

TARTU ÜLIKOOL  
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND  
MATEMAATILISE STATISTIKA INSTITUUT

Getter Madison

**Eesti sporthobuste täkkude geneetiline hindamine**

Bakalaureusetöö

Juhendajad:

Tanel Kaart

Mare Vähi

TARTU

2014

## **Eesti sporthobuste täkkude geneetiline hindamine**

Käesolev bakalaureusetöö keskendub eesti sporthobuste täkkude aretusväärtuste hindamisele nende järglaste ülevaatustulemuste põhjal. Selleks on kasutatud kolme erinevat meetodit, mida teoreetilises osas tutvustatakse. Parema ülevaate saamiseks on kõikide analüüsitud hobuste jaoks arvatud soolised ja vanuselised erinevused.

Kasutatud on 2011.-2013. aastate andmeid, kusjuures neis on kirjeldatud 510 erinevat hobust, kel 236 erinevat isa. Andmetes on hinnangud kümnele erinevale tunnusele, mille jaoks aretusväärtused leitakse. Samuti on leitud korrelatsioonimaatriks. Kümme tätku on võetud lähema vaatluse alla, et välja selgitada arvutuste ja reaalsuse kooskõla.

Märksõnad: aretusmeetodid, arvdiagrammid, hobusekasvatus, hobusetõud, korrelatsioonianalüüs, matemaatiline statistika, põlvnemine, seleksioon, statistiline analüüs, statistiline andmetöötlus, tõuloomade hindamine, tõuparandus, täkud.

## **Genetic estimation of stallions of Estonian sporthorse**

This bachelor thesis is concentrating on estimating the breeding value of Estonian sporthorse stallions according their offspring. Three of the following methods are used for calculations: formula from definition of breeding value, selection index and sire model. Also, for further information analysis on difference between sexes and ages is carried out. Comparisons are made using group means and standard deviations.

The data used is from 2011-2013 and includes 510 horses with 236 different fathers. Breeding values are calculated for ten characteristic values, four of them describe a horse's appearance, five of them physical capability and one is for behavioural trait. For inspection of these values effecting each other correlation matrix is calculated and for better understanding of stallions analyzed ten of them are examined more closely based on the information given on the Internet.

Keywords: ancestry, animal improvement, breeding methods, correlation analysis, evaluation of pedigree animals, horse breeding, horse breeds, mathematical statistics, numerical diagrams, selection, statistic analysis, statistical data processing, stallions.

# Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Aretusväärtuse hindamine.....	6
1.1. Aretusväärtuse definitsioon.....	6
1.2. Täku aretusväärtuse hindamine selektsiooniindeksi kujul .....	7
1.3. Täku aretusväärtuse hindamine isa mudelist .....	11
1.4. Suhteline aretusväärtus .....	13
2. Eesti sporthobuste ülevaatus tulemuste analüüs.....	14
2.1. Andmestiku kirjeldus .....	14
2.2. Tunnustevahelised seosed .....	15
2.3. Hobustele antud hinnangute sõltuvus hobuse vanusest.....	17
2.4. Hobustele antud hinnangute sõltuvus hobuse soost .....	19
2.5. Hindaja mõju .....	21
2.6. Täkkude aretusväärtused.....	23
2.6.1. Täkkude aretusväärtuste leidmiseks kasutatud meetodite võrdlus.....	23
2.6.2. Saadud tulemuste interpretatsioon üksiku täku tasandil.....	24
Kokkuvõte .....	28
Lisad .....	30
Lisa 1. ....	30
Lisa 2. ....	34
Kasutatud kirjandus .....	35

## Sissejuhatus

Eesti sporthobusele kui tõule pandi alus kümme aastat tagasi, kusjuures erinevalt teistest Eestis aretatavatest tõugudest seati eesmärgiks head sportlikud saavutused, mitte tõupuhtus [1]. Ametlikult on eesti sporthobuseks isend, kes on kantud sünnijärgselt eesti sporthobuste tõuraamatusse. Peamiseks kriteeriumiks on vaid see, et hobuse vanemad oleksid soojaverelised. Eesti sporthobuse aretamisel jälgitakse välimikku ja vaimseid omadusi, samuti tervist ning sportlikkust. Üldiselt hinnatakse sihvakaid kõrgema turjaga hobuseid, kes on võimalikult tasakaalukad ja koostööaltid, ent sealjuures siiski elava loomuga temperamentsed terved loomad [2]. Sellega on täidetud eeldused saamaks heaks sporthobusteks suunitlusega kas koolisõidule, takistussõidule või kolmevõistlusele.

Aretuseesmärgiks on jõuda tõuni, mille isend on kõrge sportliku saavutusvõimega hobune. Väga suurt rõhku pannakse paarituses justnimelt täku valikule, kuna täkkudel võib elujooksul järeltulijaid olla tuhatkond, märal vaid kaks kuni kolm. Seega on heade sportlike saavutustega täkid enim hinnatud ja neil on järeltulijaid paljudes riikides mitmete varssade näol. Reegliski on, et eesti sporthobuse võistlustulemused peavad olema paremad kui keskmisel ratsahobusel, allapoole keskmise esinenud järglaste isad eemaldatakse aretusprogrammist [2].

Algselt, kui aretusprogramm loodi, saadi varssu vaid kolmelt rahvusvaheliselt tunnustatud täkult [1]. Nüüdseks on genofond juba kirjum, täkke on lisandunud ja järglased varieeruvad enam. Verelisuselt on küll kõik loomad sarnased, ent teistelt omadustelt siiski erinevad. Jõudluskontrolli käigus selgitataksegi välja, missugused loomad on väärt tõuraamatus olemist ja millised mitte. Hinnatakse kümme erinevat tunnust: neli välimuslikku, viis sportlikku ja üks käitumuslik. Hindajaks on Eesti Sporthobuste Kasvatajate Seltsi alaline komisjon. Punkte jagatakse kümnepalliskaalal ning enne hobuse esitamist vastavale ülevaatusele viiakse läbi veterinaarne kontroll veendumaks, et hobusel pole pärilikke või tervislikke vigu [2]. Üldine vanus noorhobuste esitamiseks on 2-3 eluaastat, sugumärad ja -täkid alates kolmandast eluaastast.

Hoolimata juba kümme aastat kestnud jõudluskontrollist ja aretustegevusest, pole kogutud andmeid statistiliselt põhjalikult analüüsitud ning sugutäkkudeks tunnustamisel on paika pandud lihtsalt kriteeriumid, mida täkk täitma peab, et üldse tunnustatud saada. Seejuures teeb täku tunnustamise otsuse Eesti Sporthobuste Kasvatajate Seltsi aretuskomisjon, kes võtab küll arvesse täku ja tema järglaste ülevaatuste ja võistluste tulemusi, importtäkkude puhul samuti välismaal hinnatud aretusväärtuseid, aga seda kokkuvõttes siiski vaid kirjeldaval tasemel ja oma kogemustele tuginedes. Tunnustuse saamiseks peab hinnatav loom saama aretuskomisjoni lihthäälteenamuse. Ja kuigi aretusväärtuste hindamine Eestis läbi viidud

ülevaatuste ja võistluste tulemuste alusel on aretusprogrammi sisse kirjutatud, on samas ka tõdetud, et „Geneetilise hindamise jms. kasutamine ei ole meie hobuste ja nende võistluste väikese arvu tõttu otstarbekas ega usaldusväärne“ [2].

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks ei ole eesti sporthobuste geneetilise hindamise meetoodika väljatöötamine ja rakendamine – see töö on ühe bakalaureusetöö tarvis lihtsalt liiga mahukas. Küll on käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks panna kirja kolm potentsiaalselt ka eesti sporthobuste aretusväärtuste hindamisel rakendatavat meetoodikat. Samuti on eesmärgiks analüüsida Eesti Sporthobuste Kasvatajate Seltsist saadud hobuste ülevaatuste tulemusi aastatest 2011-2013, uurida erinevate faktorite mõju hobustele antud hinnangutele ning viimaks püüda hinnata täkkude aretusväärtused kolme meetoodika abil.

Andmete haldamiseks ja analüüsiks on kasutatud tabelarvutussüsteemi Microsoft Office Excel 2010 ning statistikapaketti SAS 9.0.

# 1. Aretusväärtuse hindamine

Antud peatükk annab ülevaate aretusväärtuse olemusest ja kirjeldab täkkude aretusväärtuste hindamisel kolme potentsiaalselt kasutatavat meetodit. Peatükk baseerub materjalidel [3], [4] ja [5].

## 1.1. Aretusväärtuse definitsioon

Populatsiooni geneetiliste omaduste hindamiseks on vaja teada, millest on üldse tingitud erinevate indiviidide erinevused fenotüübi tasandil. Kõige üldisem fenotüübiväärtust kirjeldav mudel on kujul

$$Y = \bar{Y} + G + E, \quad (1)$$

kus populatsiooni keskmine fenotüübiväärtus  $\bar{Y}$  on keskmiste genotüübiväärtuste  $\bar{G}$  ja keskkonnamõjude  $\bar{E}$  summa. Geenidest tingitud erinevust populatsiooni keskmisest nimetatakse aga genotüübiefektiks  $G$ , mis on lahtikirjutatav kujul

$$G = A + D + I,$$

kus  $A$  märgib aretusväärtust,  $D$  dominantsiefekti ning  $I$  epistaasiefekti. Kuna vanematelt pärinevad vaid üksikalleelid, mitte nendevahelised interaktsioonid, siis on huvipakkuvaks vaid alleeliväärtused, mis on ka järglaste järgi hinnatavad. Genoomi kuuluvate alleelide summa ongi looma aretusväärtus ja hinnatav on see isendi hälbega populatsiooni keskmisest. Seeläbi saab valem (1) kujul

$$Y = \bar{Y} + A + E,$$

sest praktiliselt hinnatav on vaid aretusväärtus, mille abil väljendataksegi genotüübiefekti, ja mitteadiitiivgeneetilised mõjud loetakse avalduvateks keskkonnamõjude  $E$  kaudu.

Kuna indiviidi genotüüpi kuuluvatest alleelidest on pooled pärit emalt, pooled isalt, siis on aretusväärtus esitatav summana

$$A = \frac{1}{2}A_s + \frac{1}{2}A_d + MS, \quad (2)$$

kus  $A_s$  on vaatlusaluse indiviidi isa ning  $A_d$  ema mõju ja  $MS$  väljendab Mendeli valiku mõju.

Võttes kokku valemid (1) ja (2), saame fenotüübiväärtuse esitada seosena

$$Y = \bar{Y} + \frac{1}{2}A_s + \frac{1}{2}A_d + MS + E. \quad (3)$$

Kujutades ette olukorda, kus ühel isal on populatsioonis lõpmatu hulk järglasi, kellele kõigile on ta pärandanud pooled oma geenidest, on võimalik leida hinnang tema aretusväärtusele, leides keskmise üle kõigi tema järglaste. Valemist (3) avaldub järglaste keskmine fenotüübiväärtus isa  $S$  jaoks kujul

$$E_s(Y) = E_s\left(\bar{Y} + \frac{1}{2}A_s + \frac{1}{2}A_d + MS + E\right) = \bar{Y} + \frac{1}{2}A_s + E_s\left(\frac{1}{2}A_d + MS + E\right),$$

sealjuures viimane liidetav keskvaartuse näol on võrdne nulliga eeldusel, et järglased kasvavad juhuslikus keskkonnas ning on saadud juhusliku emaga. Niisiis saadud valemit kokku võttes saamegi tulemuse

$$E_s(Y) \equiv \bar{Y}_s = \bar{Y} + \frac{1}{2}A_s,$$

mille kohaselt on suvalise isa  $i$  aretusväärtus hinnatav valemist

$$A_i = 2(\bar{Y}_i - \bar{Y}).$$

Antud valem defineerib indiviidi, siinkohal täku, aretusväärtuse kui kahekordse oodatava erinevuse tema järglaste keskmise  $\bar{Y}_i$  ja populatsiooni keskmise  $\bar{Y}$  vahel eeldusel, et teine vanem ehk sugumära on valitud populatsioonist täiesti juhuslikult ning geenid ei ole aheldunud, mis tähendab seda, et geenide edasikandumine järglastele on sõltumatu. Seda seetõttu, et tuhandete geenide interaktsioonid tasakaalustavad üksteist.

Alternatiivne definitsioon aretusväärtusele esitataksegi sageli just antud valemi sõnastusena, kusjuures eeldusteks on siin lõpmatu populatsioon ja lõpmatu hulk järglasi ning teise vanema juhuslik valik ja seeläbi populatsiooni keskmisele vastavus.

## 1.2. Täku aretusväärtuse hindamine selektsiooniindeksi kujul

Juhul kui kogu uuritav populatsioon paikneb sarnastes keskkonnatingimustes (või on erinevate keskkonnatingimuste mõju täpselt teada ja fenotüübiväärtused selle võrra korrigeeritavad), piisab iga täku aretusväärtuse hindamiseks tema enda ja/või tema sugulaste fenotüübiväärtuste

võrdlemisest populatsiooni keskmisega. Kõik need fenotüübil mõõdetud erinevused koondatakse sobivalt valitud kordajatega kaalutuna ühte võrrandisse kujul

$$A_i = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n.$$

Sellist indiviidi aretusväärtuse määramiseks konstrueeritud võrrandit nimetatakse selektsiooniindeksiks.

Suurus  $X_i$  tähistab valemis täku või tema sugulaste fenotüübiväärtuse (või fenotüübiväärtuste keskmise) erinevust populatsiooni keskmisest ja on seega kirja pandav kujul

$$X_i = (\bar{Y}_i - \bar{Y}).$$

Kordaja  $b_i$  on sobivalt valitud kaaluparameeter (mis vastavalt regressioonikordaja olemusele näitab muutust indeksi väärtuses fenotüübiväärtuse muutumisel ühe ühiku võrra), mis on väljendatav seosega

$$b_i = \frac{\text{cov}(A, X_i)}{\text{var}(X_i)} = \frac{\text{cov}(A, \bar{Y}_i)}{\text{var}(\bar{Y}_i)},$$

sest  $\bar{Y}$  kui konstantse suuruse dispersioon on null. Kuna selektsiooniindeksi näol on tegu mitmese regressioonivõrrandiga, mille kordajad hinnatakse vähimruutude meetodil, on saadavate aretusväärtuste hinnangute näol tegu täpseimate (väikseima varieeruvusega) hinnangutega ning vastavat meetodit nimetatakse aretusese BLP-meetodiks (*Best Linear Prediction*).

Kui informatsiooniallikana on kasutada vaid järglaste keskmised väärtused, on eelnevalt defineeritud üldine selektsiooniindeks esiatav kompaksemalt. Tähistagu  $\bar{Y}_i$  vaadeldava isa järglaste keskmist väärtust ja eeldame, et järglased on omavahel sugulased vaid isa kaudu. Vaatlusaluse isa aretusväärtus  $A_i$  on siis hinnatav seosest

$$A_i = b_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})$$

Isa  $i$  järglaste keskmine fenotüübiväärtus avaldub kujul

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{2} A_i + \frac{1}{n} \sum_{d=1}^n \left( \frac{1}{2} A_d \right) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i,$$

kus  $A_s$  ja  $A_d$  märgivad vastavalt isa ja ema aretusväärtusi ning  $n$  tähistab järglaste arvu vaatlusalusel isal. Selektiivindeksi kordaja  $b$  avaldamiseks vajalik kovariatsioon isa  $i$  aretusväärtuse ja järglaste keskmise fenotüübiväärtuse vahel,



$$\text{cov}(A_i, \bar{Y}_i) = \text{cov}\left[A_i, \frac{1}{2}A_i + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}A_d\right) + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i\right],$$

on eeldusel, et järglastele mõjuvad emapoolsed aditiivgeneetilised efektid  $A_d$  ja mitteaditiivgeneetilised efektid  $E$  uuritava isa aretusväärtusega ei korreleeru, esitatav kujul

$$\text{cov}(A_i, \bar{Y}_i) = \text{cov}\left(A_i, \frac{1}{2}A_i\right) = \frac{1}{2}\sigma_A^2.$$

Arvestades, et sama isa, aga erinevate emade järglaste aretusväärtuste sarnasus on tingitud just isalt pärandunud geenidest, esitatakse ka järglaste keskmise fenotüübiväärtuse dispersioon  $\text{var}(\bar{Y}_s)$  isalt pärandunud geenidest tingitud varieeruvuse kaudu:

$$\begin{aligned} \text{var}(\bar{Y}_s) &= \text{var}\left[\bar{Y} + \frac{1}{2}A_s + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}A_d + E_i\right)\right] = \text{var}\left(\frac{1}{2}A_s\right) + \text{var}\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{2}A_d + E_i\right)\right] = \frac{1}{4}\text{var}(A_s) + \\ &+ \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n [\text{var}\left(\frac{1}{2}A_d + E_i\right)] = \frac{1}{4}\sigma_A^2 + \frac{1}{n}\sigma_Y^2 - \frac{1}{4}\sigma_A^2. \end{aligned}$$

Siin  $\frac{1}{4}\sigma_A^2$  on isa aditiivgeneetilisest mõjust tingitud dispersioon ja  $\sigma_Y^2 - \frac{1}{4}\sigma_A^2$  isalt pärandunud geenide summaarse mõjuga mitte kirjeldatav osa fenotüübilisest varieeruvusest  $\sigma_Y^2$  (viimane hõlmab nii emalt pärandunud geenide mõjust kui ka keskkonningimustest tingitud varieeruvust fenotüübiväärtustes). Et päritavuskoeffitsient  $h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_Y^2$ , siis järelikult

$$\frac{1}{4}\sigma_A^2 / \sigma_Y^2 = \frac{1}{4}h^2 \text{ ja } \sigma_Y^2 - \frac{1}{4}\sigma_A^2 / \sigma_Y^2 = 1 - \frac{1}{4}h^2.$$

Viimastest võrdustest tulenevalt

$$\text{var}(\bar{Y}_s) = \frac{1}{4}h^2\sigma_Y^2 + \frac{1}{n}\left(1 - \frac{1}{4}h^2\right)\sigma_Y^2,$$

millest kordaja selektsiooniindeksis saab kuju

$$b = \frac{\frac{1}{2}\sigma_A^2}{\left[\frac{1}{4}h^2 + \frac{1}{n}\left(1 - \frac{1}{4}h^2\right)\right]\sigma_Y^2} = \frac{\frac{1}{2}nh^2}{\left[\frac{1}{4}nh^2 + \left(1 - \frac{1}{4}h^2\right)\right]} = \frac{\frac{1}{2}nh^2}{1 + \frac{1}{4}h^2(n-1)}$$

ning i. isa aretusväärtus on hinnatav valemiga

$$A_i = b(\bar{Y}_i - \bar{Y}).$$

Kui nüüd eeldada, et järglaste arv  $n \rightarrow \infty$ , siis  $1 + \frac{1}{4}h^2(n-1) \rightarrow \frac{1}{4}n$  ja  $\frac{1}{2}nh^2 \rightarrow \frac{1}{2}n$ , mistõttu selektsiooniindeksi kordaja  $b = (\frac{1}{2}nh^2) / [1 + \frac{1}{4}h^2(n-1)] \rightarrow \frac{1}{2}n / \frac{1}{4}n = 2$ , andes tulemuseks aretusväärtuse definitsiooni  $A = 2(\bar{Y}_\infty - \bar{Y})$ .

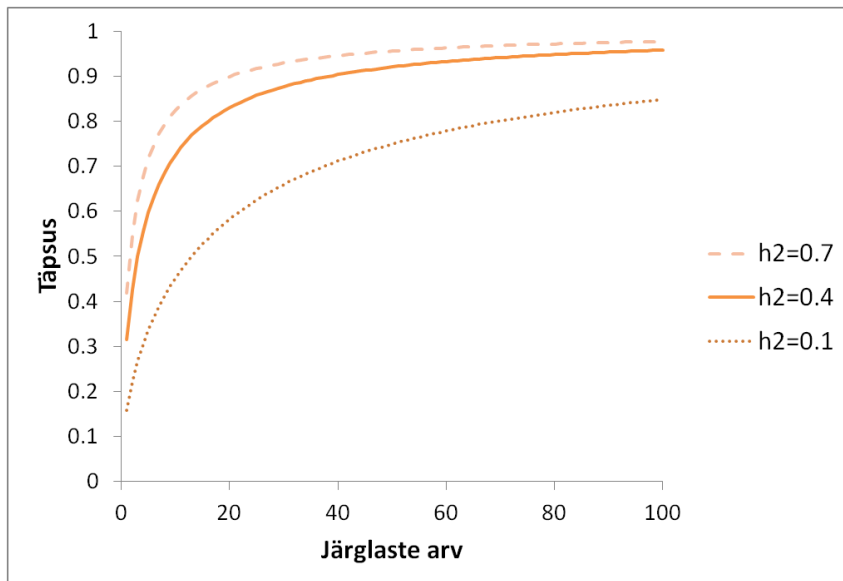
Järgmise peatüki kontekstis on oluline märkida, et eelnevalt tuletatud selektsiooniindeksi kordaja avaldis on edasi lihtsustatav kujule

$$b = \frac{\frac{1}{2}nh^2}{(\frac{1}{4}nh^2 + 1 - \frac{1}{4}h^2)} = \frac{\frac{1}{2}nh^2}{\frac{1}{4}h^2(n + \frac{4}{h^2} - 1)} = \frac{2n}{n + \frac{4-h^2}{h^2}}.$$

Isa aretusväärtuse hinnangu täpsus on defineeritud kui korrelatsioon tegeliku ja selektsiooniindeksi kujul hinnatud aretusväärtuse vahel ning avaldub kujul

$$r_A = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}\sigma_A^2 \frac{\frac{1}{2}nh^2}{1 + \frac{1}{4}h^2(n-1)}}{\sigma_A^2}} / \sigma_A = \sqrt{\frac{2n}{n + \frac{4-h^2}{h^2}}}.$$

On loomulik eeldada, et isa aretusväärtuse hinnang on seda täpsem, mida enam on isal järglasi. Ilmneb, et mida suurem on päritavuskoefitsiendi väärtus, seda vähem on vaja järglasi isa aretusväärtuse täpselt hindamiseks. Selle näitlikustamiseks on joonis 1.



Joonis 1. Aretusväärtuse hinnangu täpsus järglaste arvu ja päritavuskoefitsiendi järgi.

Jooniselt 1 võime näha, et järglaste arvu kasvades aretusväärtuse täpsus tõepoolest kasvab, samuti on aretusväärtuse hinnang täpsem suurema päritavuskoefitsiendi väärtuse puhul.

### 1.3. Täku aretusväärtuse hindamine isa mudelist

Kuigi eelmises punktis kirjeldatud selektsiooniindeks võttis erinevalt aretusväärtuse definitsioonist arvesse isa järglaste arvu pluss tunnuse geneetilise determineerituse määra, võib taoline lähenemine juhul, kui kõigi isade järglased ei kasva ega ela täpselt samades tingimustes või mõjutavad erinevate isade järglaseid erineval määral mingid muud faktorid, anda isade aretusväärtustele ebakorrektsed hinnangud. Võtmaks arvesse ka võimalikke mittegeneetilisi tegureid, sobib aretusväärtuste hindamiseks kasutada üldiseid lineaarseid segamudeleid, millest saadud aretusväärtuste hinnangud on õigesti valitud faktorite kombinatsiooni korral juba nihketa – vastavat meetodikat nimetatakse aretuses BLUP-meetodiks (*Best Linear Unbiased Prediction*).

Lihtsaim aretusväärtuste hindamisel kasutatav üldine lineaarne segamudel on isa mudel, mis hindab geneetilise efektina täku mõju, eeldades vaikimisi, et kõik täkud on paaritatud populatsiooni keskmiste märadega ning märad pole omavahel sugulased, ning võtab täiendava faktorina arvesse vajalikud mittegeneetilised mõjutegurid. Statistilise mudelina avaldub isa mudel kujul

$$Y_{ijk} = \mu + K_i + S_j + \varepsilon_{ijk},$$

kus  $\mu$  on populatsiooni keskmine,  $K_i$  on fikseeritud faktori taseme  $i$  mõju,  $S_j$  on isa  $j$  juhuslik mõju ning  $\varepsilon_{ijk}$  on juhuslik viga. Oluline on märkida, et isa mõju on pool aretusväärtusest ehk

$$A_i = 2S_j.$$

Isa mõju  $S_j$  eeldatakse olevat normaaljaotusega keskvärtusega 0 ja dispersiooniga  $\sigma_s^2$  ning juhuslik viga  $\varepsilon_{ijk}$  normaaljaotusega keskvärtusega 0 ja dispersiooniga  $\sigma_e^2$ . Seega eeldatakse keskkonna ja genotüübi sõltumatust, mis avaldub kogu uuritava tunnuse dispersioon summana

$$\sigma_y^2 = \sigma_s^2 + \sigma_e^2.$$

Maatrikskujul esitatakse isa mudel järgmiselt:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zs} + \mathbf{e},$$

Kus  $\mathbf{y}$  on uuritava tunnuse juhuslik  $N \times 1$  vektor,  $\mathbf{b}$  on fikseeritud efektide  $p \times 1$  vektor,  $\mathbf{s}$  on juhuslike isa mõjude  $m \times 1$  vektor,  $\mathbf{e}$  on juhuslike vigade  $N \times 1$  vektor,  $\mathbf{X}$  on fikseeritud efektidele vastav  $N \times p$  plaanimaatriks ja  $\mathbf{Z}$  on juhuslikele efektidele vastav  $N \times m$  plaanimaatriks.

Keskväärtused ja dispersioonimaatriksid defineeritakse kujul:

$$E(\mathbf{s}) = \mathbf{0}, E(\mathbf{e}) = \mathbf{0}, E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\mathbf{b},$$

$$\mathbf{G} = \text{var}(\mathbf{s}) = \text{var} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_s^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_s^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_s^2 \end{pmatrix} = \mathbf{I}_m \sigma_s^2$$

$$\mathbf{R} = \text{var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}_N \sigma_e^2, \text{cov}(\mathbf{s}, \mathbf{e}^T) = 0 \text{ ning } \mathbf{V} = \text{var}(\mathbf{y}) = \mathbf{Z}\mathbf{Z}^T \sigma_s^2 + \mathbf{I}_N \sigma_e^2.$$

$\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}_N \sigma_e^2$  märgib vaatluste sõltumatust (see võib muutuda, kui ühele loomale vastab mitu mõõtmist) ning kõigi vaatluste eeldatavalt võrdset keskkonnatingimustest tingitud varieeruvust. Keskkonna ja genotüübi sõltumatus tuleneb võrdusest  $\text{cov}(\mathbf{s}, \mathbf{e}^T) = 0$ . Et  $\text{var}(\mathbf{s}) = \mathbf{I}_m \sigma_s^2$ , siis on kõigi geneetiliste efektide dispersioon ja isade vaheline kovariatsioon null, seega täkud pole omavahel sugulased.

Kui kõigi analüüsitava isade järglased on pärit sarnastest keskkonnatingimustest või on fenotüübiväärtused analüüsi eelselt mittegeneetiliste mõjude suhtes korrigeeritud, lihtsustub mudel kujule

$$Y_{jk} = \mu + S_j + e_{jk}.$$

Isa  $j$  mõju hinnang avaldub taolise mudeli puhul vastavalt üldiste lineaarsete mudelite teooriale kujul

$$A_j = 2S_j = \frac{2n_j \sigma_s^2}{\sigma_e^2 + n_j \sigma_s^2} (\bar{Y}_j - \mu),$$

kus  $\bar{Y}_j$  on  $j$ . isa järglaste keskmine fenotüübiväärtus ja  $n_j$  on järglaste arv. Et suurus  $\bar{Y}_j - \mu$  kujutab enesest  $j$ . isa järglaste keskmist erinevust populatsiooni keskmisest ning selle erinevuse kordaja on teisendatav kujule

$$\frac{2n_j \sigma_s^2}{\sigma_e^2 + n_j \sigma_s^2} = \frac{2n_j}{(\sigma_e^2 + n_j \sigma_s^2) / \sigma_s^2} = \frac{2n_j}{\sigma_e^2 / \sigma_s^2 + n_j} = \frac{2n_j}{n_j + (4 - h^2) / h^2},$$

avalduv  $j$ . isa aretusväärtus tema järglaste keskmise fenotüübiväärtuse kaudu valemiga

$$A_j = \frac{2n_j}{n_j + (4 - h^2) / h^2} (\bar{Y}_j - \mu),$$

mis on analoogne eelmises peatükis selektsiooniindeksi kujul tuletatud valemiga isa aretusväärtuse hindamiseks.

#### 1.4. Suhteline aretusväärtus

Selleks, et paremini võrrelda nii erinevatel meetoditel kui ka erinevatele tunnustele hinnatud aretusväärtusi, tuleks saadud väärtused standardiseerida ehk leida suhteline aretusväärtus. Et seda teha, tuleb ette anda kindel keskvärtus ja standardhälve, mille suhtes tulemusi korrigeerida. Valem selle saavutamiseks on kujul:

$$I_s = \frac{I - T}{\sigma_i} \sigma_s + T_s,$$

kus  $T$  ja  $T_s$  tähistavad esialgse ja uue aretusväärtuse keskvärtusi ning  $\sigma_i$  ja  $\sigma_s$  vastavaid standardhälbeid.

Näiteks kui kehtestada uueks keskvärtuseks 100 ja standardhälbeks 20 punkti, nagu on sageli tavaks põllumajandusloomade aretusväärtuste puhul [4], on tulemuseks valem:

$$I_s = \frac{I - T}{\sigma_i} * 20 + 100,$$

mille abil arvutatakse suhtelised aretusväärtused.

## 2. Eesti sporthobuste ülevaatustulemuste analüüs

### 2.1. Andmestiku kirjeldus

Valimisse kuuluvad 2011.-2013. aastal ülevaatustel osalenud hobused. Ära on toodud ülevaatuse toimumise koht ja piirkondlikkus, kuupäev, aasta, hobuse nimi, sünniaeg, vanus, ema, isa, emaisa, värvus, sugu, kasvataja ja omanik, mõõtmed (turjakõrgus, kämbaübermõõt, rinnaübermõõt) ning hindajad ja nende poolsed hinnad, mis on jagatud kümnes kategoorias. Kokku kolme aasta peale on ülevaatuse läbinud 510 erinevat hobust, kelle isade seas on kokku 236 erinevat tätku.

*Tabel 1. Osalejate arv aastate lõikes.*

Aasta	Osalejate arv	Keskmine hinne
2011	161	7.45
2012	153	7.41
2013	296	7.44
<b>Kokku</b>	<b>510</b>	<b>7.43</b>

Aastal 2013 hinnati peaaegu sama palju hobuseid kui aastatel 2011 ja 2012 kokku, saab öelda tabeli 1 põhjal. Sealjuures üldkeskmine hinne jäi ligikaudselt samaks. Selline hüppeline kasv hobuste esitamises ülevaatustele võiks viidata sellele, et üha rohkem tuntakse huvi eesti sporthobuste aretuse vastu ning soovitakse selles osa võtta.

*Tabel 2. Osalejate suguline koosseis aastate lõikes.*

Aasta	Mära	Täkk	Ruun
2011	91 (56.9%)	34 (21.3%)	35 (21.8%)
2012	90 (60.4%)	38 (25.5%)	21 (14.1%)
2013	176 (61.1%)	59 (20.5%)	53 (18.4%)
<b>Kokku</b>	<b>357</b>	<b>131</b>	<b>109</b>

Tabel 2 annab tõestust sellele, et märasid esitatakse ülevaatustele enim, ruunasid aga kõige vähem. See ilmselt on tingitud sellest, et märasid ja täkke esitatakse lisaks nende hindamisele ka suguloomadeks tunnustamiseks. Ruunad esitatakse vaid sporthobuseks tunnustamise eesmärgil. Vahe on eriti märgatav just seetõttu, et tegelikkuses on Eestis ruunasid oluliselt rohkem kui täkkusid.

Tabel 3. Osalejate vanus-sooline koosseis aastatel 2011-2013 kokkuvõtlikult.

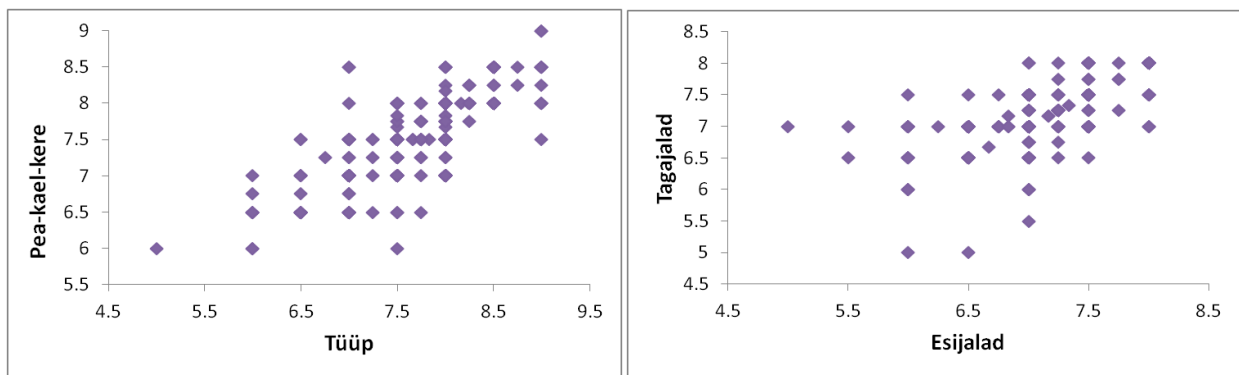
Sugu	Vanus		
	Kaheaastased	Kolme- ning neljaaastased	Viieaastased ja vanemad
Mära	109	136	53
Täkk	67	43	10
Ruun	35	44	11
<b>Kokku</b>	211	223	74

Enamjaolt esitatakse ülevaatustele noorhobuseid, just nagu aretusprogrammis eesmärgiks seatud (vt tabelit 3). On näha selget langust viieaastaste ja vanemate hobuste arvukuses jõudluskontrollis, seda seetõttu, et sellises vanusgrupis on peamiseks perspektiiviks saada tunnustatud sugumäraks või -täkuks ning saada kantud peatõuraamatusse. Kaheaastased hobused osalevad ülevaastustel esimest korda, kolme- ja neljaaastased potentsiaalselt juba teist-kolmandat korda. Samuti on keskmisel ja vanemal vanusgrupil võimalik saada hinnatud ka sportlike tulemuste ning ratsanikuga täidetavate ülesannete järgi, kaheaastaseid hinnatakse ainult vabahüpete ja -liikumise põhjal.

## 2.2. Tunnustevahelised seosed

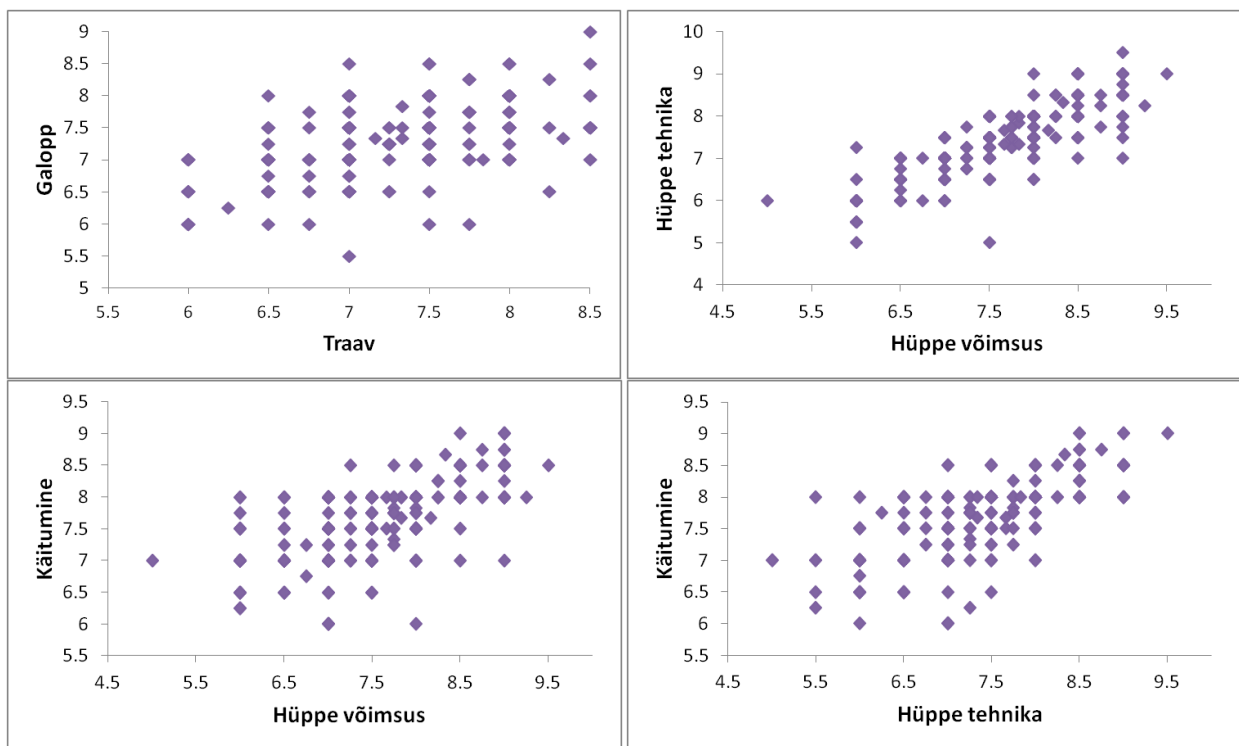
Sageli võib olla huvipakkuvaks see, missugused tunnused on omavahel seotud, kas siis negatiivselt või positiivselt korreleeritud, ning mille tõttu seosed on tekkinud. Enne vastavate jooniste tegemist on leitud kõikide hinnatud tunnuste korrelatsioonimaatriks (vt lisa 2) ning valitud välja tunnused, mille korrelatsioonikordaja oli suurim.

Sellest, et intuiivselt seostatavad tunnused on ka tegelikkuses positiivselt tugevalt korreleeritud, annab selge tõestuse joonis 2. Tunnuse tüüp hinne pannakse hobusele tema sporthobuseks sobivuse järgi. Tunnuse pea-kael-kere hinne antakse aga lihaskonna, luustiku ja üldise kehaehituse järgi. Seega on arusaadav, et need kaks tunnust on sarnaselt hinnatavad just seetõttu, et mida sportlikuma kehaehitusega on hobune, seda paremaid hindeid saab ta kummaski kategoorias. Tagajalgade ning esijalgade vaheline seos on veelgi loomupärasem, kuna hinnatakse kapjade kuju, jalgade seisu ning liigeseid. On eeldatav, et korrektsete esijalgade puhul on ka korrektsed tagajalad ning vastupidi.



Joonis 2. Tugevamalt seotud välimuslike tunnuste hajuvusdiagrammid.

Tunnused traav ning galopp on väga sarnaselt hinnatud, seda näeme jooniselt 3. Tuleneb see ilmselt sellest, et hobuse raskuskeskme paigutus, liikumisrütm, õhulennufaas ja teised taolised liikumist kirjeldavad nähtused on väga sarnased nii traavis kui galopis. Ka see, et hobuse hüppe tehnika ning võimsus on omavahel tugevalt seotud, on loomupärane, kuna heaks ja võimsaks hüppeks peab olema tagatud korralik tehnika ehk see, kuidas hobune hüppele läheb, millise tõuke ja õhulennu sooritab. Käitumine on aga tunnus, mis on väga tähtsal kohal hindamaks hobuse ülddist suutlikkust võistlustel osaleda. Üldiselt eelistatakse tasakaalukaid ning hea närvikavaga loomi, kes on siiski piisavalt temperamentsed. Seetõttu on hea käitumishindega loom ka parem hüppamises, kuna ei lase end kõrvalistest teguritest heidutada, keskendub kenasti hüppele ja on kuulekas.



Joonis 3. Tugevamalt seotud sportlike tunnuste hajuvusdiagrammid.



Käitumise all läheb arvesse ka hobuse juhitavus ning oskus ise arvestada oma suuruse ning sammu pikkusega. Oluline on seegi hüppamises, kuna äratõuke kaugus tõkkest ja ajastus peavad olema hobuse enda poolt paika seatud.

Kuigi võiks eeldada teatud füüsiliste omaduste ning saadud hinnete vahelisi seoseid, siis korrelatsioonanalüüs ei anna ühelegi seosele tõestust (vt tabelit 4). Ka välimuslike tunnuste puhul on näha vaid nõrka seost. Seega alati pole määravaks teguriks hobuse kehamõõtmed. Kindlasti võib siinkohal rolli mängida ka asjaolu, et andmestikus polnud hobuste kõrguse varieeruvus kuigi radikaalne, samuti teiste mõõtmete puhul. Juhul kui oleks võrdlusesse sattunud ka hulgaliselt raskeveohobuseid ning väikest kasvu ponisid, võiks tulemus olla teine.

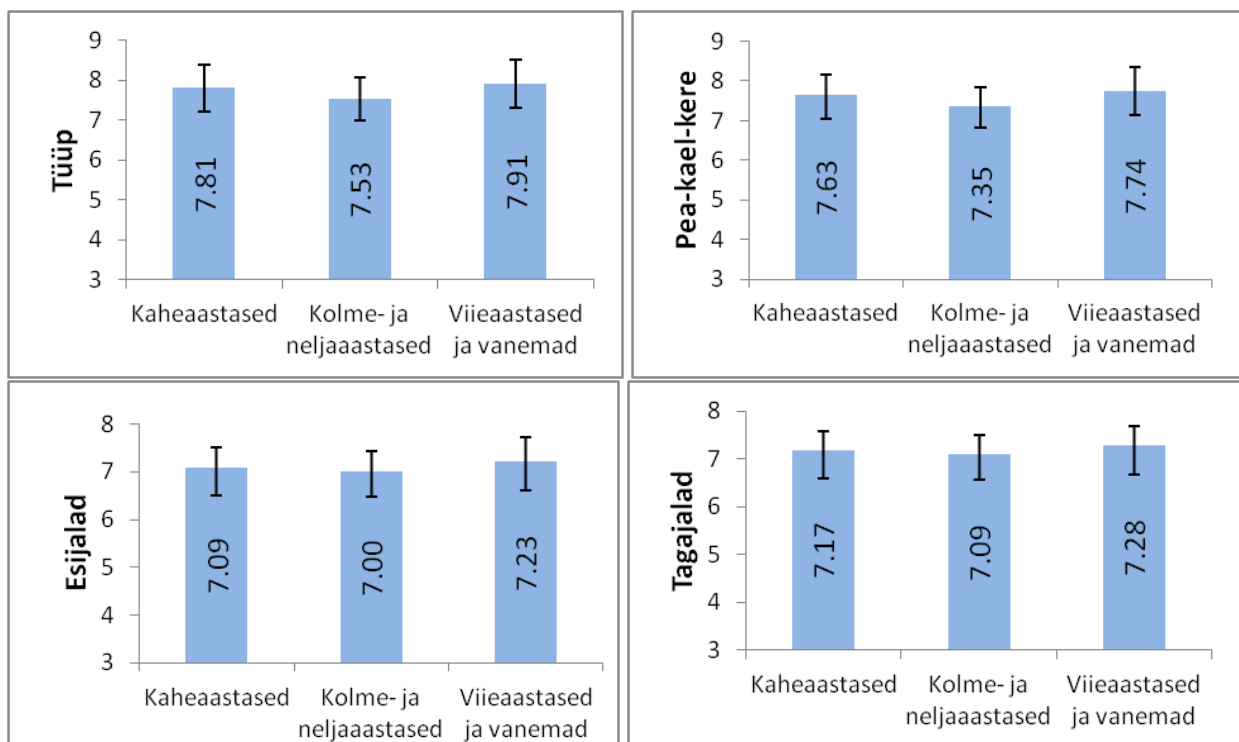
*Tabel 4. Kehamõõtmete ja ülevaatus tulemuste vaheline korrelatsioonimaatriks.*

	<b>Turjakõrgus</b>	<b>Rinnaübermõõt</b>	<b>Kämblaübermõõt</b>
<b>Tüüp</b>	0,243	0,093	0,115
<b>Pea-kael-kere</b>	0,223	0,125	0,123
<b>Esijalad</b>	0,039	0,003	0,068
<b>Tagajalad</b>	0,005	-0,017	0,049
<b>Samm</b>	0,255	0,190	0,184
<b>Traav</b>	0,180	0,128	0,119
<b>Galopp</b>	0,255	0,093	0,173
<b>Hüppe võimsus</b>	0,117	0,011	0,012
<b>Hüppe tehnika</b>	0,031	-0,023	-0,036
<b>Käitumine</b>	0,106	0,077	0,036

### **2.3. Hobustele antud hinnangute sõltuvus hobuse vanusest**

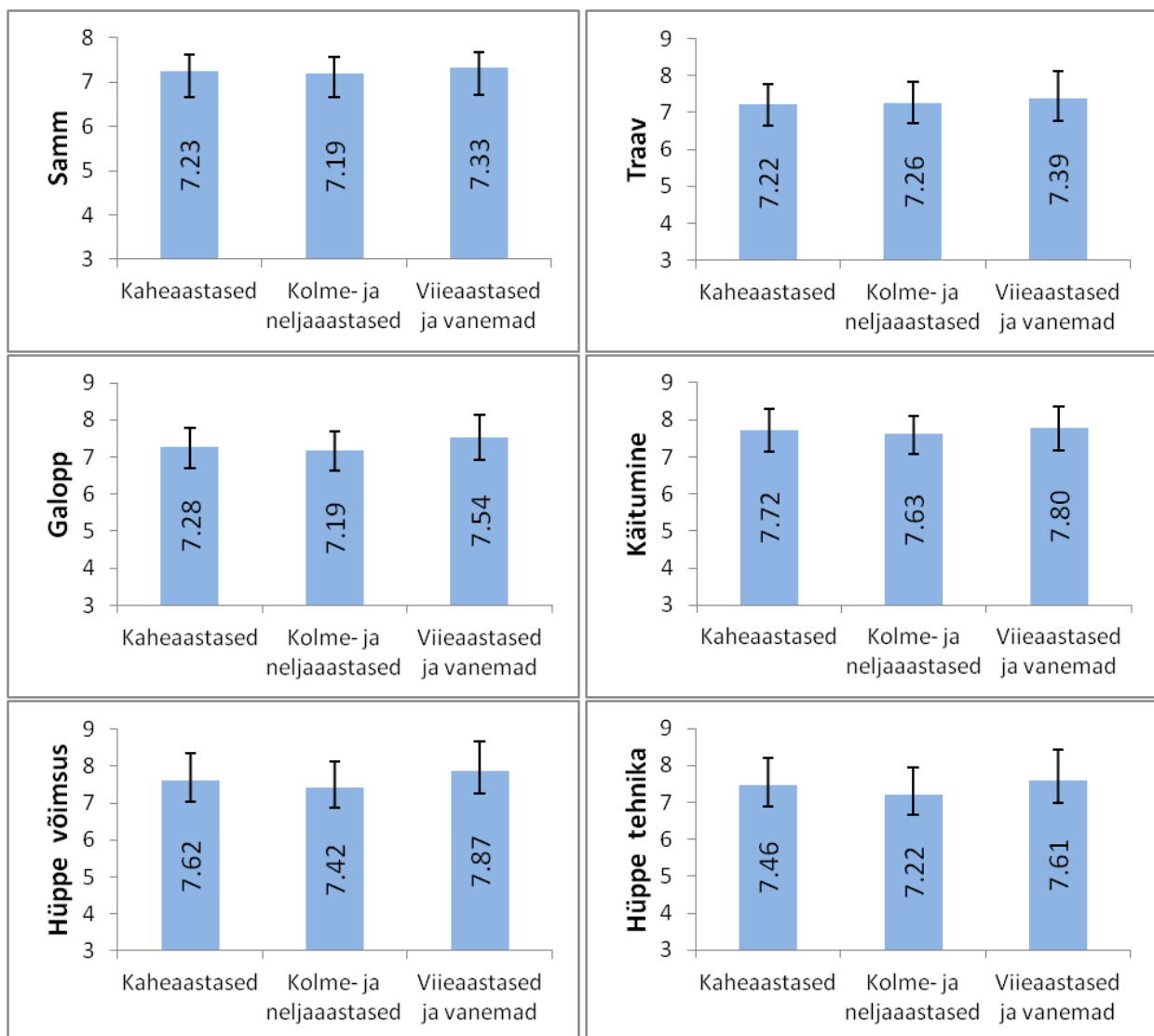
Jõudluskontroll on mõeldud ennekõike noorhobustele ning aretusloomadele. Andmestik on suuremas osas jagatav kolme vanusgruppi: kaheaastased, kolme- ja nelja-aastased ning viieaastased ja vanemad hobused. Siinkohal on uuritud kõikide tunnuste keskmisi hindede justnimelt vanusgruppide kaupa saamaks teada vanuse ja saadud hinnete vahelisi seoseid.

Tulemustest joonisel 4 ilmeb, et vanimat vanusgruppi on ühtlaselt kõrgemini hinnatud kui nooremaid. Esiteks võiks see olla tingitud vanemate loomade rohkem väljaarenenud füüsisest, sealjuures muskulaarsemast kehast. Samuti paremast rühist ja jõulisemast hoiakust. Kõige noorem vanusgrupp on olnud parem keskmisest, seda ehk seetõttu, et kaheaastastele hobustele on antud hinded pisut leebemalt, sest nad on alles täiskasvu saavutamata.



Joonis 4. Ülevaatustulemuste välimuslike tunnuste keskmised ( $\pm$ standardhälve) väärtused vanusgruppide kaupa.

Joonis 5 näitab tendentsi, et kõige vanemate hobuste grupp on keskmisest paremini hinnatud. Seda seetõttu, et viieaastaste ja vanemate hobuste seas on juba tunnustatud sporthobuseid, kes on oma küpsuselt ja võimekuselt paremad noorematest, ning kes üleüldiselt esitletakse ülevaatustele selleks, et saada tunnustatud sugumäraks või -täkuks. Samuti on märgatav see, et kaheaastaste hobuste keskmine saadud tulemus on peaaegu kõikide tunnuste puhul kõrgem kolme- ja nelja-aastaste loomade omast. Põhjuslikkust on siinkohal pisut raskem leida, ent võimalik, et kaheaastaseid kui äsja noorhobuseks saanud loomi hinnatakse pisut leebemalt ja arvestatakse hinnete andmisel potentsiaali, mis võib noorukesele omane olla. Seevastu aasta vanem grupp on juba ratsastamiseks sobivas eas ja seega võiks nende noorloomade puhul oodata pisut paremat võimekust, arengut ja sportlikkust. Üldiselt on selle vanusgrupi hobused juba saduldatud ning osalevad vahel võistlustelgi. Ei saa eitada ka võimalust, et hobuse käitumuslikku ning sportlikku poolt võib ratsanik, kes hobuse on välja koolitanud, mõjutada ka negatiivselt, sest ratsanikegi kogemused ning oskused on erinevad ning kanduvad tahestahtmata mingil määral edasi loomale. Kaheaastastele see mõju veel avaldunud ei ole, vanematele aga küll. Seega on kindlasti erinevus hobuste seas, kes on algusest peale treenitud sportloomaks ja nende, kes pigem harrastusspordile suunitletud.

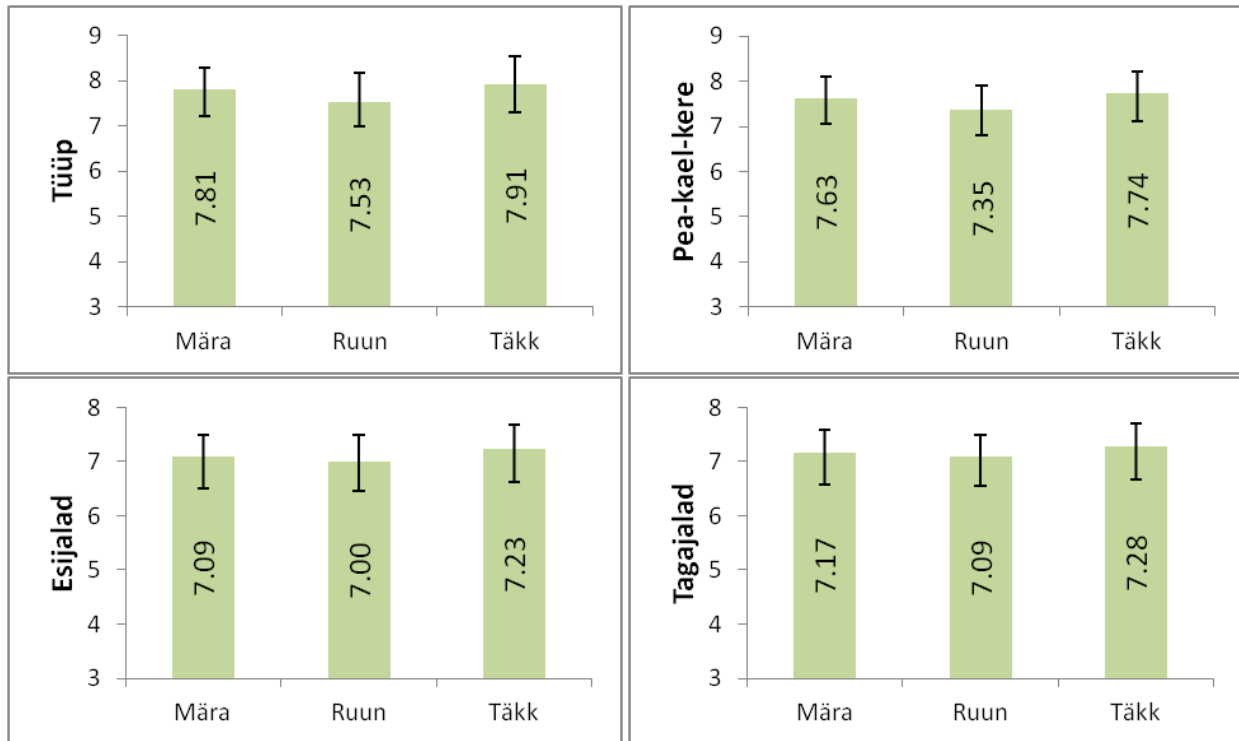


Joonis 5. Ülevaatustulemuste sportlike tunnuste keskmised ( $\pm$ standardhälve) väärtused vanusgruppide kaupa.

## 2.4. Hobustele antud hinnangute sõltuvus hobuse soost

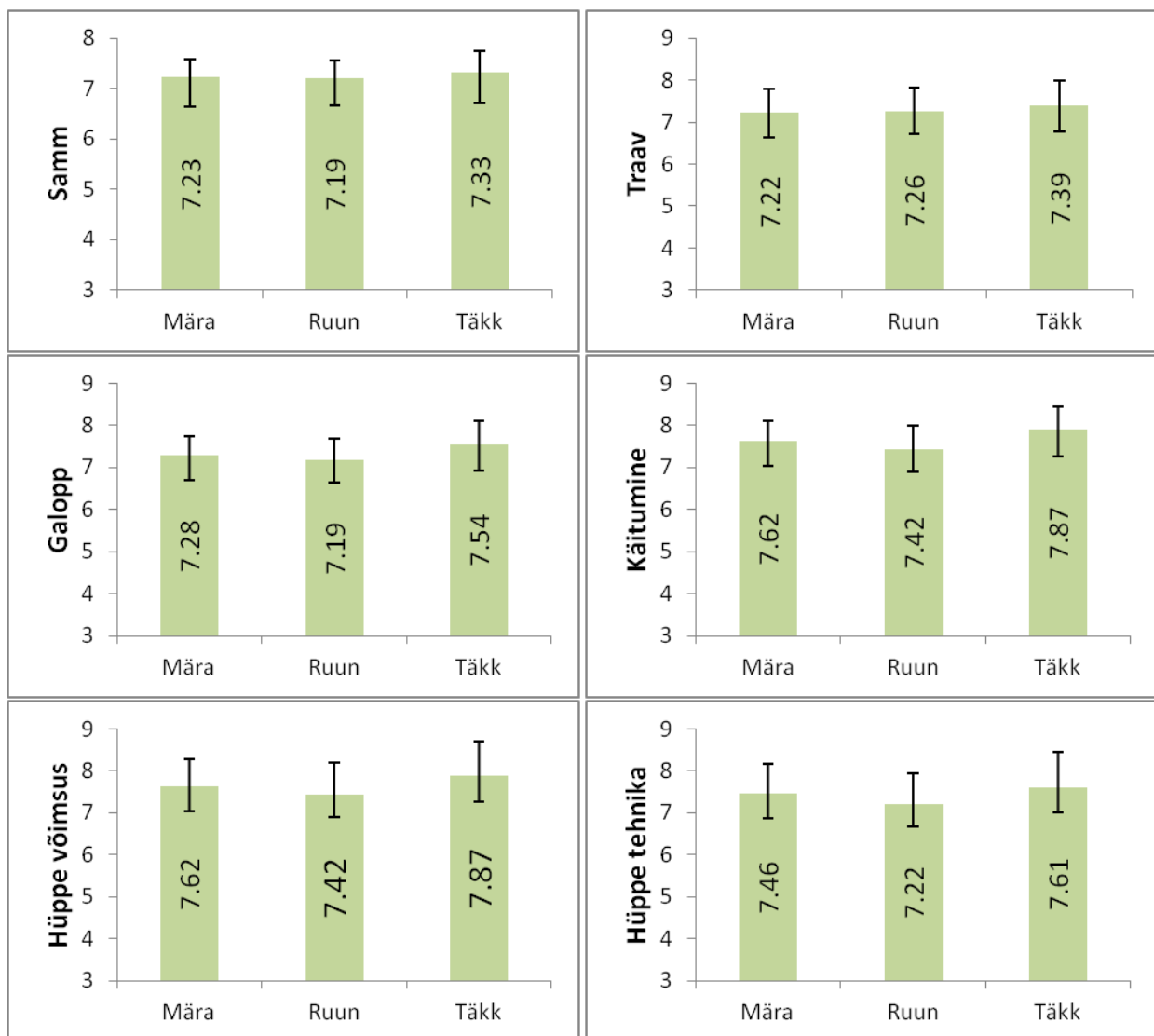
Antud töö keskendub ennekõike täkkude analüüsimisele, ent hea on võrrelda omavahel kõiki kolme soolist gruppi, et näha, kas nendevahelised erinevused on märgatavad. Selle jaoks on iga tunnuse puhul eraldi leitud sooliste gruppide keskmised väärtused.

Vaadeldes välimuslikke tunnuseid joonisel 6 selgub, et täkkude keskmine hinne on eranditult teistest parem. Kõige kehvem on aga ruunade tulemus. Ruunatakse hobune aga siis, kui temas aretuslooma ei nähta. Seega on loomulik, et täkkude kui suguloomade välimuslikud omadused on paremad. Märadegi keskmine on täkkude omast madalam. See võiks tuleneda täkkude kui isasloomade pisut lihaselisemast ja sitkemast vormist ning suuremast kasvust. Lisaks on just täkkud need, kes peaaegu alati treenitakse võistlusloomadeks.



Joonis 6. Ülevaatus tulemuste väimuslike tunnuste keskmised ( $\pm$ standardhälve) väärtused sugude kaupa.

Vaadates joonist 7 selgub, et ka sportlikus võtmes on täkkud võimekamad. Usutavasti on idee sama – täkkudel on parem temperament kui ruunadel ning parem füüsis ja kasv kui märadel. Ent märad on jällegi ruunadest üle, seda ehk ka pigem vaimsete omaduste poolest, olles verelisuselt soojemad ning käitumiselt erksamad. Ometigi ruunatakse hobune üldjuhul just selle ideega, et loom oleks rahulikum, kuulekam ja ei oleks hormoonide poolt liigselt mõjutatav. Seega on ennekõike üllatuslik siinkohal see, et ruunade käitumishinne oli madalaim, kui üldiselt võttes peaksid ruunad olema kõige kergemini käsitletavad.



Joonis 7. Ülevaatustulemuste sportlike tunnuste keskmised ( $\pm$ standardhälve) väärtused sugude kaupa.

## 2.5. Hindaja mõju

Mõeldes sellele, mis võiks tingida erinevate hindamistulemuste saamise, tuleb kindlasti esile tuua ka hindajapoolne mõju. Kuna hindajaks on komisjoniliige (või ka mitteliige), kes on vastavalt mees- või naissoost, vanem või noorem, rohkem või vähem hobustega kokku puutunud, siis on loomulik, et hindamine võib olla mõneti kallutatud. Samuti on kohtunikke, kes on hindeid andnud vaid paaril üksikul korral, mõni aga hoopiski paarisajal korral. Seega on ka kogemused erinevad.

Uurides tabelit 5, ei saa öelda, et hindajate vahel suuri erinevusi oleks. Vaadates alalise hindamiskomisjoni kuuluvaid või mittekuuluvaid liikmeid, naisi või mehi, väga sagedasti hindavaid või harva ülevaatustel osalevaid, on keskmine antud hinne ikka üsna samaväärne. Seega ei ole alust väita nagu võiks mõnede hindajate hinnangud olla subjektiivsed või kallutatud. Lõppkokkuvõttes vähendab üksiku hindaja mõju ka see, et jõudluskontrolli läheb kirja üksnes koondhinne – hinne, mis on pandud kokku kõikide ülevaatusel osalenud kohtunike antud hinnete põhjal.

*Tabel 5. Keskmine antud hinnangute arv ja keskmised hinded hindajate kaupa; tärniga on tähistatud alalised hindamiskomisjoni liikmed, plussiga naisterahvad, kes komisjoni kuuluvad.*

Tunnus	Hindaja											
	A*+	B*+	C	D*+	E	F	G	H	I*	J	K	L*
Hinnangute arv	498,8	65,8	6,5	332,7	8,8	12,5	18	8	507,2	26,8	120,8	8
Tüüp	7,91	7,56	7,50	7,83	7,15	7,35	7,25	7,13	7,78	7,83	7,80	7,06
Pea-kaelkere	7,66	7,38	6,93	7,57	7,10	7,42	7,25	7,5	7,65	7,57	7,71	7,31
Esijalad	7,09	6,95	6,86	7,02	7,15	7,35	6,81	7,25	7,15	7,28	7,43	7,25
Tagajalad	7,17	7,06	6,79	7,08	7,00	7,12	6,92	7,38	7,25	7,24	7,43	7,38
Samm	7,29	7,30	6,86	7,29	7,25	7,12	7,06	7,13	7,25	7,24	7,15	7,13
Traav	7,33	7,27	6,57	7,23	6,90	6,85	7,00	7,06	7,35	7,30	7,49	6,81
Galopp	7,37	7,20	6,50	7,26	6,83	6,92	6,97	6,94	7,35	7,52	7,35	7,00
Hüppe võimsus	7,72	7,60	6,70	7,78	7,17	7,14	7,08	7,19	7,66	7,31	7,58	7,06
Hüppe tehnika	7,56	7,36	7,00	7,46	7,17	7,09	7,06	7,31	7,49	7,00	7,44	7,00
Käitumine	7,78	7,95	7,79	7,85	7,55	7,81	7,19	7,50	7,71	7,44	7,51	7,31
<b>Keskmine antud hinne</b>	<b>7,49</b>	<b>7,36</b>	<b>6,95</b>	<b>7,44</b>	<b>7,13</b>	<b>7,21</b>	<b>7,06</b>	<b>7,24</b>	<b>7,46</b>	<b>7,37</b>	<b>7,49</b>	<b>7,13</b>

## 2.6. Täkkude aretusväärtused

Täkkude aretusväärtused leiti kolmel erineval meetodil: 1) lähtudes aretusväärtuse definitsioonist, 2) selektsiooniindeksi kujul ja 3) isa mudelist. Seleksiooniindeksi ja isa mudeli rakendamiseks vajalikke päritavuskoefitsientide väärtuseid andmete vähesuse tõttu ei hinnatud ning kõigi tunnuste analüüsil kasutati ühesugust väärtust 0,3, mis on keskmine hobuste välimiku- ja jõudlustunnuste päritavus [6]. Arvutused täkkude aretusväärtuste hindamiseks kahel esimesel meetodil viidi läbi MS Excelis, isa mudelit rakendati statistikapaketis SAS protseduuri MIXED abil (vt joonist 8). Viimasel juhul võeti lisaks isa juhuslikule mõjule arvesse ka hinnatava hobuse vanus ja sugu ning hindaja. Selgema võrdluse huvides teisendati kõigi tunnuste kõigi meetoditega hinnatud aretusväärtused punktiskaalale keskmisega 100 ja standardhälbega 20 punkti.

```
ods output SolutionR=tyyp_isa_efekt; /* isa mõjude hinnangud kirjutatakse faili 'tyyp_isa_efekt' */
proc mixed data=sasuser.sporthobu;
  class vanusgrupp sugu hindaja isa;
  model tyyp = vanusgrupp sugu hindaja;
  random isa / s;
  parms (0.081) (1) / ratios hold=1,2; /* sigma_e2/sigma_s2 = h2/(4-h2); h2=0,3 */
run;
```

Joonis 8. Isa mudeli rakendamiseks kasutatud statistikapaketi SAS programm.

### 2.6.1. Täkkude aretusväärtuste leidmiseks kasutatud meetodite võrdlus

Selleks, et saada ülevaade meetodite sarnasusest, on iga tunnuse jaoks kõikide kasutatud meetodite vahel arvutatud korrelatsioonikordajad (vt tabelit 6). Kuna peaaegu kõik kordajad on suuremad kui 0,8, on ilmne, et tõepoolest on meetodid üksteisega tugevas seoses ja annavad seega aretusväärtustele sarnaseid hinnanguid. Kõige tugevamad korrelatsioonid on selektsiooniindeksi kujul ja isa mudeliga leitud väärtuste vahel. Ilmselt seetõttu, et mõlemal juhul võetakse arvesse järglaste arvu ning ka päritavuskoefitsienti 0,3. Seesuguse kooskõla tõttu ei saa ka ühtegi neist meetoditest eelistada. Kuna tegelikult on vaatluse all siiski vähesed järglastega täkkud – populatsiooni mõttes pole paarkümmend järglast kuigi suur arv – jääb järglaste arvu mõju selektsiooniindeksi kujul aretusväärtuse arvutamisel küllalt väikeseks. Isa mudelis on küll võetud arvesse hindaja, soo ja vanuse mõju, ent nagu ka eelnevalt näha võis, siis ükski neist mõjudest pole kuigi suur, seega täkkude paremusjärjestus seeläbi oluliselt ei muutu.

Lisas 1 on toodud viie ja enama järglasega täkkude aretusväärtused. Ilmneb, et väikseimates piirides varieeruvad aretusväärtuse definitsiooni alusel leitud hinnangud. Nii selektsiooniindeksist kui ka isa mudelist hinnatud suhtelised aretusväärtused varieeruvad enam

ja toovad seega ka täkkude vahelise erinevuse selgemalt esile. Samas, nagu kirjutatud eelmises lõigus, ei anna hinnangute vaheline korrelatsioonanalüüs alust eelistada ühte meetodit teisele. Arvestades järglaste väikest arvu ja seeläbi ehk ka lihtsalt juhuslikku järglaste mitte päris ühesugust soolist ja vanuselist jagunemist, ei pruugi keerukamad meetodid anda sugugi õigemaid tulemusi – andmeid erinevate faktorite mõju arvesse võtmiseks ei pruugi olla piisavalt.

*Tabel 6. Aretusväärtuse definitsiooni kujul, selektsiooniindeksina ja isa mudelist hinnatud täkkude aretusväärtuste hinnagute vahelised korrelatsioonikordajad.*

	<b>Aretusv. def. vs selektsiooniindeks</b>	<b>Aretusv. def. vs isa mudel</b>	<b>Selektsiooniindeks vs isa mudel</b>
<b>Tüüp</b>	0,854	0,824	0,869
<b>Pea-kael-kere</b>	0,846	0,842	0,869
<b>Esijalad</b>	0,791	0,783	0,876
<b>Tagajalad</b>	0,811	0,816	0,888
<b>Samm</b>	0,840	0,795	0,863
<b>Traav</b>	0,812	0,836	0,892
<b>Galopp</b>	0,862	0,820	0,884
<b>Hüppe võimsus</b>	0,849	0,831	0,842
<b>Hüppe tehnika</b>	0,860	0,837	0,887
<b>Käitumine</b>	0,847	0,805	0,854

## **2.6.2. Saadud tulemuste interpretatsioon üksiku täku tasandil**

Kuna hobuste – ja eelkõige noorhobuste – ülevaatused on vajalikud, selgitamaks välja potentsiaalselt paremaid sporthobuseid, peaksid ka täkkudele nende järglaste järgi hinnatud ülevaatus tulemuste aretusväärtused peegelduma täku enese sportlikes saavutustes. Antud alapeatükis vaadeldaksegi saadud aretusväärtusi (vt lisa 1) võimalikkuse piires koos täkkude võistlustulemustega. Kuna järglaste arvu järgi on lähema vaatluse alla võetud 24 tätku, siis kõiki neid eraldi analüüsida oleks pisut liig ning seega on täpsemaks võrdluseks valitud kümme tätku, kelle kohta on võimalik leida enim informatsiooni allikatest [7] ja [8].

Üldiselt võib öelda, et tätku kirjeldavad tunnused on enamjaolt võrdväärse tasemega. See tähendab, et kui täku järglased on ühes kategoorias saanud häid hindeid, on nad seda üldiselt saanud ka teistes kategooriates. Kuna eesti sporthobuse väljund on ennekõike saada häid tulemusi võistlustel ja jõuda maailmakaardile just sportlike võimetega, siis on ilmselt kõige enam huvipakkuvad tunnused traav, galopp, hüppe võimsus ja tehnika ning ka käitumine. Täpsemalt – takistussõidus just hüppe võimsus ning tehnika, koolisõidus galopp, traav ja käitumine. Välimuslikud väärtused pole väheolulised, ent ei kirjelda looma sportlikke võimeid



nii kõrgelt, kui eelnimetatud tunnused. Järgnevalt on vaadeldud täkke kirjeldavaid omadusi üksikasjalikumalt ning võrreldud neid kättesaadava informatsiooniga sportlikest saavutustest ja järglaste arvust.

Vaadeldes konkreetseid täkke, torkab silma, et nii galopis, käitumises kui ka hüpetel on selgelt kõige kõrgema aretusväärtusega hinnatud belgia soojavereline täkk Tyrol de Muze. Tegu on 2002. aastal sündinud täkuga, kes senimaani on saanud 11 järglast. Osalenud on ta ka spordivõistlustel ja saanud märkimisväärseid tulemusi takistussõidus, troonimas seda Noorhobuste Tšempionaadi võit 2008. aastal 120 cm ja 110 cm parkuuris. Ent siiski on tal kokkuvõttes võrdlemisi vähe osavõtte ning need jäävad kõik lühikesse ajaperioodi. Hinnatud väärtuste põhjal ei jää temast palju maha sarnase nimega Helios de Muze. Kummagi hobuse juured ulatuvad Belgiasse de Muze talli, mille järgi on nad ka nime saanud [9]. Helios on sündinud 2007. aastal, järglasi kokku on tal praeguseks 14. Eelmisel aastal toimunud Täkkude Päeval saavutas ta esimese koha võõrratsaniku testis [10]. Reaalsete andmete põhjal ei saaks öelda, et just need oleksid parimad suguloomad, kuna on alles noored ja väheste järglastega – nende tõeline aretuslik headus selgub alles aastate pärast, mil neil on järeltulijaid rohkem ja seeläbi hindamine korrektsem, ent siiski on kindlasti tegu korralike sporthobustega, kellel palju potentsiaali.

Järgmiseks jääb silma rootsi soojavereline hobune Bison, kellele hinnatud aretusväärtused on eriti kõrged just välimuslikus pooles, sportlikus pooles on hinnangud keskmised, selektsiooniindeksi kujul hinnatuna lausa kehvemapoolsed. Vaadates aga tema sportlike saavutusi, eriti viimasel aastal, on näha, et tegu on kindlasti tulevikutalendiga. Juba praegu on ta saanud hulgaliselt kõrgeid kohti takistussõidus, seda isegi välismaal, näiteks aastal 2013 Leedu rahvuslikus takistussõidus saavutatud kolmas koht ümberhüpetega puhtuskiirusparkuuris on tõestuseks selle sporthobuse võimekusest [11]. Järglasi pole tal sugugi vähe, koguni 23, ning sünniaastaks 2006, mis aga tähendab seda, et tema küpsus ja parimad aastad on alles ees. Tegemist on küllaltki kõrge hobusega – turjakõrguseks 168 cm, mis on perfektne takistussõiduks, välimus on samuti ideaalilähedane. Seega on osaliselt kõrged hinnangud aretusväärtusele igati põhjendatud. Põhjendamaks tema mitte nii head geneetilist väljavaadet madalamalt hinnatud tunnuste puhul – hobuse sportlik väärtus sõltub kindlasti ka tema ratsastamisest ning treenitusest.

Pisut veel kõrgemast klassist on Casanova – täkk, kelle sünniaastaks on 1996. Tore on märkida, et 18 eluaasta jooksul on eelnimetatud holsteini tõugu hobune saanud 176 järglast. Seega peetakse teda ilmselgelt väärtuslikuks suguloomaks, mis on ka põhjendatud, sest tema järeltulijate nimistus on nii mõnigi silmapaistev sporthobune. Antud analüüside alusel on tema aretusväärtused ühtlaselt kõrged. Mainimisväärne on ka see, et temale hinnatud aretusväärtused olid kõigi kolme meetodi puhul võrdväärsed. Reaalselt võiks ta ehk olla isegi

parim siinkohal vaadeldud täkkudest, eriti kui arvestada tema pikki võistlusaastaid. Varasemalt võis teda näha võistlemas Rein Pilli hobusena, mil osaleti ka prestiižsetel rahvusvahelistel suurvõistlustel ning saavutati väga kõrgeid kohti. Casanova jaoks polnud sugugi haruldus kuuluda esikolmikusse või isegi võtta üldvõite, seda nii välismaal kui Eestis, näiteks Valgeranna karikal [12].

Samal 1996. aastal sündis ka hannoveri tõugu täkk Cash, kes analüüsitulemuste põhjal on üpris keskmine, ent tema võistlustulemusi vaadates ta seda sugugi ei ole. Siiski, viimased tulemused on aastast 2006, mil ta võistles Gunnar Klettenbergi ratsuna. Tegemist on Eesti suurimal takistussõidu võistlusel Palladium Cup osalenud hobusega, kes näiteks aastal 2005 võttis etapivõidu 140 cm ümberhüpetega puhtus-kiirusparkuuris [13]. Järglasi on tal kokku 37, kellest koguni 22 on analüüsitud antud töös. Ilmselt tema järglaste rohkuse tõttu on temalegi hinnatud aretusväärtused kõigi meetodite puhul tulnud võrdlemisi samad. Kokkuvõttes pole kahtlustki, et tegemist on hea sugutäkuga.

Jätkates võimsate holsteini tõugu sporttäkkudega, tuleb mainida Ex Caliburi. Sellel 2001. aastal sündinud hobusel on ette näidata pikk ja kirev sportlaskarjäär, milles ka mitmeid suursaavutusi. Viimaste seas on 2012. aasta Tallinn International Horse Show raames võidetud kolmas koht 145 cm parkuuris [14]. Kokku on tal praeguseks 19 järglast, kellest ligi pooled on alles kaheaastased või nooremad. Aretusväärtustelt on tegu hobusega, kes sai hinnatud pigem keskmiseks või alla selle.

Kui siia maani on vaatluse all olnud peamiselt takistussõiduhobused, siis taani soojavereline täkk Ramses XII on hoopiski koolisõidule orienteeritud. Tema aretusväärtuste hinnangutes selgub ka, et justnimelt kahes hüppekategorias on ta saanud kehvemaid tulemusi. Koolisõiduhobuse juures ongi olulisemad just traav, galopp ja käitumine, mis tema puhul on hinnatud üsna keskmiselt. Kuigi sellel 2004. aastal sündinud hobusel pole veel palju suursaavutusi ette näidata, on lootustandvaks tema teine koht FEI Dressage Challenge'il [15].

Siinkohal tasub muidugi mainida, et mitte kõik aretuses osalevad täkkud ei tegele aktiivselt sportvõistlustel osalemisega. Samuti on andmeid kõikide hobuste kohta väga keerukas leida. Ja võistlustulemusi omavahel võrrelda on üsnagi võimatu, kuna rahvusvahelised suurvõistlused ja vähemtuntud kohalikud võistlused pole sugugi samaväärsed. Samuti, ära toodud järglaste arvud on absoluutsed, ent ei kajastu antud analüüsides, kuna neis on kasutatud vaid 2011.-2013. aastate jõudluskontrolli andmestikke. Näiteks hannoveri tõugu täku Spartacus kohta, kellel on 73 järglast, pole võimalik leida ei jõudluskontrolli ega ka võistluste andmeid. Ometigi on ta tunnustatud sugutäkk arvukate järglastega. Analüüsides põhjal on ta võrdlemisi keskmiste tulemustega. Kindlasti arvestatakse täku aretusloomana kasutamisel ka tema enda esivanemaid, kes mängivad tegeliku aretusväärtuse kujunemisel suurt rolli.

Pisut vaheldust toob andmestikku saksa ratsaponi Mon Cherg, kellel on ette näidata suurel hulgal häid sportlikke saavutusi, kasvõi näiteks Ypäjä Winter Show esimene koht [16]. Kolmekümne ühe järglasega võimekas ratsaponi pole ehk seetõttu keskmisest kõrgemaid hindeid saanud, et on pisemat kasvu ja seega konkreetselt eesti sporthobuseks päris hästi ei sobi.

Samuti on üsna kehvaks hinnatud zangersheide'i tõugu täkk Vanco Z, kes tegelikkuses on tubli parkuurivõistlushobune. Ta on saavutanud ka esikohti, näiteks Noorhobuste võistlusel Ruilas [17]. Tegemist on kõrge hobusega – 171 cm turjakõrgust pole sugugi vähe. Järglasi on tal võrreldes teistega veel vähevõitu, alla 20, ent noore hobusena on tal nii sugutäku- kui sportlaskarjäär alles ees.

Viimane, keda siinkohal mainiks, on baieri soojavereline täkk Agrovorm's Amerigo, kes on hinnatud peaaegu kõige kehvema aretusväärtusega hobuseks. Analüüsitud hobustest on ta vanim, sündinud aastal 1988. Selle ajaga on ta produtseerinud 56 järglast ning osalenud arvukatel võistlustel, sealhulgas meeskondlikel [18]. Seega pole tema madal tulemus ehk päris põhjendatud, sest on teisi täkke nende 24 täku seas, kellel oluliselt vähem järglasi ning sportlikke saavutusi, ent kes on hinnatud paremaks.

Käesolevas peatükis on esile toodud hobused, kellest osad said aretusväärtuseks väga kõrge, teised oluliselt madalama hinnangu. Neid lähemalt analüüsid selgus, et tegelikkuses võib olla põhjuslikkus peidetud ootamatute tegurite taha. Reaalselt on nende täkkude seas eesti sporthobuse tunnustatud täkkudeks hinnatud Tyrol de Muze, Helios de Muze, Bison, Casanova, Cash, Ex Calibur, Ramses XII, Spartacus ja Agrovorm's Amerigo [19]. Ehk siis Vanco Z ning Mon Cherg seda pole, viimane ilmselt oma väikese kasvu tõttu. Usun siiski, et kõik siinkohal mainitud täkid on nii sportlikus kui aretuslikus mõttes võimekad, said nad madalama või kõrgema aretusväärtusliku hinnangu osaliseks.

## Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö peamiseks eesmärgiks oli anda jõudluskontrollis osalenud järglastega täkkudele aretusväärtuste hinnangud kolmel erineval meetodil: aretusväärtuse definitsioonist lähtudes, selektsiooniindeksi kujul ja isa mudelist arvatuna. Veel uuriti erinevate tunnuste vahelisi seoseid ning soolisi ja vanuselisi erinevusi.

Arvutused tehti 2011.-2013. aastate ülevaatuste andmestike põhjal, kusjuures andmestikes oli kokku 510 erinevat hobust, kel 236 erinevat isa. Suurem osa uuritud täkkudest oli kantud peatõuraamatusse ja nad olid tunnustatud eesti sporthobuse täkid.

Selgus, et keskmiselt kõrgemaid hindeid said ülevaatustel täkid ning viieaastased ja vanemad hobused, madalamaid hindeid aga ruunad ning kolme-nelja-aastased hobused. Siiski olid need erinevused suhteliselt väikesed. Ka hindajate vaheline erinevus peaaegu puudus.

Aretusväärtuste hinnangud ja täkkude paremusjärjestus on sarnased kõigi kolme rakendatud hindamismeetodi puhul – korrelatsioonid erineval meetodil hinnatud aretusväärtuste vahel on üle 0,8. See, pluss keerukamate meetodite korrektseks rakendamiseks vajaliku piisava hulga andmete puudumine viitavad, et kui eesti sporthobuse täkke nende järglaste ülevaatuste tulemuste alusel geneetiliselt hinnata, siis piisab selleks ka lihtsaimast võimalikust meetodist aretusväärtuse definitsiooni kujul.

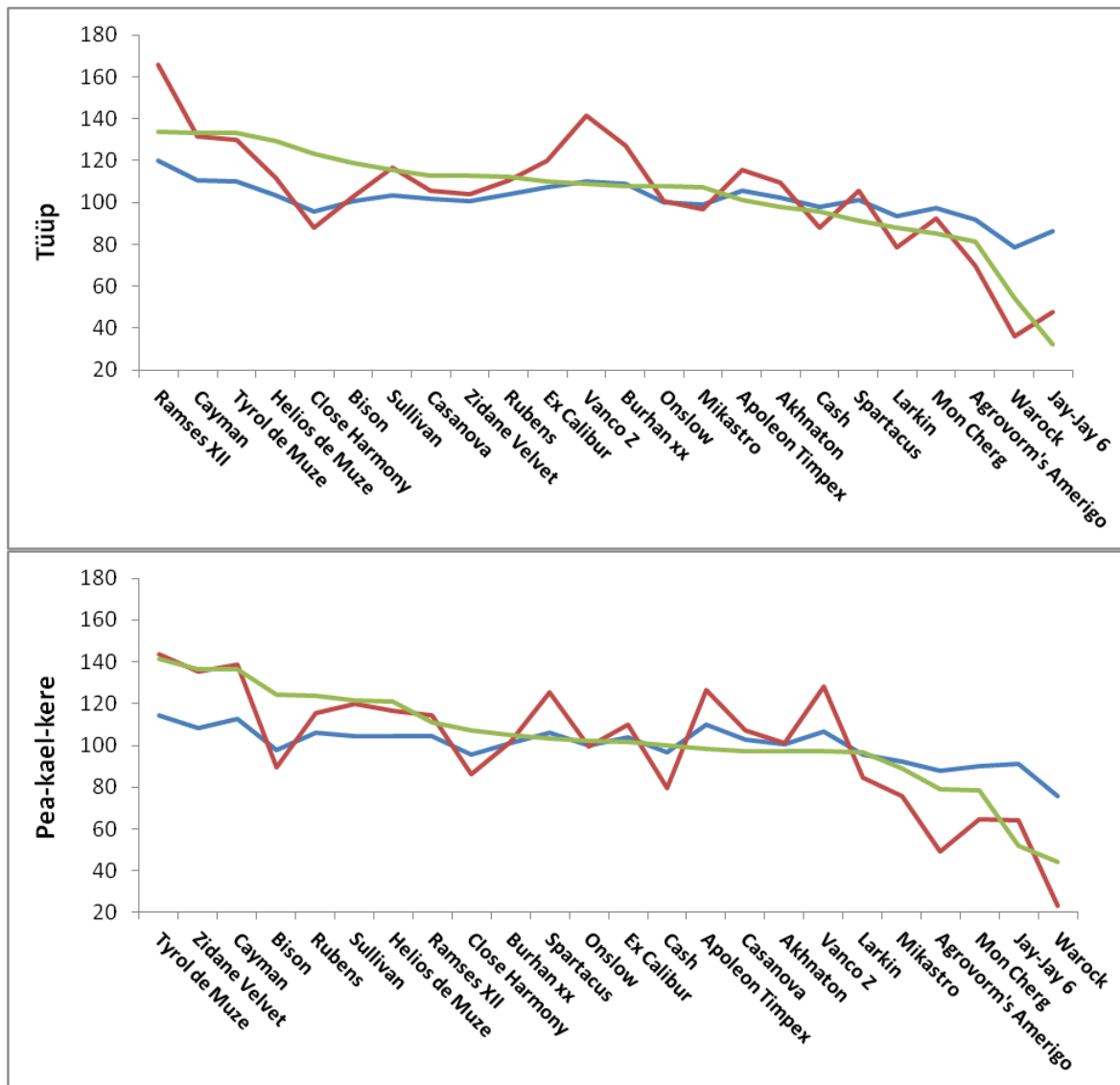
Lähema vaatluse alla võetud kümne täku ülevaatustulemuste aretusväärtuste ja reaalsete aretusväärtuste võrdlemine andis vastakaid tulemusi. Esines täkke, kelle ülevaatuste tulemuste aretusväärtused olid küllaltki hästi kooskõlas täku enese sportlike tulemustega ning mis annab seega alust loota häid sportlikke saavutusi ka järglastelt. Teisalt leidis ka vastupidiseid näiteid – täkid, kes olid end võistlusareenil igati konkurentsivõimelisena näidanud, said järglaste ülevaatustulemuste alusel keskmisest madalamad aretusväärtused. Kõik see viitab ühelt poolt aretuses ja geneetikas nii loomulikule juhuse rollile ning teiselt poolt andmete vähesusele. Siiski ei ole alust teostatud analüüse kasutuks lugeda, sest osad täkid näisid olevat selgelt sobilikumad eesti sporthobuse kui tõu aretuses osalemiseks.

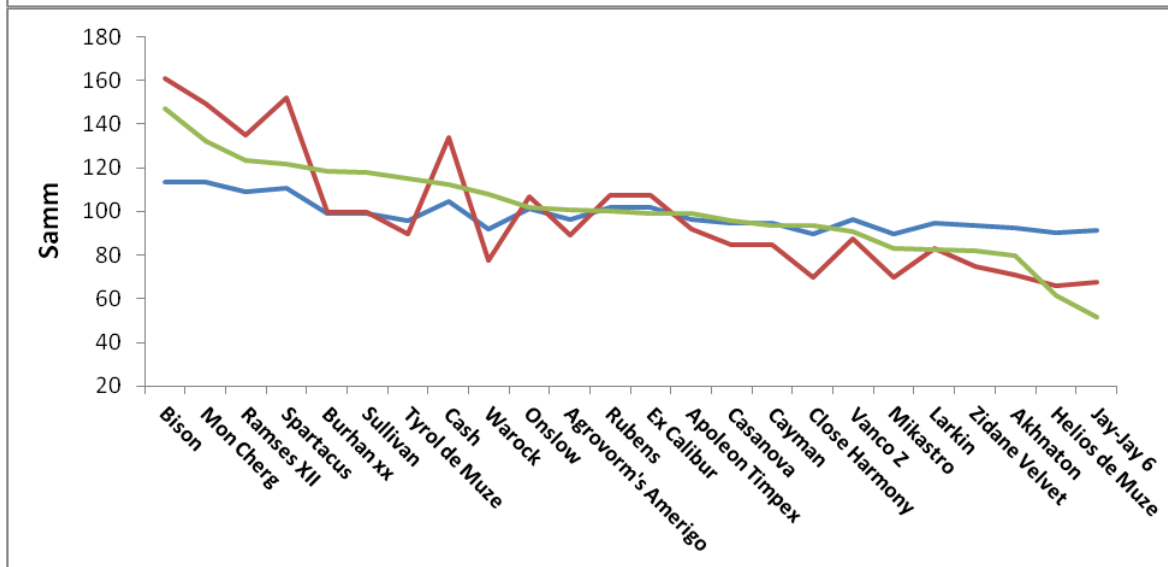
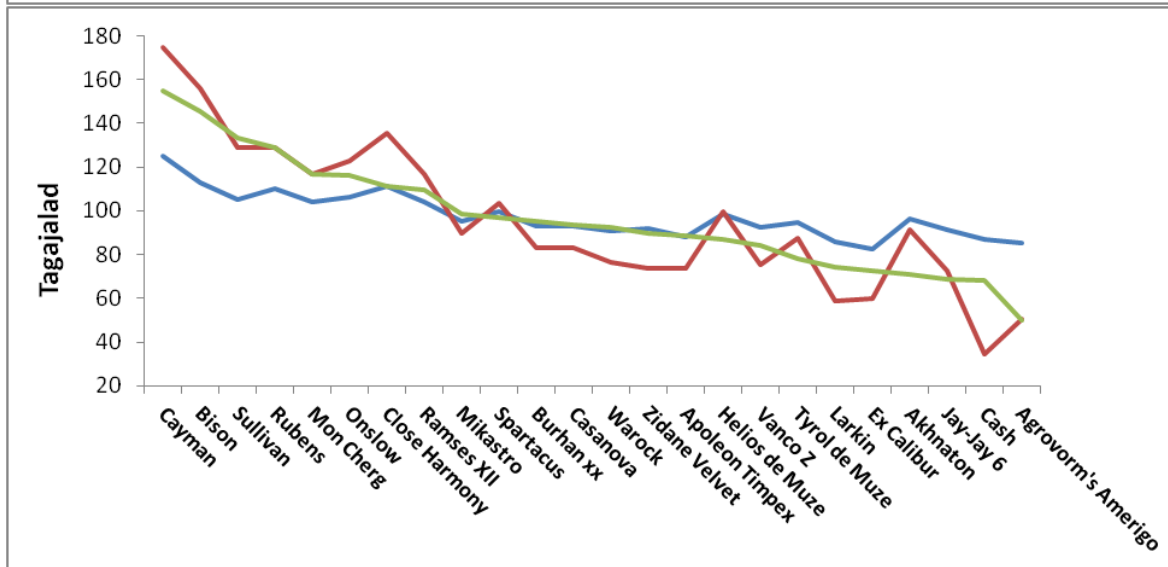
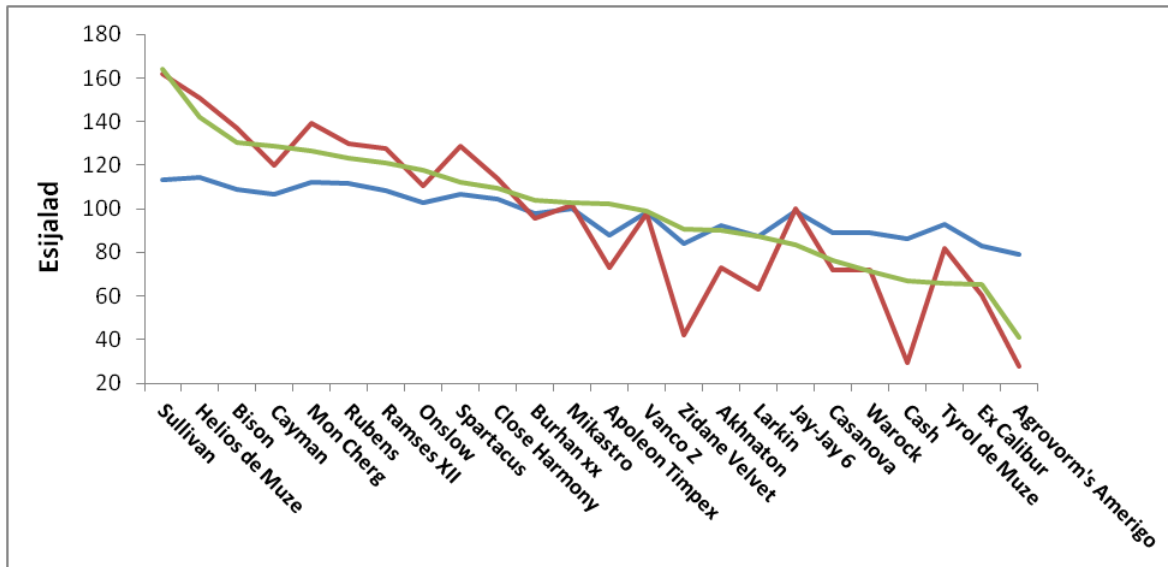
Kokkuvõtteks võib öelda, et kuigi matemaatiliselt hinnatud aretusväärtuseid ei tohi uskuda pimesi, seda eriti niivõrd delikaatsel alal nagu hobusekasvatus, kus järglasi ei produtseerita massiliselt, annab nende arvestamine ühe lisakriteeriumi valikute tegemiseks. Seega on Eestis, kus aretusotsuste tegemisel juhindutakse pigem intuitsioonist ja kogemustest ning reaalsest võistlustulemustest, potentsiaalselt hinnatavate aretusväärtuste näol kasutamata täiendav infoallikas. Ja kui see praegu tundubki veel liiga ebausaldusväärne, siis aasta-paari pärast

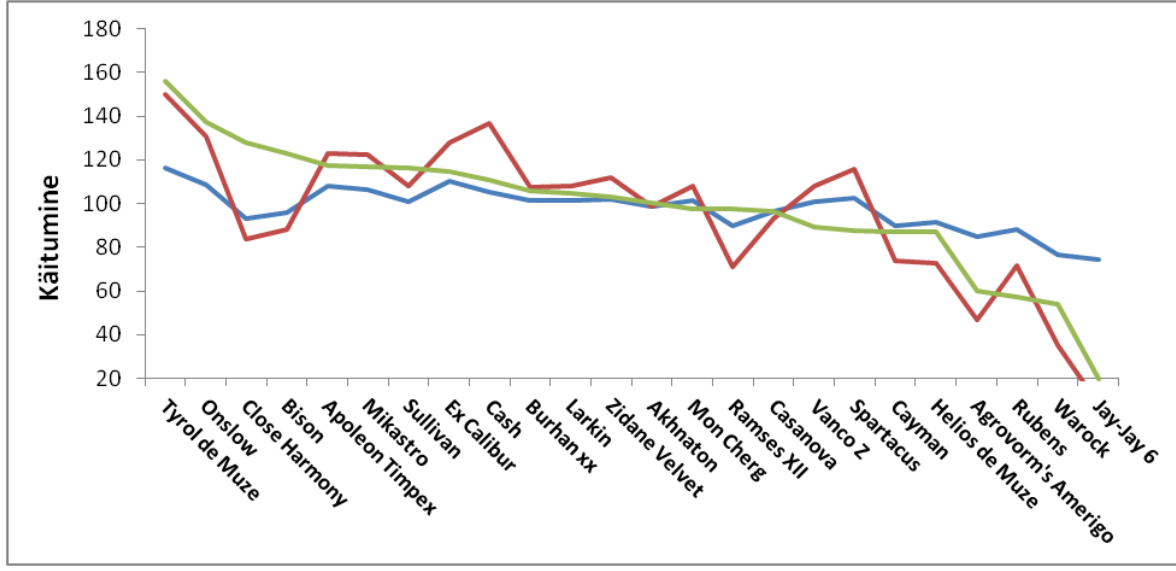
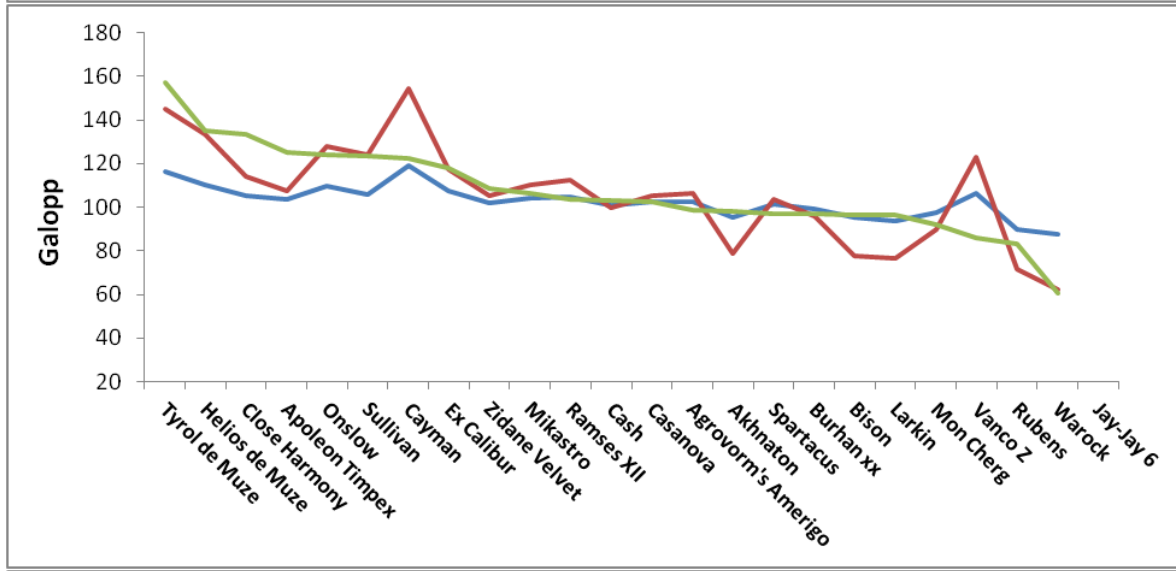
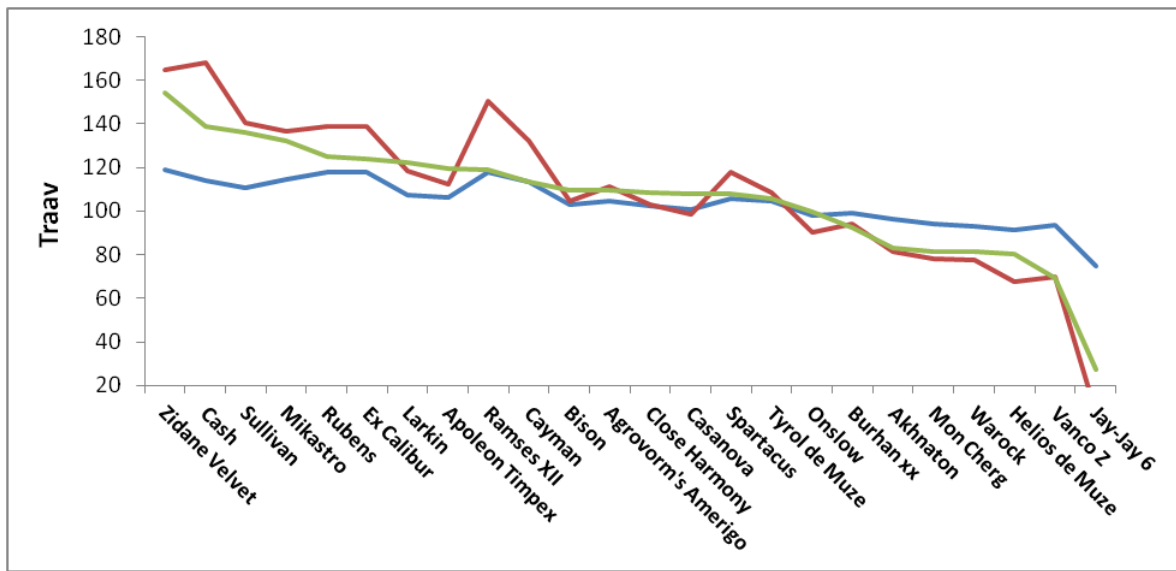
peaksid hinnangud lisandunud ülevaatuste ja miks mitte ka võistluste tulemuste alusel olema juba objektiivsemad.

## Lisad

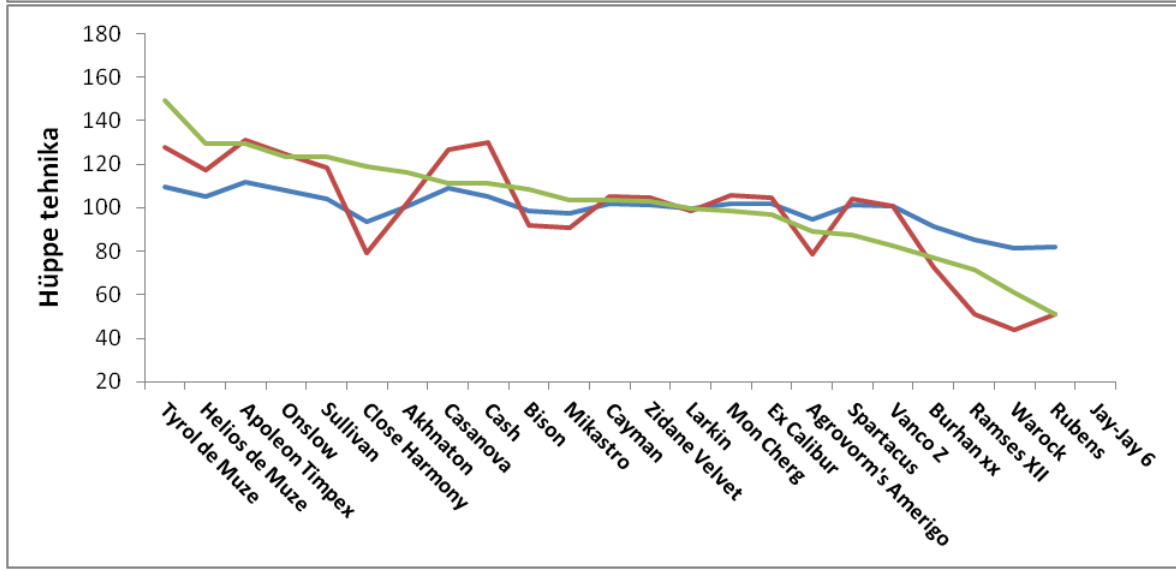
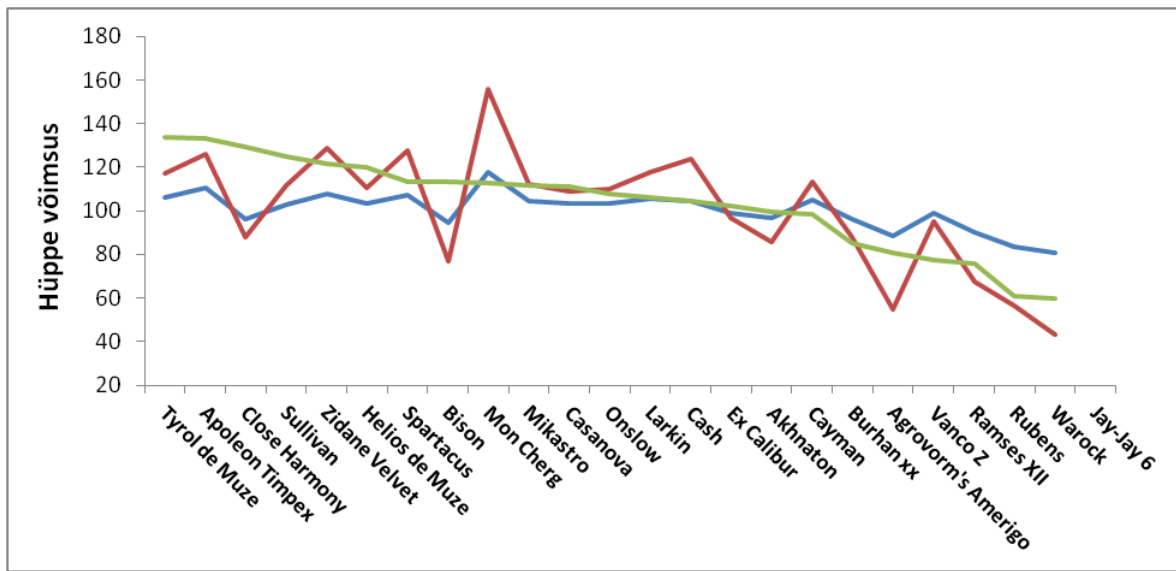
**Lisa 1.** Ülevaatus tulemuste suhtelised aretusväärtused viie ja enama järglasega täkkudel. Igal joonisel on täkud järjestatud isa mudelist hinnatud aretusväärtuste alusel; isa mudel on märgitud rohelise, aretusväärtuse definitsioon sinise ning selektsiooniindeks punasega.











Lisa 2. Tabel korrelatsioonimaatriksist.

	Pea- kael- kere	Tüüp	Esij.	Tagaj.	Samm	Traav	Gal.	Hüppe v.	Hüppe t.	Käit.
<b>Pea-kael- kere</b>	1	0,764	0,377	0,365	0,355	0,420	0,545	0,502	0,459	0,404
<b>Tüüp</b>	0,764	1	0,354	0,282	0,337	0,448	0,563	0,501	0,440	0,366
<b>Esijalad</b>	0,377	0,354	1	0,652	0,319	0,212	0,273	0,209	0,210	0,165
<b>Tagajalad</b>	0,365	0,282	0,652	1	0,289	0,217	0,234	0,200	0,222	0,144
<b>Samm</b>	0,355	0,337	0,319	0,289	1	0,377	0,301	0,255	0,243	0,261
<b>Traav</b>	0,420	0,448	0,212	0,217	0,377	1	0,533	0,382	0,334	0,316
<b>Galopp</b>	0,545	0,563	0,278	0,234	0,301	0,533	1	0,580	0,523	0,414
<b>Hüppe võmsus</b>	0,502	0,501	0,210	0,200	0,255	0,382	0,580	1	0,837	0,660
<b>Hüppe tehnika</b>	0,459	0,440	0,210	0,222	0,243	0,334	0,525	0,837	1	0,682
<b>käitumine</b>	0,404	0,366	0,165	0,144	0,261	0,316	0,414	0,660	0,682	1

## Kasutatud kirjandus

1. Sarjas, A. (2011). *Eesti sporthobune on kõige uuem siinmail aretatud hobusetõug*. MAALEHT Nr 27 (1239).
2. Eesti Sporthobuste Aretusprogramm. [PDF] <http://www.estsporthorse.ee/files/Files/138961849210.pdf> (vaadatud 5. mai 2014)
3. Kaart, T. (2013). *Populatsioonigeneetika matemaatilised alused*. Loengukursus. [URL] [http://www.eau.ee/~ktanel/MTMS\\_02\\_007/](http://www.eau.ee/~ktanel/MTMS_02_007/) (vaadatud 5. mai 2014)
4. Kaart, T. (2014). *Loomade aretusväärtuse hindamine ja aretusprogrammid*. Loengukursus. [URL] [http://www.eau.ee/~ktanel/VL\\_0192/](http://www.eau.ee/~ktanel/VL_0192/) (vaadatud 5. mai 2014)
5. Mrode, R. A. (1996). *Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values*. CAB International.
6. Christmann, L. *Specialists or All-rounders? Degrees of heritability and genetic correlations in the Hanoverian breed*. [URL] <http://www.hanoverian.com/ludwigherit.html> (vaadatud 5. mai 2014)
7. Eesti Hobusekasvatajate Seltsi andmebaas. [URL] <http://www.ikkeskus.ee/PublicHorse/ehs/> (vaadatud 5. mai 2014)
8. Eesti Ratsaspordi Liidu andmebaas. [URL] <https://ratsanet.ee/horses/> (vaadatud 5. mai 2014)
9. World of Showjumping (2013). *WoSJ Exclusive; Stal de Muze - The stud with the x-factor of showjumping*. [URL] <http://www.worldofshowjumping.com/exclusives/wosj-exclusives/5221> (vaadatud 5. mai 2014)
10. Eesti Sporthobuste Kasvatajate Selts. *Täkkude Päev 2013*. [URL] [http://www.estsporthorse.ee/?id=154&action=show\\_new&new\\_id=18](http://www.estsporthorse.ee/?id=154&action=show_new&new_id=18) (vaadatud 5. mai 2014)
11. Hobumaailm (2013). *Kristi Luha ja Stella-Ingrid Liinamäe esinesid edukalt Leedu Sisemeistrivõistluste etapil*. [URL] <http://www.hobumaailm.ee/?page=1&m=12&y=2013&id=2448> (vaadatud 5. mai 2014)
12. Pärnu Postimees (2006). *Valgeranna karika võitsid Rein Pill ja Casanova*. [URL] <http://www.parnupostimees.ee/2137297/valgeranna-karika-voitsid-rein-pill-ja-casanova/peeter.raidla@parnupostimees.ee> (vaadatud 5. mai 2014).
13. SPORTNET (2005). *Klettenberg tõusis Palladium Cupi liidriks*. [URL] <http://epl.delfi.ee/news/sport/klettenberg-tousis-palladium-cupi-liidriks.d?id=51246612> (vaadatud 5. mai 2014).
14. Tallinn International Horse Show tulemused. [URL] [http://online.equipe.com/en/class\\_sections/62036/results](http://online.equipe.com/en/class_sections/62036/results) (vaadatud 5. mai 2014).

15. Ratsaliit (2011). *Eesti tuli rahvusvahelisel ratsavõistlusel FEI Dressage Challenge teiseks.* [URL] [http://www.ratsaliit.ee/uudised?id=885&sess\\_admin=837a24e1b8232595ecc8ab8ddd8de171](http://www.ratsaliit.ee/uudised?id=885&sess_admin=837a24e1b8232595ecc8ab8ddd8de171) (vaadatud 5. mai 2014)
16. Eesti Ratsaspordi Liit (2011). *Ypājā ponisõidu võitsid Heidi Mülla ja Mon Cherg.* [URL] <http://sport.err.ee/v/ratsasport/28301883-8f41-49d1-967a-49f3c2f057af> (vaadatud 5. mai 2014)
17. Delfi Sport (2013). *Ruila Kevadtuuril jätkub eestlaste edu.* [URL] <http://sport.delfi.ee/news/varia/ratsutamine/ruila-kevadtuuril-jatkub-eestlaste-edu.d?id=64479358> (vaadatud 5. mai 2014)
18. Horsemarket. *Eesti ratsutamiskoondis tõusis Rahvuste karikal pjedestaalile.* [URL] <http://www.horsemarket.ee/index/index.php?page=articles&aID=119&lang=est> (vaadatud 5. mai 2014)
19. Eesti Sporthobuste Kasvatajate Selts. *Eesti sporthobuse tunnustatud täkud.* [URL] <http://www.estsporthorse.ee/?id=215> (vaadatud 5. mai 2014)

**Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, \_\_\_\_\_ Getter Madison \_\_\_\_\_,

*(autori nimi)*

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Eesti sporthobuste täkkude geneetiline hindamine“

\_\_\_\_\_

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Tanel Kaart ja Mare Vähi \_\_\_\_\_,

*(juhendaja nimi)*

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
  3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **05.05.2014**