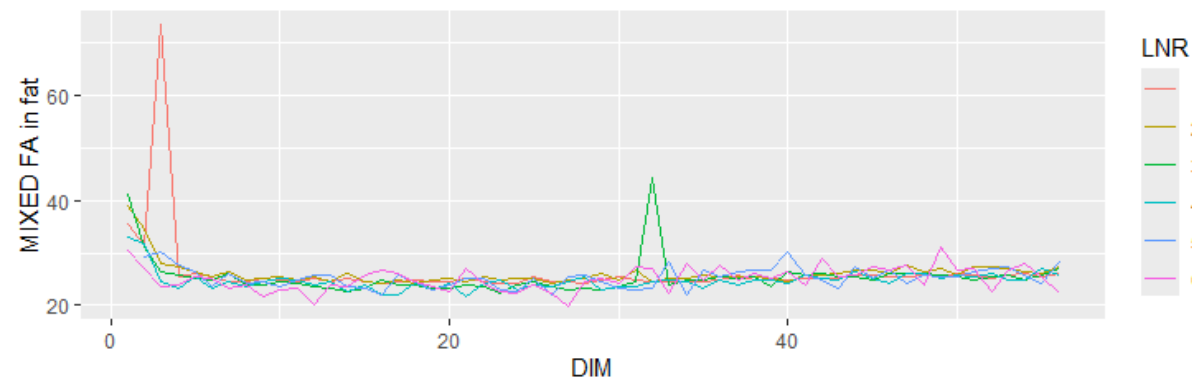
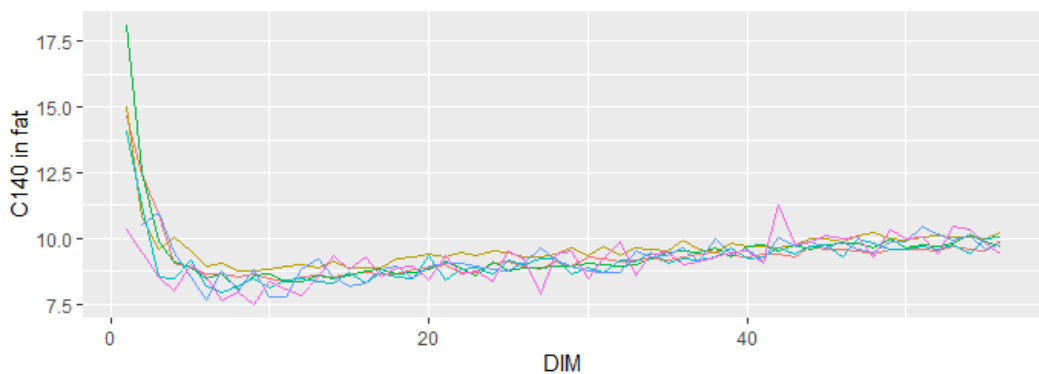
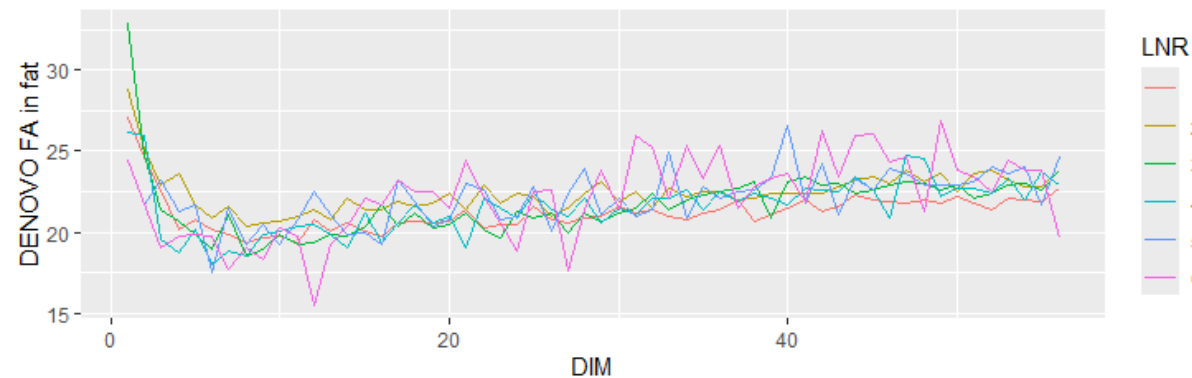
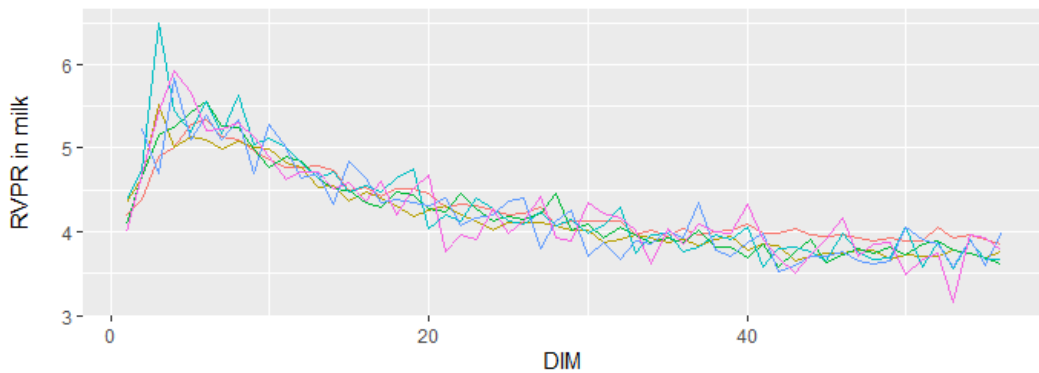
Laktatsioonijärgu mõju piima rasvhappelisele profiilile



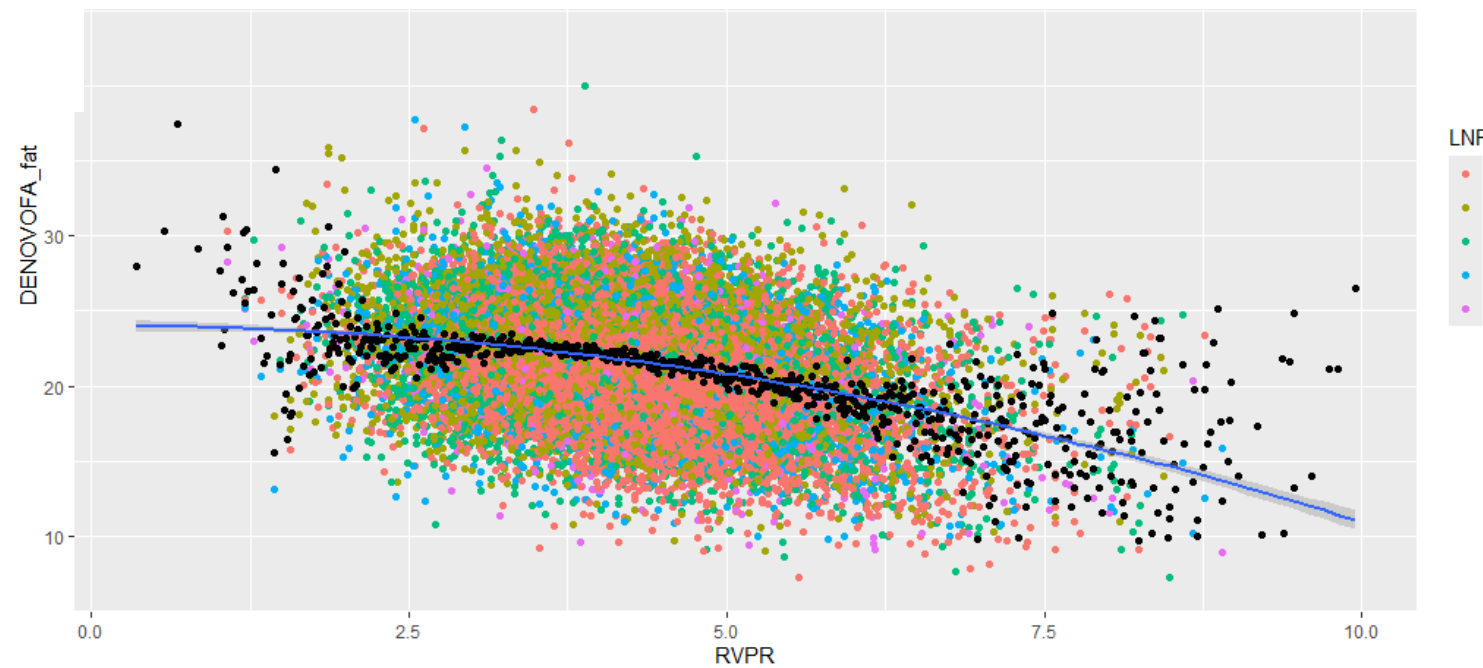
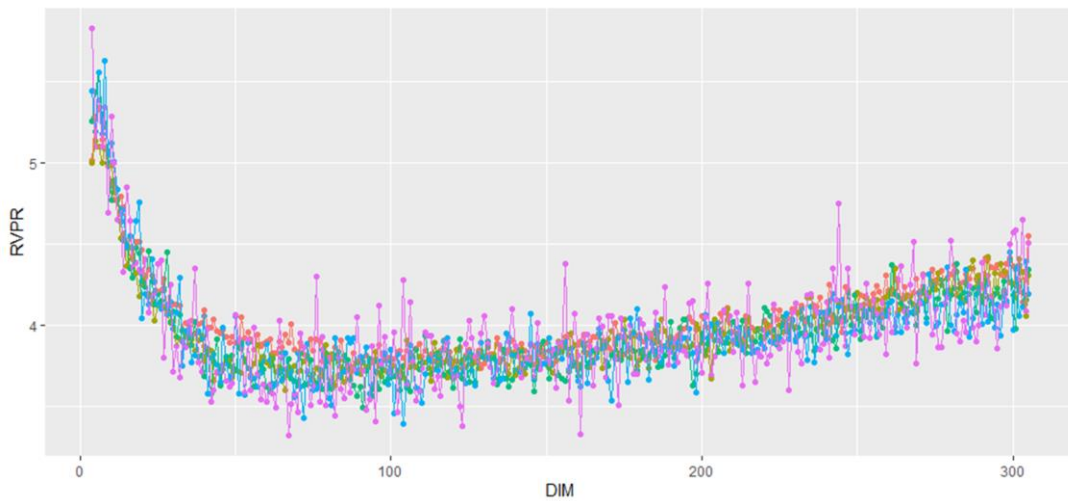
Laktatsiooni alguses kaasneb kehavarude mobilisatsiooniga vereplasma vabade (esterifitseerimata) rasvhapete (NEFA) sisalduse suurenemine ning ketokehade (atsetaat, β -hüdroksübutoraat kontsentratsiooni suurenemine $\rightarrow$ piimarasvas on suurem verest võetavate valmis RH osakaal ja väiksem *de novo* sünteesitus rasvhapete osakaal



Piima rasvasisalduse ja RH-te sisalduste dünaamika laktatsiooni esimesel kaheksal nädalal



Piima rasvasisalduse (%) ja *de novo* RH sisalduse (g/100 g RH) seos laktatsiooni alguses (8 nädalat)





Rasvhapped biomarkerina

Näitaja	Meetod	Parimad	Piirväärtus		Autor
			g/100 g piimas	g/100 g RH	
NEB	FTIR	C18:0	0,47	9	Churakov et al., 2021
NEB _{≥600 μEq/L}	GC	C14:0		≤ 6,8	Dórea et al., 2017
NEB _{≥1,0 mmol/L}	GC	C14:0		≤ 7,11	Henno et al., 2021
BHB _{≥1,2 mmol/L}	GC	C14:0		≤ 6,60	Henno et al., 2021

Rasvhapped, mille sisaldus laktatsiooni alguses on osutunud parimateks biomarkeriteks prognoosimaks vere NEFAde, BHB sisaldusi ning SARA riski.

C18:1 *cis*-9

C18:1 *cis*-9/C15:0

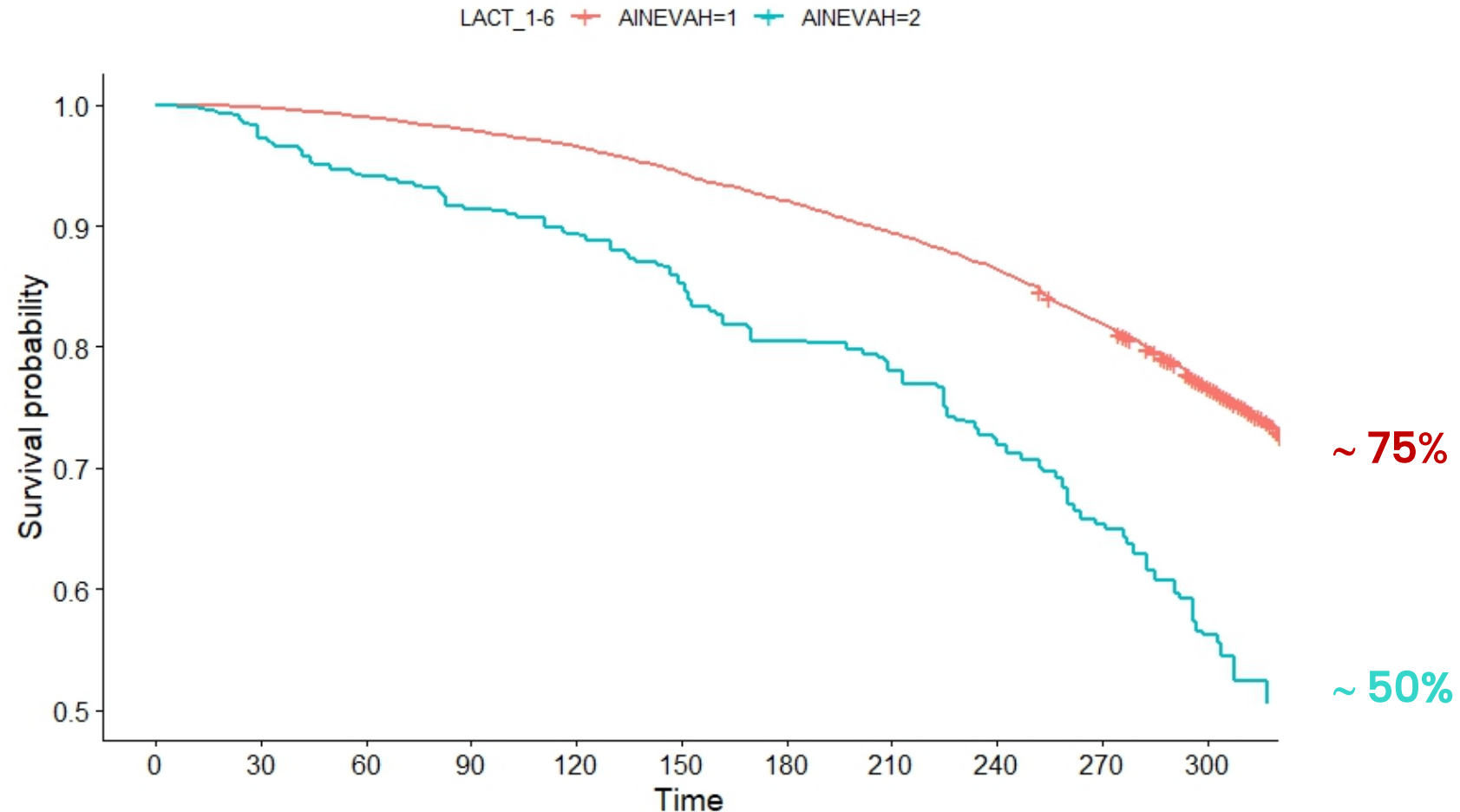
C18:1 *trans*-10

C18:1 *trans*-11

Lühikese süsiniku ahelaga rasvhapped



Ainevahetushaiguste esinemine ja karjast välajminek





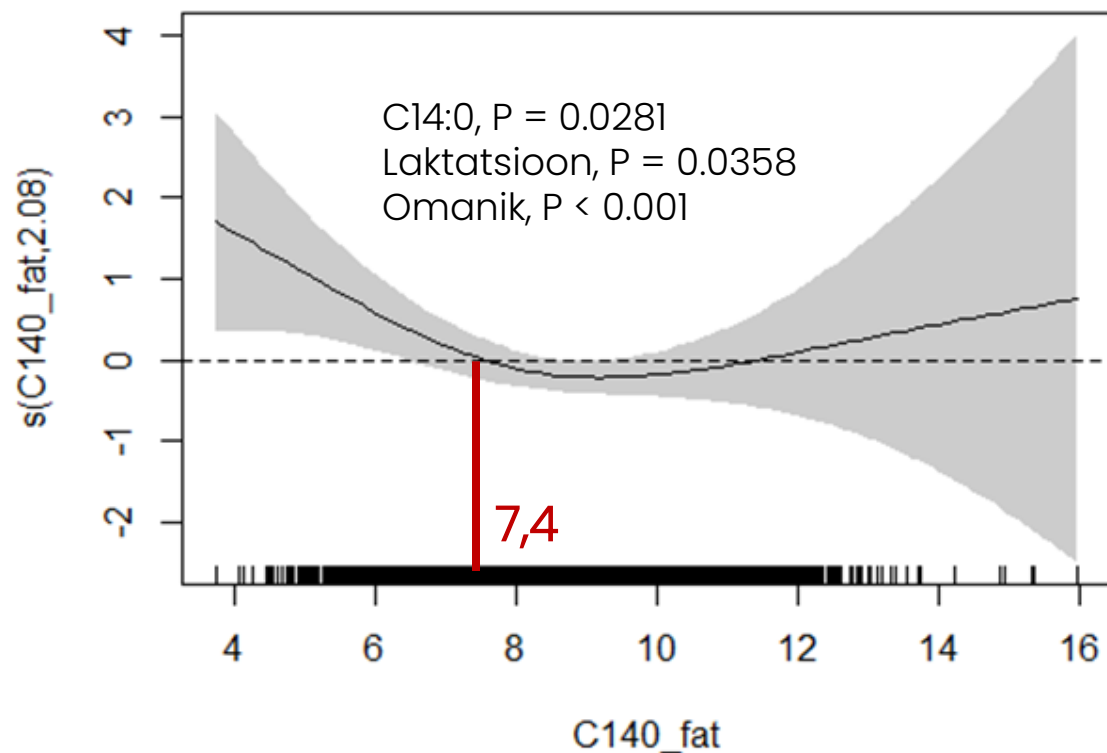
Laktatsiooni teise nädala RH sisalduste (piimas /rasvhapetes) seosed ainevahetushaiguste esinemisega.

Rasvhapped	Esitatud	Olulisus	Dev explained	AIC
C14:0	RH rasvhapetes	***	13,90	1164
	RH piimas	NS	12,30	1183
C18:0	RH rasvhapetes	**	14,30	1171
	RH piimas	***	14,70	1165
MCFA	RH rasvhapetes	***	13,80	1164
	RH piimas	NS	12,50	1184
SCFA	RH rasvhapetes	***	14,00	1163
	RH piimas	NS	12,90	1183
C14:0+C16:0+C18:1	RH rasvhapetes	***	14,60	1161
	RH piimas	***	15,40	1162
MUFA	RH rasvhapetes	***	14,30	1160
	RH piimas	***	13,70	1168

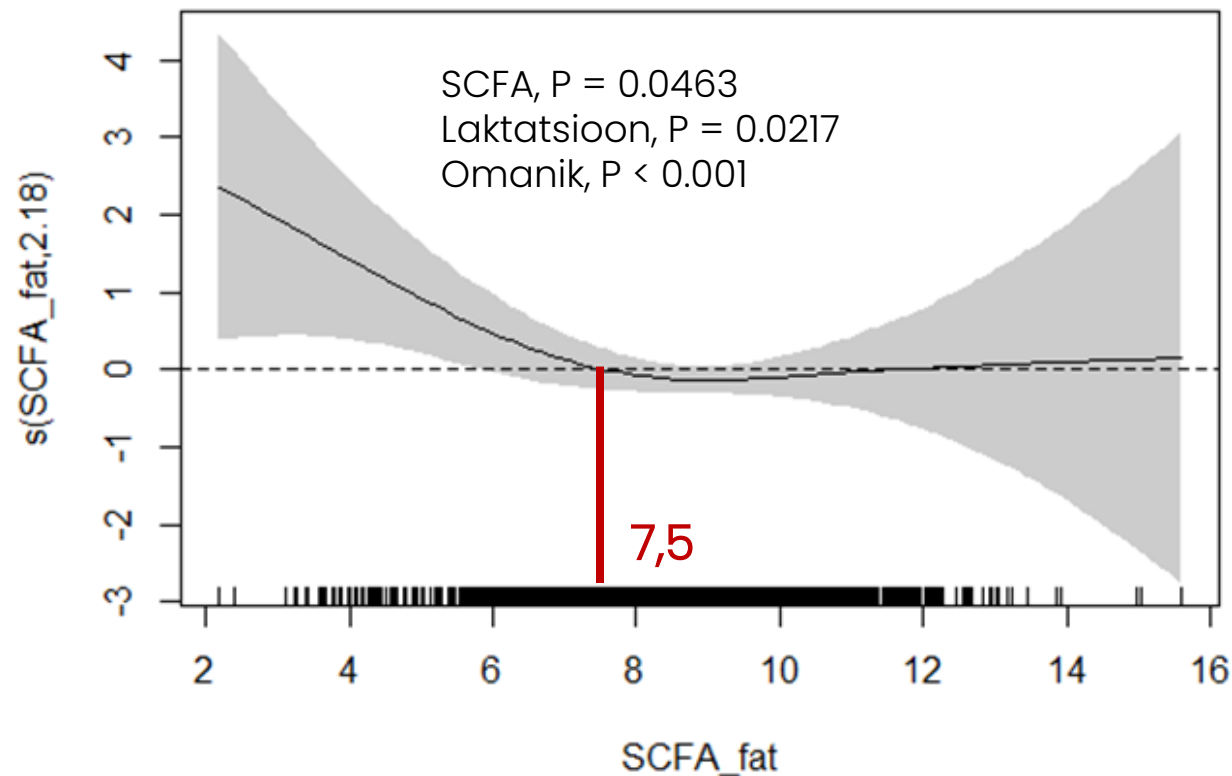
Piimarasva müristiinhappe (C14:0) sisalduse ja lühikese süsiniku ahelaga rasvhapete (SCFA) summaarse sisalduse seos ainevahetushaiguste esinemisega



C14:0, g/100 g rasvhapetes



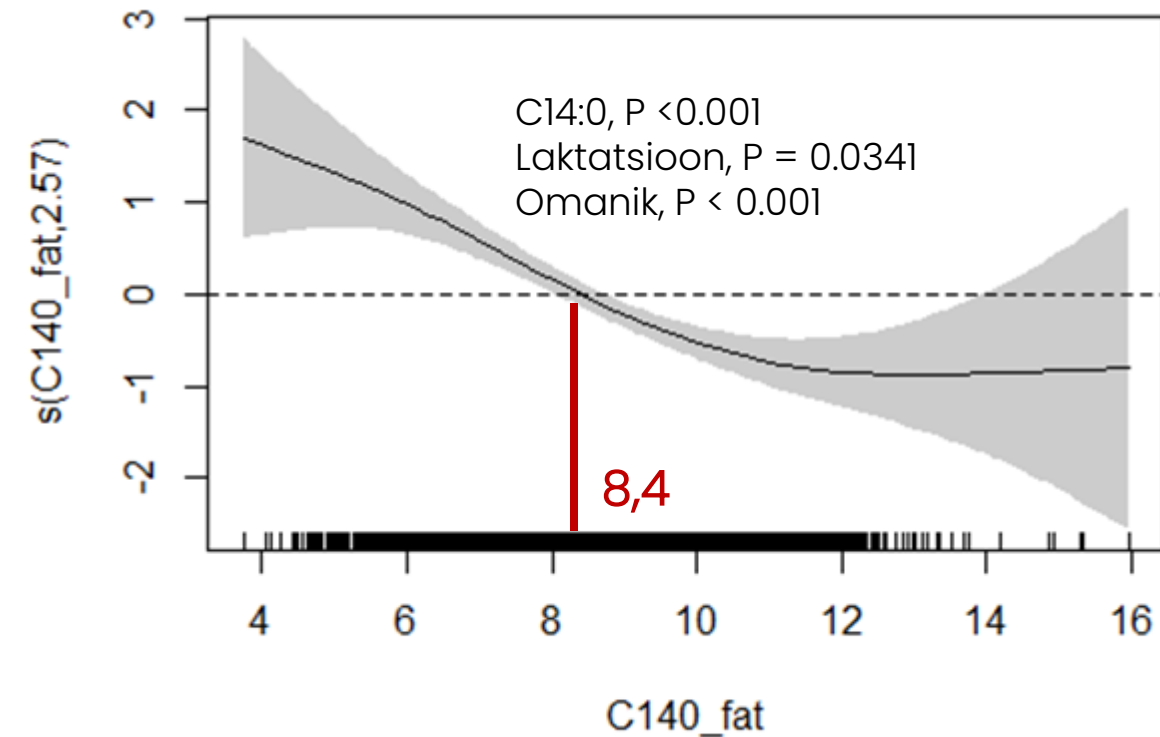
SCFA, g/100 g rasvhapetes



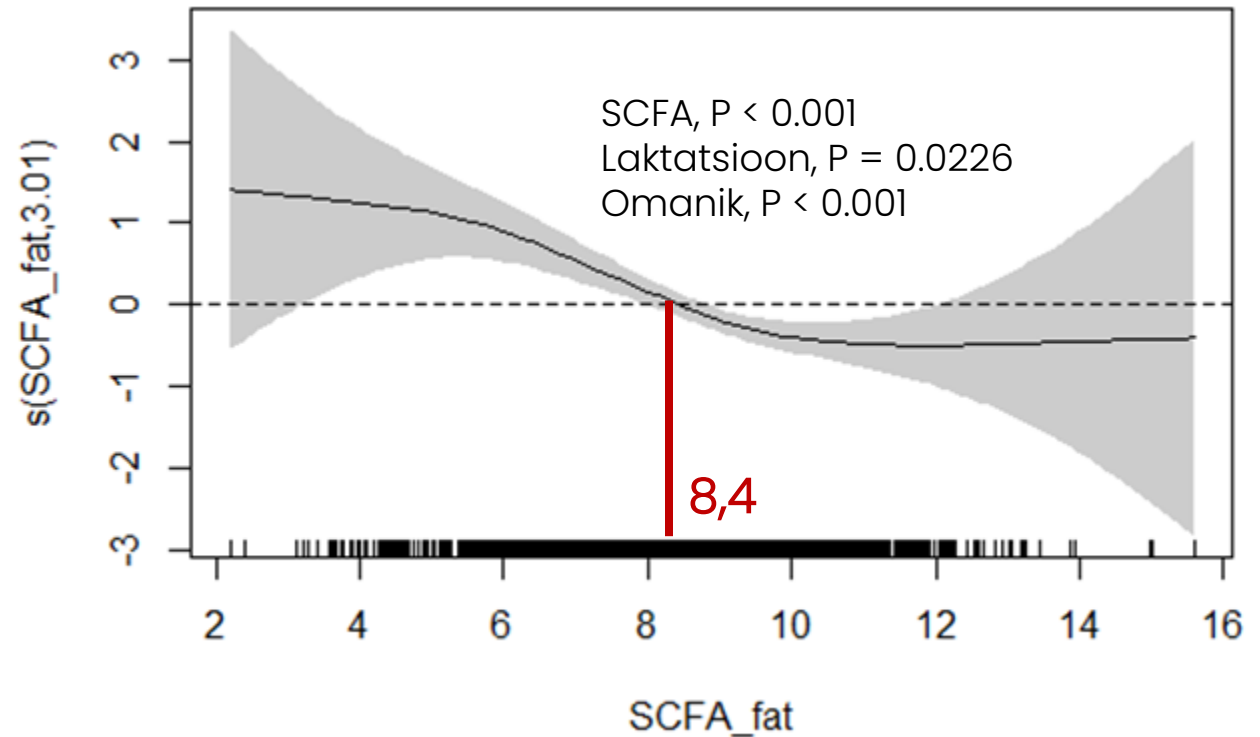
Piimarasva müristiinhappe (C14:0) sisalduse ja lühikese süsiniku ahelaga rasvhapete (SCFA) summaarse sisalduse seos haiguste esinemisega



C14:0, g/100 g rasvhapetes



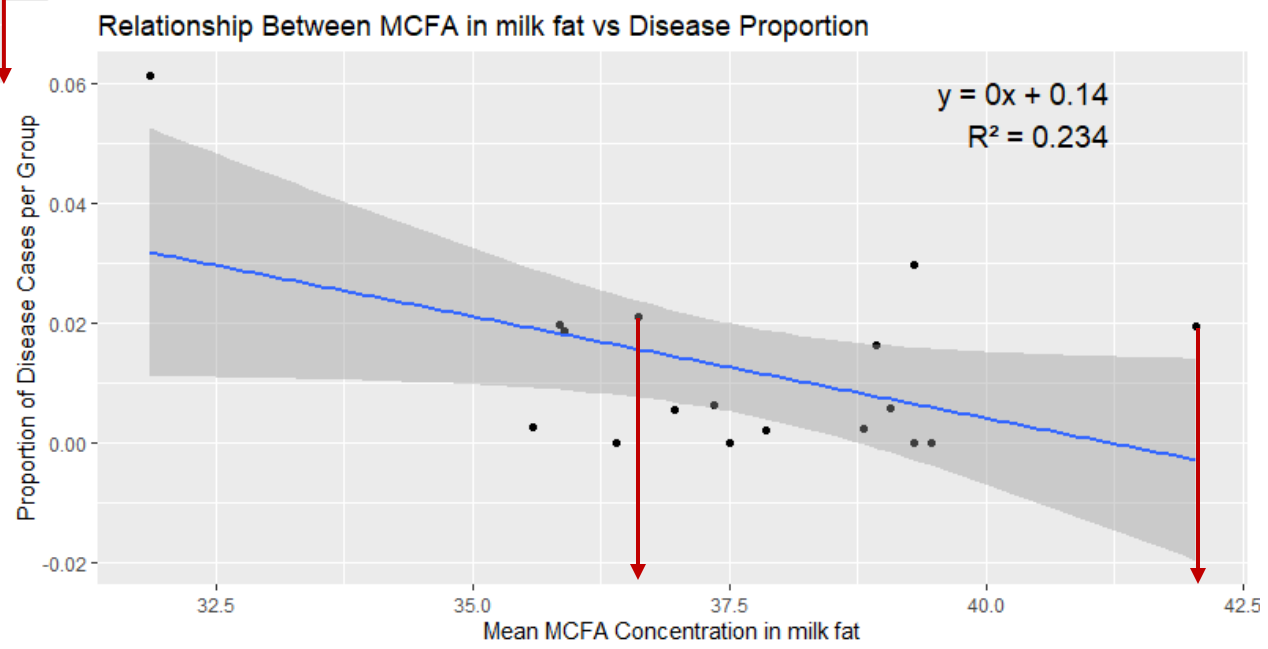
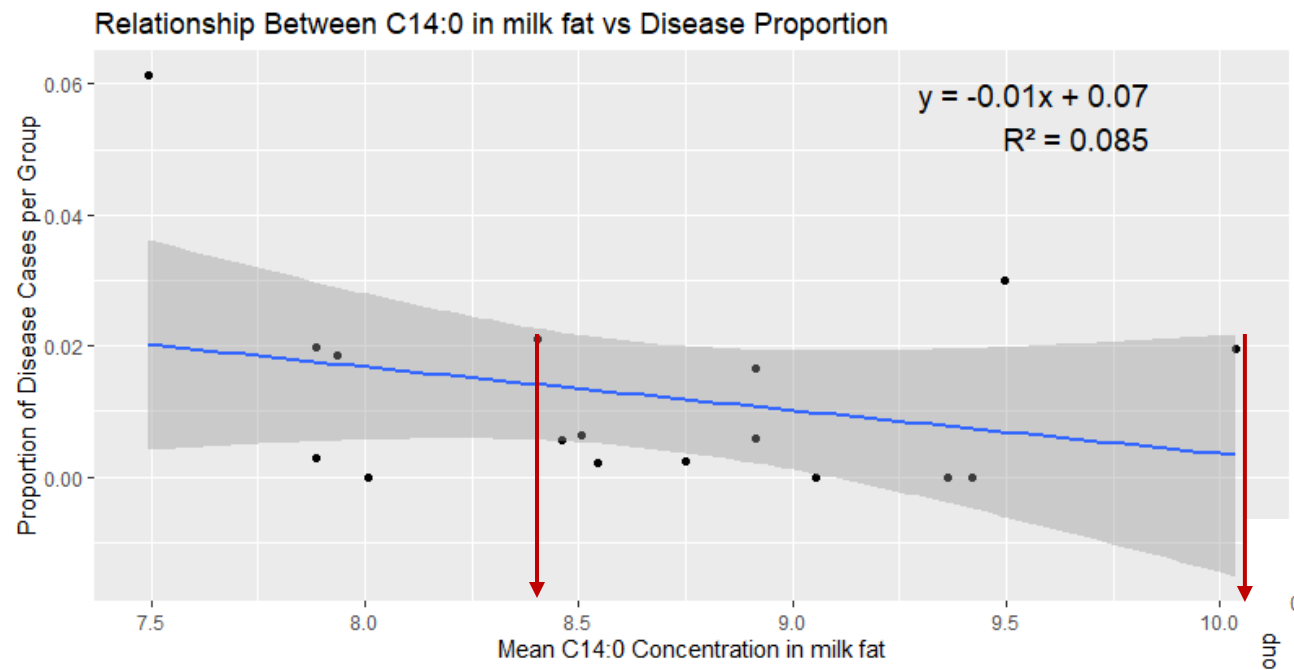
SCFA, g/100 g rasvhapetes



Teisel laktatsiooni nädalal C14:0 kontsentratsioon alla 8,4 ja SCFA alla 8,4 **suurendavad tõenäosust haigestuda laktatsiooni jooksul.**



Ainevahetushaiguste esinemissageduse seos müristiinhappe (C14:0) ja keskmise süsiniku ahela pikkusega rasvhapete (MCFA) sisaldusega piimarasvas





Optimaalseimad rasvhapete väärtused laktatsiooni teisel nädalal madalaima ainevahtushaiguste esinemissageduse saavutamiseks. 1–3 laktatsioon

RH või grupp	Keskmine, g/100 g RH	Olulisus, RH	Olulisus, LNR	Olulisus, Farm
C14:0	9,71	0,002	0,024	<0,001
SCFA	9,25	<0,001	0,011	<0,001
MCFA	46,3	0,005	0,032	<0,001
MUFA	26,3	0,002	0,022	<0,001
<i>De novo</i>	22,3	<0,001	0,020	<0,001



Kokkuvõte

- Jõudluskontrolli piimaproovidest laktatsiooni alguses määratavad rasvhapped on grupi tasemel potentsiaalsed biomarkerid prognoosimaks lehmade toimetulekut.
- Kuidas edasi?
- Täpsustada prognoositavad näitajad ning korrata analüüsi suurema andmebaasiga lisades analüüsi ka erinevad rasvhapete või rasvhapete gruppide suhted
- Kuna farmi mõju leitud rasvhapete/rasvhapete gruppide piirväärtustele on oluline, selgitada kas ühtsete piirväärtuste kasutamine on õigustatud.
- Kas valgusfooris kasutada konkreetseid piirväärtusi või erinevusi keskmisest ja farmi põhiselt
- Kas ja millised on seosed piima BHB näitajatega, kas kombinatsiooni rasvhapped ja BHB prognoosid paranevad?



emu.ee



maaylikool



maaylikool

Aitäh!



Eesti
Maaülikool