

**Uue Ida- ja/või Euroopa genoomseleksiooni konsortsiumi loomise eeluuring.  
Eesti piimaveiste genoomaretusväärtusel põhineva hindamissüsteemi  
ettevalmistamine**

IV etapi aruanne. (Genoom)aretusväärtuste riikidevaheline teisendamine – kuidas ja kas seda saab teha?

**Koostaja:** Tanel Kaart, PhD, Tervisetehnoloogiate Arenduskeskus AS

**Tellij:** MTÜ Piimaklaster



Euroopa Maaelu Arengu  
Põllumajandusfond:  
Euroopa investeeringud  
maapiirkondadesse

Tartu 2021

## Sisukord

Erinevates riikides hinnatud aretusväärtuste võrdlemise metoodika .....	3
Aretusväärtuste teisendamisesest Eesti jaoks.....	4

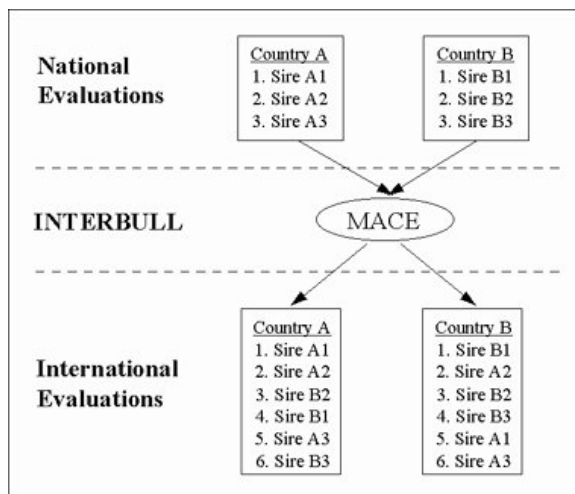
## Erinevates riikides hinnatud aretusväärtuste võrdlemise meetodika

Erinevates riikides hinnatud aretusväärtused ei pruugi olla omavahel võrreldavad, kuna

- 1) aretusväärtuste skaala (fikseeritud keskmine ja standardhälve) võivad olla erinevad,
- 2) baas, mille suhtes aretusväärtused hinnatakse, võib olla erinev (eri riikides võivad baasiks olla erineva sünniaastaga loomad, pullid ja/või lehmad),
- 3) aretusväärtuste hindamise matemaatiline meetodika võib olla erinev,
- 4) erinevates riikides on erinevad söötmis-pidamistingimused, kuhu sobivad erineva genotüübiga loomad (so keskkonna-genotüübi interaktsioon).

Kui soovida omavahel võrrelda vaid ühes riigis hinnatud loomi (pulle) teise riigi skaalal, siis ei märgi eelnevalt toodud punktidest kolm esimest mingit rolli, sest kõik sama riigi loomad on hinnatud samal skaalal sama baasi suhtes sama meetodika alusel. Küll võib paremusjärjestust mõjutada keskkonna-genotüübi interaktsioon.

Klassikaliste sugupuu-andmetel baseeruvate aretusväärtuste erinevate riikide skaaladele konverteerimiseks on Interbull välja töötanud statistiliste mudelite süsteemi MACE (Multiple Across Country Evaluation), mis kasutab sisendina eri riikides pullidele hinnatud aretusväärtuseid ja pullide omavahelisi sugulussidemeid. Tulemusena on seeläbi võimalik hinnata kõigi riikide ja kõigi hinnatavate tunnuste tarvis kõigi (ka mingis riigis mitte kasutatud) pullide aretusväärtused ja tekitada pullide paremusjärjestus. Lühidalt võtab tulemuse kokku joonis 1.



**Joonis 1.** Erinevates riikides hinnatud aretusväärtuste ja pullide paremusjärjestuse teisendamine INTERBULL-s (<https://interbull.org/ib/interbullactivities>).

MACE-metoodikat ei ole võimalik rakendada riikide siseselt vaid selleks on vajalik riikide-üleste sugulusandmete olemasolu. Samuti on erinevate riikide pullide aretusväärtuseid võimalik konverteerida üksnes nende tunnuste osas, millele on aretusväärtused hinnatud mõlemas riigis. Näiteks kui Taanis on pullidele hinnatud temperamendi aretusväärtus, aga Eestis seda tehtud ei ole, ei ole võimalik Taani pullide temperamendi aretusväärtuseid Eesti skaalale ja tingimustesse konverteerida.

Genoomaretusväärtuste riikide vaheliseks konverteerimiseks on välja töötatud MACE-metoodikaga analoogne statistiliste mudelite süsteemi GMACE (Genomic Multiple Across Country Evaluation). GMACE on mõeldud eelkõige noorte järglaste järgi mitte hinnatud pullide genoomaretusväärtuste konverteerimiseks ning see kasutab sisendina lisaks sugupuu-andmetele ka eri riikides hinnatud genoomaretusväärtuseid ja genotüübiandmeid. Sestap on GMACE-iga võimalik konverteerida genoomaretusväärtuseid vaid nende riikide vahel, kus genoomaretusväärtuseid hinnatakse, ja vaid nende tunnuste osas, millele on genoomaretusväärtused hinnatud. Eesti selliste riikide hulka ei kuulu.

## Aretusväärtuste teisendamisest Eesti jaoks

Eesti osaleb rahvusvahelises geneetilises hindamises vaid klassikaliste sugupuu-andmetel baseeruvate aretusväärtustega ja seda ka vaid piimajõudlusnäitajate (piim, rasv, valk), udara tervise (somaatiliste rakkude arv) ja välimiku hinnete osas. Sestap on erinevates riikides hinnatud pullide aretusväärtused MACE-metoodikaga konverteeritavad Eesti skaalale vaid nende tunnuste osas. Kuna genoomaretusväärtuseid ei ole üksnes Eesti piimaveiste populatsiooni baasil võimalik hinnata (referentsloomade, so järglaste järgi usaldusväärselt hinnatud ja genotüpiseeritud loomade hulk on liiga väike), ei saa Eesti puhul rakendada ka GMACE-metoodikat. Küll võimaldab Interpull hinnata genoomaretusväärtuseid InterGenomics-projekti kaudu ja teisendada genoomaretusväärtuseid erinevate riikide skaalale MACE-metoodika abil saadud võrrandite abil. Aga ikkagi ei saa seda teha Eestis kohapeal vaid üksnes tsentraalselt Interbullis kogu sealse andmebaasi alusel.

### Aga mida me siis saame teha ja kas see on üldse vajalik?

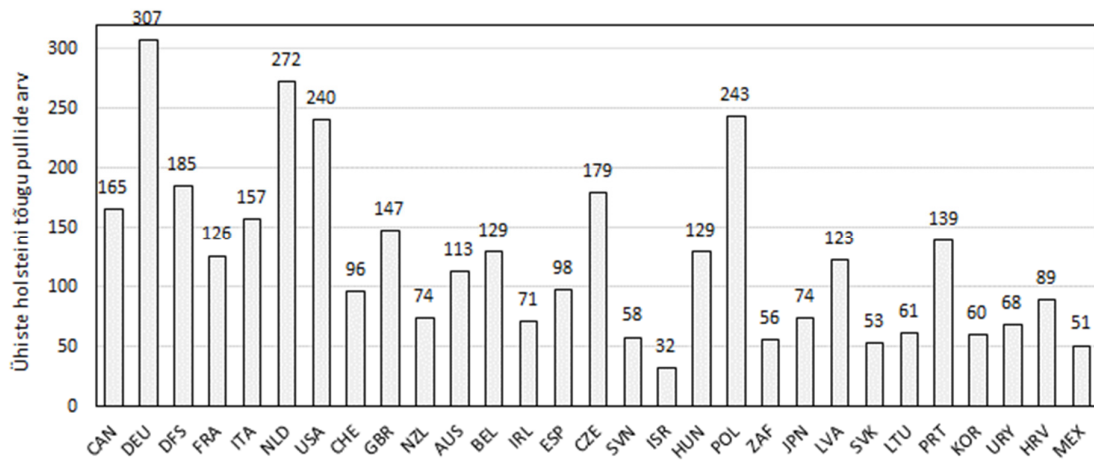
Tulles tagasi antud dokumendi esimeses pooles konstateeritu juurde, et kui soovida Eesti skaalale teisendada ja/või omavahel võrrelda vaid ühes riigis hinnatud aretusväärtuseid, siis on ainuke põhjus, miks need aretusväärtused ei pruugi olla õiged, keskkonna ja genotüübi interaktsioon. Viimane omakorda saab omada mingit mõju, kui Eesti loomade söötmis-pidamistingimused ja kliimaatilised olud on drastiliselt erinevad riigist, kus on hinnatud aretusväärtused. Kuna Eesti loomade genotüpiseerijate ja genoomaretusväärtuste hindajatena on olnud jutuks Soome-Rootsi-Taani, Saksamaa, Hollandi või USA partnerid, siis taandub küsimus sellele, milliste riikidega neist on Eesti piimaveiste söötmis-pidamistingimused ja genofond sarnasemad.

Kui söötmis-pidamistingimused ja ka kliimaatilised olud on põhjapoolsetes intensiivse põllumajandusega riikides – ehk siis kõigis mainitud potentsiaalsetes Eesti loomadele genoomaretusväärtusi hindavates riikides – sarnased, siis taandub küsimus genofondi sarnasusele. Selle otseseks mõõtmiseks andmeid ei ole, aga kaudselt saab genofondi sarnasust hinnata läbi ühiselt kasutatud pullide hulga ning järglaste järgi hinnatud aretusväärtuste riikidevaheliste korrelatsioonide.

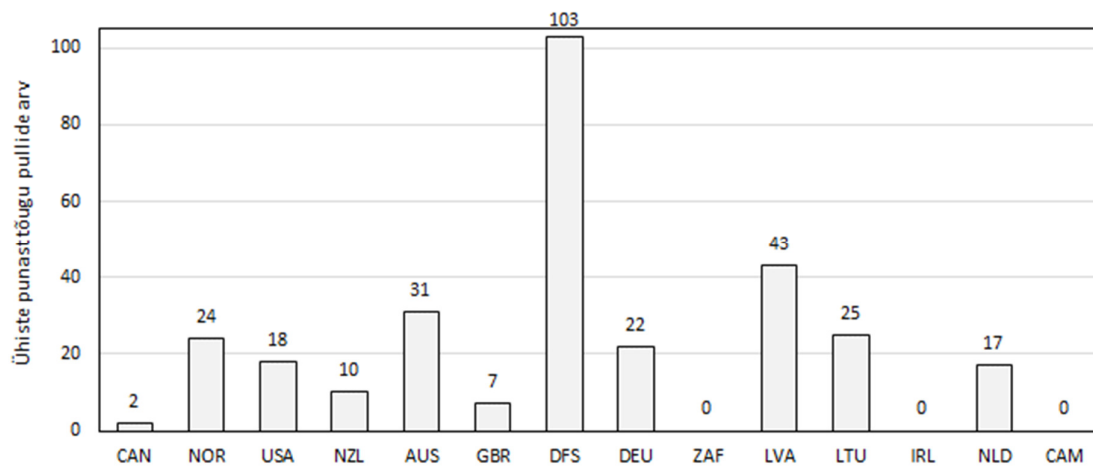
Võttes aluseks 2020. aasta detsembri andmed, ilmneb, et enam ühiseid holsteini tõugu pulle on Eestil Saksamaaga, Hollandiga, USA-ga ja Poolaga (joonis 2) ning enam ühiseid punast tõugu pulle põhjamaadega (joonis 3). Seega võiks teatud määral eeldada ka Eesti piimaveiste genofondi suurimat sarnasust nende riikidega ning on igati põhjendatud holsteini tõugu veiste genoomaretusväärtuste hindamine Saksamaal ja punast tõugu veiste genoomaretusväärtuste hindamine Põhja-Euroopat ühendavas VikingGenetics'is.

Eestis kasutatud pullide piimatoodangu aretusväärtuste geneetilised korrelatsioonid teiste riikidega jäävad kõik vahemikku 0,71-0,90 (keskmine 0,83; joonis 4). Kõrgemad on korrelatsioonid Põhjamaadega (DFS), Kanada ja USA-ga (korrelatsioonid 0,90) ning Saksamaa, Poola ja Jaapaniga (korrelatsioonid 0,88). Sama suurusjärku (>0,85) on Eestis hinnatud aretusväärtuste korrelatsioonid nimetatud riikides hinnatud aretusväärtustega ka piima rasva- ja valgusisalduse osas (joonised 5 ja 6).

Sama suurusjärku on riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid ka punase tõu puhul. Eestiga enim ühiseid pulle kasutanud põhjamaadega on piimatoodangu aretusväärtuste korrelatsioon 0,85 ning piima rasva- ja valgusisalduse korrelatsioonid vastavalt 0,84 ja 0,81 (joonised 7, 8 ja 9).



**Joonis 2.** Eestis kasutatud holsteini tõugu (HOL) pullide kasutamine teistes Interbulliga liitunud riikides (2020. aasta detsembri andmed).



**Joonis 3.** Eestis kasutatud punast tõugu (RDC) pullide kasutamine teistes Interbulliga liitunud riikides (2020. aasta detsembri andmed).

	CAN	DEU	DFS	FRA	ITA	NLD	USA	CHE	GBR	NZL	AUS	BEL	IRL	ESP	CZE	SVN	EST	ISR	HUN	POL	ZAF	JPN	LVA	SVK	LTU	PRT	KOR	URY	HRV	MEX
CAN	1	0.93	0.94	0.91	0.89	0.91	0.93	0.89	0.86	0.68	0.77	0.85	0.83	0.93	0.86	0.83	0.90	0.83	0.86	0.89	0.84	0.94	0.80	0.80	0.81	0.80	0.86	0.80	0.81	0.80
DEU	0.93	1	0.94	0.91	0.88	0.94	0.92	0.91	0.84	0.68	0.75	0.86	0.83	0.92	0.88	0.81	0.88	0.83	0.86	0.90	0.80	0.91	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
DFS	0.94	0.94	1	0.92	0.88	0.92	0.90	0.90	0.85	0.69	0.72	0.81	0.83	0.90	0.84	0.81	0.90	0.84	0.85	0.88	0.80	0.93	0.80	0.82	0.81	0.80	0.82	0.80	0.80	0.80
FRA	0.91	0.91	0.92	1	0.88	0.90	0.91	0.93	0.86	0.73	0.79	0.83	0.89	0.92	0.81	0.82	0.86	0.83	0.87	0.88	0.82	0.91	0.80	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.81	0.80
ITA	0.89	0.88	0.88	0.88	1	0.87	0.90	0.88	0.82	0.68	0.71	0.80	0.80	0.89	0.81	0.81	0.85	0.84	0.89	0.87	0.80	0.90	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
NLD	0.91	0.94	0.92	0.90	0.87	1	0.89	0.91	0.86	0.70	0.75	0.82	0.86	0.91	0.81	0.81	0.85	0.83	0.85	0.88	0.80	0.91	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
USA	0.93	0.92	0.90	0.91	0.90	0.89	1	0.89	0.84	0.69	0.75	0.81	0.82	0.92	0.85	0.81	0.90	0.85	0.90	0.88	0.83	0.93	0.80	0.80	0.80	0.80	0.86	0.80	0.80	0.80
CHE	0.89	0.91	0.90	0.93	0.88	0.91	0.89	1	0.89	0.74	0.78	0.80	0.87	0.89	0.80	0.81	0.87	0.84	0.85	0.85	0.81	0.89	0.81	0.81	0.82	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81
GBR	0.86	0.84	0.85	0.86	0.82	0.86	0.84	0.89	1	0.68	0.74	0.80	0.82	0.84	0.80	0.81	0.80	0.82	0.82	0.82	0.80	0.84	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
NZL	0.68	0.68	0.69	0.73	0.68	0.70	0.69	0.74	0.68	1	0.82	0.69	0.81	0.68	0.68	0.70	0.70	0.63	0.68	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70	0.68	0.70	0.76	0.69
AUS	0.77	0.75	0.72	0.79	0.71	0.75	0.78	0.74	0.74	0.82	1	0.77	0.81	0.77	0.71	0.70	0.76	0.66	0.68	0.74	0.78	0.77	0.69	0.69	0.69	0.68	0.75	0.74	0.69	0.69
BEL	0.85	0.86	0.81	0.83	0.80	0.82	0.81	0.80	0.80	0.69	0.77	1	0.80	0.86	0.82	0.81	0.81	0.83	0.80	0.81	0.80	0.84	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.80	0.81	0.80
IRL	0.83	0.83	0.83	0.89	0.80	0.86	0.82	0.87	0.82	0.81	0.81	0.80	1	0.84	0.73	0.70	0.76	0.69	0.78	0.80	0.77	0.82	0.72	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.69	0.69
ESP	0.93	0.92	0.90	0.92	0.89	0.91	0.92	0.89	0.84	0.68	0.77	0.86	0.84	1	0.84	0.81	0.87	0.84	0.86	0.89	0.82	0.91	0.80	0.81	0.81	0.80	0.85	0.80	0.80	0.80
CZE	0.86	0.88	0.84	0.81	0.81	0.81	0.85	0.80	0.80	0.68	0.71	0.82	0.73	0.84	1	0.81	0.86	0.83	0.83	0.85	0.80	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
SVN	0.83	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.70	0.70	0.81	0.70	0.81	0.81	1	0.81	0.84	0.81	0.82	0.81	0.83	0.81	0.82	0.82	0.81	0.82	0.82	0.81	0.82
EST	0.90	0.88	0.90	0.86	0.85	0.85	0.90	0.87	0.80	0.70	0.76	0.81	0.76	0.87	0.86	0.81	1	0.84	0.85	0.88	0.81	0.88	0.81	0.82	0.81	0.81	0.83	0.81	0.81	0.82
ISR	0.83	0.83	0.84	0.83	0.84	0.83	0.85	0.84	0.82	0.63	0.66	0.83	0.69	0.84	0.83	0.84	0.84	1	0.85	0.83	0.84	0.88	0.83	0.85	0.84	0.83	0.84	0.84	0.84	0.84
HUN	0.86	0.86	0.85	0.87	0.89	0.85	0.90	0.85	0.82	0.68	0.68	0.80	0.78	0.86	0.83	0.81	0.85	0.85	1	0.88	0.80	0.85	0.80	0.83	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80
POL	0.89	0.90	0.88	0.88	0.87	0.88	0.88	0.85	0.82	0.68	0.74	0.81	0.80	0.89	0.85	0.82	0.88	0.83	0.88	1	0.80	0.90	0.80	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
ZAF	0.84	0.80	0.80	0.82	0.80	0.80	0.83	0.81	0.80	0.69	0.78	0.80	0.77	0.82	0.80	0.81	0.81	0.84	0.80	0.80	1	0.83	0.81	0.81	0.82	0.80	0.81	0.80	0.81	0.80
JPN	0.94	0.91	0.93	0.91	0.90	0.91	0.93	0.89	0.84	0.69	0.77	0.84	0.82	0.91	0.84	0.83	0.88	0.88	0.85	0.90	0.83	1	0.81	0.82	0.81	0.80	0.85	0.80	0.81	0.80
LVA	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.72	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.81	0.81	1	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81
SVK	0.80	0.80	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.81	0.81	0.69	0.69	0.81	0.72	0.81	0.80	0.82	0.82	0.85	0.83	0.83	0.81	0.82	0.81	1	0.82	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81
LTU	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.81	0.70	0.69	0.81	0.71	0.81	0.80	0.82	0.81	0.84	0.81	0.80	0.82	0.81	0.81	0.82	1	0.81	0.82	0.81	0.81	0.82
PRT	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.72	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	1	0.80	0.80	0.80	0.80
KOR	0.86	0.80	0.82	0.81	0.80	0.80	0.86	0.81	0.80	0.70	0.75	0.82	0.74	0.85	0.80	0.82	0.83	0.84	0.80	0.80	0.81	0.85	0.81	0.81	0.82	0.80	1	0.80	0.82	0.80
URY	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.76	0.74	0.80	0.72	0.80	0.80	0.82	0.81	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	1	0.81	0.80
HRV	0.81	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.80	0.80	0.81	0.81	0.84	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.81	1	0.81
MEX	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.80	0.69	0.80	0.80	0.82	0.82	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.80	0.80	0.80	1

Joonis 4. Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud holsteini tõugu pullide piimatodangu aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).

	CAN	DEU	DFS	FRA	ITA	NLD	USA	CHE	GBR	NZL	AUS	BEL	IRL	ESP	CZE	SVN	EST	ISR	HUN	POL	ZAF	JPN	LVA	SVK	LTU	PRT	KOR	URY	HRV	MEX	
CAN	1	0.92	0.92	0.91	0.88	0.89	0.92	0.87	0.86	0.68	0.74	0.84	0.81	0.91	0.84	0.81	0.87	0.83	0.84	0.89	0.80	0.92	0.80	0.80	0.81	0.80	0.84	0.80	0.81	0.81	
DEU	0.92	1	0.92	0.91	0.88	0.93	0.93	0.89	0.87	0.68	0.72	0.86	0.80	0.91	0.86	0.80	0.89	0.83	0.87	0.91	0.80	0.91	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81
DFS	0.92	0.92	1	0.91	0.86	0.91	0.89	0.89	0.87	0.68	0.71	0.81	0.83	0.86	0.83	0.81	0.90	0.82	0.80	0.87	0.80	0.92	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
FRA	0.91	0.91	0.91	1	0.89	0.88	0.91	0.90	0.89	0.70	0.76	0.84	0.84	0.91	0.81	0.87	0.83	0.86	0.89	0.80	0.89	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.81	0.80	0.81	0.81	
ITA	0.88	0.88	0.86	0.89	1	0.85	0.91	0.84	0.83	0.68	0.70	0.80	0.74	0.90	0.81	0.81	0.88	0.83	0.89	0.89	0.80	0.87	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
NLD	0.89	0.93	0.91	0.88	0.85	1	0.88	0.88	0.87	0.68	0.70	0.82	0.82	0.88	0.80	0.81	0.85	0.82	0.81	0.86	0.80	0.89	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
USA	0.92	0.93	0.89	0.91	0.91	0.88	1	0.85	0.86	0.69	0.76	0.81	0.79	0.93	0.85	0.81	0.88	0.85	0.89	0.90	0.80	0.90	0.80	0.80	0.80	0.80	0.86	0.80	0.80	0.80	
CHE	0.87	0.89	0.89	0.90	0.84	0.88	0.85	1	0.89	0.72	0.71	0.80	0.82	0.85	0.80	0.81	0.86	0.84	0.81	0.81	0.80	0.88	0.81	0.81	0.82	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	
GBR	0.86	0.87	0.87	0.89	0.83	0.87	0.86	0.89	1	0.69	0.72	0.80	0.80	0.85	0.80	0.81	0.80	0.82	0.81	0.82	0.80	0.85	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
NZL	0.68	0.68	0.68	0.70	0.68	0.68	0.69	0.72	0.69	1	0.80	0.69	0.81	0.68	0.68	0.70	0.77	0.62	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.69	0.70	0.68	0.69	0.74	0.69	0.70	
AUS	0.74	0.72	0.71	0.76	0.70	0.70	0.76	0.71	0.72	0.80	1	0.75	0.80	0.75	0.68	0.69	0.77	0.63	0.68	0.70	0.68	0.70	0.68	0.69	0.69	0.70	0.68	0.77	0.71	0.69	
BEL	0.84	0.86	0.81	0.84	0.80	0.82	0.81	0.80	0.80	0.69	0.75	1	0.82	0.82	0.80	0.81	0.85	0.83	0.80	0.84	0.80	0.83	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.81	0.81	
IRL	0.81	0.80	0.83	0.84	0.74	0.82	0.79	0.82	0.80	0.81	0.80	0.82	1	0.79	0.69	0.70	0.82	0.62	0.70	0.75	0.68	0.81	0.69	0.69	0.70	0.68	0.71	0.74	0.69	0.69	
ESP	0.91	0.91	0.86	0.91	0.90	0.88	0.93	0.85	0.85	0.68	0.75	0.82	0.79	1	0.84	0.81	0.87	0.83	0.87	0.92	0.80	0.87	0.81	0.81	0.81	0.80	0.85	0.80	0.80	0.81	
CZE	0.84	0.86	0.83	0.81	0.81	0.80	0.85	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.69	0.84	1	0.81	0.84	0.83	0.80	0.86	0.80	0.81	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
SVN	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.70	0.69	0.81	0.70	0.81	0.81	1	0.81	0.84	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.81	0.82	0.82	0.81	
EST	0.87	0.89	0.90	0.87	0.88	0.85	0.88	0.86	0.80	0.77	0.77	0.85	0.82	0.87	0.84	0.81	1	0.84	0.82	0.91	0.81	0.87	0.85	0.85	0.81	0.81	0.83	0.83	0.81	0.84	
ISR	0.83	0.83	0.82	0.83	0.83	0.82	0.85	0.84	0.82	0.62	0.63	0.83	0.62	0.83	0.83	0.84	0.84	1	0.83	0.83	0.84	0.83	0.83	0.85	0.84	0.83	0.84	0.84	0.84	0.86	
HUN	0.84	0.87	0.80	0.86	0.89	0.81	0.89	0.81	0.81	0.68	0.68	0.80	0.70	0.87	0.80	0.81	0.82	0.83	1	0.88	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	
POL	0.89	0.91	0.87	0.89	0.89	0.86	0.90	0.81	0.82	0.68	0.70	0.84	0.75	0.92	0.86	0.80	0.91	0.83	0.88	1	0.80	0.88	0.80	0.83	0.80	0.80	0.83	0.80	0.80	0.81	
ZAF	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.68	0.80	0.80	0.81	0.81	0.84	0.80	0.80	1	0.80	0.81	0.81	0.82	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	
JPN	0.92	0.91	0.92	0.89	0.87	0.89	0.90	0.88	0.85	0.69	0.70	0.83	0.81	0.87	0.81	0.81	0.87	0.83	0.80	0.88	0.80	1	0.81	0.81	0.81	0.80	0.84	0.80	0.81	0.81	
LVA	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.81	0.80	0.81	0.85	0.83	0.80	0.80	0.81	0.81	1	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.83	
SVK	0.80	0.80	0.81	0.80	0.81	0.80	0.80	0.81	0.81	0.69	0.69	0.81	0.69	0.81	0.80	0.82	0.85	0.85	0.80	0.83	0.81	0.81	0.81	1	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	
LTU	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.81	0.70	0.70	0.81	0.70	0.81	0.81	0.82	0.81	0.84	0.81	0.80	0.82	0.81	0.81	0.81	1	0.81	0.82	0.81	0.81	0.85	
PRT	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.68	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1	0.80	0.80	0.80	0.81	
KOR	0.84	0.81	0.80	0.81	0.80	0.80	0.86	0.81	0.80	0.69	0.77	0.81	0.71	0.85	0.80	0.82	0.83	0.84	0.80	0.83	0.80	0.84	0.81	0.81	0.82	0.80	1	0.80	0.82	0.81	
URY	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.74	0.71	0.80	0.74	0.80	0.80	0.82	0.83	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	1	0.81	
HRV	0.81	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.80	0.80	0.81	0.81	0.84	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.81	1	0.82	
MEX	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.70	0.69	0.81	0.69	0.81	0.81	0.83	0.84	0.86	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.83	0.82	0.85	0.81	0.81	0.82	1

Joonis 5. Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud holsteini tõugu pullide piima rasvasisalduse aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).

	CAN	DEU	DFS	FRA	ITA	NLD	USA	CHE	GBR	NZL	AUS	BEL	IRL	ESP	CZE	SVN	EST	ISR	HUN	POL	ZAF	JPN	LVA	SVK	LTU	PRT	KOR	URY	HRV	MEX	
CAN	1	0.90	0.92	0.86	0.86	0.87	0.91	0.84	0.85	0.68	0.68	0.80	0.75	0.90	0.80	0.81	0.85	0.83	0.81	0.85	0.80	0.91	0.80	0.80	0.81	0.80	0.83	0.80	0.81	0.81	
DEU	0.90	1	0.93	0.86	0.85	0.92	0.91	0.87	0.84	0.68	0.68	0.82	0.75	0.89	0.81	0.80	0.87	0.83	0.85	0.86	0.80	0.88	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
DFS	0.92	0.93	1	0.90	0.86	0.89	0.89	0.86	0.85	0.68	0.68	0.80	0.76	0.88	0.80	0.81	0.87	0.83	0.82	0.86	0.80	0.91	0.80	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.80	0.81	
FRA	0.86	0.86	0.90	1	0.84	0.85	0.88	0.90	0.86	0.68	0.69	0.80	0.80	0.88	0.80	0.81	0.81	0.83	0.84	0.83	0.80	0.87	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
ITA	0.86	0.85	0.86	0.84	1	0.83	0.87	0.83	0.80	0.68	0.68	0.80	0.73	0.86	0.80	0.81	0.81	0.83	0.85	0.83	0.80	0.88	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
NLD	0.87	0.92	0.89	0.85	0.83	1	0.85	0.86	0.85	0.68	0.68	0.80	0.78	0.86	0.80	0.81	0.82	0.82	0.81	0.83	0.80	0.87	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
USA	0.91	0.91	0.89	0.88	0.87	0.85	1	0.85	0.83	0.68	0.68	0.80	0.75	0.89	0.80	0.81	0.86	0.82	0.87	0.85	0.80	0.91	0.80	0.80	0.80	0.80	0.82	0.80	0.80	0.81	
CHE	0.84	0.87	0.86	0.90	0.83	0.86	0.85	1	0.87	0.69	0.69	0.80	0.79	0.85	0.80	0.81	0.84	0.84	0.83	0.80	0.80	0.86	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	
GBR	0.85	0.84	0.85	0.86	0.80	0.85	0.83	0.87	1	0.68	0.69	0.80	0.77	0.84	0.80	0.81	0.80	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.83	0.80	0.81	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	
NZL	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	1	0.80	0.68	0.80	0.68	0.68	0.70	0.70	0.62	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.70	0.68	0.69	0.72	0.69	0.70	
AUS	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.80	1	0.68	0.80	0.69	0.68	0.69	0.69	0.62	0.68	0.68	0.72	0.68	0.69	0.69	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	
BEL	0.80	0.82	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	1	0.72	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.81	
IRL	0.75	0.75	0.76	0.80	0.73	0.78	0.75	0.79	0.77	0.80	0.80	0.72	1	0.77	0.68	0.70	0.70	0.62	0.68	0.72	0.68	0.75	0.69	0.69	0.70	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	
ESP	0.90	0.89	0.88	0.88	0.86	0.86	0.89	0.85	0.84	0.68	0.69	0.80	0.77	1	0.80	0.81	0.82	0.83	0.81	0.86	0.80	0.88	0.80	0.81	0.81	0.80	0.83	0.80	0.80	0.81	
CZE	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.68	0.80	1	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
SVN	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.70	0.69	0.81	0.70	0.81	0.81	1	0.81	0.84	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.82	0.82	0.81	0.82	0.82	0.81	0.83
EST	0.85	0.87	0.87	0.81	0.81	0.82	0.86	0.84	0.80	0.70	0.69	0.81	0.70	0.82	0.81	0.81	1	0.84	0.81	0.87	0.81	0.86	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.84
ISR	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.84	0.82	0.62	0.62	0.83	0.62	0.83	0.83	0.84	0.84	1	0.83	0.83	0.84	0.83	0.83	0.85	0.84	0.83	0.84	0.84	0.84	0.86	
HUN	0.81	0.85	0.82	0.84	0.85	0.81	0.87	0.83	0.80	0.68	0.68	0.80	0.68	0.81	0.80	0.81	0.81	0.83	1	0.86	0.80	0.81	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	
POL	0.85	0.86	0.86	0.83	0.83	0.83	0.85	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.72	0.86	0.80	0.80	0.87	0.83	0.86	1	0.80	0.87	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	
ZAF	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.69	0.72	0.80	0.68	0.80	0.80	0.81	0.81	0.84	0.80	0.80	1	0.80	0.81	0.81	0.82	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	
JPN	0.91	0.88	0.91	0.87	0.88	0.87	0.91	0.86	0.83	0.68	0.68	0.80	0.75	0.88	0.80	0.81	0.86	0.83	0.81	0.87	0.80	1	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.80	0.81	0.81	
LVA	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.81	0.81	1	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.83	
SVK	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	0.81	0.81	0.69	0.69	0.81	0.69	0.81	0.80	0.82	0.82	0.85	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	1	0.82	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	
LTU	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.70	0.69	0.81	0.70	0.81	0.81	0.82	0.81	0.84	0.81	0.80	0.82	0.81	0.81	0.82	1	0.81	0.82	0.81	0.81	0.85	
PRT	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.68	0.68	0.80	0.68	0.80	0.80	0.81	0.81	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	1	0.80	0.80	0.80	0.81	
KOR	0.83	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.82	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.83	0.80	0.82	0.81	0.84	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.80	1	0.80	0.82	0.81	
URY	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.72	0.69	0.80	0.69	0.80	0.80	0.82	0.81	0.84	0.80	0.80	0.80	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80	0.80	1	0.81	0.81	
HRV	0.81	0.80	0.80	0.81	0.80	0.80	0.80	0.81	0.80	0.69	0.69	0.81	0.69	0.80	0.80	0.81	0.81	0.84	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.82	0.81	1	0.83	
MEX	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.70	0.69	0.81	0.69	0.81	0.81	0.83	0.84	0.86	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.83	0.82	0.85	0.81	0.81	0.81	0.83	1

Joonis 6. Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud holsteini tõugu pullide piima valgusisalduse aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).



	CAN	NOR	USA	NZL	AUS	GBR	DFS	DEU	ZAF	EST	LVA	LTU	IRL	NLD	CAM
CAN	1	0.90	0.92	0.69	0.74	0.84	0.91	0.93	0.83	0.90	0.82	0.83	0.83	0.91	0.89
NOR	0.90	1	0.92	0.71	0.74	0.83	0.91	0.86	0.88	0.88	0.83	0.83	0.76	0.92	0.90
USA	0.92	0.92	1	0.69	0.75	0.83	0.88	0.91	0.84	0.91	0.81	0.82	0.81	0.89	0.95
NZL	0.69	0.71	0.69	1	0.82	0.70	0.69	0.70	0.71	0.75	0.73	0.72	0.82	0.71	0.77
AUS	0.74	0.74	0.75	0.82	1	0.77	0.74	0.74	0.75	0.76	0.72	0.71	0.81	0.77	0.78
GBR	0.84	0.83	0.83	0.70	0.77	1	0.83	0.85	0.81	0.82	0.82	0.82	0.80	0.86	0.88
DFS	0.91	0.91	0.88	0.69	0.74	0.83	1	0.93	0.81	0.85	0.81	0.81	0.81	0.92	0.89
DEU	0.93	0.86	0.91	0.70	0.74	0.85	0.93	1	0.81	0.85	0.81	0.81	0.83	0.93	0.89
ZAF	0.83	0.88	0.84	0.71	0.75	0.81	0.81	0.81	1	0.83	0.83	0.84	0.77	0.81	0.89
EST	0.90	0.88	0.91	0.75	0.76	0.82	0.85	0.85	0.83	1	0.83	0.83	0.78	0.84	0.90
LVA	0.82	0.83	0.81	0.73	0.72	0.82	0.81	0.81	0.83	0.83	1	0.82	0.74	0.82	0.89
LTU	0.83	0.83	0.82	0.72	0.71	0.82	0.81	0.81	0.84	0.83	0.82	1	0.76	0.82	0.89
IRL	0.83	0.76	0.81	0.82	0.81	0.80	0.81	0.83	0.77	0.78	0.74	0.76	1	0.84	0.84
NLD	0.91	0.92	0.89	0.71	0.77	0.86	0.92	0.93	0.81	0.84	0.82	0.82	0.84	1	0.89
CAM	0.89	0.90	0.95	0.77	0.78	0.88	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.84	0.89	1

**Joonis 7.** Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud punast tõugu pullide piimatoodangu aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).

	CAN	NOR	USA	NZL	AUS	GBR	DFS	DEU	ZAF	EST	LVA	LTU	IRL	NLD	CAM
CAN	1	0.89	0.90	0.69	0.72	0.84	0.90	0.92	0.81	0.87	0.82	0.82	0.81	0.89	0.89
NOR	0.89	1	0.84	0.77	0.74	0.81	0.89	0.90	0.88	0.83	0.83	0.83	0.74	0.87	0.89
USA	0.90	0.84	1	0.70	0.77	0.84	0.87	0.91	0.84	0.89	0.81	0.82	0.80	0.88	0.95
NZL	0.69	0.77	0.70	1	0.83	0.69	0.70	0.70	0.70	0.77	0.73	0.72	0.81	0.69	0.76
AUS	0.72	0.74	0.77	0.83	1	0.73	0.75	0.73	0.70	0.73	0.71	0.72	0.81	0.72	0.78
GBR	0.84	0.81	0.84	0.69	0.73	1	0.84	0.87	0.81	0.82	0.82	0.82	0.78	0.86	0.89
DFS	0.90	0.89	0.87	0.70	0.75	0.84	1	0.91	0.81	0.84	0.81	0.81	0.81	0.91	0.89
DEU	0.92	0.90	0.91	0.70	0.73	0.87	0.91	1	0.81	0.86	0.81	0.81	0.80	0.93	0.89
ZAF	0.81	0.88	0.84	0.70	0.70	0.81	0.81	0.81	1	0.83	0.83	0.84	0.70	0.81	0.89
EST	0.87	0.83	0.89	0.77	0.73	0.82	0.84	0.86	0.83	1	0.85	0.83	0.82	0.84	0.89
LVA	0.82	0.83	0.81	0.73	0.71	0.82	0.81	0.81	0.83	0.85	1	0.82	0.72	0.82	0.89
LTU	0.82	0.83	0.82	0.72	0.72	0.82	0.81	0.81	0.84	0.83	0.82	1	0.76	0.82	0.89
IRL	0.81	0.74	0.80	0.81	0.81	0.78	0.81	0.80	0.70	0.82	0.72	0.76	1	0.82	0.84
NLD	0.89	0.87	0.88	0.69	0.72	0.86	0.91	0.93	0.81	0.84	0.82	0.82	0.82	1	0.89
CAM	0.89	0.89	0.95	0.76	0.78	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.84	0.89	1

**Joonis 8.** Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud punast tõugu pullide piima rasvasisalduse aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).

	CAN	NOR	USA	NZL	AUS	GBR	DFS	DEU	ZAF	EST	LVA	LTU	IRL	NLD	CAM
CAN	1	0.88	0.89	0.69	0.69	0.83	0.89	0.90	0.81	0.85	0.82	0.82	0.75	0.87	0.89
NOR	0.88	1	0.90	0.72	0.73	0.82	0.88	0.86	0.88	0.83	0.83	0.83	0.77	0.92	0.89
USA	0.89	0.90	1	0.69	0.70	0.82	0.87	0.90	0.81	0.89	0.81	0.82	0.77	0.85	0.93
NZL	0.69	0.72	0.69	1	0.80	0.69	0.69	0.70	0.70	0.74	0.73	0.72	0.82	0.69	0.76
AUS	0.69	0.73	0.70	0.80	1	0.71	0.70	0.70	0.71	0.72	0.71	0.71	0.81	0.69	0.79
GBR	0.83	0.82	0.82	0.69	0.71	1	0.83	0.84	0.81	0.82	0.82	0.82	0.76	0.84	0.89
DFS	0.89	0.88	0.87	0.69	0.70	0.83	1	0.92	0.81	0.81	0.81	0.81	0.76	0.90	0.89
DEU	0.90	0.86	0.90	0.70	0.70	0.84	0.92	1	0.81	0.85	0.81	0.81	0.76	0.92	0.89
ZAF	0.81	0.88	0.81	0.70	0.71	0.81	0.81	0.81	1	0.83	0.83	0.84	0.70	0.81	0.89
EST	0.85	0.83	0.89	0.74	0.72	0.82	0.81	0.85	0.83	1	0.82	0.83	0.74	0.83	0.89
LVA	0.82	0.83	0.81	0.73	0.71	0.82	0.81	0.81	0.83	0.82	1	0.82	0.72	0.82	0.89
LTU	0.82	0.83	0.82	0.72	0.71	0.82	0.81	0.81	0.84	0.83	0.82	1	0.74	0.82	0.89
IRL	0.75	0.77	0.77	0.82	0.81	0.76	0.76	0.76	0.70	0.74	0.72	0.74	1	0.78	0.84
NLD	0.87	0.92	0.85	0.69	0.69	0.84	0.90	0.92	0.81	0.83	0.82	0.82	0.78	1	0.89
CAM	0.89	0.89	0.93	0.76	0.79	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.84	0.89	1

**Joonis 9.** Riikide vahelised geneetilised korrelatsioonid arvatuna ühiselt kasutatud punast tõugu pullide piima valgusisalduse aretusväärtuste alusel (2020. aasta detsembri andmed).

Ja lõpetuseks, kui välismaal hinnatud aretusväärtused ei vasta Eesti loomakasvatajatele harjumuspäraseks saanud väärtustele (keskmine 100 ja standardhälve 12 punkti), siis on neid lihtne teisendada.

Selleks piisab järgmise valemi rakendamisest:

$$AEST = 100 + 12 * \{ [A - E(A)] / sd(A) \}$$

kus A, E(A) ja sd(A) on vastavalt välismaal hinnatud aretusväärtused, nende keskmine ja standardhälve, arvud 100 ja 12 on suhteliste aretusväärtuste keskmine ja standardhälve Eesti skaalal ja AEST on tulemuseks saadud aretusväärtused Eesti skaalal.